

А.В.Васильченко, канд. техн. наук, доцент кафедры АПБУ,

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ПРИ НАГРЕВЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены процессы, протекающие при пиролизе и горении, приведены результаты исследования горючести и механических свойств при воздействии пламени полимерных строительных материалов на основе полиэтилена, поливинилхлорида, поликарбоната, феноло-формальдегидных и эпоксидных олигомеров. Обобщены данные о токсичности продуктов их горения, как в отдельности, так и при совместном действии.

Постановка проблемы в общем виде.

Развитие новых технологий в строительстве в настоящее время невозможно без использования полимерных материалов. Одним из ценных свойств многих пластмасс является их небольшой объемный вес и высокая прочность. Они являются ценным материалом для внутренней и внешней отделки зданий, так как совмещают лучшие эксплуатационные качества древесины, цветных металлов и керамики. Полимерные материалы используют для изготовления герметиков, тепло- и звукоизоляции, рулонных и облицовочных материалов, а также конструкционных изделий, в которых кроме прочности необходимо обеспечить высокую коррозионную стойкость. Прочностные характеристики особенно высоки у пластмасс с листовыми наполнителями [1].

Однако пластмассы обладают рядом существенных недостатков, ограничивающих области их применения в строительстве. Это невысокая теплостойкость, снижение прочности при воздействии повышенных температур, ползучесть при воздействии постоянных нагрузок. Также большинство полимерных материалов обладают малой огнестойкостью и являются горючими.

Таким образом, проблема снижения горючести и повышения огнестойкости полимеров и полимерных материалов является давней и постоянно актуальной.

Анализ предыдущих публикаций.

В последнее время способам повышения огнестойкости полимерных материалов, снижения их воспламеняемости уделяется особое внимание [2-6]. Полимерные материалы, обладающие свойствами самозатухания, можно получить введением в их состав

антипиренов и негорючих наполнителей. Наиболее распространенными антипиренами являются соединения фосфора, оксид сурьмы и ее органические производные, различные галогенсодержащие вещества [4]. Указанные антипирены вводят как в индивидуальном виде, так и в виде синергических смесей, учитывая их влияние на изменение комплекса механических, диэлектрических и других свойств.

Существенным сдерживающим фактором применения указанных антипиренов является обнаружение их канцерогенного характера (как самих продуктов, так и продуктов их разложения при горении) [5]. Поэтому, более прогрессивным, по нашему мнению, является использование в качестве антипиренов различных минеральных наполнителей, лишенных приведенных выше недостатков.

Постановка задачи.

В связи с увеличением номенклатуры и расширением географии поставок на рынок Украины полимерных строительных материалов (ПСМ), применяющихся при строительстве зданий и отделке помещений, возникла необходимость уточнения их пожароопасных характеристик. Одной из важнейших проблем является оценка токсичности газообразных продуктов термодеструкции ПСМ, как в отдельности, так и при различных сочетаниях друг с другом. Особенно интересно с этой точки зрения рассмотреть ПСМ на основе наиболее употребительных полимеров: полиэтилена (ПЭ), поликарбоната (ПК), поливинилхлорида (ПВХ), феноло-формальдегида (ФФ), эпоксидных олигомеров (ЭО).

В данной работе изучались особенности термодеструкции, а также потеря механических свойств при воздействии пламени таких ПСМ как трубы водопроводные на основе ПЭ; линолеум "Skundy" и линолеум "Tarkett", кровельные изделия фирмы "Ondex", профильные панели фирмы "Rolvaplast" на основе ПВХ; структурные панели фирмы "Polygal" на основе ПК; облицовочная плитка на основе феноло-формальдегидных олигомеров (ФФО). Также изучалось влияние химической природы порошкообразных наполнителей и их содержания на пожароопасность ПСМ на основе ПЭ и ЭО.

Теоретическая часть.

Механизм образования газообразных продуктов от термодеструкции полимеров до возгорания чрезвычайно сложен. Термодеструкция может идти по трем схемам [4, 6]:

- 1) молекулы деполимеризуются практически полностью с образованием мономеров;

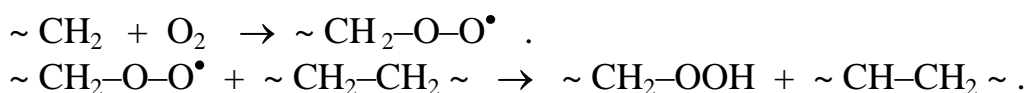
- 2) цепи макромолекул произвольно расщепляются в различных местах;
- 3) расщепление цепей идет так, что наряду с большим количеством мономеров имеются большие макромолекулы, но с меньшей степенью полимеризации.

