

УДК 614.839

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ЛЕГКОСКИДНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ ГНУЧКИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.1.64-71>

Ніжник В. В.¹, ORCID iD 0000-0003-3370-9027
Поздєєв С. В.², ORCID iD 0000-0002-9085-0513
Добряк Д. О.^{1*} ORCID iD 0000-0002-2360-3520
Підгорецький Ю. Ю.², ORCID iD 0000-0002-0888-1442
Потетня К. В.³ ORCID iD 0000-0003-2381-4026
Крикун О. М.¹ ORCID iD 0000-0001-8132-9788
*E-mail: vdb211@ukr.net

¹Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

²Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, Україна

³ТОВ «Легкоскидні конструкції», Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 09.05.2022

Пройшла рецензування: 14.06.2022

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

вибух; параметри легкоскидних конструкцій; надійність розкриття; критичне значення надлишкового тиску вибуху

АНОТАЦІЯ

Висвітлено тему розроблення методики визначення параметрів легкоскидних конструкцій (далі – ЛСК) на основі гнучких полімерних матеріалів (далі – ГПМ) для їх гарантованого розкриття за умов досягнення критичного значення надлишкового тиску вибуху. За допомогою запропонованого рівняння, в якому розміри прорізу ЛСК на основі ГПМ є незалежними змінними, було побудовано номограми для визначення геометричних розмірів прорізів ЛСК на основі ГПМ. Для перевірки отриманих за допомогою розроблених номограм результатів було побудовано математичні моделі ГПМ у замках стандартного віконного профілю і проведено чисельні експерименти з їх використанням. Показано, що отримані за номограмами результати є адекватними, оскільки для всіх випадків максимального тиску розкриття відбувалося у 100% ЛСК на основі ГПМ. Розроблена методика має просту реалізацію та економічні розрахункові алгоритми, що дає змогу здійснювати проєктування ефективних ЛСК на основі ГПМ.

Постановка проблеми.

Статистичні дані щодо надзвичайних ситуацій в Україні свідчать про збільшення їх кількості унаслідок пожеж і вибухів у будівлях і спорудах [1].

З метою запобігання руйнівальному впливу вибухів застосовуються ЛСК, основними характеристиками яких є площа, спосіб розкриття тощо.

Аналіз чинних нормативних документів [2] показав, що на сьогодні вимоги до характеристик ЛСК обмежено визначенням площі залежно від об'єму приміщення та його категорії. Також встановлено перелік конструкцій, які можуть виконувати функцію ЛСК.

Водночас немає можливості оцінити ЛСК, що виготовляються із нових будівельних матеріалів.

Таким чином, нині є актуальним питання визначення параметрів ЛСК на основі ГПМ для їх гарантованого розкриття за умов досягнення критичного значення надлишкового тиску вибуху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на з аналіз чинних нормативних документів на сьогодні вимоги до характеристик ЛСК обмежені визначенням переліку матеріалів їх виготовлення, їх площі залежно від об'єму приміщення та його категорії, що потрібно

визначати розрахунком [2–4]. У сфері протипожежного нормування рекомендацій з розрахунків параметрів ЛСК нині в Україні немає. Існує зарубіжна методика розрахунків вибухостійкості будинків у разі внутрішнього дефлаграційного вибуху газоповітряних сумішей [5]. Цей посібник має досить широку сферу використання та рекомендований для проектування виробництв, де внаслідок аварії можуть утворитися газо-, паро-, пилоповітряні суміші. У 2006 р. розроблено «Технічний кодекс встановленої практики», що чинний у Республіці Білорусь – ТКП 45- 2.02- 38- 2006 (02250), в якому встановлено порядок розрахунку площі ЛСК, призначених для захисту будівель і споруд у разі дефлаграційного вибуху всередині приміщень [6]. Функціонують і закордонні стандарти, наприклад NFPA 68 (США) [7], BS EN 14491:2012 (Великобританія) [8]. Ці стандарти застосовуються до проектування, розміщення, монтажу, технічного обслуговування та використання приладів і систем, що видаляють гази та зменшують тиск, який виникає внаслідок дефлаграції всередині корпусу, щоб мінімізувати структурні та механічні пошкодження. Варто виділити роботи українських вчених, які проводили дослідження поведінки елементів легкоскридних конструкцій в умовах надлишкового тиску вибуху [9–14].

Формулювання цілей досліджень. Метою є обґрунтування розробленої методики проектування та визначення параметрів ЛСК на основі ГПМ.

Методи дослідження. У роботі для досягнення поставленої мети використовувався комплексний метод досліджень, а саме: теоретичні дослідження, аналіз, синтез, аналогію, порівняння, узагальнення, систематизацію, комп'ютерне моделювання, інженерні розрахункові методики, метод простих ітерацій, лінійної інтерполяції.

