

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Шналя Тараса Миколайовича на тему: «Розвиток наукових основ розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за умов впливу параметричних температурних режимів пожеж», представлену до захисту у спеціалізовану вчену раду Д 64.707.02 Національного університету цивільного захисту України на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Актуальність теми дисертації.

Забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд є однією з основних функцій людської діяльності. Пожежа є, в основному, прогресуючим процесом, і тому створює найскладніші ситуації, які абсолютно об'єктивно можуть (і повинні!) класифікуватися як катастрофи. У свою чергу, моделювання пожеги у вигляді умовно безперервного процесу по своїй суті умовно. Ця обставина пов'язана з досить значною кількістю нюансів, що впливають на послідовність, інтенсивність і час відкритої вогневої дії. Тут доречні, на наш погляд, слова П. Монтеля «Функції, як живі істоти, характеризуються своїми особливостями». Саме особливості, біфуркації і катастрофи зумовлюють виникнення дискретних структур із гладких, безперервних, відмічав В. І. Арнольд. Сказане позначає складність проблеми, яка являє собою моделювання (будь-яке) пожеги як багатокритеріальної, багатофакторної процедури, однією з особливостей якої є врахування часу.

Маючи на увазі істотну потребу перманентної боротьби з пожежами з одного боку, та необхідністю забезпечення заданого ступеня вогнестійкості конструктивних систем із іншого, допустимо судити про **своєчасність та придатність** розгляданої роботи для потреб теорії та практики.

Введення до розгляду процесу горіння, вплив на нього геометрії приміщень, наявності систем автоматичного пожежогасіння, вентиляції не тільки розширює коректність моделювання, але й як результат призводить до зниження бюджетності методів і прийомів, які забезпечують задану вогнестійкість конструкцій. Перераховане, в сукупності з направленістю тематики дисертації характеризує її як **актуальну та затребувану наукову працю**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота проводилася відповідно до «Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2011-2015 роки», затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2010 р. № 2348-р та «Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.2012 р. № 590, у рамках виконання науково-дослідної роботи в Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України «Методика розрахунку класу вогнестійкості монолітних залізобетонних конструкцій» (номер державної реєстрації 0115U000980).

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета і завдання дослідження, показані наукова новизна і практичне значення роботи, та наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

У першому розділі повно і нетенденційно розглянуті питання теоретичного та експериментального дослідження процесу пожежі. Особливий акцент поставлено на розділах, які пов'язані з вивченням всього комплексу проблем цього аномального явища, частота повторення якого у світі не зменшується. Докладний аналіз наукових та практичних результатів, які є в літературі, зумовив висновок про істотне завищення розрахункових параметрів, що описують криву стандартного температурного режиму. *Дуже важлива на наш погляд обставина!*

Окрім цього, позначена відсутність у відомих теоретичних моделях процедур обліку впливу і комплексного врахування фонових штучних умов. До них слід віднести системи автоматичного пожежогасіння, вентиляції та інших засобів, які визначають ступінь вогнестійкості конструкцій.

Особливо слід відмітити, що проведений в цьому розділі аналіз, досить переконливо і репрезентативно виправдовує задачі дослідження, які сформульовані та обґрунтовані автором.

Другий розділ присвячено формулюванню передумов і формуванню складових частин, що визначають основу чисельного дослідження температурного режиму при пожежі. Ця інформація фондує презентований підхід, який представлено у вигляді утворення, яке представлено у вигляді

структурного моделювання процесу пожежі. Цей розділ дисертації є доміантним, стартовим для будування основ пропонованого методу. Тут логічно послідовно і математично скурпульозно викладені основні принципи побудови розрахункового апарату оцінки температурного режиму, який має місце при пожежі.

Тестування позначених процедур реалізовано при моделюванні пожежі в приміщенні торгівельної зали, що зведена з металевих конструкцій каркасного типу. Відмічається повнота і ретельність виконання всіх операцій, які передбачені послідовністю дій розробленого алгоритму (сценарію). Найбільш цінним отриманим результатом є принципова розбіжність класів вогнестійкості сталюї колони, які визначені за нормативною методикою та за пропонованим алгоритмом. Приведені результати зумовлюють раціональне проектування як власне конструкцій так і відповідних інженерних систем. Їх фізична прозорість дозволяє судити про доцільність включення запропонованого підходу в нормативну національну базу.