В большинстве случаев термодеструкция полимеров протекает как цепной радикальный процесс со стадиями инициирования, роста и обрыва цепи или как ионно-молекулярный.

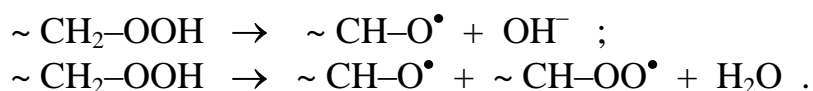
Термодеструкция полиэтилена обычно сопровождается разрывом основной цепи [6, 7]:



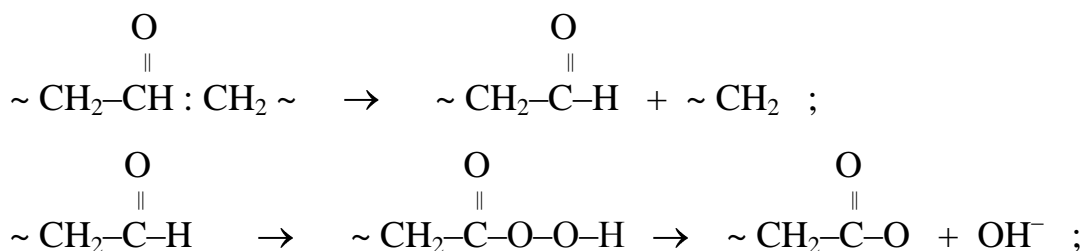
В присутствии кислорода воздуха образуются пероксидные радикалы. Они способствуют дальнейшей деструкции полимера и уменьшают возможность восстановления исходного строения ПЭ за счет рекомбинации радикалов:

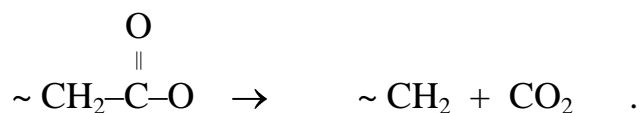


Вследствие миграции свободной валентности процесс окисления быстро захватывает весь объем материала. Распад гидропероксидов приводит к дополнительному образованию свободных радикалов. При этом скорость окисления увеличивается, и процесс приобретает автокаталитический характер:

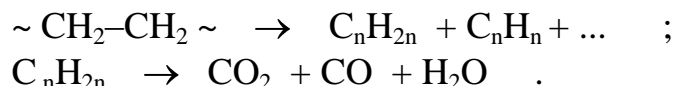


Окисление полимеров при достаточно высокой температуре сопровождается быстрым уменьшением их молекулярной массы. Разрыв цепей происходит из-за распада срединных алкоксильных радикалов, образующихся при разложении гидропероксидных групп:

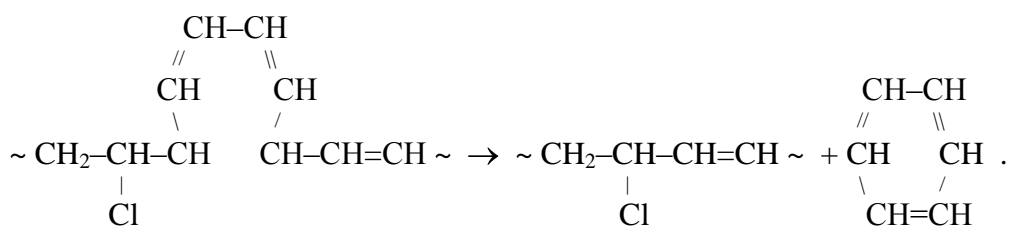
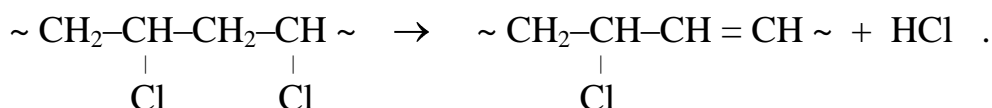




Непосредственно процесс горения ПЭ сопровождается выделением низкомолекулярных углеводородов, которые в свою очередь разлагаются на CO_2 (при избытке кислорода), CO (при недостатке кислорода) и H_2O .



Распад поливинилхлорида начинается при температуре 150°C и происходит с выделением хлороводорода. К нарушению сопряжения полиеновой последовательности приводит реакция внутримолекулярной циклизации. Образующиеся циклодиеновые фрагменты неустойчивы, при этом отщепляется молекула бензола.



В остальном процессы пиролиза и горения поливинилхлорида схожи с соответствующими процессами полиэтилена.