Під час визначення проектних характеристик ЛСК на основі ГПМ

застосовуються прості інженерні розрахункові методики.

За допомогою лінійної інтерполяції визначається мінімальна ширина прорізу секції ГПМ. Побудовано номограми для визначення конструктивного параметра за певного надлишкового тиску, для якого має бути забезпечено розкриття ЛСК на основі ГПМ різної товщини. Для перевірки адекватності розроблених моделей використано математичний апарат і проведено чисельний експеримент. Для моделювання процесу деформування ГПМ у стандартному віконному профілі застосовується метод кінцевих елементів у реалізації розрахунків за явним методом. Також у роботі застосовані планарні кінцеві елементи (КЕ) за схемою Белічко-Цая для реалізації розрахунків.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі завдання дослідження:

за допомогою рівняння, у якому розміри прорізу ЛСК на основі ГПМ є незалежними змінними, побудувати номограми для визначення геометричних розмірів прорізів ЛСК на основі ГПМ;

для перевірки адекватності отриманих за допомогою розроблених номограм результатів побудувати математичні моделі ГПМ у замках стандартного віконного профілю і провести чисельний експеримент з їх використанням.

Під час проектування ЛСК на основі ГПМ як основні конструктивні параметри мають бути визначені ширина a (найменший розмір) та висота b (найбільший розмір) прорізів рам віконного профілю. Для цього можна використати рівняння рівноваги. Критичний прогин має бути визначений за значеннями критичних переміщень країв ГПМ у вузлах кріплення. В результаті математичних перетворень була отримана формула для критичного прогину з урахуванням найменшого розміру прорізу ЛСК, що має такий вигляд [9; 15]:

$$w_{\text{кр}} = \frac{9a^2}{\pi(\alpha - 2\Delta x_{\text{кр}})} - \frac{12a}{\pi} + \frac{3}{\pi}(\alpha - 2\Delta x_{\text{кр}}) \quad (1)$$

де $x_{\text{кр}}$ – максимальне переміщення краю ГПМ, коли він виходить із замків

стандартного віконного профілю секції ЛСК.

Використовуючи відповідні конструктивні параметри a та b як змінні, отримуємо кінцевий вигляд рівняння [9–10; 13–14]:

$$P_{\text{виб}} ab - \left[\frac{9a^2}{\pi(a-2\Delta x_{\text{кр}})} - \frac{12a}{\pi} + \frac{3}{\pi}(a-2\Delta x_{\text{кр}}) \right] \frac{\pi^6 ab D_h}{16} \left[\sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{(2m+1)+(2n+1)}{2}}}{(2m+1)(2n+1) \left(\frac{(2m+1)^2}{a^2} + \frac{(2n+1)^2}{b^2} \right)^2} \right]^{-1} \quad (2)$$

$$\frac{2q_{\text{пр}} \left(\frac{9a^2}{\pi(a-2\Delta x_{\text{кр}})} - \frac{12a}{\pi} + \frac{3}{\pi}(a-2\Delta x_{\text{кр}}) \right) b\pi}{\sqrt{a^2 + \pi^2 \left(\frac{9a^2}{\pi(a-2\Delta x_{\text{кр}})} - \frac{12a}{\pi} + \frac{3}{\pi}(a-2\Delta x_{\text{кр}}) \right)^2}} - \frac{2q_{\text{пр}} \left(\frac{9a^2}{\pi(a-2\Delta x_{\text{кр}})} - \frac{12a}{\pi} + \frac{3}{\pi}(a-2\Delta x_{\text{кр}}) \right) a\pi}{\sqrt{b^2 + \pi^2 \left(\frac{9a^2}{\pi(a-2\Delta x_{\text{кр}})} - \frac{12a}{\pi} + \frac{3}{\pi}(a-2\Delta x_{\text{кр}}) \right)^2}} = 0$$

де a та b – змінні конструктивні параметри, що дає змогу зафіксувати зв'язок між ними.

Розв'язуючи рівняння (2) методом простих ітерацій за методикою, що описана у роботі [10; 16], було побудовано номограми (рис. 2) для визначення параметра, a залежно від параметра b за певного надлишкового тиску, для якого має бути забезпечено відкриття ЛСК на основі ГПМ різної товщини.

