

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Гембари Наталії Олександрівни

«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПЛАСТИН І ОБОЛОНОК З БАГАТОШАРОВИМИ ПОКРИТТЯМИ»,

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання

та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації. Тонкостінні оболонки та пластини, які поєднують високу міцність і малу матеріаломісткість, є найбільш поширеними конструкційними елементами сучасної техніки. У деяких галузях особливо актуальною є проблема захисту таких елементів від впливу агресивного середовища чи високих температур. Одним з ефективних інженерних вирішень цієї проблеми є нанесення захисного покриття. Оболонки з багатошаровими покриттями широко використовуються в авіаційній та космічній техніці, тепловій та атомній енергетиці, хімічній та нафтопереробній промисловості, тобто в галузях, де тепла дія має вирішальне значення. Тут сучасна інженерна практика ставить підвищені вимоги до точності визначення температурних полів. Одним із шляхів реалізації цих вимог є використання для розрахунків поширення тепла математичних моделей, які враховують теплофізичні властивості усіх матеріалів конструкції. Проведений аналіз літератури показує, що таких теоретичних досліджень проведено недостатньо.

Тому дисертаційна робота Гембари Н.О., яка присвячена побудові та реалізації математичних моделей теплопровідності оболонок та пластин з багатошаровими покриттями, є актуальною і має важливе теоретичне і практичне значення.

Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність. Розглянута дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків.

Повний обсяг дисертації становить 128 сторінок, основний текст роботи викладено на 109 сторінках. Дисертація містить 25 рисунків та 2 таблиці. Список літератури із 138 найменувань викладено на 15 сторінках. Зміст і форма викладу роботи відповідає існуючим вимогам ДАК МОН України.

Вступ містить обґрунтування актуальності роботи. У ньому визначено мету та завдання досліджень, викладено наукову новизну, практичну цінність та представлено впровадження результатів роботи.

У першому розділі проаналізовано наукові розробки щодо математичного моделювання процесу теплопровідності в елементах конструкцій з покриттями. Наведено сучасні моделі та методи розрахунку температурних полів, систематизовано конструктивні підходи до отримання ключових співвідношень теорії теплопровідності в системі тіло-покриття, в тілах оболонкового типу та в оболонках і пластинах з покриттями.

Критично виконавши аналіз літературних джерел, визначивши невіршені проблеми, автор сформулював мету і завдання своїх досліджень.

В другому розділі сформульовані математичні моделі процесу теплопровідності в оболонках і пластинах з односторонніми та двосторонніми багат шаровими покриттями. При виведенні рівнянь теплопровідності оболонок з покриттями використовувався операторний метод в комплексі з методом усереднення температури по товщині стінки. Такий підхід для оболонок був запропонований академіком Підстригачем та його учнями. Розвинувши його для оболонок з покриттями, автор сформулював узагальнені граничні умови конвективного теплообміну оболонок через покриття з зовнішніми середовищами, які враховують вплив геометричних та теплофізичних властивостей кожного шару покриття на розподіл температури в оболонці.

В третьому розділі на основі розробленого підходу розглянуто низку температурних задач для круглих пластин та циліндричних оболонок з покриттями, які найчастіше використовуються в інженерній практиці. З

використанням методу розділення змінних та інтегральних перетворень Фур'є та Лапласа отримано аналітичні розв'язки модельних задач стаціонарного та нестаціонарного процесів теплопровідності для пластин та циліндричних оболонок з односторонніми та двосторонніми покриттями за умов конвективного теплообміну із середовищами.

В четвертому розділі проведено апробацію отриманих розв'язків та проаналізовано вплив покриття на температурні поля суцільного диска газової турбіни та циліндричного корпусу автоклава. Апробація отриманих результатів з експериментальними та числовими даними показала, що максимальне значення похибки експериментального, числового та модельного розподілу температури відповідних елементів не перевищує 3-5%. Це обґрунтовує правомірність використання для інженерної практики отриманих в роботі результатів. Крім того, встановлено, що не врахування покриття в елементах конструкцій при аналізі температурних полів веде до завищеної на 25% оцінки температури. Тому при дослідженнях елементів конструкцій з протикорозійними покриттями на міцність і довговічність цей аспект необхідно враховувати.

Зміст дисертації належним чином відображає мету роботи та основні поставлені завдання для досягнення даної мети.

Автореферат відповідає змісту дисертації і відображає основні наукові результати, практичну значущість та висновки. Дисертаційна робота та автореферат оформлені у відповідності з вимогами, що ставляться до кандидатських дисертацій та відповідно до вимог оформлення технічної документації.

Достовірність та ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації підтверджуються коректним застосуванням математичного апарату як для побудови математичних моделей кількісного опису теплопровідності в оболонках з покриттями так і для розв'язання конкретних задач. При побудові

математичних моделей для оболонок та пластин з покриттями використано відомі моделі теорії теплопровідності оболонок, вплив тонких покриттів враховувався узагальненими умовами теплообміну, побудованими із застосуванням операторного методу. Такий підхід був запропонований у роботах Я.С. Підстригача. Для розв'язання диференціальних рівнянь в частинних похідних 2 - го порядку використовувалися метод інтегрального перетворення Лапласа за часом та метод Фур'є.

Достовірність наукових положень та висновків підтверджена узгодженням отриманих автором розв'язків з відомими в літературі результатами, знайденими в часткових випадках та отриманими за допомогою експериментальних методів; апробаціями на наукових конференціях.

