



## **Відгук**

офіційного опонента Гивлюда Миколи Миколайовича  
на дисертаційну роботу

Афанасенка Костянтина Анатолійовича

«Зниження пожежної небезпеки склопластиків на основі поліепоксидних зв'язуючих, що коксуються, за рахунок оптимізації параметрів формування»,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

**Актуальність теми.** До сучасних поширених полімерних матеріалів відносяться склопластики, що знайшли широке застосування у будівельній індустрії як несучі і огорожуючі конструкції та в якості конструктивних елементів літаків, автомобілів, кораблів тощо.

Разом із позитивними властивостями, такими як довговічність, міцність, теплоізоляційні і діелектричні характеристики, корозійна стійкість, технологічність обробки і виробництва, склопластик є горючим і в більшості випадків досить небезпечним матеріалом, що обумовлює підвищену пожежну небезпеку об'єктів з наявністю такого композиту. Існуючі на даний час методи зниження горючості полімерних композитів за рахунок фізичної та хімічної модифікації не дають очікуваних результатів. Аналізом наукових праць Р.А. Адріанова, О.О. Берліна, Ю.С. Ліпанова, М.Т. Брика, Р.А. Яковлевої та інших встановлено, що ефективним способом зниження горючості полімерних матеріалів є оптимізація параметрів формування виробів, що підтверджує актуальність роботи. Тому зниження показників пожежної небезпеки полімерних композиційних матеріалів є актуальною задачею.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Робота виконувалася на кафедрі пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій Національного університету цивільного захисту України (НУЦЗ України) у рамках Державної програми забезпечення пожежної безпеки в Україні на 2000 - 2010 р.р., а також у рамках науково-дослідної роботи "Розробка і дослідження вогнезахисних зв'язуючих, схильних до карбонізації" (держ. реєстраційний номер – 0107U003091), в якій автор приймав участь у якості виконавця.

### **Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій.**

На основі сформульованих наукових положень та триманих експериментальних даних встановлено шляхи зниження горючості полімерів методом оптимізації параметрів формування.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів і висновків не викликає сумніву, оскільки дисертант під час виконання роботи використав комплекс сучасних методів фізико-хімічного аналізу, які включають стандартні апробовані методики досліджень якості сировини та зміни властивостей отриманого композиту у процесі дії високих температур та вогню.

Експериментальні дослідження проводилися із залученням математичного планування та статичної обробки даних. Проведено оптимізацію складу вихідної сировини з врахуванням експлуатаційних властивостей отриманого матеріалу.

Достовірність отриманих у роботі результатів досліджень підтверджено актом промислових випробувань розроблених складів композитів.

Тому, отримані автором експериментальні результати, наукові положення, висновки та рекомендації вважаю достовірними та обґрунтованими.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в зниженні ППН при застосуванні в склопластикових системах зв'язуючих на основі епоксидованих дінафтолів залежно від параметрів формування, а саме:

- вперше встановлено, що підвищення температури спалахування склопластику на основі епоксидованого дінафтолу обумовлюється інтенсивністю проходження піролітичних перетворень на початковій стадії розвитку стандартної пожежі та отримано комплекс математичних моделей щодо опису показників пожежної небезпеки склопластиків на основі епоксидованих дінафтолів та їх міцнісних характеристик у залежності від умов формування;
- отримав подальший розвиток метод зниження ППН склопластиків шляхом хімічної модифікації поліепоксидного зв'язуючого у склопластиковій системі дінафтолами з інтенсивним коксоутворенням при термічному розкладанні;
- удосконалено метод визначення закономірності втрати міцності і руйнування конструкційних склопластиків на основі поліепоксидних зв'язуючих в умовах розвитку і припинення пожежі. Визначено характеристики впливу структурних перетворень в полімерній матриці та її часткового піролізу на довговічність запропонованого склопластику.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

Отримані в роботі результати експериментальних досліджень з визначення температури спалахування, кисневого індексу, міцності, лінійної швидкості поширення полум'я та масової швидкості вигорання, а також розроблені на їх основі математичні моделі дозволяють запропонувати склопластики на основі епоксидованого дінафтолу з заданими характеристиками як по міцності, так і по ППН, що перевищують промислові аналоги на величину 6,5-48,5%.