Надлишковий тиск визначається з попереднього розрахунку, а висота прорізу секції ЛСК може бути встановлена з огляду на дизайн приміщення та зручність розташування секцій ЛСК у приміщенні. У разі вибору висоти секцій ЛСК існує обмеження, що висота прорізу секції ЛСК має бути не меншою за 500 мм. Під час використання номограм для визначення конструктивного параметра, a за проміжними значеннями надлишкового тиску вибуху та висоти прорізу секції ЛСК можна застосовувати лінійну інтерполяцію.

Таким чином, методика підбирання конструктивних параметрів секцій ЛСК на основі ГПМ полягає у виконанні таких процедур [10].

1. Відповідно до номограм вибирається мінімальна висота секції ЛСК з огляду на вимоги дизайну та архітектури відповідного поверху. Тобто висота може бути встановлена проєктувальником-конструктором будівлі.

2. За допомогою попереднього розрахунку визначається величина надлишкового тиску вибуху.

3. Товщина ГПМ підбирається залежно від розташування ЛСК. У внутрішніх приміщеннях застосовуються ГПМ товщиною 4 мм. В огороженні будівлі від зовнішнього простору мають встановлюватися ГПМ товщиною 8 мм. Встановлення ГПМ товщиною 6 мм потребує додаткового обґрунтування з урахуванням вітрових навантажень у зазначеній місцевості.

4. Через лінійну інтерполяцію визначається мінімальна ширина прорізу секції ГПМ. У разі кінцевого приймання ширини прорізу можуть бути враховані дизайнерські або архітектурні рішення через збільшення ширини прорізу від визначеного мінімального значення, але не більше за 1,75 м.

Для перевірки адекватності розроблених моделей можна використати математичний апарат і провести чисельний експеримент. З огляду на це результатом такого чисельного експерименту може бути інформація про повне (часткове) розкриття ЛСК або не розкриття. Математичний апарат дає змогу враховувати всі особливості деформування системи. Під час формулювання задачі було застосовано такі основні припущення та посилення [9].

1. Для моделювання процесу деформування ГПМ у стандартному віконному профілі застосовується метод

кінцевих елементів у реалізації розрахунків за явним методом.

2. Для реалізації розрахунків застосовані планарні кінцеві елементи (КЕ) за схемою Беличко-Цая [17–21], що включає інтегрування за товщиною за п'ятьма внутрішніми точками.

3. ГПМ моделюється як неоднорідна структура із відтворенням кожної перетинки, що відповідає їх реальним розмірам.

4. Матеріал ГПМ є ізотропним нелінійно деформованим із двох лінійною діаграмою типу діаграми Прандтля.

5. Під час розв'язання задачі має бути врахована геометрична та фізична нелінійність із наявними процесами тертя країв ГПМ у замках стандартного віконного профілю.

6. За критерій повного спрацювання ЛСК береться повний вихід країв ГПМ за краї пластини, що моделює замки стандартного віконного профілю. Якщо відбувається частковий вихід або вихід не відбувається, вважається, що ЛСК не спрацювала [9].

У разі проведення обчислень має бути врахована фізична нелінійність, застосовується модель матеріалу, в основі якої лежить діаграма деформування.

Матеріал у пружній зоні деформується згідно із узагальненим законом Гука, за яким компоненти девіатора напружень Коши визначається за виразом [12; 17]:

$$S_{ij} = 2G\varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Настання пластичних деформацій фіксуються у разі виконання умови фон Мізеса [12; 17]:

$$\phi = J_2 - \sigma_y^2/3 = 0 \quad (4)$$

де J_2 – другий інваріант тензора напружень.

Поточне напруження пластичності визначається за формулою:

$$\sigma_y = \sigma_0 + E_p \varepsilon_{eff}^p \quad (5)$$

Ефективну пластичну деформацію визначають за формулою:

$$\varepsilon_{eff}^p = \int_0^t \sqrt{\frac{2}{3}} d\varepsilon_{ij}^p d\varepsilon_{ij}^p \quad (6)$$

Тиск на контактувальну поверхню визначається за виразом:

$$E_p = \frac{EE_t}{E-E_t}, \quad (7)$$

де E та E_t – відповідно модуль пружності на пружній ділянці та тангенціальний модуль пружності на пластичній ділянці.

Тиск на контактну поверхню визначають за виразом:

$$p = E_b \left(\frac{1}{V} - 1 \right) \quad (8)$$

де E_b – об'ємний модуль пружності;
 V – відносний об'єм.

Для перевірки адекватності результатів розробленої методики було взято навантаження, що відповідає найбільш використовуваному критерію надлишкового тиску, що дорівнює 5 кПа. Згідно із результатами досліджень у роботах [12; 18–21] тиск під час вибуху змінюється за кривою, що наведена на рис. 1.