При деструкции полимеров на основе феноло-формальдегидных олигомеров (ФФО) на начальной стадии ($T=300^\circ\text{C}$) выделяется вода, формальдегид, низкомолекулярные углеводороды. В интервале $250-600^\circ\text{C}$ происходит термическая изомеризация из-за образования разнообразных по составу свободных радикалов, в том числе продуктов разрушения бензольных колец, которые инициируют дальнейшую деструкцию или присоединяются к полимеру. Продуктами разложения в этом интервале являются бензол, фенол (ПДК 5 мг/м^3) [2, 4].

Деструкция эпоксидных полимеров проявляется при небольшом нагревании: уже при $T=100^\circ\text{C}$ появляются опасные испарения толуола.

При сжигании пластмасс при недостаточной аэрации могут образовываться токсичные газы: монооксид углерода (ПДК 20 мг/м³), хлористый водород (ПДК 5 мг/м³), формальдегид (ПДК 1 мг/м³). В большинстве пластмасс, также, содержится некоторое количество токсичных соединений металлов (свинца, олова, цинка, кадмия, бария), которые входят в состав наполнителей, стабилизаторов, пигментов, красителей. При T=700 °C большинство этих металлов переходит в газообразное состояние [3, 4].

Как было сказано выше, общая токсичность нескольких выделяющихся при пиролизе и горении веществ может быть намного сильнее токсичности каждого из этих веществ в отдельности, а образующиеся концентрации выше предельно допустимых. Анализ термоокислительной деструкции и горения полимеров показывает, что конечными продуктами сгорания материалов из ПЭ, ПК и пластика на основе ФФО являются CO, CO₂, H₂O (в зависимости от условий горения). Эти вещества не взаимодействуют между собой и не вызывают усиливающего токсичного воздействия на организм человека. Промежуточными продуктами пиролиза ПЭ, ПК и ФФО могут быть различные насыщенные и ненасыщенные углеводороды, скорость разложения которых на CO₂ и H₂O настолько велика, что они не могут вызвать токсического отравления у человека. Исключением являются продукты термического распада ПВХ. На ранних стадиях выделяется хлороводород и небольшое количество свободного хлора. Выделяющийся при деструкции ПВХ хлор может соединяться с CO – продуктом пиролиза ПЭ, ПК и ФФО, в результате чего образуется очень токсичное вещество – фосген (ПДК 0.03 мг/м³) [4, 7].

Таким образом, рассмотрение характера реакций термического разложения полимеров, применяющихся в ПСМ, позволяет дать предварительную рекомендацию по их совместному использованию. Следует ограничить сочетание материалов на основе ПВХ с материалами на основе ПЭ, ПК, ФФО, т.к. при их совместной термодеструкции могут образовываться высокотоксичные вещества.

Экспериментальная часть.

Одним из важных эксплуатационных параметров герметиков является термостойкость герметизирующего полимерного композиционного материала (ПКМ). Для герметизации широко используются ПКМ на основе эпоксидных олигомеров, содержащие до 10-15 % масс. высокодисперсных неорганических наполнителей [8]. Повышенная пожароопасность эпоксидных связующих в ряде случаев ограничивает их применение для герметизации строительных конструкций, особенно там, где высокая стойкость к нагреву является необходимым требованием. Между тем, увеличение

содержания неорганических дисперсных наполнителей в ПКМ позволяет в значительной степени повысить термостойкость герметизирующего материала, даже без введения в него антипирирующих добавок.

Одним из малоизученных наполнителей полимерных материалов являются алюмосиликаты (цеолиты), в частности, синтетический алюмосиликат общей формулы



Влияние химической природы порошкообразных наполнителей и их содержания на пожароопасность ПКМ изучена мало. В связи с этим представляет интерес исследование влияния указанных факторов на воспламеняемость, горючесть и дымообразующую способность высоконаполненных герметизирующих ПКМ на основе эпоксидных олигомеров.

Для эксперимента в качестве высокодисперсных неорганических наполнителей с размером частиц 3...40 мкм применяли:

- синтетический алюмосиликат (цеолит) общей формулы $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- гидроксид алюминия, $\text{Al}(\text{OH})_3$;
- гидроксид магния, $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Температуру самовоспламенения ($t_{\text{св}}$), кислородный индекс (КИ), коэффициент дымообразования (D_m) ПКМ в режиме пиролиза и пламенного горения определяли согласно ГОСТ 12.1.044-89 [9]. Термоокислительную стабильность герметизирующих ПКМ определяли на дериватографе фирмы "Паулик, Паулик и Эрдеи". Скорость нагрева образцов составила 10 °С/мин, навеска 100 мг.

Введение в состав полимерных связующих неорганических наполнителей позволяет снизить пожароопасность ПКМ за счет уменьшения содержания горючих компонентов и повышения энтальпии процесса газификации ПКМ, а также за счет флегматизации пламени продуктами дегидратации. Горючесть и дымообразующая способность ПКМ на основе эпоксидного олигомера ЭД-20 (отвердитель - полиэтиленполиамин) с содержанием наполнителей до 60 % масс. приведена в табл. 1.

