

УДК 614.841

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.4/43>**Нікулін О.Ф.**

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Добряк Д.О.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Крикун О.М.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Кравченко Н.В.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Савченко О.В.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Луценко Ю.В.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІКАРБОНАТУ АБО ІНШОГО ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛУ ЯК ЛЕГКОСКИДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ У ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

У цій статті проведено аналіз джерел інформації з питань противибухового захисту приміщень та будинків у разі внутрішнього дефлаграційного вибуху газо-, паро-, пилоповітряної суміші за допомогою легкоскидних конструкцій. Зазначено, що скління є найпоширенішим видом легкоскидних конструкцій, але не завжди площі скління в огорожувальних конструкціях досить для зниження надлишкового тиску до допустимого значення. Розглянуто джерела інформації щодо використання полікарбонату у промисловому будівництві, зокрема в частині визначення можливості використання полікарбонату як легкоскидної конструкції усередині виробничих приміщень промислових об'єктів. Альтернативою звичайному склу в огорожувальних конструкціях і у ліхтарях можуть бути легкі і міцні, вогнестійкі полімерні матеріали. Розглянуто фізико-механічні характеристики полікарбонату та інших полімерів, а також різноманітні способи механічного впливу, що призводять до руйнування полімерного матеріалу. Виділено три типові випадки механічного впливу, такі як ударні впливи, тривалі дії у разі постійного навантаження, періодичні впливи. Зазначено, що аварійні вибухи можуть мати детонаційний і дефлаграційний характер. Описано основні характеристики та відмінності вибухів. Визначено основні принципи вибухобезпеки об'єктів та способи їх досягнення. Наведено характерні особливості скла, які слід враховувати у разі його використання як легкоскидних конструкцій. Використання склопакетів та армованого скла як легкоскидних конструкцій не допустиме. За результатами аналізу фізико-механічних характеристик вибраних матеріалів зроблено висновки щодо можливого їх використання як легкоскидних конструкцій. Наведено переваги фізико-механічних характеристик полікарбонату порівняно з іншими полімерами, такі як значна міцність на розтягнення, на стиснення, на вигин та значну ударну міцність і в'язкість. Зважаючи на значну міцність полікарбонату, використання його як легкоскидної конструкції може бути вирішене за допомогою руйнування елементів кріплення. Звернено увагу на те, що для визначення можливості використання полікарбонату як легкоскидних конструкцій потрібне проведення експериментальних досліджень.

Ключові слова: легкоскидні конструкції (ЛСК), параметри легкоскидних конструкцій, допустимий надлишковий тиск, детонаційний і дефлаграційний вибухи, полікарбонат.

Постановка проблеми. Використання скління будинків як легкоскидних конструкцій (далі – ЛСК) натеper є одним з найбільш ефективних і поширених конструктивних рішень, але не завжди площі скління в огорожувальних конструкціях

досить для зниження надлишкового тиску до допустимого значення [1–8]. Альтернативою звичайному склу в огорожувальних конструкціях і у ліхтарях можуть бути легкі і міцні, вогнестійкі полімерні матеріали, насамперед полікарбонат.

Формування цілі статті. Метою цієї статті був аналіз джерел інформації з питань протипожевого захисту виробничих будинків і споруд у разі внутрішнього дефлаграційного вибуху газо-, паро-, пилоповітряної суміші за допомогою легкоскридних конструкцій з полікарбонату або інших вогнестійких полімерів для зниження надлишкового тиску вибуху до допустимого значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розглянуто джерела інформації [1–16] щодо використання полікарбонату у промисловому будівництві, зокрема в частині визначення можливості використання полікарбонату як легкоскридної конструкції (ЛСК) всередині виробничих приміщень промислових об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо фізико-механічні характеристики полікарбонату та інших полімерів [9].

Листовий монолітний (суцільний) полікарбонат (ПК) є найміцнішим з усіх прозорих матеріалів, що існують на світовому ринку і виробляються у промислових масштабах. Унікальність експлуатаційних характеристик забезпечує затребуваність листового ПК у таких галузях, як автомобілебудування, будівництво, військова техніка, виробництво спортивного спорядження, засоби безпеки та антивандальні конструкції, рекламна індустрія.