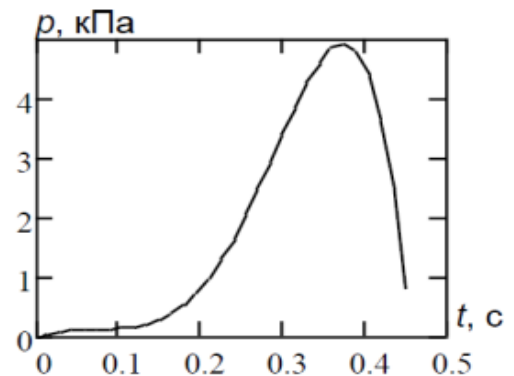


Рисунок 1 – Графік зміни тиску вибуху залежно від часу із максимальним надлишковим тиском вибуху 5 кПа

Джерело: розроблено авторами

Використовуючи формулу (2) побудовано монограми визначення конструктивних параметрів ЛСК під дією надлишкового тиску вибуху (рис. 2).

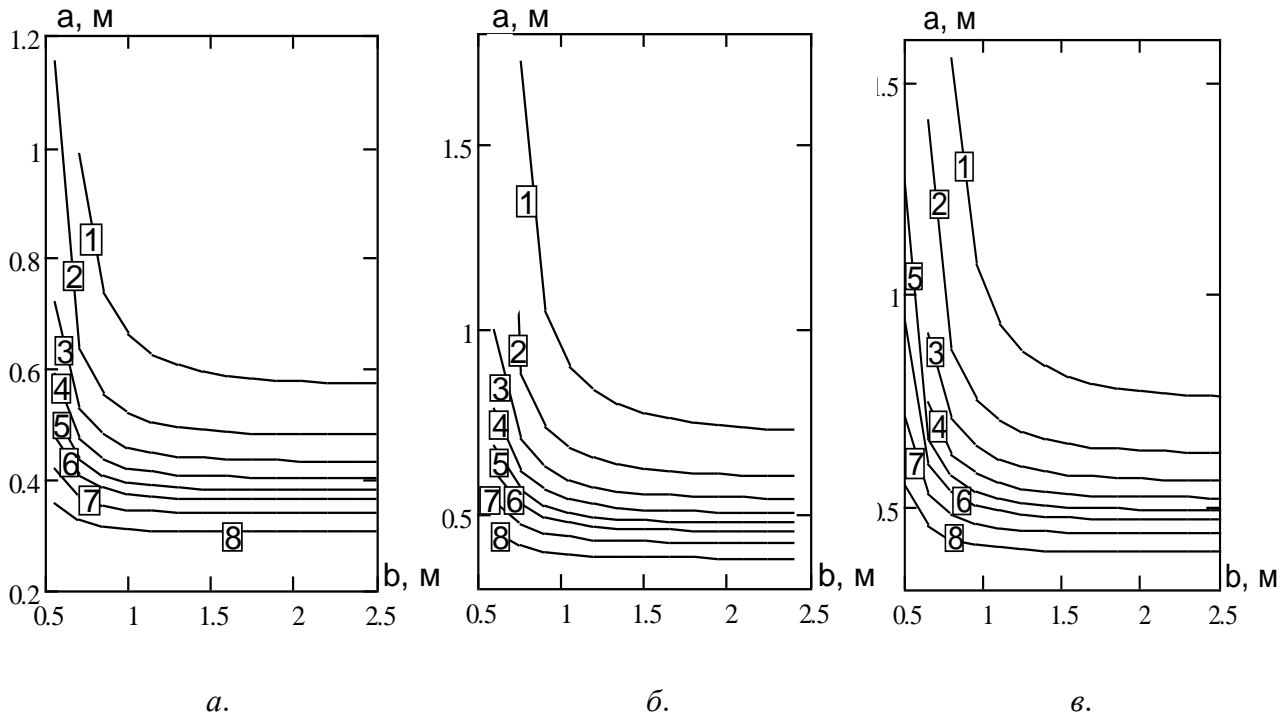


Рисунок 2 – Номограми для визначення параметра a , залежно від параметра b , ЛСК на основі ГПМ товщиною 4 мм (а), товщиною 6 мм (б) та товщиною 8 мм (в) за певного надлишкового тиску, для якого потрібно забезпечити розкриття: 1 – 2500 Па; 2 – 5000 Па; 3 – 7500 Па; 4 – 10000 Па; 5 – 12500 Па; 6 – 15000 Па; 7 – 20000 Па; 8 – 30000 Па

Джерело: розроблено авторами

Під час накладення сітки з кінцевих елементів (КЕ) були вибрані відповідний тип КЕ – планарні оболонкові КЕ типу Беличко-Цая з п'ятьма точками інтегрування за товщиною. [9].