Введение исследованных дисперсных наполнителей в ПКМ в количестве 20-25 % масс. начинает оказывать влияние на повышение его огнестойкости. При степени наполнения до 50 % масс. химическая природа изученных наполнителей оказывает незначительное влияние на параметры, характеризующие процесс горения ПКМ (КИ составляет 20-22 % об., $t_{\text{св}} = 487...570$ °С).

Таблица 1 - Влияние наполнителей на пожароопасные характеристики эпоксидных ПКМ

ПКМ	t _{св} , °С	КИ, % об.	D _m , м ² /кг	
			режим пиролиза	режим горения
Незаполненный	440	18.6	1407	810
Заполненный синтетическим алюмосиликатом (цеолитом)	510	20.0	627	480
Заполненный Al(OH) ₃	503	21.9	706	310
Заполненный Mg(OH) ₂	487	22.0	660	320

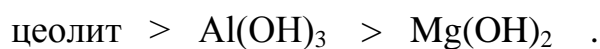
Эффективность действия наполнителя зависит от того, разлагается он с выделением воды или нет. Все исследованные наполнители разлагаются с выделением воды. Поэтому эффективность их действия зависит не только от эндотермического эффекта разложения и содержания продуктов дегидратации, но и от соответствия температуры дегидратации наполнителя и температуры интенсивного разложения полимера. Методами ДТА определены температуры максимальной скорости разложения:

- для цеолита - 380 °С;
- для Al(OH)₃ - 306 °С;
- для Mg(OH)₂ - 360 °С.

В режиме пиролиза коэффициент дымообразования исследованных материалов выше, чем в режиме пламенного горения, что связано, по-видимому, с каталитическим влиянием наполнителей на разложение полимерного связующего. Вне зависимости от вида наполнителей, повышение их содержания в ПКМ способствует снижению горючести. Например, при содержании наполнителей 60-70% масс. степень доброкачественности образцов по шкале Шрамма-Цебровского [10, 11] составляет:

- для цеолита - 4;
- для Al(OH)₃ - 3;
- для Mg(OH)₂ - 3.

По эффективности пламеподавляющего действия исследованные наполнители можно расположить в таком ряду [12]:



Проведенные исследования позволяют рекомендовать изученные эпоксидные ПКМ с содержанием неорганических наполнителей 40-70 % масс. для герметизации строительных

конструкций и других изделий, работающих в условиях повышенных температур, а также в режиме, где показатели огнестойкости и нагревостойкости герметизирующего компаунда являются определяющими.

Для изучения влияния неорганических наполнителей на огне- и нагревостойкость полиэтилена синтетический алюмосиликат смешивали в двухчервячном лабораторном смесителе при температуре 160...190 °С с полиэтиленом среднего давления (ПЭСД) в пропорциях, представленных в табл. 2.

Результаты изучения самозатухаемости образцов композиций, исследованных методом огневой трубы по ГОСТ 17088-71 [13], и их механических свойств (по ГОСТ 11262-80 [14]) представлены в табл.2.

Таблица 2 - Показатели свойств изучаемых композиций

Состав композиций, % масс		Время до начала горения, с	Время само- затухания, с	Потеря массы при горении, %	σ_p , МПа	ϵ_p , %
ПЭСД	Цеолит					
100	–	Горит	-	-	29	870
90	10	198	18	26	30	137
85	15	240	7	8-10	28	130
80	20	280	7	7-8	29	125
75	25	405	6	6-7	28.5	110

Изученные композиции на основе ПЭСД и синтетического цеолита обладают самозатухаемостью и достаточно высокими физико-механическими характеристиками.

При введении в состав ПЭСД синтетического алюмосиликата время до начала горения увеличивается с возрастанием его содержания в полимере и составляет от 3 мин. 18 сек до 6 мин. 45 сек. При удалении образца из пламени горелки его горение прекращается через 6-18 сек. в зависимости от состава композиции. Между тем, у известных композиций на основе полиэтилена самозатухаемость достигается при высоком (до 25 % масс) содержании антипирирующей смеси (хлорпарафин + триоксид сурьмы) [15]. Поэтому, по сравнению с существующими, изученные композиции на основе ПЭСД и синтетического алюмосиликата имеют повышенную самозатухаемость при отсутствии в композиции дорогостоящих и токсичных антипиренов [16]. По своим физико-механическим показателям изученные композиции не уступают известным.