Результати роботи впроваджені на ТОВ «Склопластикові труби» (м. Харків) для використання в якості основи зв'язуючого при виробництві склопластикових погонажних виробів, що виконують функцію конструкційних виробів – несучих опорних елементів для гірничо-шахтного будівельного обладнання.

**Повнота опублікованих результатів роботи.** Наукові результати дисертаційної роботи опубліковані в 10 статтях у спеціалізованих наукових виданнях України, двох статтях у іноземних виданнях і 5 доповідях на

міжнародних і національних наукових конференціях. Їх кількість та науковий рівень повністю відповідає вимогам до кандидатських дисертацій.

### **Аналіз основного змісту дисертаційної роботи**

Дисертація складається зі вступу, п'ятьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатка. Загальний об'єм дисертації становить 165 сторінок, основний текст – 149. Дисертація містить 47 рисунків, 24 таблиці і 141 найменування використаних джерел.

У вступі наведена актуальність теми дисертації, показаний зв'язок із науковими програмами, приведено мету і завдання досліджень, визначена наукова новизна та практична цінність одержаних результатів досліджень, приведені данні щодо апробації результатів дисертації.

У **першому розділі** проведено аналіз використання склопластикових систем. Показано, що ринок склопластиків на основі полімерних зв'язуючих 2009-2015 р.р. виріс на 75 % та складає близько 1,2 мільйона тон на рік.

Розглянуто перспективи використання склопластиків. З'ясовано, що найбільшим недоліком до їх широкого використання є пожежна небезпека.

Вивчено питання підвищення пожежної безпеки склопластиків за рахунок зниження ППН. З'ясовано, що основні дослідження в сфері зниження ППН полімерних матеріалів базуються на принципах зниження їх горючості та підвищення теплоізолюючої здатності шляхом модифікації полімерної основи склопластиків.

За результатами аналізу встановлено, що в умовах розвитку пожежі основними критеріями вибору зв'язуючого для вогнестійких склоармованих композитів є інтенсифікація піролітичних перетворень (коксоутворення) та зниження часового інтервалу, при якому матеріал знаходиться у високоеластичному (розм'якшеному) стані.

На основі проведеного аналізу зроблено висновок про необхідність використання модифікованих епоксидних олігомерів, синтезованих на основі епоксидованого дінафтолу, ствердженого фенольною смолою новолачного типу. В результаті цього в матеріалі будуть реалізовані термохімічні перетворення, характер яких забезпечить протікання на низькотемпературній стадії інтенсивних піролітичних перетворень при мінімальному прояві високоеластичності. Протікання цих процесів повинно призвести до зниження ППН та збереження несучої здатності конструкцій з цих матеріалів.

У **другому розділі** проведено аналіз ППН полімерних матеріалів та показано, що основними показниками пожежної небезпеки для склопластиків є: кисневий індекс, температура спалахування, швидкість розповсюдження полум'я.

Для основних ППН та показника міцності, як одного із ключових для споживача, розглянуто стандартизовані методи експериментальних досліджень.

За результатами проведеного аналізу виділені основні методи досліджень пожежонебезпечних, фізико-хімічних та пружно-міцнісних характеристик полімерних зв'язуючих та склопластиків на їх основі. Побудовано алгоритм вибору параметрів формування склопластикових систем із зниженою горючістю.

Визначено, що для встановлення оптимальних параметрів формування, відповідно до наведеного алгоритму, слід отримати комплекс математичних моделей, які залежать від умов формування:

Для ідентифікації математичних моделей запропоновано проведення ряду експериментальних досліджень щодо впливу параметрів формування на ППН. При цьому було використано центральне композиційне ортогональне планування другого порядку.

**В третьому розділі** проведено експериментальні дослідження параметрів горючості запропонованих композиційних матеріалів. Для цього була побудована план-матриця експерименту та відповідно до параметрів експерименту отримано функції відгуку для температури спалахування.

За отриманими експериментальними даними побудовано регресійну модель залежності температури спалахування склопластику на основі епоксидованого дінафтолу від параметрів формування (тиск в автотоклаві та температура формування композиційного матеріалу).

Із застосуванням експериментальних даних побудовано регресійну модель залежності кисневого індексу склопластику на основі епоксидованого дінафтолу від параметрів формування.

**У четвертому розділі** вивчено міцні характеристики досліджувальних склопластиків під час дії пожежі та після припинення температурного впливу.

Для дослідження пружно-міцнісних характеристик розроблена та сконструйована експериментальна установка на базі динамічної дилатометричної комірки та малогабаритної стендової печі.