Відповідно до зазначеного типу обраного кінцевого елемента було побудовано кінцево-елементну схему ГПМ у замку стандартного віконного профілю. На вказаній схемі виділені кінцеві елементи, що мають різний тип матеріалу і належать різним частинам, для яких виконуються всі співвідношення та умови контакту. Побудована кінцево-елементна схема, що наведена на рис. 3.

За результатами розрахунку було отримано дані щодо параметрів напружено-деформованого стану ГПМ та його переміщення під час динамічного впливу вибуху. На рис. 4 наведено положення ГПМ у різні моменти часу щодо замка віконного профілю.

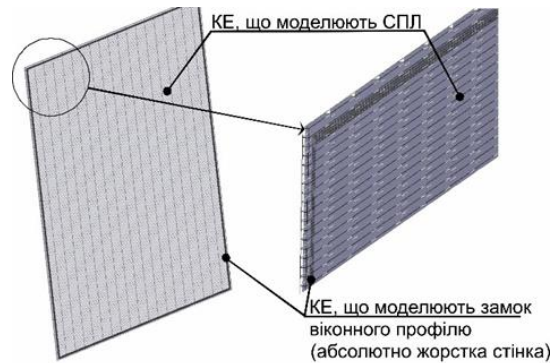


Рисунок 3 – Кінцево-елементна схема стільникового полікарбонатного листа разом із замком стандартного віконного профілю

Джерело: розроблено авторами

Повне розкриття ГПМ із замків віконного профілю відбувається у момент часу 0.16 с.

Кінцевим результатом розрахунку було визначення умов повного розкриття прорізу із ГПМ. У табл. 1 наведені дані про відносний процент ГПМ, що повністю розкрилися.

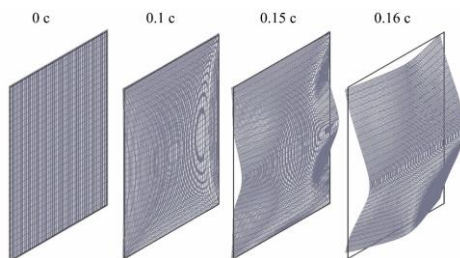


Рисунок 4 – Положення ГПМ у різні моменти часу під дією надлишкового тиску вибуху щодо замка віконного профілю

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 1 – Дані щодо розкриття ГПМ в умовах вибуху із мінімальними розмірами прорізів

Максимальний тиск вибуху, МПа						
2.5	5	7.5	10	12.5	20	30
Кількість повністю розкритих ГПМ товщиною 4 мм, %						
100	100	100	100	100	100	100
Кількість повністю розкритих ГПМ товщиною 6 мм, %						
100	100	100	100	100	100	100
Кількість повністю розкритих ГПМ товщиною 8 мм, %						
93.3	100	100	100	100	100	100

Джерело: розроблено авторами

Результати розрахунку показали що у випадку використання ГПМ товщиною 4 мм та 6 мм всі ГПМ розкриваються. У випадку для ГПМ товщиною 8 мм для максимального надлишкового тиску 2.5 кПа розкриття не відбулося. Тобто застосування ГПМ товщиною 8 мм для приміщень з можливим надлишковим тиском вибуху до 2.5 кПа потребують додаткового обґрунтування за допомогою експерименту.

Отриману методику підбирання конструктивних параметрів секцій ЛСК на основі ГПМ можна використовувати як складову частину відомих методик розрахунку конструктивних параметрів ЛСК. За основу можна взяти методику, що наведена у роботах [18–21].

Зазначена загальна методика базується на виконанні таких процедур.

1. Визначається сумарна необхідна площа ЛСК.

2. Визначається коефіцієнт розкриття K_v конструкцій ЛСК за таблицею, в якій наведені усереднені величини коефіцієнтів для одинарного ГПМ різної товщини із різними розмірами прорізів, оскільки під час розрахунку ці коефіцієнти розрізняються несуттєво.

Після визначення коефіцієнта розкриття ЛСК має бути визначена необхідна площа ЛСК.

3. За методикою визначаються мінімальні розміри прорізу секції ЛСК a і b .

За отриманими конструктивними параметрами визначається мінімальна кількість секцій ЛСК.

Таким чином, розроблена методика дає змогу розрахувати основні конструктивні параметри ЛСК на основі ГПМ із товщиною 4 мм, 6 мм та 8 мм.

Висновки та напрями подальших досліджень. За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Для розроблення методики визначення розмірів прорізу ЛСК на основі ГПМ для їх гарантованого розкриття за умов досягнення критичного значення надлишкового тиску вибуху було запропоновано рівняння, у якому ці розміри є незалежними змінними.