Позаяк усі листові ПК виготовляються практично з однакових за характеристиками марок сировинного грануляту (у всіх компаній-виробників ПК існують спеціальні екструзійні марки для виробництва монолітних і стільникових листів), основні властивості матеріалів різних виробників мало відрізняються один від одного. У таблиці 1 наведені фізико-механічні та експлуатаційні характеристики деяких з них [9].

Аналіз даних таблиці 1 дозволяє зробити висновок, що листовий ПК має високу стійкість до ударів. У графі значень ударної в'язкості зразка без надрізу зазначено: «без руйнувань» – це означає, що зразок листового ПК неможливо зруйнувати лабораторними методами. Якщо співвіднести дані показника ударної в'язкості зразка ПК з відповідними показниками для інших листових матеріалів, наприклад, для оргскла 14–17 (без надрізу) і 4–5 (з надрізом), для полістиролу 5–6 (без надрізу) і 1–2 (з надрізом), то можна приблизно оцінити величину цієї фізичної характеристики в 900–1100 кДж/м² (без надрізу). Ця величина ілюструє екстремальну ударну міцність матеріалу [9].

Ще одна особливість листового ПК – висока стійкість до низьких і високих температур. Діапазон температур певного використання досить

широкий – від -50°C до +150°C. Тому полікарбонат беззастережно може застосовуватися в будь-яких найскладніших кліматичних умовах.

Крім того, ПК має досить високі параметри вогнестійкості: група горючості – Г1, група займистості – В2, група димоутворювальної здатності – Д2.

Різноманітні способи механічного впливу, що призводять до руйнування полімерного матеріалу, можна віднести до трьох типових випадків: [10–13] ударні впливи, тривалі дії у разі постійного навантаження, періодичні впливи.

Ударна дія означає деформування тіла з великою швидкістю. Якщо ця швидкість перевищує швидкість звуку, то зразок руйнується в місці прикладання навантаження, якщо не перевищує, то зразок руйнується по всьому об'єму за механізмом крихкого руйнування. Пластична деформація до руйнування зразка не встигає розвинутися скільки-небудь значною мірою.

«Пластичність» і «крихкість» – це лише умовні терміни, а те, яким чином руйнування відбувається насправді, залежить від конкретних обставин. Пластичність можна кількісно охарактеризувати відносним подовженням або відносним зменшенням поперечного перерізу. Далі пластичність залежить від температури, швидкості деформації, а також від виду напруженого стану.

Будь-який процес руйнування відбувається в два етапи: спочатку утворюється тріщина, потім вона поширюється. Характер руйнування дуже сильною мірою залежить від механізму поширення тріщини. Для пластичних матеріалів характерно те, що попереду зростаючої тріщини і навколо неї розвивається ділянка пластичних деформацій. При цьому процес поширення тріщини відбувається відносно повільно. Такі тріщини часто характеризують терміном «стабільні». У цьому разі матеріал чинить опір подальшому розвитку тріщини, якщо тільки напруга не збільшується. Крім того, візуально спостерігаються великомасштабні деформації на поверхні руйнування у вигляді смуг крутіння і розтягування. У разі ж крихкого руйнування, навпаки, тріщина поширюється дуже швидко без яких-небудь помітних пластичних деформацій. Тріщину в цьому разі характеризують як нестійку, а розвиток тріщини після того, як вона виникла, відбувається спонтанно без збільшення докладеної напруги.

Руйнування термопластичних полімерів, до яких відносять полікарбонат, можливо як по пластичному, так і по крихкому механізму, причому для багатьох полімерів може спостерігатися

Технічні характеристики листового монолітного полікарбонату [9]