Сформульовані автором висновки та рекомендації ґрунтуються на отриманих в процесі досліджень результатах та не викликають сумніву.

Наукова новизна результатів роботи порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру полягає у суттєвому поглибленні досліджень та розвитку кількісної теорії теплопровідності оболонок та пластин з урахуванням багат шарових покриттів. Сформульовані автором математичні моделі теплопровідності оболонок з одно- та двосторонніми багат шаровими покриттями дозволяють враховувати теплофізичні характеристики усіх шарів покриття.

Запропонований підхід дозволив сформулювати та отримати розв'язки стаціонарних та нестаціонарних крайових задач теплопровідності оболонок з багат шаровими покриттями, які описують конкретні процеси теплопереносу в промислових нагрівальних апаратах з плоскими та циліндричними елементами.

Практична цінність результатів дослідження. Розроблені математичні моделі, методи дослідження, обчислювальні алгоритми дозволяють їх безпосереднє застосування при розв’язуванні широкого класу практичних задач, які описуються рівняннями теплопровідності в оболонках та пластинах з тонкими покриттями.

Результати розрахунків було використано при розробці «Рекомендацій із вимірювання характеристик напружено-деформованого стану елементів мостів при змінних температурах», які виконані на замовлення Філії Державного дорожнього інституту ім. М.П.Шульгіна «Львівського регіонального науково-технічного центру», при дослідженнях водневої стійкості корпусів реакторів гідрокрекінгу нафти, виконаних ТзОВ «Дослідний завод «Промкотлосервіс», при укладанні довідникового посібника Лучка Й.Й., Сулима Г.Т., Кир’яна В.І. «Механіка руйнування мостових конструкцій та методи їх залишкової довговічності», а також стали основою науково-практичного видання «Рекомендації із визначення температури в оболонках та пластинах з багатошаровими покриттями» Й.Й. Лучка та Н.О. Гембари.

Результати роботи впроваджені в навчальний процес Української академії друкарства – науковими розробками Н.О. Гембари укомплектовані навчальні дисципліни «Обладнання для виготовлення упаковок» та «Нові технології в пакувальному виробництві».

Відповідність роботи вимогам, які ставляться до дисертації. За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною і практичною цінністю результатів, дисертаційна робота Гембари Н.О. “Математичне моделювання теплопровідності пластин і оболонок з багатошаровими покриттями” відповідає сучасним вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Робота пройшла достатньо широку апробацію на наукових семінарах та

конференціях, у тому числі міжнародних. Результати досліджень у повній мірі відображені у дев'ятнадцятих наукових публікаціях, з них – одинадцять статей у фахових виданнях України, в тому числі одна стаття у виданні, внесеному до міжнародної наукометричної бази даних Scopus [1] та у сімох виданнях матеріалів конференцій. Кількість публікацій відповідає вимогам. Зміст автореферату і основних положень дисертації є ідентичними. Дисертаційна робота акуратно оформлена, текст викладено ясно і зрозуміло на доброму мовностилістичному рівні.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі не означено для якого класу (типу) оболонок можна застосовувати сформульовані математичні моделі теплопровідності.
2. На сторінці 45 автор стверджує: що для практичних цілей можна обмежитись скінченною кількістю членів розкладу в ряд диференціальних операторів. Це описка, оскільки в даному випадку в ряд розкладаються тригонометричні функції, аргументами яких є оператори.
3. Оболонки характеризуються кривинами, проте в дисертації їхній вплив на розподіл температури в оболонці з покриттями не досліджувався, хоча на стор. 46 у системі рівнянь (2.40) подана залежність температури від кривини.
4. В дисертаційній роботі автором неодноразово наголошується, що дослідження розподілу температури в оболонках з покриттями є важливим для подальшого розрахунку їх на міцність. Тому вважаю, що доцільно було б для ілюстрації впливу покриття розв'язати термопружну задачу.
5. На сторінках 91, 95, 101, 105, 106 описки в позначеннях одиниць вимірювання на графіках.

Наведені зауваження та побажання стосуються окремих деталей дослідження і не є принциповими, а тому не знижують як теоретичного і практичного значення дисертаційної роботи, так і загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи Гембари Н.О., та можуть бути враховані у проведенні подальших досліджень.

Повнота викладення результатів у опублікованих матеріалах.

Основні результати автором дисертаційної роботи опубліковано в 19 наукових працях, з яких 3 – одноосібні, 1 праця у науковому виданні, яке входить до наукометричних баз, 11 праць опубліковано у фахових виданнях, 7 – публікації у матеріалах міжнародних та вітчизняних науково-технічних конференцій та семінарів. Аналіз опублікованих Гембарою М.О. праць показав, що в них викладено основні отримані у дисертації результати. Рівень та кількість публікацій відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні.

Висновок. Дисертаційна робота „Математичне моделювання теплопровідності пластин і оболонки з багат шаровими покриттями” є завершеною науковою роботою, у якій вирішуються важливі як в науковому, так і в практичному відношеннях задачі, за новизною отриманих результатів та ступенем їх обґрунтованості відповідає вимогам ДАК України, а її автор Гембара Н.О. заслуговує присвоєння їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Завідувач кафедри інформаційних
систем та обчислювальних методів
Міжнародного економіко-гуманітарного університету
імені академіка Степана Дем'янчука
доктор технічних наук, професор

А.П. Власюк