2. За отриманим рівнянням було побудовано номограми для визначення геометричних розмірів прорізів ЛСК на основі ГПМ для їх гарантованого розкриття за умов досягнення критичного значення надлишкового тиску вибуху.

3. Для перевірки адекватності отриманих за допомогою розроблених номограм результатів було побудовано математичні моделі ГПМ у замках стандартного віконного профілю і проведено чисельний експеримент з їх використанням.

4. Унаслідок проведених чисельних експериментів доведено, що отримані за

номограмами та таблицями результати є адекватними, оскільки для всіх випадків максимального тиску розкриття відбувалося у 100% ГПМ, крім випадку ГПМ товщиною 8 мм для максимального надлишкового тиску вибуху 2.5 кПа.

5. Розроблена методика проектування ЛСК на основі ГПМ з використанням запропонованих номограм та таблиць має просту реалізацію та економічні

розрахункові алгоритми і дає змогу проектувати ефективні ЛСК на основі ГПМ.

6. Із використанням розробленої методики проектування систем легкоскридних конструкцій на основі гнучких полімерних матеріалів можна встановити залежність конструктивних параметрів систем ЛСК від надлишкового тиску вибуху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2013–2016 роки : статистичний збірник аналітичних матеріалів / за заг. ред. В. С. Кропивницького. Київ : УкрНДЦЗ, 2018. 100 с.
2. СНиП 2.09.02 Производственные здания. М. : ЦНИИпромзданий ГОССТРОЙ СССР, 1991. 17 с.
3. Пособие по проектированию несущих и ограждающих конструкций промышленных зданий для взрывоопасных производств. М. : ЦНИИпромзданий, 1993. Актуализировано 01.01.2021.
4. ДСТУ Б В.1.1-36 : 2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний з 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 31 с.
5. Расчет параметров легкобрасываемых конструкций для взрывоопасных помещений промышленных объектов : рекомендации / Д. М. Гордиенко, А. Ю. Лагозин, А. В. Мордвинова, В. П. Некрасов, А. Н. Сычев. М. : ВНИИПО, 2015. 48 с.
6. ТКП 45-2.02-38-2006 (02250). Конструкции легкобрасываемые. Правила расчета. Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. 27 с.
7. NFPA 68. Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting. 2013 Edition. URL : <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=68> (last accessed : 10.05.2022).
8. BS EN 14491:2012. Dust Explosion Venting Protective Systems. URL : <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/73e55b45-f118-4aac-9678-c02d8374c1bf/en-14491-2012> (last accessed : 10.05.2022).
9. Підгорецький Ю. Ю. Дослідження надійності спрацювання легкоскридних конструкцій із стільниковими полікарбонатними листами методом кінцевих елементів. *Міжвідомчий збірник наукових праць. Геотехнічна механіка*. Дніпро, 2020. Вип. 152. с. 107–115.
10. Ніжник В., Добряк Д., Підгорецький Ю. Дослідження розкриття прорізів легкоскридних конструкцій зі стільникових полікарбонатних листів під дію вибуху : наукове видання. *Надзвичайні ситуації : попередження та ліквідація : зб. наук. праць*. Черкаси : ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2020. Т. 4. № 1. С. 55–61.
11. Pozdieiev S., Nizhnyk V., Pidhoretskiy Yu. Research of Disclosure of Relief Venting Structures with Polycarbonate Fencing in Conditions of Explosion. IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. 2021. 1021. 012025. URL : <https://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/1021/1> (дата звернення : 10.05.2022).
12. Pidhoretskiy Yu. Research of the Actuation Reliability of Blast Relieve Systems with Honeycomb Polycarbonate Sheets. The Scientific Heritage. Hungary, Budapest, 2020. Vol. 1. № 57(57). с. 45–50.
13. Pozdieiev S., Pidhoretskiy Yu., Nekora O., Sidnei S., Tyshchenko O. / Research of Explode Exposure at the Relief Vent System Structures with Soft Transparent Material. International Journal of Engineering & Technology. 2018. № 7(4.3). P. 298–302. URL : www.sciencepubco.com/index.php/IJET (дата звернення : 10.05.2022).
14. Поздєєв С. В., Підгорецький Ю. Ю., Некора О. В. Дослідження поведінки легкоскридних конструкцій на основі гнучких прозорих матеріалів в умовах вибуху. *V Міжнародна науково-технічна конференція «Технології та інфраструктура транспорту»* : тези доповідей (Харків, 14–16 трав. 2018 р.). Харків : УкрДУЗТ, 2018. С. 267
15. Пат. на корисну модель 112879 Україна, МПК(2016.01) E06B 3/00, E06B 5/12 (2006.01), C04B 26/18 (2006.01). Легкоскридна огорожуюча віконна конструкція / К. В. Потетня, заявник і патентовласник К. В. Потетня № u20161054316 ; заявл. 18.10.2016 ; опубл. 26.12.2016. Бюл. № 24. 2016.
16. Тимошенко С., Войновский-Кригер С. Пластины и оболочки. М. : Наука, 1966. с. 636.
17. Aagaard, B. T. Finite-Element Simulations of Earthquakes. PhD-Thesis, California Institute of Technology : Pasadena, California 2000.
18. Пилогин Л. П. Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. М. : Пожарная безопасность и наука, 2000. С. 224.
19. Пилогин Л. П. Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов. М. : Пожнаука, 2010. с. 380.
20. Пилогин Л. П. Конструкции сооружений взрывоопасных производств. М. : Стройиздат, 1988. с. 315.
21. Орлов Г. Г. Легкобрасываемые конструкции для взрывозащиты промышленных зданий. М. : Стройиздат, 1987. С. 198.