Характеристика	Метод	Од. вим.	Значення для різних виробників		
			Barlo PC, PC UVP	Paltuf, Palsan	Axxis Sunlife
Щільність	ISO 1183	г/см ³	1,2	1,18	1,2
Модуль пружності у разі згину	ISO 178	МПа	н/д	2600	н/д
Межа міцності у разі вигину	ISO 178	МПа	> 95	> 90	> 95
Модуль пружності у разі розриву	ISO 527	МПа	2200	2000	2200
Межа міцності у разі розриву	ISO 527	МПа	60	65	60
Подовження у разі розриву	ISO 527	%	80	90	100
Ударна в'язкість по Шарпі зразка з надрізом	ISO 179	кДж/м ²	> 40	н/д	> 30
Ударна в'язкість по Шарпі зразка без надрізу	ISO 179	кДж/м ²	без разр.	без разр.	без разр.
Ударна в'язкість по Ізоду зразка з надрізом	ASTM D 256	Дж/м	н/д	800	600–800
Теплостійкість по методу Vicat	ISO 306	°С	145	150	145
Температура прогину (А)	ISO R 75	°С	135	130	135–140
Температура розкладання		°С	> 280	н/д	> 280
Мін. температура використання		°С	-60	-75	-100
Макс. температура використання		°С	+130	+120	+130
Макс. температура тривалого теплового навантаження		°С	+115	+100	+115

Примітка: н/д – немає даних

перехід від пластичного до крихкого руйнування. Крихкому руйнуванню сприяють такі чинники, як зниження температури і збільшення швидкості деформації, а також наявність гострих надрізів, збільшення товщини зразка і будь-яка модифікація хімічної структури полімеру, яка призводить до збільшення температури склоутворення.

Ще одним ефектом, що часто спостерігається до моменту руйнування термопластичних полімерів, є крейзінг. Він виникає в ділянках з локалізованим розвитком пластичних деформацій, які призводять до утворення безлічі мікропор, що з'єднуються між собою. Між мікропорами утворюються фібрилярні містки, а макромолекулярні ланцюги переорієнтуються.

Якщо діючі напруги досить великі, то містки розтягуються і руйнуються, що призводить до зростання і злиття мікропор. Як наслідок цього, починає утворюватися тріщина.

Опір полімерів ударним навантаженням характеризується так званою ударною в'язкістю, величина якої, що виражається в Дж/м², чисельно дорівнює роботі руйнування, віднесеної до одиниці площі поперечного перерізу зразка.

Ударна міцність є технічною характеристикою полімерного матеріалу. Під ударною міцністю розуміють здатність матеріалу опиратися докладним з великою швидкістю навантаженням. Ця характеристика полімерних матеріалів затверджена стандартами. У цьому разі полімерний матеріал випробовується на поперечний удар,

ударне розтягнення, ударне стиснення або на багаторазовий удар. Швидкість навантаження не більше 1 м/с. Найбільше застосування знайшов поперечний удар, який реалізується на маятниковому копрі [10–11].

Є велика група випробувань, що дозволяють оцінити механічні властивості матеріалів у разі ударного впливу зі швидкістю 2–4 м/с. Зразок, розташований на опорах, руйнується під дією вільно падаючого маятника, що обертається навколо горизонтальної осі. Позаяк вимір зусиль і деформацій при цих швидкостях ускладнює випробування, зазвичай визначають роботу, витрачену на руйнування (по різниці енергій маятника до і після удару за зразком). Енергія удару витрачається на зародження тріщини і на її розвиток.

Це випробування проводять у разі ударного вигину зразка, що вільно лежить на двох опорах, ударом молота по його середині (за Шарпі). При цьому визначають ударну в'язкість за формулою:

$$a = A/F, \quad (1)$$

де A – робота, витрачена на руйнування зразка; F – площа поперечного перерізу зразка у місці надрізу.

Ударна в'язкість визначається як характеристиками міцності, так і деформаційними властивостями матеріалу, оскільки робота руйнування являє собою інтеграл напружень за деформаціями l :

$$a = c \cdot \sigma_p \cdot l_p \quad (2)$$

де l_p – гранична деформація під час удару;

σ_p – ударна міцність;
 c – коефіцієнт, значення якого змінюється від 0,5 до 1. Звідси ясно, що неправильно ототожнювати ударну в'язкість з ударною міцністю.

Під час крихкого руйнування (малі значення l_p) ударна в'язкість мала; у разі переходу від крихкого руйнування до пластичного ударна в'язкість різко збільшується.

Вплив на ударну в'язкість температури, складу і структури матеріалу також залежить від того, як ці фактори впливають на σ_p і l_p . У разі підвищення температури σ_p зменшується, а l_p зростає, і їх добуток може змінюватися по-різному. Великі значення ударної в'язкості, як видно з формули (2), означають, що матеріал і досить міцний, і еластичний, а малі значення, що матеріал або неміцний, або дуже крихкий.