Исследование горючести ПСМ и потери ими механических свойств при воздействии пламени изучались на образцах: водопроводных труб, облицовочной плитки, структурных панелей фирмы "Polygal", линолеумов "Skundy" и "Tarkett", кровельных изделий фирмы "Ondex", профильных панелей фирмы "Rolvaplast". Контрольная идентификация образцов полимеров по рН продуктов пиролиза, методу Либермана-Шторха и изучение их поведения в пламени позволила подтвердить, что полимерные образцы относятся к четырем группам: полиэтилен, поливинилхлорид, поликарбонат, бумажно-слоистый пластик на основе феноло-формальдегидного олигомера. Результаты исследований приведены в табл.3. Санитарно-химический анализ облицовочной плитки на основе ФФО методом колориметрии показал остаточное содержание формальдегида в полимере равно 3,6 мг/л, что соответствует норме по ГОСТ 18694-80.

Таблица 3 - Идентификация полимеров

Наименование материала	Поведение в пламени	Характер пламени	Характер горения	Запах продуктов разложения	Полимер
Трубы водопроводные	Горят в пламени горелки и после удаления из пламени	Голубое с желтой верхушкой	Пламя коптит, расплав капает	Горящего парафина	Полиэтилен
Линолеум. Профиль для стен "Rolvaplast". Кровля "Ondex"	Горит. При удалении из пламени горелки гаснет	Зеленое с голубой верхушкой	Серо-белый дым	Резкий запах хлороводорода	Поливинилхлорид (ПВХ)
Плита "Polygal"	Горит. При выносе из пламени затухает	Желтое, светящееся	Немного копоти	Фенола	Поликарбонат (ПК)
Облицовочная плитка	Горит с трудом, постепенно гаснет	Желтое с голубой крошкой	При горении трескается	Фенола и формальдегида	Фенолоформальдегид

Горючесть полимерных материалов оценивалась по жаростойкости по методу Шрамма-Цебровского (условно установлено шесть степеней жаростойкости от 0 – сильно горючие до 5 – практически негорючие). Качественный показатель большинства исследуемых полимеров оказался равным 3, т.е. они являются горючими материалами. Лишь показатель облицовочной плитки, равный 4, говорит о ее негорючести.

При оценке горючести пластмасс использовали также метод определения скорости распространения пламени по горизонтально закрепленному образцу.

Для исследуемых ПСМ были также изучены продукты пиролиза и горения, измерены температуры их воспламенения и самовоспламенения, а также скорость распространения пламени. Полученные данные об исследуемых материалах приведены в табл.4.

Таблица 4 - Продукты пиролиза и горения полимеров

Наименование изделия, полимер	Темпер. воспламенения, $T_{в}, ^\circ\text{C}$	Темпер. самовоспламенения, $T_{св}, ^\circ\text{C}$	Скорость распростр. пламени, $v, \text{мм/мин}$	Продукты пиролиза	Продукты горения
Трубы водопроводные, ПЭ	341	349	90	Парафины, олефины, циклоалифатические углеводороды	CO, CO_2
Линолеум "Tarkett", Панели "Rolvaplast", ПВХ	391	454	30 - 40	Ароматические углеводороды, хлороводород	$\text{HCl}, \text{CO}, \text{CO}_2, \text{COCl}_2$
Панели "Poligal", ПК	522	550	81	Фенол	$\text{CO}, \text{CO}_2,$
Облицовочная плитка, ФФО	300	430	24	Фенол, формальдегид	$\text{CO}, \text{CO}_2, \text{CH}_2\text{O}$

Сопоставляя полученные данные можно сделать вывод, что наиболее горючими из исследуемых материалов являются панели из ПК и трубы из ПЭ. Линолеумы из ПВХ и облицовочная плитка на основе ФФО занимают промежуточное положение по горючести. Наиболее стойкими к горению оказались кровельные изделия из ПВХ.

В данной работе были изучены потери ПСМ теплостойкости, ударной вязкости и предела прочности при изгибе под воздействием пламени. Исследования проводились для образцов, подходящих под условия испытания.

Для испытаний на теплостойкость по методу Вика были выбраны образцы кровли "Ondex" и панелей "Rolvaplast", сделанные из ПВХ. Из рис.1 видно, что теплостойкость образцов, находящихся в пламени 3...6 с, резко падает на 20 % [17].

Для определения ударной вязкости на приборе типа Динстат брали образцы кровли "Ondex" (ПВХ), структурной панели "Polygal" (ПК), слоисто-бумажного пластика на основе ФФО. Из рис.2 видно, что наиболее прочным оказался материал кровли "Ondex". Однако при воздействии пламени в течение 3...6 с у всех испытуемых материалов снижаются значения ударной вязкости на 45-50 %.

При определении прочности на изгиб на приборе Динстат выбрали только образец облицовочной плитки. Анализируя рис.3, можно сказать, что образец после 6 с воздействия пламени теряет прочность на изгиб на 40 %.

