

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Підгорецького Юрія Юрійовича «Розрахунковий метод прогнозування поведінки гнучких прозорих елементів безінерційних легкоскидних конструкцій за умов вибуху» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 – пожежна безпека

Дисертаційна робота Підгорецького Юрія Юрійовича присвячена розв'язанню актуальної науково-технічної задачі – розкриття закономірностей поведінки гнучких огорожувальних елементів з полімерного матеріалу як елементів безінерційних легкоскидних конструкцій та умов їх надійного спрацювання при дії динамічних навантажень вибуху як підгрунтя щодо розроблення відповідної розрахункової методики проектування таких конструкцій.

1. Актуальність обраної теми.

Щороку в Україні внаслідок пожеж і вибухів знищуються та пошкоджуються десятки тисяч будівель та споруд, на пожежах гинуть сотні людей. Це спричинене, зокрема, при вибухах у виробничих приміщеннях на промислових об'єктах і вибухах у цивільному секторі, спричинених необережним поводженням із газонагрівальними пристроями. І варто зазначити, що найбільш поширеним, технологічно нескладним та економічно вигідним технічним рішенням для зменшення наслідків від вибухів є застосування безінерційних легкоскидних конструкцій. Принцип таких легкоскидних конструкцій заснований на швидкому розкритті прорізів за рахунок руйнування їх скління і тим самим швидкого зменшення надлишкового тиску до безпечних величин.

Для зниження небезпеки травмування уламками скління, можливість повторного використання огорожувальних елементів скління та зменшення трудовитрат та вартості технологічних монтажних процесів перспективним є застосування гнучких елементів огорожувальних елементів легкоскидних конструкцій. Такими гнучкими світлопрозорими елементами можуть слугувати полімерні листи стільникової структури. У даний час прикладами таких матеріалів можуть бути полікарбонатні листи, що встановлюються у стандартний віконний профіль. Властивості даних матеріалів дозволяють виконувати функції огорожувальних елементів легкоскидних конструкцій при цьому маючи достатні світлопропускну та теплоізолювальну здатності. При порівняно технічно нескладній реалізації даного інженерного рішення існує стримуюча обставина, яка полягає у обмеженості надійних розрахункових методик проектування легкоскидних конструкцій із такими елементами. З огляду на викладене, представлена робота Підгорецького Ю. Ю. є актуальною та відповідає державним науковим програмам щодо забезпечення пожежної безпеки.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ	
Вх. №	4178
	4.12.2021 р.
Кількість аркушів:	
Озн. док.	6 додат.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження проведено відповідно до: розпорядження Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 № 844-р «Про схвалення Стратегії розвитку системи технічного регулювання на період до 2020 року»; розділу 2 п. 17 «Плану наукової та науково-технічної діяльності ДСНС України на 2019 рік»; розділу 2 п. 4 «Плану наукової та науково-технічної діяльності Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля (ЧПБ) НУЦЗ (Національного університету цивільного захисту) України на 2019 рік»; науково-дослідницької роботи в ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України «Обґрунтування методики розрахунку параметрів легкоскидних конструкцій для вибухопожежонебезпечних приміщень» («ЛСК МЕТОДИКА»), державний реєстраційний номер НДР 0119U102352, де здобувач був виконавцем.

3. Огляд змісту роботи.

У *вступі* наведено обґрунтування обраної теми дисертаційної роботи, її актуальність, мету і завдання дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, представлено особистий внесок здобувача, а також апробацію матеріалів дисертації, публікації, структуру і обсяг дисертації.

У *першому розділі* проведено широкий аналіз літературних джерел стосовно нормування технічних рішень щодо вибухозахисту у пожежовибухонебезпечних приміщеннях та будівлях. Визначено особливості поведінки гнучкого прозорого огороження в умовах вибуху та сучасні способи розрахунку елементів легкоскидних конструкцій в умовах імпульсних навантажень. Детально розглянуто існуючі методи улаштування безінерційних легкоскидних конструкцій. Результатом проведеної роботи над даним розділом є отримані висновки аналізу нормативної бази та сучасних розрахункових методик стосовно улаштування та розрахунку легкоскидних конструкцій. На основі проведеного аналізу сформульована мета та задачі дослідження.