У США, Англії та інших країнах використовують випробування на ударний вигин консольно закріпленого зразка з надрізом по Ізоду (рис. 1).

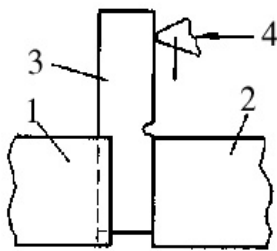


Рис. 1. Схема кріплення зразка під час випробування на ударний вигин по Ізоду: 1 – нерухома опора; 2 – рухома опора; 3 – зразок; 4 – ребро ударного молота маятника

У разі високої пластичності (наприклад, у разі деяких термопластів) визначити ударну в'язкість

важко: зразки під час удару не руйнуються, а лише прогинаються. У таких випадках ударну в'язкість a_n визначають на зразку з надрізом, зробленим приблизно на 1/3 його товщини. Співвідношення $k=a_n/a$ називається коефіцієнтом ослаблення.

Руйнування пластичних матеріалів можна здійснити і без надрізу шляхом багаторазового ударного вигину, визначаючи залежність a від числа ударів; при цьому матеріал характеризується значенням a_m , що відповідає певному числу ударів (зазвичай близько 10^5 – 10^6). Співвідношення a_m/a характеризує опір втомі під час удару; у разі $5 \cdot 10^5$ ударах його значення може змінюватися від 0,001 до 0,3. Склад матеріалу менше впливає на a_m , ніж на a . У таблиці 2 наведені значення ударної в'язкості деяких пластмас. Досить широко проводять спеціальні випробування на удар по Дінстату (для малих зразків); на ударне розтягнення зразків, що не руйнуються у разі згинання; на ударне проривання плівки падаючою кулею. Випробування на удар по Дінстату полягає у визначенні роботи руйнування під час удару молотом по пластині розміром 10x15 мм (товщина 1,5–4,5 мм) уздовж лінії її закріплення у затискачі.

У таблиці 3 наведено для порівняння характеристики стільникового, монолітного полікарбонату і скла [15].

Беручи до уваги властивості полікарбонату, а саме міцність, ударну в'язкість і ударну міцність, легкість порівняно із звичайним склом, зрозуміла його затребуваність у будівництві, включаючи будівництво промислових об'єктів з вибухонебезпечними технологічними процесами.

У посібнику [1] наведено вказівки для обстеження і проєктування будівельних конструкцій

Таблиця 2

Значення ударної в'язкості полікарбонату та деяких пластмас [11]

Матеріал	a , кДж/м ²	a_n , кДж/м ²	a_m , кДж/м ²
Полікарбонат на основі бісфенола А	150	40	–
Полігексаметіленсе бацінамід	40% зразків не руйнується	3	–
Поліамід П-АК7	100% зразків не руйнується	3	–
Поліетилен низької щільності	100% зразків не руйнується	16	2
Поліпропілен	80	–	–
Політрифторхлоретілен	80% зразків не руйнується	8	–
Політетрафторетілен	100% зразків не руйнується	23	–
Поліметілметакрилат	15	–	4
Вініпласт	170	15	–
Амінопласти	5–11	1–2	–
Волокніт на основі бавовняної целюлози	10	9	–
Фенопласт К-18-56	4	3	1
Фенопласт іцірований каучуком (ФКП-1)	11	4	1
Склопластик АГ-4С	100	–	4

Примітки: a , a_n , a_m – відповідно зразки без надрізу, з надрізом і після навантаження $5 \cdot 10^5$ ударами

приміщень, будівель і споруд, які можуть піддаватися впливу аварійних вибухів газо-, паро-, пилоповітряних горючих сумішей (ГС) або вибухових речовин (ВР).

Аварійні вибухи можуть мати детонаційний і дефлаграційний характер. Детонаційні вибухи в атмосфері характеризуються спільним рухом ударної хвилі і хімічної зони горіння з надзвучовою швидкістю або швидкістю близькою до швидкості звуку. У момент підходу ударної хвилі до перешкоди тиск стрибком підвищується від атмосферного P_0 до значення $P_0 + \Delta P_\phi$ у фронті хвилі, а потім поступово зменшується.