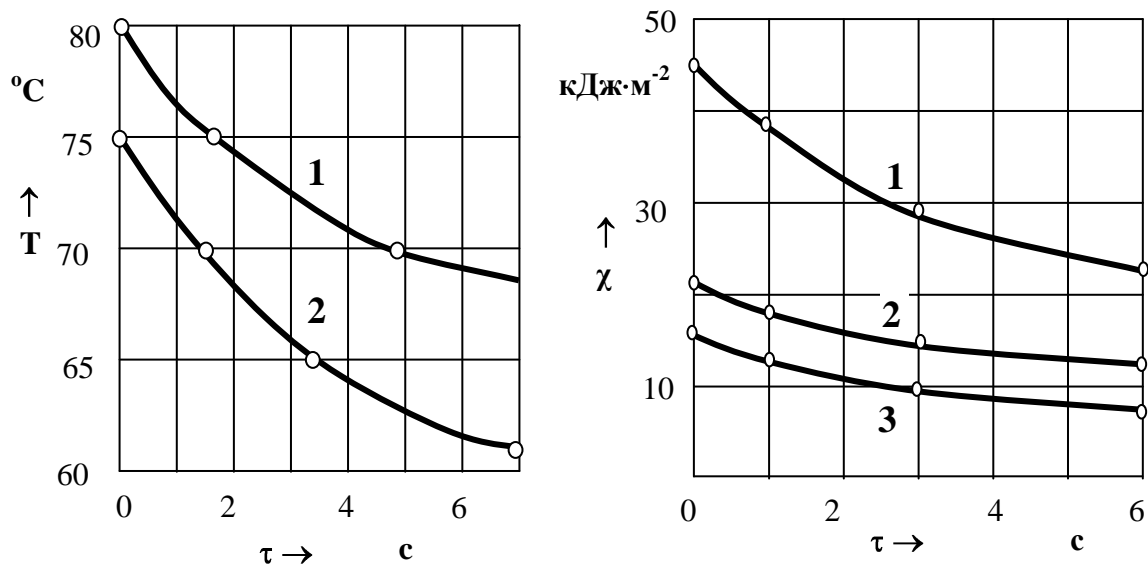


Рисунок 1 – Зависимость теплостойкости ПВХ от времени воздействия пламени: 1 – кровля Ondex; 2 – панели Rolvplast

Рисунок 2 – Зависимость ударной вязкости от времени воздействия пламени: 1 – ПКМ на основе ПВХ; 2 – ПКМ на основе ФФО; 3 – ПКМ на основе ПК

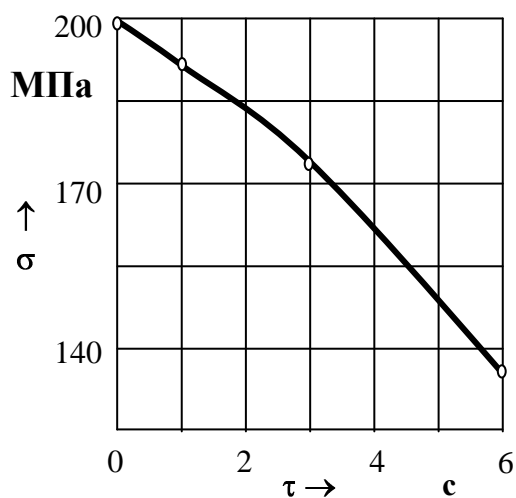


Рисунок 3 – Зависимость разрушающего напряжения при изгибе ПКМ на основе ФФО от времени воздействия пламени

Обобщая полученные результаты по горючести и огнестойкости полимерных материалов, можно сделать вывод, что если материал признан негорючим или трудногорючим, он не всегда будет огнестойким. Это подтвердилось при сравнении результатов испытаний. Так материалы кровли "Ondex" (ПВХ) и облицовочной плитки на основе ФФО являются трудногорючими, но не огнестойкими, так как их прочностные и теплофизические свойства резко снижаются на первых секундах воздействия пламени. Панели на основе ПК являются и горючими, и не огнестойкими, хотя значение теплостойкости для этого материала наибольшее ($T=150$ °С).

Таким образом, оценка огнестойкости по испытаниям на теплостойкость, ударную вязкость и разрушающее напряжение при изгибе показала, что образцы, в общем, снижают свои эксплуатационные характеристики на 20-45 % в течение 3-6 с воздействия пламени.

Термогравиметрический анализ ПВХ-панелей "Rolvaplast" и ПК- панелей "Poligal" (см. рис. 4) позволил определить максимальные температуры разложения этих полимеров [18]: $T_{\text{ПВХ}} = 250$ °С, $T_{\text{ПК}} = 430$ °С.