Третій та четвертий розділи відображають процедуру проведених експериментальних досліджень. В якості об'єктів досліджень відібрані натурний фрагмент безкаркасної залізобетонної будови і зменшена модель приміщення, яке зібрано з плит вогнестійкого гіпсокартону.

Заслуговують позитивної оцінки:

- ретельність підготовчих робіт;
- обґрунтовані та відібрані системи навантаження (вогневого) і вимірювання;
- методика проведення експериментів;
- логічно виправдане для даної роботи смислове навантаження дій, що виконані.

До дискусійних питань можна віднести наступні:

- відсутність гравітаційного навантаження при проведенні експерименту;
- відсутність планування експерименту;
- обґрунтування фізико-геометричних параметрів моделі (використання теорії подібності та розмірності або введення масштабного фактору).

Допустимо відмітити, що як альтернативу позначеним в роботі операціям, ступінь деструкції залізобетонних конструкцій і оцінку їх залишкового ресурсу з оговореним ступенем надійності, можливо реалізовувати шляхом руйнівних або неруйнівних випробувань натури.

Незважаючи на місце розташування цього розділу в тілі дисертації, допустимо констатувати, що проведені експерименти є чудовою верифікацією загального підходу та теоретичних досліджень, які наведені **в розділі п'ять**. Окрім того, вони (дослідження) мають самостійний інтерес, який обґрунтовано оригінальністю та чистотою їх проведення.

В розділі п'ять, для розвитку запропонованого методу, виконані чисельні експерименти, які реалізують моделювання пожежі в триповерховій залізобетонній будівлі (повномасштабний об'єкт) і на маломасштабній моделі. З урахуванням проведеної експериментальної верифікації (3-й і 4-й розділи), а також високої ступені коректності моделювання, можна затверджувати, що створено новий напрямок, який переводить на більш високий рівень відображення досліджених явищ, які приближують якісну та кількісну картину пожежі до дійсної. Останнє затвердження базується на проведеному зіставленні теоретичних і експериментальних результатів і отриманих величинах відомих статистичних критеріїв.

Розглядаючи інформацію **в розділі шість** особливо і позитивно слід відмітити приведені, мабуть емпіричні, залежності, які дозволяють у єдиному процесі розрахунку врахувати флуктуації температурного режиму в приміщеннях, що настають у зв'язку з наявністю відповідних інженерних систем. Сказане демонструє універсальність та ефективність запропонованого підходу.

Незважаючи на надане в роботі описання температурного режиму пожежі, на висхідній та неспадаючій гілках залежності $\theta(t)$ (формули (6.1)-(6.3), не ясно – яким чином при обчисленнях ідентифікується одна й та ж температура, що відповідна різним значенням часу (рис.6.1-6.16)? Непорозумінням, можливо, є дубляж нумерації формул (6.7)-(6.9) (стор.278, 292).

Розділ сім є затребуваним прикладним результатом дослідження, що розглядається, в рамках якого на базі розробленого підходу розрахунковим

шляхом встановлюються оцінки вогнестійкості сталевих, залізобетонних і дерев'яних конструкцій. У зв'язку з тим слід відмітити:

- універсальність підходу (в тому числі і можливості інженерного представлення результатів розрахунку у вигляді номограм);
- позначену фізичну природу ураження конструкції вогневою дією, яка викриває здатність конкретного матеріалу до самозахисту або до захисту в сукупності з відповідними покриттями.

Позначені особливості вельми важливі, оскільки зумовлюють можливість створення вже на стадії проектування, конструкцій з наперед заданими позитивними властивостями, навіть в аномальних ситуаціях. Ця обставина забезпечує ідеологію управління поведінкою конструкції.

Можна відмітити, що отримані теоретичні результати, висновки та рекомендації досить докладно доведені і базуються на основних положеннях теорії теплопровідності та деяких елементах механіки деформованого твердого тіла. **Достовірність** частини з них підтверджена рядом своїх експериментів. **Адекватність** (якісна і кількісна) запропонованих моделей також підтверджена достатньою кореляцією з загально теоретичними уявленнями про розглянуті процеси. **Вірогідність** отриманих результатів, в певній мірі, оцінена порівняльним аналізом теоретичних і експериментальних даних.

Ступінь обґрунтованості наукових положень роботи визначається обсягом зіставлень теоретичних і експериментальних результатів, що отримані, з результатами, які частково декларуються іншими авторами. При цьому, акцент ставиться на понятті «частково», оскільки ряд результатів отримано вперше (наприклад, оцінка впливу вогнезахисних інженерних систем на процес горіння та виникнення деструкцій у елементах споруд).

