

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Шишковського Романа Олеговича

«Оцінювання міцності і довговічності елементів конструкцій в умовах складного навантаження за енергетичним підходом», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Актуальність теми дисертаций. Розвиток сучасної техніки вимагає проектування та виготовлення машин і механізмів для промисловості з використанням нових та удосконалення класичних методів з оцінювання безпечного ресурсу роботи для попередження аварійних ситуацій.

Обґрунтування терміну надійної роботи конструкцій та обладнання необхідно проводити на основі достовірної оцінки напружено-деформованого стану, фізико-механічних характеристик та критерію встановлення граничного стану. Розвиток науково-технічного і технологічного процесу передбачає використання в машинобудівній, космічній, авіаційній та ін. галузях промисловості новітніх матеріалів наділених спеціальними властивостями. Для конструкцій із дорогоцінних матеріалів є вимоги щодо зниження коефіцієнта запасу міцності при надійній їх роботі. Наявність в таких конструкціях концентраторів напружень зумовлює виникнення в матеріалі складного напружено-деформованого стану та фізико-механічних характеристик відмінних від стандартних, отриманих за одновісного навантаження. Тому аналіз напружено-деформованого стану в елементах конструкцій в локальному об'ємі на основі реєстрації поля деформацій оптико-цифровим методом є актуальною задачею, як з теоретичної, так і практичної точки зору.

Загальна характеристика роботи. Дисертація складається з вступу, 4 розділів, які містять 64 рисунки, 8 таблиць, висновків, списку використаних джерел зі 151 найменувань, акт впровадження результатів роботи. Загальний обсяг роботи становить 173 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, наукову новизну роботи, теоретичне та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналітичний огляд літературних джерел та аналіз сучасного стану проблем з визначення напружено-деформованого стану і встановлення безпечної ресурсу роботи елементів конструкцій. Зосереджено увагу на основних концепціях та методах з оцінювання характеристик втомної міцності з використанням оптико-цифрових підходів щодо визначення деформацій в околі концентраторів напружень. Проаналізовано особливості оцінювання напружено-деформованого стану за складного навантаження та сформульовано мету і завдання досліджень.

У другому розділі сформульовано енергетичний критерій для оцінювання міцності і довговічності елементів конструкцій, що піддані дії складного навантаження. Згідно критерію гранично-рівноважений стан тіла наступить, коли відбудеться пошкодження в локальному об'ємі. За міру енергетичного пошкодження прийнято відношення енергії пружнопластичного деформування до критичної для даного матеріалу величини, яка є інваріантною характеристикою опірності руйнуванню.

Проведено моделювання процесу деформування за сумісного розтягу і кручення циліндричного зразка. Розроблено експериментальну методику та спеціальне обладнання, яке забезпечує контролюване навантаження розтягом циліндричного зразка, що дає можливість побудови повних рівноважених діаграм без спонтанного руйнування.

Для побудови повних рівноважених діаграм застосовано оптико-цифровий метод кореляції зображень, який дає можливість визначати істинну деформацію в локальному об'ємі на оптимальній базі вимірювання переміщень. Визначено істинні напруження в циліндричному зразку з внутрішньою тріщиною. Повну енергію руйнування за зсуви визначено при крученні циліндричного зразка, як суму пружної деформації та пружнопластичної складових.

У третьому розділі розроблено методологію з визначення допустимого робочого тиску для паливного баку ракети-носія. За результатами числових розрахунків встановлюють місце, де напружено-деформований стан є максимальним. На основі проведених лабораторних досліджень побудовано повні рівноважні діаграми і істинні діаграми руйнування для сплаву АМГ-6

та визначено питому енергію руйнування за двовісного розтягу. Показано, що зміна жорсткості за двовісного навантаження впливає на величину складових енергії руйнування при цьому сумарна енергія не змінюється і є інваріантною характеристикою опірності матеріалу деформуванню та руйнуванню.

Побудовано залежність зміни внутрішнього тиску від величини енергії деформування при проведенні досліджень на макеті у вигляді труби з концентратором напружень. Отриману залежність використано для встановлення зміни величини деформацій, а відтак і енергії деформування для паливного баку ракети-носія. Проведено натурні випробування з визначення розподілу деформацій в стінці паливного бака з використанням методу цифрової кореляції зображень. результати вимірювань використано на ДП «КБ «Південне».

У четвертому розділі наведено результати розрахунку МСЕ напружено-деформованого стану валу гідротурбіни Київської ГАЕС. Розроблено методику та побудовано повні діаграми циклічного деформування і визначено ресурс безпечної роботи. Для цього випробовували циліндричні зразки за силовою схемою кругового згину з реєстрацією величини деформації методом ЦКЗ. На основі зареєстрованих петель гістерезису визначали енергетичні втрати за один цикл навантаження.