Позначення ΔP_ϕ використовується у посібнику [1] для детонаційних вибухів, для дефлаграційних вибухів було прийнято P_ϕ .

Модель детонаційного вибуху реалізується під час вибухів зброї масового ураження звичайних вибухових речовин, наприклад тротилу, і здебільшого під час підриву сумішей вуглеводневих газів з повітрям та киснем.

Дефлаграційне горіння в атмосфері із дозвучовою швидкістю поширення полум'я характеризується тим, що фронт полум'я є «поршнем», що створює під час руху попереду себе хвилю стиснення. Дефлаграційні вибухи створюють хвилю стиску, що переходила на далеких відстанях у слабку ударну хвилю.

Дефлаграційне вибухове горіння у напівзамкнутому об'ємі (внутрішній вибух) характеризується однаковим тиском у кожній точці об'єму в

певний момент часу. При цьому відношення лінійних розмірів будівлі або приміщення не повинно перевищувати 10.

У посібнику [1] два розділи присвячено зовнішнім (детонаційним вибухам) і внутрішнім вибухам (дефлаграційним вибухам). У розділі 2, присвяченому зовнішнім вибухам, приділяється увага підвищенню несучої здатності і міцності будівельних конструкцій. Щодо використання полікарбонату або іншого полімерного матеріалу у вікнах, то цитуємо п. 2.2.8 вказаного документа: «В качестве заполнения окон следует применять обычное оконное или неполированное витринное стекло, а также ударопрочное бесколочное стекло, поликарбонатный пластик и т.п. материалы. С целью повышения несущей способности обычное оконное или витринное стекло может быть оклеено с внутренней стороны полихлорвиниловой плёнкой».

У розділі 3 [1] йдеться про забезпечення вибухозахисту будівель під час внутрішніх аварійних вибухів, що може здійснюватися за двома напрямками:

- зниженням надлишкового тиску, що виникає під час внутрішнього аварійного вибуху;
- підвищенням міцності і стійкості конструкції до дії аварійних (вибухових) навантажень.

Необхідною умовою розробки оптимальних рішень із забезпечення вибухостійкості будівель під час внутрішніх аварійних вибухів є поєднання обох зазначених вище напрямів.

Таблиця 3

Характеристики стільникового, монолітного полікарбонату і скла [15]

Параметри	Стільниковий ПК (4 мм)	Монолітний ПК (4 мм)	Скло (4 мм)
Щільність, кг/м ³	200	1200	2200–2900
Вага, кг/м ²	0,8	4,8	9,4
Межа міцності на вигин, МПа	100	90–110	15–20
Межа міцності на розтягнення, МПа	60	60	30–60
Межа міцності на стискання, МПа	70	80–100	700–1000
Ударна стійкість, Дж	2,1	800	0,05
Мінімальний радіус вигину R _{min} , м	0,7	0,6	–
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·°С)	3,8–4,1	5,3	5,8
Коефіцієнт лінійного термічного розширення К, 10 ⁻⁵	6,5	6,5	0,9
Коефіцієнт лінійного розширення, мм/(м ² ·°С)	0,065	0,065	0,0009
Звукоізоляція, дБ	до 20	27	30
Ступінь прозорості, %	85	91	89–92
Діапазон температури застосування, °С	-45–+120	-50–+150	-70 - +250
Термін служби, років	Не менше 10 (10–30)	Не менше 10 (10–15)	До 50
Хімічна стійкість	Середня	Висока	Висока
Вартість за 1 м ² , у. е.	від 2	від 17	від 3,5

Для зниження надлишкового тиску, що виникає під час внутрішніх аварійних вибухів, використовуються запобіжні конструкції (ЗК): скло глухого скління приміщень і скло стулок віконних рам, що відкриваються всередину, а також стулки віконних рам, які відкриваються назовні, двері та ворота (ЗК обертові), а також легкоскидні стінові панелі і полегшені плити покриттів приміщень (ЗК, що зміщуються). Стінові панелі можуть бути запроєктовані як обертові ЗК.

За вимогами нормативних документів запобіжні конструкції встановлюються у приміщеннях будівель або пожежних відсіків категорій А і Б за вибухопожежною і пожежною небезпекою.