В *другому розділі* були опрацьовані методи математичного моделювання поведінки стільникових полікарбонатних листів як гнучких прозорих огорожувальних елементів легкоскидних конструкцій в умовах вибуху. У результаті проведеного аналізу показано, що перспективним і ефективним методом для такого математичного моделювання є використання пружної теорії пластинок та оболонок. Грунтуючись на застосуванні даної теорії, було складено математичну модель напружено-деформованого стану стільникових полікарбонатних листів на основі рівняння статичної рівноваги. Складена математична модель дає можливість виконувати розрахунки щодо проектування даних легкоскидних конструкцій, використовуючи початкову базу даних щодо характеристик механічних властивостей стільникових полікарбонатних листів. Необхідна початкова база даних має бути визначена експериментальним способом. Для перевірки запропонованої математичної моделі із врахуванням можливих пластичних деформацій та урахуванням

стільникової структури запропоновано використовувати диференціальні рівняння, що є вираженнями законів збереження й напружено-деформованого стану у чисельній апроксимації за методом скінченних елементів і явного методу їх інтегрування.

В третьому розділі наведено експериментальне обладнання, методики підготовки зразків для випробувань і експериментального дослідження пружних характеристик та сил тертя у зразках, що виникають у разі їх витягування із замків стандартного віконного профілю. Основним експериментальним обладнанням слугували: імітуча вплив вибуху установка для вивчення найбільшого прогину стільникових полікарбонатних листів під впливом механічного навантаження; установка, яка вимірює силу витягування стільникових полікарбонатних листів із замків стандартного віконного профілю та супутнє вимірювальне та допоміжне обладнання. Експеримент проходив у режимі покрокового прикладанні навантаження до зразків із вимірювання та фіксацією виходу країв гнучкого прозорого огороження із закріплювальних вузлів віконного профілю. Також експериментально вивчалася дія сил тертя країв огорожувальних елементів у закріплювальних вузлах віконного профілю.

У четвертому розділі представлено результати вимірювань, що отримані у ході експериментальних досліджень, представлені у вигляді графіків, які виражають залежність максимального прогину стільникових полікарбонатних листів від величини прикладеного тиску з боку навантажувального вузла установки. На основі побудованих графіків шляхом відповідного розрахунку одержані основні механічні характеристики, що комплексно описують властивості стільникових полікарбонатних листів. Такими параметрами були ефективна жорсткість і критичне переміщення країв стільникових полікарбонатних листів у замках віконного профілю. Також у розділі було представлено результати визначення величин сил тертя країв стільникових полікарбонатних листів у замках віконного профілю у вигляді залежностей сили витягування від товщини гнучкого огорожувального елемента.

В п'ятому розділі представлено результати застосування запропонованого математичного апарату для описання поведінки гнучкого світлопрозорого огороження у замках віконного профілю під дією вибуху. Отримані дані дозволили отримати аналітичну залежність між проектними розмірами прорізів секцій легкоскридних конструкцій, які забезпечують їх надійне спрацьовування. На основі отриманих математичних моделей були побудовані номограми й довідникові таблиці, що дозволяють проводити інженерний розрахунок проектних конструктивних параметрів секцій легкоскридних конструкцій із гнучким прозорим огороженням на основі стільникових полікарбонатних листів. Отримані результати було верифіковано шляхом порівняння їх із результатами математичного моделювання на основі методу кінцевих елементів. Доведено адекватність результатів, що отримані за розробленою методикою. Методика визначення

параметрів легкоскидних конструкцій для вибухонебезпечних будівель прийнята до впровадження стандарту ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека».

4. Достовірність отриманих результатів. Отримані результати експериментальних випробувань є достовірними і перевіреними на адекватність за допомогою статистичних критеріїв. Розроблені здобувачем методики досліджень відповідають поставленій меті і завданням, а також здійснювались відповідно вимог чинних національних стандартів. Створені математичні моделі з використанням сучасних комп'ютерних програм, а саме математичної бази Mathcad.

5. Наукова новизна та практична цінність результатів дисертації. Основними результатами дисертації є розкриття закономірностей поведінки гнучких огорожувальних елементів безінерційних легкоскидних конструкцій та умов їх спрацювання під впливом динамічних навантажень в умовах вибуху залежно від їх конструктивних параметрів як підґрунтя щодо розроблення відповідної розрахункової методики проектування.

