

**ВІДГУК**  
офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Рудяка Юрія Ароновича**

“Оптичні експериментально-розрахункові методи визначення напружено-деформованого та граничного станів прозорих діелектриків”, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

**1.Актуальність.** У наш час не втрачають актуальності питання, пов’язані із забезпеченням міцності та надійності елементів машин і будівельних конструкцій. При цьому, зростає питома вага застосування у якості конструкційних матеріалів неметалів, серед яких органічне та неорганічне скло, епоксидні смоли. Невід’ємним елементом багатьох машинобудівних конструкцій стали багатошарові структури, які мають цілий ряд переваг, з точки зору розподілу напружень і деформацій, та, як наслідок, запасу міцності, порівняно із звичайними деталями машин. Такі багатошарові структури, як триплекси, ефективно застосовують у різних сферах транспортного машинобудування: це і скло автомобілів, ілюмінатори підводних човнів, літаків, оглядові вікна апаратів харчової промисловості. Якщо такі конструктивні елементи, як гомогенні та гетерогенні триплекси, містять тріщиноподібні дефекти у різних своїх складових (пластинах, склеючому шарі) та знаходяться під складним механічним та фізичним впливом ( поля зовнішніх та залишкових технологічних напружень, певних екстремальних температур, вологості, радіації), то розв’язки задач стосовно визначення їх напружено-деформованого та граничного станів суттєво ускладнюються. При цьому, не завжди остаточний результат можна одержати за допомогою аналітичних підходів та застосування чисельних методів. У цьому випадку, враховуючи, що складовими таких триплексів є прозорі діелектрики, ефективно можуть бути застосовані оптичні експериментальні методи. Але існуючі оптичні методи не завжди дозволяють вирішувати складні інженерні задачі.

Тому вирішена у дисертаційній роботі проблема підвищення ефективності та функціональних можливостей експериментальних досліджень шляхом розробки нових оптичних методів визначення напружено-деформованого та граничного станів на основі аналізу параметрів тензора діелектричної проникності є дуже важливою, а актуальність роботи не викликає сумнівів.

Для вирішення вказаної проблеми, автором сформульовано мету роботи та низку (13) задач, які слугували досягненню мети. Серед основних, це розробка оптичних експериментально-розрахункових методів (поглинання та дифузного

поверхневого розсіювання), датчиків деформацій поверхні, дія яких базується на ефекті дифузного поверхневого розсіювання, фізико-хімічного критерію граничного стану.

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

Робота виконана у рамках ряду господарських бюджетних тем, цільової програми НАН України, у яких дисертант був виконавцем або відповідальним виконавцем. Ці теми безпосередньо стосуються об'єкту та предмету досліджень дисертанта.

## **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна.**

Основні результати і загальні висновки дисертаційної роботи одержано шляхом застосування аналітичних (механіки руйнування, теорії міцності) та експериментальних (класична фотопружність, модифікований поляризаційно-оптичний метод) методів. Фундаментальні рівняння зв'язку механічних та фізичних явищ було покладено в основу розробки нових оптичних методів механіки твердого тіла. Проведено порівняння одержаних результатів із даними інших авторів (тестові задачі).

**4. Найважливішим науковим результатом** вважаю розробку оптичних методів механіки, дія яких базується на інших фізичних явищах (п'єзооптичному ефекті поглинаючого середовища, дифузному поверхневому розсіюванні), ніж відомі інтерференційні та оптико-геометричні методи; а також розробку фізико-механічного критерію тензора діелектричної проникності.

**5. Важливим науковим результатом** є запропоновані датчики деформацій, які працюють на ефекті дифузного поверхневого розсіювання, модифікований для дослідження прозорих оптично малочутливих матеріалів поляризаційно-оптичний метод та експериментальні результати, одержані в результаті комплексного дослідження напруженого та граничного станів триплексів з можливими тріщинами у їх складових частинах за низьких температур.

## **6. Значимість для науки результатів, отриманих автором.**

Створені оптичні експериментально-розрахункові методи механіки (метод поглинання та дифузного поверхневого розсіювання) базуються на вимірюваннях змін інтенсивності світла, і, фактично створюють окрему групу, яка, на відміну від інтерференційних, дозволяє відразу одержувати квазіголовні напруження і деформації, а не їх лінійні комбінації. Запропонований фізико-хімічний критерій граничного стану діелектриків дозволяє більш точно оцінювати запас міцності елементів машин і конструкцій, виготовлених з неметалів.

## **7. Значимість для практики результатів, одержаних автором.**

Результати, одержані завдяки комплексному дослідженю напружено-деформованого станів гомогенних та гетерогенних триплетів з тріщинами, дозволили оцінити запаси міцності відповідних елементів автобусів та сільгоспмашин, зварних елементів машин і конструкцій. (Результати впроваджено на ТОВ ТОПАЗ 99, м. Харків ТОВ ТЕХС м. Тернопіль ПП

“Терновояж” м. Тернопіль та передачі для використання у Департаменті агропромислового розвитку Тернопільської ОДА)

### **8. Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих працях.**

Основні результати дисертації в повному обсязі висвітлено в опублікованих наукових працях (64 , серед яких одноосібних 21) та апробовано на чисельних науково–технічних конференціях та семінарах. Зміст опублікованих наукових праць та автореферату повністю розкриваєть суть роботи, висновки і рекомендації є важливими для науки і потрібними для інженерних потреб. Матеріал дисертації викладено логічно, всі розділи взаємопов’язані та повністю розкривають поставлену у роботі мету.