За допомогою ЗК надлишковий тиск у приміщенні під час аварійного вибуху знижується до допустимої величини.

У разі проєктування будинків вибухонебезпечних виробництв надлишковий тиск приймають, як правило, від 3 до 5 кПа. Нижнє значення надлишкового тиску відповідає будівлям, конструкції яких не розраховані на вплив аварійного вибуху. У разі зменшення $P_{\text{доп}}$ площа запобіжних конструкцій збільшується.

Для зниження надлишкового тиску, що виникає під час аварійних вибухів, до допустимої величини насамперед слід використовувати скління стін приміщень та ліхтарів. При цьому як ЗК можуть використовуватись скло глухого скління і скло стулок віконних рам, що відкриваються всередину, а також стулки віконних рам, що відкриваються назовні (краще з вертикальним шарніром).

Застосування ЗК у виді легкоскидних стінових панелей слід передбачати в тих випадках, коли це не становить небезпеку для людей, що перебувають поблизу будівлі, в якій встановлюються ЗК.

Якщо необхідна площа прорізів, що перекриваються ЗК, не може бути розміщена у стінах будівлі і ліхтарях, то їх слід розмішувати в покритті вибухонебезпечного приміщення; при цьому легкоскидні покриття можуть бути досить ефективними тільки за порівняно великого значення надлишкового тиску вибуху.

Несучі, огорожувальні конструкції будівель, що піддаються дії надлишкового тиску $P_{\text{доп}}$ під час внутрішнього аварійного вибуху, повинні бути розраховані з урахуванням цього тиску.

У будівлях і приміщеннях вибухонебезпечних виробництв повинна бути, як правило, виключена можливість руйнування основних несучих і огорожувальних конструкцій у розрахунковій величині вибухових навантажень. Допускаються пошкодження конструкцій випадкового характеру, які не

впливають на їх міцність і стійкість, а також експлуатаційні характеристики, вимагають незначних матеріальних витрат на ліквідацію цих ушкоджень.

Як скління вікон використовується, як правило, віконне або вітринне неpolіроване скло товщиною 3–5 мм. У посібнику зазначено, що склопакети і армоване скло як ЗК застосовувати не рекомендується.

Далі у п. 3.2.2 [1] наведено характерні особливості скла, які слід враховувати під час його використання як ЗК.

– значення міцності скла в одному вікні можуть відрізнитись завдяки наявності дефектів, можливе зниження міцності у разі збільшення площі і зменшення товщини скла;

– у разі тривалої дії навантаження міцність скла знижується приблизно в 3 рази порівняно з міцністю у разі короткочасної дії навантаження;

– руйнівне навантаження залежить від типу кріплення скла (найменше руйнівне навантаження – у разі кріплення на металевих клямерах, розташованих з боку скла, що не піддається впливу навантаження);

– руйнівні навантаження менші в тому разі, якщо сторона скла, по якій проводиться його різка, піддається дії навантаження;

– температура продуктів горіння горючих сумішей (ГС) практично не впливає на величину руйнівного навантаження;

– склоскління приміщень може працювати досить ефективно як ЗК тільки у тому разі, якщо час освітлення прорізів у віконних переплетіннях під час руйнування буде набагато меншим за тривалість горіння ГС;

– у разі дефлаграційного горіння ГС навантаження, яке діє на скло, може бути прийняте рівним надлишковому тиску P_0 , що виникає у приміщенні, помноженому на коефіцієнт, що дорівнює 1,2.

Таким чином, у розділі 3 посібника [1], який присвячено внутрішнім дефлаграційним вибухам, не наведено даних або якихось рекомендацій щодо використання полікарбонату або іншого полімерного матеріалу у вікнах як ЗК (ЛСК).

У посібнику [2] вказівки містять матеріали для проєктування несучих та огорожувальних конструкцій будівлі та приміщень вибухонебезпечних виробництв під час аварійних вибухів газо-, паро-, пилоповітряних горючих сумішей (ГС).

Вказівки [2] розроблені для будівель і приміщень, що проєктуються з урахуванням роздільного впливу внутрішнього і зовнішнього вибуху ГС.

Вказівки не поширюються на проєктування будівель і приміщень, в яких виробляються або

зберігаються вибухові речовини, засоби ініціювання вибухових речовин, а також будівлі і приміщення, що проєктуються за спеціальними нормами і правилами.