При цьому основними науковими результатами є:

- виявлені закономірності залежностей ефективної жорсткості та критичного переміщення країв стільникових полікарбонатних листів у замках стандартного віконного профілю від надлишкового тиску вибуху;

- розроблена математична модель деформування стільникових полікарбонатних листів у стандартному віконному профілі під впливом тиску вибуху, заснований на теорії напружено-деформованого стану пружних пластинок та оболонок;

- розроблена математична модель для визначення ширини і висоти секцій легкоскидних конструкцій із стільниковими полікарбонатними листами, на основі якого побудовані номограми та довідникова таблиця для визначення проектних розмірів секцій даних легкоскидних конструкцій

Набуло подальшого розвитку застосування розрахункових інженерних методик проектування безінерційних легкоскидних конструкцій із гнучкими елементами для визначення відповідних вихідних даних для проектування будівель та споруд з їх застосуванням.

Удосконалено теоретичну та експериментальну базу щодо забезпечення вибухопожежобезпеки у приміщеннях промислових будівель шляхом улаштування безінерційних легкоскидних конструкцій із гнучкими прозорими елементами.

Практичне й наукове значення результатів дисертації полягає у розробці інженерного розрахункового методу проектування безінерційних легкоскидних конструкцій із гнучкими огорожувальними елементами в умовах впливу надлишкового тиску вибуху, що дозволяє встановити мінімальні проектні розміри для забезпечення їх надійного спрацювання. Отримані номограми та таблиці мінімальних розмірів прорізів для різних конструктивних параметрів полікарбонатних плит, використання яких для визначення проектних даних легкоскидних конструкцій гарантують їх

надійне спрацювання за умов критичних значень надлишкового тиску вибуху.

6. Зауваження щодо дисертації:

- у третьому розділі роботи недостатньо приділено уваги обґрунтуванню розташування зразків-фрагментів дерев'яних балок в експериментальній установці, а також кількості та розміщення у них вимірювальних пристроїв;

- недостатньо вивчений вплив підвищення температури на механічні властивості полікарбонату при деформуванні стільникових полікарбонатних листів в умовах вибуху;

- слід було визначити граничні умови застосування стільникових полікарбонатних листів в залежності від умов експлуатації;

- недостатньо висвітлені аспекти тривалого використання таких систем при врахуванні поступової зміни еластичних характеристик ущільнювачів у замках віконного профілю;

- при розробці математичної моделі полікарбонатних листів на основі теорії пружних пластинок та оболонок слід було приділити увагу впливу на точність результатів системи прийнятих спрощень та припущень;

- у роботі недостатньо висвітлено питання порівнянням отриманих даних із результатами випробувань в умовах реальних вибухів;

- при розв'язку пружної задачі використане стало значення коефіцієнту тертя, проте під час процесу руху стільникових листів у замках профілю пожежі він може істотно змінюватися і ця зміна має відповідним чином враховуватися.

7. Підтвердження опублікування основних результатів по дисертації. За темою дисертації опубліковано 5 наукових праць (2 статті у визнаних закордонних виданнях, 2 статті у фахових виданнях України та 1 стаття у виданні навчального закладу), результати досліджень доповідалися на 3 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях й виставкових форумах, що свідчить про достатній рівень апробації роботи.

8. Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Підгорецького Юрія Юрійовича є закінченою кваліфікаційною науковою працею, в якій розроблений метод прогнозування поведінки гнучких прозорих елементів безінерційних легкоскридних конструкцій за умов вибуху.

Дисертаційну роботу виконано на достатньо високому науковому рівні. Отримані автором наукові результати були використані при розробці державного стандарту України.

Розроблені методики впроваджені у практичну діяльність аудиторської організації ТОВ «Центр пожежно-технічного аудиту», технологічний процес випробувань Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, а також у навчальний процес

Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України при викладанні дисципліни «Пожежна безпека територій, будівель та споруд».

Зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку проведених досліджень і одержаних результатів дисертації.

Висновок

Дисертаційна робота Підгорецького Юрія Юрійовича «Розрахунковий метод прогнозування поведінки гнучких прозорих елементів безінерційних легкоскридних конструкцій за умов вибуху» за актуальністю, обсягом виконаних експериментально-теоретичних досліджень, змістом, рівнем новизни, практичним значенням і повнотою вкладу результатів досліджень у наукових виданнях є завершеною науковою працею і відповідає вимогам Наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 09.06.2021 №608.

Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи, вважаю, що її автор *Підгорецький Юрій Юрійович* заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

Офіційний опонент:

завідувач кафедри

безпеки життєдіяльності

Придніпровської державної академії

будівництва та архітектури,

Заслужений діяч науки і техніки України,

доктор технічних наук, професор


Анатолій БЕЛІКОВ

Підпис Белікова А.С. засвідчую
вчений секретар Придніпровської державної
академії будівництва та архітектури,
учений секретар вченої ради



Анастасія ГАЙДАР