При проведенні досліджень динамічного модуля зсуву встановлено, що при нагріві відбувається його зниження, а її швидкість залежить від режиму нагріву. При зростанні температури за режимом стандартної пожежі існує виражений інтервал зростання значень модуля, що демонструє збереження міцнісних характеристик склопластику під час пожежі.

Встановлено, що при використанні в якості полімерної основи епоксидних олігомерів із зв'язаними ароматичними кільцями можливе збереження до 60% запасу тривалої міцності склопластику при температурному впливі стандартної пожежі.

Вивчено деформацію композиційних матеріалів на основі запропонованого зв'язуючого та промислового аналогу при температурному впливі стандартної пожежі. Встановлено, що запропоноване зв'язуюче при випробуваннях на деформацію дозволяє зберегти виробу зі склопластику необхідні властивості протягом 15 хв. на відміну від промислових аналогів – 5 хвилин після початку випробувань, тобто забезпечує виграш в часі.

**У п'ятому розділі** проведено аналіз отриманих математичних моделей з опису ППН і міцнісних характеристик та проведено оптимізацію параметрів формування композиційного матеріалу на основі епоксидованих дінафтолів. Окрім того, виконано порівняння отриманих результатів з дослідження показників пожежної небезпеки для запропонованих склопластикових систем та їх промислових аналогів.

З метою визначення оптимальних параметрів формування, з урахуванням одночасно показників пожежної небезпеки і міцності матеріалу, запропоновано проводити оптимізацію параметрів формування за критерієм максимуму.

Для порівняння показників пожежної небезпеки були обрані промислові модифіковані вогнестійкі склопластики на основі зв'язуючих: УП-645, ФПР-520, бромвмісне зв'язуюче, ЕД-20+ФОМ-2.

При аналізі даних встановлено, що запропоновані для використання склопластики на основі епоксидованих дінафтолів при оптимальних значеннях  $P$  і  $T$  мають перевагу в значеннях ППН в межах 6,5-48,5 % порівняно з промисловими аналогами.

У цілому робота написана грамотно згідно прийнятих технічних термінів, викладена у логічній формі та у повній мірі проілюстрована. Зміст автореферату по суті та за структурою відповідає основним положенням дисертації.

### **Зауваження щодо дисертаційної роботи**

1. У розділі 1 необхідно було ширше звернути увагу на вплив органічних та неорганічних полімерів на горючість епоксидних композитів.
2. Автор недостатню увагу приділив вибору діапазонів формування склопластиків на основі запропонованих зв'язуючих та відповідно діапазону зміни факторів при проведенні експериментальних досліджень (Розділ 2);
3. Не відомо, для чого Ви використали дериватограф. У п.2.1.3 рис.2.3 втрату маси Ви оцінюєте зовсім іншим методом;
4. Автору було б доцільно провести експериментальні дослідження з іншими типами армуючих наповнювачів, а не тільки склотканин;
5. Автором не досліджено токсичність запропонованих зв'язуючих;
6. Автору слід було б провести дослідження тривалої міцності в умовах розвитку пожежі не лише в точці екстремуму, а й на всьому діапазоні формування;
7. Не відомо чому дослідження втрати жорсткості та деформативності проведено лише для режиму пожежі, що повільно розвивається. Слід було б провести дослідження для режиму стандартної пожежі та показати їх відмінність.

Наведені недоліки не знижують наукове значення роботи.

### **Оцінка дисертаційної роботи.**

В результаті розгляду дисертаційної роботи, яка є завершеною науковою працею отримано нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності дозволили вирішити актуальну науково-практичну задачу щодо підвищення пожежної небезпеки модифікованих епоксидних композитів шляхом оптимізації параметрів формування.

За актуальністю, ступенем обґрунтованості наукових положень та висновків, наукову і практичну цінність, рівнем отриманих результатів та висновків, повнотою їх викладення в опублікованих працях, дисертація відповідає кваліфікаційним вимогам згідно пункту 9, 11 положення «Порядку

присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор Афанасенко Костянтин Анатолійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент  
професор кафедри будівельного виробництва  
Національного університету «Львівська політехніка»  
доктор технічних наук, професор



Гивлюд М.М.

Особистий підпис д.т.н., професора Гивлюда М.М. «засвідчую»:

Вчений секретар  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Брилинський Р.Б.