REFERENCES

1. Statystyka pozhezh ta yikh naslidkiv v Ukraini za 2013-2016 roky. Statystychnyi zbirnyk analitychnykh materialiv. Za zahalnoiu redaktsiieiu V. S. Kropyvnytskoho. Kyiv : UkrNDNC, 2018. 100 s. [in Ukrainian].
2. SNyP 2.09.02 Proyzvodstvennyye zdaniya – M. : TsNYUpromzdanyi HOSSTROI SSSR, 1991. 17 s. [in russian].
3. Posobyе po proektyrovaniyu nesushchykh y ohrazhdaiushchykh konstruksiyi promushlennukh zdanyi dlia vzruvoopasnukh proyzvodstv – M. : TsNYUpromzdanyi, 1993. Aktualyzyrovannui 01.01.2021. [in russian].
4. DSTU B V.1.1-36: 2016 Vyznachennia katehorii prymishchen, budynkiv ta zovnishnikh ustanovok za vybukhopozhezhnoiu ta pozhezhnoiu nebezpekoiu. [Chynnyi z 2017-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2016. – 31 s. [in Ukrainian].

5. Hordyenko, D. M., Lahozyn, A. Yu., Mordvynova, A. V., Nekrasov, V. P., Сычев, А. N. Raschet parametrov lehkosbrasуvаemыkh konstruksyyi dlia vzruvoopasnukh pomeshchenyi promыshlennыkh ob'yektov: rekomendatsyy. M.: VNYYPO, 2015. 48 s. [in russian].
6. ТКР 45-2.02-38-2006 (02250). Konstruksyy lehkosbrasuvamue. Pravyla rascheta. Mynsk : Mynysterstvo arkhytektury y stroytelstva Respublyky Belarus, 2006. 27s. [in russian].
7. NFPA 68. Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting. 2013Edition [in English].
8. BS EN 14491:2012. Dust Explosion Venting Protective Systems. [in English].
9. Pidhoretskyi, Yu. Yu. Doslidzhennia nadiinosti spratsovuvannia lehkoskydnykh konstruksii iz stilnykovymy polikarbonatnymy lystamy metodom kintsevykh elementiv. Mizhvidomchyi zbirnyk naukovykh prats. Heotekhnichna mekhanika. Dnipro, 2020. Vyp. 152. s. 107– 115. [in Ukrainian].
10. Nizhnyk, V., Dobriak, D., Pidhoretskyi, Yu. Doslidzhennia rozkryttia prorziv lehkoskydnykh konstruksii zi stilnykovykh polikarbonatnykh lystiv pid diieiu vybukhu. Naukove vydannia. Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia: zb. nauk. prats. Cherkasy: ChIPB im. Heroiv Chornobylia NUTS Ukraina, 2020. T. 4. № 1. S. 55–61. [in Ukrainian].
11. Pozdieiev, S., Nizhnyk, V., Pidhoretskyi, Yu. Research of Disclosure of Relief Venting Structures with Polycarbonate Fencing in Conditions of Explosion. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1021. 012025. URL : <https://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/1021/1>. [in Ukrainian].
12. Pidhoretskyi, Yu. Research of the Actuation Reliability of Blast Relieve Systems with Honeycomb Polycarbonate Sheets. The Scientific Heritage. Hungary, Budapesht. 2020. Vol. 1. № 57 (57). s. 45–50. [in Ukrainian].
13. Pozdieiev, S., Pidhoretskyi, Yu., Nekora, O., Sidnei, S., Tyshchenko, O. Research of Explode Exposure at the Relief Vent System Structures with Soft Transparent Material. International Journal of Engineering & Technology. 2018. № 7 (4.3). P. 298–302. URL : www.sciencepubco.com/index.php/IJET. [in English].
14. Pozdieiev, S. V., Pidhoretskyi Yu. Yu., Nekora O. V. Doslidzhennia povedinky lehkoskydnykh konstruksii na osnovi hnuchkykh prozorykh materialiv v umovakh vybukhu. V Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Tekhnologii ta infrastruktura transportu»: tezy dopovidei (Kharkiv, 14–16 travnia 2018 r.). Kharkiv : UkrDUZT, 2018. S. 267 [in Ukrainian].
15. Pat. na korysnu model 112879 Ukraina, MPK(2016.01) E06V 3/00, E06V 5/12 (2006.01), S04V 26/18 (2006.01). Lehkoskydna ohorodzhuiucha vikonna konstruksii / Potetnia K. V., zaiavnyk i patentovlasnyk Potetnia K. V. № u20161054316 ; zaiavl. 18.10.2016 ; opubl. 26.12.2016, Biul. № 24, 2016 r. [in Ukrainian].
16. Tymoshenko, S. P., Voinovskiy-Kryher, S. Plastynu y obolochky. M. : Nauka, 1966. s. 636. [in russian].
17. Aagaard, B.T. : Finite-Element Simulations of Earthquakes. PhD-Thesis, California Institute of Technology : Pasadena, California 2000. [in English].
18. Pyliuhyn, L.P. Obespechenye vzryvoustoichyvosty zdanyi s pomoshchiu predokhranytelnykh konstruksyyi. M. : 2000. M. : Assotsyatsiya «Pozharnaia bezopasnost y nauka», 2000. s. 224. [in russian].
19. Pyliuhyn, L.P. Prohnozovuvanye posledstvyi vnutrennykh avariynykh vzryvov. M.: Pozhnauka, 2010. s. 380. [in russian].
20. Pyliuhyn, L.P. Konstruksyy sooruzhenyi vzryvoopasnnykh proyzvodstv. M. : Stroiyzdat, 1988. s. 315. [in russian].
21. Orlov, N.H. Lehkosbrasуvаemыe konstruksyy dlia vzryvozashchyty promыshlennыkh zdanyi. M. : Stroiyzdat, 1987. s. 198. [in russian].