На основании термограммы также было рассчитано значение энергии активации процесса разложения: $E_{\text{ПВХ}} = 130$ кДж/моль, $E_{\text{ПК}} = 43$ кДж/моль. Энергия активации панелей на основе ПВХ выше, чем панелей на основе ПК, т.е. для начала процесса разложения ПВХ требуется затратить больше энергии, чем для разложения ПК. Это подтверждает ранее полученные результаты о том, что панели "Rolvaplast" относятся к классу трудногорючих материалов, а панели "Poligal" являются горючими.

Выводы и предложения.

Существует некоторый разрыв между требованиями, предъявляемыми к горючести материалов и к огнестойкости изделий, приготовленных из этих материалов. Материал может быть признан негорючим, а изделие из этого материала – не огнестойким из-за резкого снижения эксплуатационных характеристик. Поэтому при оценке огнестойкости материала в отличие от оценки его горючести необходимо знать изменение прочностных, теплофизических и других свойств материала при горении с тем, чтобы иметь возможность оценить предел огнестойкости изделия.

Кроме того, с точки зрения удобства проектирования отделочных работ в зданиях и контроля их пожарной безопасности было бы полезно классифицировать полимеры по некоторому суммарному критерию, который учитывал бы одновременное

проявление нескольких наиболее опасных факторов. Например, для ПСМ можно предложить следующее их категорирование по пожарной опасности (см. табл.5).

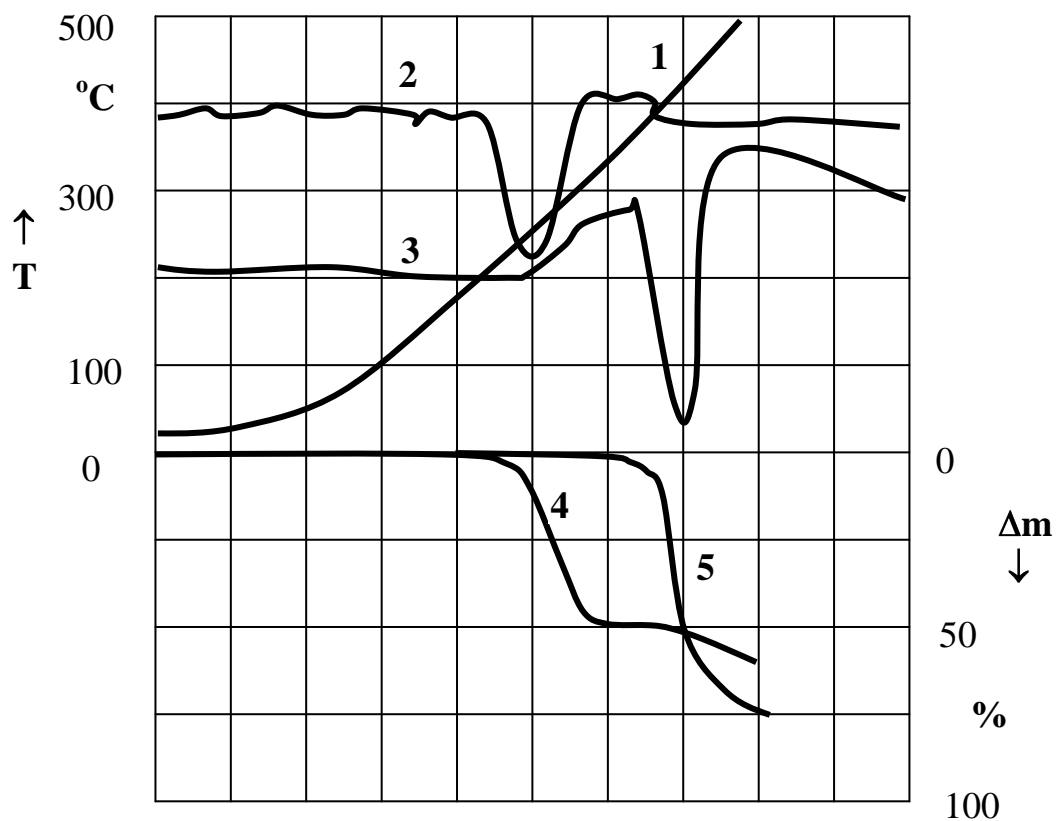


Рисунок 4 – Термограмма нагрева

1 - температурная кривая нагрева; 2 - дифференциальная кривая потери веса панелей на основе ПВХ; 3 - дифференциальная кривая потери веса на основе ПК; 4 - кривая потери веса панели на основе ПВХ; 5 - кривая потери веса панели на основе ПК