### **9. Мова та стиль дисертації**

Дисертація написана на високому науково та методологічному рівні, що сприяє легкому сприйняттю. Тема і зміст дисертаційної роботи відповідають паспорту спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

### **10. Зауваження по дисертації**

По змісту дисертаційної роботи є зауваження:

1. На рисунку 5.1 та 5.2 дисертаційної роботи наведено картини ізохроматичних смуг для короткочасного (1 хв.) та довготривалого (60 хв.) навантажень пластиини з наскрізною тріщиною. Було б корисно та інформативно навести ще декілька картин ізохроматичних смуг для проміжних стадій (наприклад, через 20 та 40 хв. навантаження) для оцінки наростання процесу та його узгодження із запропонованим критерієм.

2. У висновку 2 до розділу 6 доцільно було б вказати інтервали найбільш ефективного та точного визначення величини інтенсивності напружень за допомогою модифікованого поляризаційно - оптичного методу, бо вимірювання проводяться у двох точках зони пружної асимптомтики Ірвіна, а руйнівні процеси відбуваються і зоні передруйнування.

3. У дисертаційній роботі на стор. 116,117 у табл. 3.5 та рис. 3.19, на стор. 170 у табл. 4.6,4.7, на стор.200 у табл. 5.4, а також на стор. 229 у табл.6.5, декларуються переваги розробленого методу поглинання та методу дифузного поверхневого розсіювання над існуючими поляризаційно – оптичними методами, та методом фотопружності, але ніде не наводяться порівняння результатів, одержаних методами дисертанта з існуючими експериментальними методами.

4. Дисертантом запропоновано метод дифузного поверхневого розсіювання для визначення коефіцієнтів інтенсивності моментів, який вимагає дуже уважного застосування. Адже відомо, що в тонких оболонках складова КІН від дії згинальних моментів є набагато меншою від складової, отриманої від дії сил, що виникають у серединній поверхні оболонки. Крім

того, тріщини можуть бути поверхневими, а можуть бути і наскрізними, де різниця між КІН кардинально різна.

5. У розділі 5 дисертантом розроблено фізико-механічний критерій граничного стану діелектриків, де пропонується зв'язати граничний стан полімера з граничними значеннями компонент тензора діелектричної проникливості (ТДП). Разом з тим, ці матеріали, у більшості випадків, є фізично нелінійними з високими релаксійними показниками, а також відповідними показниками пластичності та повзучості (особливо в зоні фронту тріщини). Тому використовувати у цих випадках рівняння узагальненого закону Гука може привести до значних похибок. З іншого боку, невідомо за якою методикою можна визначити граничний стан компонент ТДП. Якщо за допомогою майже кульового тензора напружень чи кульового тензора деформацій (ф. 3.75), то для таких матеріалів це не підходить, бо дослідження М. Губера показали, що ці величини дуже мало впливають на міцність.

6. Формули 4.55 — 4.57 на стор. 139,140, де визначається КІН ( моментів)  $K_3$  можуть бути неточними у зв'язку з тим, що неузгоджені розмірності КІН  $K_3$ . Крім того, формула 4.29 у дисертації та ф. 12 у авторефераті, виведена неточно. У роботі немає посилання звідки взялася ф. 4.19, бо як тоді записується  $\Delta k(x)$ ? У підрахунках на стор. 93 допущено помилки, бо для  $\nu = 0,5$ , у межах закону Гука, кульовий тензор деформації завжди дорівнює нулю. Допущені помилки у підрахунку і деформації  $\varepsilon_3$ .

Зроблені вище зауваження не мають визначального впливу на загальну позитивну оцінку роботи.

## Висновок

Дисертаційна робота “Оптичні експериментально-розрахункові методи визначення напружене-деформованого та граничного станів прозорих діелектриків” є завершеною науковою працею, у якій вирішено дуже важливу для потреб сучасного машинобудування наукову проблему підвищення ефективності та функціональних можливостей експериментальних досліджень шляхом розробки експериментально-розрахункових оптичних методів визначення напружене-деформованого та граничного станів прозорих діелектриків на основі аналізу параметрів тензора діелектричної проникливості.

Дисертаційна робота **Рудяка Юрія Ароновича** за актуальністю, рівнем вирішення основних задач, науковою новизною та практичною значимістю для потреб сучасної промисловості відповідає всім чинним вимогам МОН України, що ставляється до докторських дисертацій, а її автор, заслуговує присудження йому вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент,  
професор кафедри технічної механіки

Луцького національного технічного університету,  
доктор технічних наук, професор

В.І. Шваб'юк