Наукову новизну роботи, на думку опонента, складає:

- піонерно сформований структурний підхід створення імітаційно-математичних моделей оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій, який дозволяє в широких межах проблемно-направлено будувати архітектуру віртуальних розрахункових ситуацій при аномальних впливах середовища (аналог програмних «хмар»);

- запропоновану дослідницьку ідеологію експериментального вивчення впливу пожежі на натурні конструкції і їх моделі.

Практичне значення отриманих результатів. Практична цінність дисертаційних досліджень полягає у створенні наукових основ для розробки методичної бази щодо розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за умов впливу пожежі із температурним режимом, який наближено до дійсного, що дозволяє обґрунтувати використання існуючих проектних рішень без передбачення систем вогнезахисту. За рахунок цього має місце суттєве скорочення витрат, враховуючи, що вартість робіт щодо облаштування вогнезахисту у середньому складає 1.5 % - 2 % від загальної вартості всього будівництва. Розроблена методична база може бути підґрунтям щодо удосконалення системи норм та стандартів для проектування вогнестійких будівельних конструкцій із гнучким підходом з врахуванням специфіки досліджуваних об'єктів будівництва.

Результати проведених досліджень використані при розробці шести державних стандартів України:

1. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)».
2. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 «Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT)».
3. ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1999-1-2:2007, IDT)».
4. ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2:2010 «Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1991-1-2:2002, IDT)».
5. ДСТУ-Н Б EN 1996-1-2:2010 «Єврокод 6. Проектування кам'яних конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1996-1-2:2005, IDT)».

6. ДСТУ-Н Б EN 1995-1-2:2010 «Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1995-1-2:2004, IDT)».

Розроблені методики апробовані та впроваджені у діяльність Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту (акт впровадження від 14.03.2019), департаменті запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України (акт впровадження від 26.03.2019), при здійсненні та проведенні експертиз будівельних об'єктів приватного малого підприємства «Вогнеборець» м. Львів (акт впровадження від 17.04.2019), у викладанні фахових дисциплін у Національному університеті «Львівська політехніка» (акт впровадження від 24.04.2019).

Результати дисертаційної роботи втілено в розробку трьох патентів України на корисну модель щодо прогнозування температурних режимів пожеж при створення вогнезахисних покриттів, забезпечення вогневих випробувань конструкцій та способу тепловізійних досліджень температури при пожежі.

Усі принципові положення і наукові результати дисертаційної роботи висвітлено у 31 науковій статті, з яких 1 в закордонному виданні, що входить в наукометричну базу Scopus, 29 – у фахових виданнях України (з них чотири в Index Copernicus), а також 15 тезах доповідей на науково-технічних конференціях і 4 патентах України на корисну модель.

Автореферат відповідає дисертаційній роботі та розкриває її зміст. Він містить 43 сторінки, в тому числі 32 рисунки та 7 таблиць. Оформлення автореферату, аналогічно дисертації, відповідає вимогам МОН України.

За змістом дисертації є зауваження:

- представляється дуже довгою, а як наслідок, невдалою назва роботи. Тут, мабуть, доречна лапідарність;
- враховується також не зовсім коректним термін «реальний» (це навряд, бо мова йде про модель), тут мабуть доцільніше застосувати термін «дійсний»;
- для відходу від концепції «брита Окама», вважалося б корисним проведення ранжування, з метою встановлення «ваги» параметрів, які вводяться в модель;