Таблица 5 – Категории ПСМ в зависимости от их суммарной пожарной опасности

Характеристики ПСМ	Малое дымообразование и токсичность	Повышенное дымообразование, малая токсичность	Малое дымообразование, повышенная токсичность	Повышенное дымообразование и токсичность
Трудногорючие	α1	β1	γ1	δ1
Горючие	α2	β2	γ2	δ2

В табл.5 под трудногорючими подразумеваются материалы группы Г1 (по ДСТУ Б В.2.7-19-95), В1 (по ДСТУ Б В.1.1-2-97), РП1-РП2 (по ДСТУ Б В.2.7-70-98), а под горючими – соответственно, материалы групп Г2...Г4, В2-В3, РП3-РП4. Малое дымообразование (согласно ГОСТ 12.1.044-89, п.4.18) соответствует коэффициенту дымообразования материала $D_m < 50 \text{ м}^2/\text{кг}$, малая токсичность (согласно ГОСТ 12.1.044-89, п.4.20) – показателю токсичности $H_{Cl50} > 120 \text{ г/м}^3$. Повышенное дымообразование и токсичность соответствуют показателям превышающим указанные.

Таким образом, при проектных работах исчезает необходимость указывать конкретно вид требуемого ПСМ или все его характеристики, а достаточно указать категорию материала. Например, обустройство путей эвакуации требует использования ПСМ категории α_1 , внутри жилых помещений допустимо применять материалы категории α_2 , β_1 , β_2 , а отделку фасадов возможно осуществлять материалами категорий α_1 , β_1 , γ_1 , δ_1 . Конечно же, высказанное предложение является принципиальным, и при необходимости состав и граничные значения признаков пожарной опасности ПСМ можно уточнить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В.А., Андрианов Р.А. Технология полимеров.– М.: Химия, 1971.
2. . Анохин А. Г. Пожарная опасность пластмасс в строительстве.– М.: Стройиздат, 1969.
3. Кодолов В.И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов.– М.: Химия, 1976.
4. Асеева Р. М., Занков Г. Е. Горение полимерных материалов. М.: Наука, - 1986.
5. Rogers Jach K., Muens Sohn. Flame vefavdants. // Mod. Plast. Ent.- 1993.- Vol. 23.- N 9.- P. 39-41.
6. Кодолов В. И., Булдаков В. К. Моделирование горения полимерных материалов. М.: Наука, 1990.
7. Попова Н.Г., Любенко О.Н., Васильченко А.В. Пожароопасные свойства современных строительных полимерных материалов. Часть 1. Особенности термической деструкции полимеров // Проблемы пожарной безопасности. Сб.науч.тр.ХИПБ – Вып.7.- Харьков: Фолио, 2000.- С.55-57.
8. Барашков Н. Н. Полимерные композиты: получение, свойства, применение.– М., Наука, 1984.

9. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.– М.: Изд-во стандартов, 1990. - 144 с.
10. Монахов В.Г. Методы исследования пожарной опасности веществ.– М.: Химия, 1979.
11. Кисилев В. Ф., Виноградов В. Н. Методы оценки пожарной опасности строительных материалов.– Л.: ЛДНТП, - 1986.
12. Авраменко В.Л., Васильченко А.В., Пушкаренко А.С. Влияние неорганических наполнителей на пожароопасные характеристики эпоксидных герметиков // Крупные пожары: предупреждение и тушение: Материалы XVI науч.-практ. конф. – Ч.1. – М.:ВНИИПО, 2001.- С.226-228.
13. ГОСТ 17088-71. Пластмассы. Метод определения горючести.- М.:Изд-во стандартов, 1972.- 8 с.
14. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Определение разрушающих напряжений при разрыве. - М.: Изд-во стандартов, 1981. - 6 с.
15. Паншин А.С. Влияние антипиренов на горючесть полиэтилена. // Пластические массы. - № 1. - 1974. - С. 40-43.
16. Авраменко В.Л., Близнюк А.В., Васильченко А.В. Повышение огнестойкости полиэтилена при его наполнении алюмосиликатами // Сб. науч. трудов «Проблемы пожарной безопасности». Вып.4.– Харьков: ХИПБ, 1998.- С. 6-8.
17. Попова Н.Г., Любенко О.Н., Васильченко А.В. Пожароопасные свойства современных строительных полимерных материалов. Часть 2. Изучение соотношения пожароопасных и термомеханических свойств полимеров // Проблемы пожарной безопасности. Сб.науч.тр.АПБУ – Вып.8.- Харьков: Фолио, 2000.- С. 31-33.
18. Васильченко А.В., Попова Н.Г., Любенко О.Н. Пожароопасные свойства современных строительных полимерных материалов. Часть 3. Об оценке пожароопасных свойств полимерных материалов // Сб. науч. трудов «Проблемы пожарной безопасности». Вып.10.- Харьков: АПБУ, 2001.- С. 28-31.