DEVELOPMENT OF METHODS OF DESIGNING SYSTEMS OF EASY-DROPPED CONSTRUCTION ON THE BASIS OF FLEXIBLE POLYMERIC MATERIALS

V. Nizhnyk, S. Pozdieiev, D. Dobriak, Yu. Pidhoretskyi, K. Potetnya, O. Krykun

¹*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Ukraine*

²*Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine*

³*LLC «LIGHT DISCONSTRUCTION STRUCTURES», Ukraine*

KEYWORDS: ANNOTATION

explosion;
parameters of
easy-dropped
construction;
reliability of
opening;
explosion
overpressure
critical value

The article highlights the topic of developing a method for determining the parameters of easy-dropped construction (hereinafter – EDC) on the basis of flexible polymeric materials (hereinafter – FPM) for their guaranteed opening under conditions of achieving a critical value of excess explosion pressure. The analysis of the current normative documents is carried out, as a result of which the requirements to the characteristics of EDC are determined, which are limited to the definition of the list of materials of their production, their area depending on the volume of the room and its category. Attention is drawn to the fact that in Ukraine in the field of fire rationing there are no recommendations for the calculation of EDC parameters, which determines the relevance of the developed methodology for designing and determining EDC parameters based on FPM. During the design of EDC on the basis of FPM the width and height of the openings of the window profile frames were determined as the main design parameters. The equilibrium equation is used for this purpose. The critical deflection is determined by the values of the critical displacements of the edges of the FPM in the mounting nodes. As a result of mathematical transformations, a formula for the critical deflection was obtained, taking into account the smallest slit size of the EDC. To develop a method for determining the size of the openings of EDC on the basis of FPM for their guaranteed opening under the critical value of the excess pressure of the explosion, an equation was proposed in which these dimensions are independent variables, nomograms were constructed to determine the geometric dimensions of EDC. Data on the parameters of the stress-strain state of the FPM and its displacement during the dynamic impact of the explosion were obtained. To verify the results obtained with the help of the developed nomograms, mathematical models of FPM in locks of standard window profile were built and numerical experiments with their use were conducted, which showed that the results obtained by nomograms are adequate, as for all cases EDC on the basis of FPM. The developed technique has a simple implementation and cost-effective calculation algorithms, which allows the design of effective EDC on the basis of FPM.