- цілком очевидно, що рішення однієї із семи математичних задач тисячоліття (1 млн. доларів премії, математичний інститут Клея), а саме доказ існування і гладкості рішень рівнянь Нав'є-Стокса є на сьогодні непереборною проблемою. Тим не менше, турбулентність потоків, яка виникає при пожежі породжує, як наслідок, позначені вище особливості (катастрофа за класифікацією Уїтні). На сторінці 92 указано, що дана проблема частково усувається при використанні методу великих вихорів. Тут виникає питання про репрезентативність такого ствердження і можливість відображення у рішеннях біфуркацій, які призводять до розривів введених до розгляду функцій, які враховуючи структуру позначених рівнянь неможна віднести до класів «Сⁿ»;
- під час оцінки виходу з ладу при пожежі конструкцій і зокрема металевих, виникають заперечення стосовно підходу, який використовує поняття граничних зусиль (моменти, сили) (формули (2.100)-(2.102)). Хоча дана обставина постулюється і в нормах. Тут також повинна йти мова про можливі біфуркації при розгляданні задач стійкості 1-го роду (рівноваги) і стійкості 2-го роду (деформування), особливо тоді коли мова йде про тонкостінні елементи (табл. 2.4, рис. 2.31);
- розглядання граничних станів різних конструкцій із залізобетону, металу, деревини (розділ 7, формули (7.5), (7.19), (7.32), графіки 7.33, 7.38, рис. 7.44, 7.46, 7.47) потрібно було б розглядати з позицій механіки руйнувань, а не з позицій нормативних традиційних методик, в основі яких є моделі пружного (метал, деревина), нелінійно-пружного, жорстко-пластичного (залізобетон) тіла;
- враховуючи, що реалізація поставлених задач здійснювалась чисельно (в рамках комерційних програмних комплексів і власних утиліт, розділ 2) вважалось б доцільним забезпечити результати і висновки інформацією про збіжність, швидкість збіжності, однозначність та стійкість отриманих рішень;

- окрім перерахованого в попередньому пункті, вважалося б позитивним обґрунтування постулюємої унімодальності функції $\theta(t)$ (рис. 2.28, 2.29, 2.33, 2.34);
- на сторінці 165 указано, що для натурних випробувань будівлі використані панелі із керамзитобетону з $\gamma=1600 \text{ кг/м}^3$. При цьому, цей бетон названий важким. Цей бетон відноситься до легких бетонів. Цілий ряд характеристик цих бетонів відрізняються. Окрім того, позначення арматури класом АІІ – застаріле, тому що, на сьогодні, практично вся арматура термічно (термомеханічно) зміцнена, а не гарячекатана;
- з описання експериментальної частини роботи (розділ 3) не зрозуміло яким чином і з якою частотою виконується опитування датчиків (термопар)?
- з описання не зовсім зрозуміло, яким чином при проведенні експерименту на моделі реалізована фізико-геометрична подоба (як, наприклад, це показано на сторінці 75 при демонстрації критеріїв подоби конвекційного теплообміну)?
- при математичному представленні параметрів пожежі слідувало більш переконливо оговорити репрезентативність виразів (6.1)-(6.15);
- в розділі 6 постулюється взаємовплив температурного режиму і конструктивних параметрів системи без позначення, нажаль, характеру деформування системи, яка розглядається. Тим не менше, вважалося би прогресивним пояснення поведінки біелемента «пожежа-конструкція» (щонайменше на якісному рівні) з позицій динамічної теорії термопружності (підхід В. Новацького);
- вважалося би коректним обґрунтування справедливості суперпозиції у виразі (7.8) для підрахунку коефіцієнту теплообміну.

Загальний висновок: Враховуючи обсяг і різноманіття розглянутих проблем, значну широту охоплення загальнотеоретичних і локальних завдань, реалізований комплекс досліджень, немає нічого дивного в кількості питань, поставлених опонентом. Насамперед (і це природно для докторських дисертацій), важливо що згадані питання, в більшій своїй частині, носять

виключно дискусійний характер і можуть бути приводом для подальшого розвитку розглянутих проблем. У зв'язку з чим, вважається репрезентативним наступне: *Дисертація є завершеною науковою роботою і відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» зі змінами та доповненнями, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 до докторських дисертацій, містить нові науково обґрунтовані результати та вирішує важливу науково-технічну проблему розкриття закономірностей впливу параметрів, що характеризують геометрію приміщень із пожежею, пожежне навантаження, наявність вентиляції та автоматичних систем пожежогасіння на характеристики елементів будівельних конструкцій, пов'язаних із їх здатністю зберігати свої кондиції під впливом пожежі як наукового підґрунтя щодо розвитку основ розрахункової оцінки вогнестійкості елементів будівельних конструкцій в умовах пожежі із параметричними режимами, а її автор – Шналь Тарас Миколайович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.*

Офіційний опонент,

Завідувач кафедри будівельних конструкцій
Харківського національного університету
міського господарства імені О.М. Бекетова,
Заслужений діяч науки і техніки України,
лауреат Державної премії України,
доктор техн. наук, професор


В.С. Шмуклер

Підпис професора В.С. Шмуклера засвідчую:

Вчений секретар
ХНУМГ ім. О.Н.Бекетова
доктор технічних наук, доцент



Д.В. Тугай