Вибухобезпека об'єкта повинна забезпечуватися:

– системою запобігання вибуху (вибухопепередження);

– системою противибухового захисту;

– організаційно-технічними заходами.

Положення посібника [2] аналогічні положенням посібника [1] і так само у розділі 3 частини I посібника «Зовнішній вибух» наведено, що в зовнішніх стінах вибухостійких будинків слід передбачати роздільні віконні прорізи з мінімально можливою площею, які використовуються для природного освітлення необхідних приміщень або їх окремих ділянок. При цьому розміри комірок віконних рам повинні бути мінімальними. У разі відповідного обґрунтування допускається проєктувати будівлі операторних зі штучним освітленням без світлових прорізів. Як заповнення вікон слід застосовувати звичайне віконне або неполироване вітринне скло, а також ударостійке безосколкове скло, полікарбонатний пластик і т.п. матеріали. З метою підвищення несучої здатності звичайне віконне або вітринне скло може бути обклеєне поліхлорвініловою плівкою.

У розділі 8 частини II «Внутрішній вибух» посібника [2] за аналогією з посібником [1] щодо використання скла у склінні вибухонебезпечних приміщень наведено таке: «В качестве остекления окон со стальными или деревянными переплетами используется, как правило, оконное или витринное неполированное стекло толщиной 4 мм по ГОСТ 111-90. Стекла крепятся в стальных переплетах съёмными штапиками, представляющими собой гнутые элементы из стальной оцинкованной ленты, или с помощью резиновых профилей. В деревянных переплетах стекла крепятся деревянными штапиками. Стеклопакеты и армированное стекло в качестве ЗК применять не рекомендуется».

Таким чином, за аналогією з посібником [1] у розділі 8 посібника [2], який присвячено внутрішнім (дефлаграційним) вибухам, не наведено даних

або якихось рекомендацій щодо використання полікарбонату або іншого полімерного матеріалу у вікнах як ЗК (ЛСК).

Щодо використання нових матеріалів, наприклад, полікарбонату, то у п. 5.10 [3] наведено, що у приміщеннях категорій А та Б слід передбачати зовнішні легкоскридні огорожувальні конструкції. І далі за текстом у примітці 1 наведено, що віконне скло належить до легкоскридних конструкцій за товщини 3, 4 і 5 мм і площі не менше (відповідно) 0,8, 1 і 1,5 м². Армоване скло, склопакети, триплекс, сталініт і полікарбонат до легкоскридних конструкцій не належать.

У джерелах інформації [1; 2; 4; 6–16] відсутні будь-які дані або рекомендації щодо використання полікарбонату або іншого полімерного матеріалу як ЛСК.

Підбиваючи підсумок, наводимо нижче цитату з книги [5] щодо можливості використання полікарбонату або іншого полімерного матеріалу як легкоскридної конструкції: «При наличии необходимых данных о закономерностях вскрытия для устройства разрушающихся ПК вместо стекол могут использоваться листовые и пленочные пластмассовые материалы».

Висновки. За даними джерел інформації [9–13], полікарбонат порівняно з іншими полімерами має значну міцність на розтягнення, на стиснення, на вигин та значні ударну міцність і в'язкість, визначені за стандартними методиками.

Для визначення можливості використання полікарбонату як ЛСК потрібні експериментальні дослідження щодо характеру можливого руйнування полікарбонату (крихке, пластичне) внаслідок дії надлишкового тиску та його фізико-механічних характеристик.

З огляду на те, що за літературними джерелами полікарбонат досить міцний матеріал і спроможний витримувати значні навантаження, головне завдання легкоскридних конструкцій щодо зниження надлишкового тиску у приміщенні до допустимого значення за рахунок свого розкриття може бути вирішене за допомогою руйнування елементів кріплення, що має бути підтверджене експериментальними дослідженнями.

Список літератури:

1. Пособие по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок. Москва : ЦНИИПромзданий, 2000.
2. Пособие по проектированию несущих и ограждающих конструкций промышленных зданий для взрывоопасных производств. Москва : ЦНИИПромзданий, 1994.
3. СП 56.13330-2011 Производственные здания. Введ. 2011-05-20. Москва : ОАО «ЦПП». 27 с.
4. Расчет параметров легкобрасываемых конструкций для взрывоопасных помещений промышленных объектов. Рекомендации. Москва : ВНИИПО, 2015. 48 с.

5. Пилюгин Л.П. Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. Москва : Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2000. 224 с.: ил. ISBN 5-901283-03-1.
6. Технический кодекс установившейся практики. (ТКП 45-2.02-38-2006. (02250) Конструкции легкобрасываемые. Правила расчета. Введ. 2007-01-01. Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. 27 с.
7. Пожарная профилактика в строительстве / под редакцией кандидата технических наук В.Ф. Кудаленкина. Москва, 1985.
8. СП 4. 13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
9. Антивандальный материал. URL: <http://www.vista-dv.ru/safplast/monolitnyj-polikarbonat/item/14-antivandalnyj-material>.
10. Сутягин В.М. Основные свойства полимеров : учебное пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2010.
11. Ярцев В.П. Прогнозирование работоспособности полимерных материалов в деталях и конструкциях зданий и сооружений. Тамбов, 2001.
12. Методы испытаний полимерных материалов ООО «КОМЕФ», 2007.
13. Исследование физико-механических свойств полимеров и полимерных композитов: Лабораторные работы / авт.-сост.: А.Г. Воронков, В.П. Ярцев. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004.
14. Перетрухин В.В., Чернушевич Г.А. Пути снижения уровня травматизма и уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций на предприятиях со взрывопожароопасными технологиями. *Общественные вопросы лесопромышленного комплекса*. 2011. № 2. С. 267–270.
15. Миканович А.С. Анализ вопроса защиты зданий и сооружений при внутреннем взрыве газо-пылевоздушной смеси / А.С. Миканович, О.В. Любимова, О.А. Бужин. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2017. № 1. С. 59–65.
16. Невская Е.Е. Основные методы оценки параметров ударных волн при аварийных взрывах. Принципы проектирования взрывоустойчивых зданий и сооружений. *Безопасность труда в промышленности*, 2017. № 9. С. 20–29.

Nikulin O.F., Dobriak D.O., Krikun O.M., Kravchenko N.V., Savchenko O.V., Lutsenko Yu.V. ABOUT USE OF POLYCARBONATE OR OTHER POLYMER MATERIAL AS LIGHT REMOVABLE CONSTRUCTIONS IN EXPLOSIVE INDUSTRIAL PREMISES

This article analyzes the sources of information on explosion protection of premises and buildings in the event of an internal deflagration explosion of gas, steam, dust and air mixture using light dump (removable) structures. It is noted that glazing is the most common type of light dump (removable) structures, but not always the area of glazing in enclosing structures is sufficient to reduce excess pressure to an acceptable value. Sources of information on the use of polycarbonate in industrial construction are considered, in particular in determining the possibility of using polycarbonate as a lightweight structure inside the production premises of industrial facilities. Light and strong, fire-resistant polymeric materials can be an alternative to usual glass in enclosing designs and in lanterns. The physical and mechanical characteristics of polycarbonate and other polymers, as well as various methods of mechanical impact that lead to the destruction of the polymeric material are considered. There are three typical cases of mechanical impact, such as shock impact, prolonged action under constant load, periodic effects. It is noted that emergency explosions can have detonation and deflagration character. The main characteristics and differences of explosions are described. The basic principles of explosion safety of objects and ways of their achievement are defined. The characteristic features of glass which should be considered at its use as easily dump structures are resulted. The use of double-glazed windows and reinforced glass as lightweight structures is not allowed. Based on the results of the analysis of physical and mechanical characteristics of the selected materials, conclusions were made regarding their possible use as lightweight structures. The advantages of physical and mechanical characteristics of polycarbonate in comparison with other polymers are given, such as significant tensile, compressive, bending strength and significant impact strength and toughness. Due to the significant strength of polycarbonate, the use of its easy-to-drop structures can be solved by destroying the fasteners. Attention is drawn to the fact that to determine the possibility of using polycarbonate as a lightweight structure requires experimental studies.

Key words: light dump (removable) structures (LSC), parameters of light dump (removable) structures, allowable excess pressure, detonation and deflagration explosions, polycarbonate.