За величиною енергії одного циклу навантаження побудовано діаграму втомного руйнування для сталі 20 ГС та встановлено граничну кількість циклів до руйнування.

Висновки належним чином відображають основні результати дисертаційної роботи.

Додаток містить акт впровадження та список опублікованих праць за темою дисертації. Акт підтверджує впровадження методики з визначення допустимого робочого тиску ракети носія на ДП «КБ «Південне».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність.

Достовірність результатів, обґрунтованість наукових висновків і рекомендацій, які впливають із дисертаційної роботи Р.О. Шишковського, не викликають сумнівів. Результати отримані з використанням відомих критеріїв механіки деформівного твердого тіла та оптичних методів

контролю зміни поверхні при деформуванні. Заслуговує на увагу енергетичний підхід до оцінювання напружене-деформованого стану в локальному об'ємі матеріалу з використанням оптико-цифрового методу контролю деформацій. Отримані результати апробовані на міжнародних національних науково-практичних конференціях, опубліковані у періодичних науково-технічних журналах, що входять до наукометричних баз «Skopus» і «Web of Sciens».

Наукова новизна отриманих у роботі результатів.

Вважаю, що найбільш цінним науковим результатом є сформульований енергетичний критерій та експериментальна методологія для кількісної оцінки міцності елементів конструкцій підданих складному навантаженню. До важливого результату слід віднести визначення інваріантних фізико-механічних характеристик матеріалу за пружно-пластичного деформування з використанням методу цифрової кореляції зображень. Це дає можливість встановлювати напружене-деформований стан в реальних елементах конструкцій, підданих складному навантаженню. Необхідно відзначити розроблену нову методологію з побудови діаграм втомного руйнування матеріалу на основі реєстрації величини циклічних деформацій в локальному об'ємі встановлену методом ЦКЗ.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичну цінність даного дослідження підтверджує факт, що використання нового методу з визначення інваріантної фізико-механічної характеристики матеріалу- питомої енергії руйнування дасть змогу контролювати напружене-деформований стан для визначення місця та умов настання граничного (допустимого) стану елементу конструкції, який піддано складному навантаженню. За результатами дисертаційної роботи розроблено методику моніторингу деформацій поверхні стінки паливного баку ракети носія при ресурсних випробуваннях, що дало можливість встановити оптимальний тиск робочого середовища. Цю методику впроваджено на ДП «КБ «Південне».

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.

Основні результати та висновки дисертаційної роботи в повному обсязі висвітлено у 9 наукових працях, зокрема у 5 статтях у наукових фахових

виданнях, які включені до міжнародної науково-метричної бази Skopus, 4 статті опубліковані у збірниках матеріалів конференцій.

Автореферат дисертації повністю відповідає основним положенням дисертації. Матеріал у роботі викладено логічно, розділи взаємопов'язані і повністю розкривають поставлену в роботі мету.

Оцінка мови та стилю дисертації. Відповідність дисертації спеціальності 01.02.04- механіка деформівного твердого тіла.

Дисертаційна робота викладена професійно, кваліфіковано та грамотно. Матеріали досліджень логічно систематизовані та графічно оформлені. За змістом дисертація відповідає паспорту спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Зauważення до дисертації та автореферату.

1. У розділі 2.6 (ст.73) проведені дослідження для встановлення пошкоджень елементів конструкцій після тривалої експлуатації за зміною швидкості проходження поверхневої акустичної хвилі та густини матеріалу в залежності від деформації. Встановлено аналітичну залежність зміни величини деформації від швидкості проходження ультразвукової хвилі. В роботі відсутні значення коефіцієнтів для сталі 20ГС.

2. При проведенні експериментальних досліджень на трубчатому макеті, який навантажували внутрішнім тиском, у вершині концентратора виникає двовісний напружене-деформований стан, а дані для побудови істинної діаграми деформування та визначення енергії руйнування брали для одновісного розтягу циліндричного зразка. Не зрозуміло наскільки обґрунтованим є такий прийом.

3. При проведенні досліджень за циклічного згину реєстрацію петель гістерезису кожного циклу навантажень реєстровано з допомогою оптико-цифрового корелятора зображень. Із тексту не зрозуміло чи змінювалась ширина петель гістерезису в процесі циклічного навантаження і як це враховували у розрахунках.

Зроблені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки отриманих результатів і наукового рівня дисертаційної роботи.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому.

Вважаю, що за актуальністю, науковою новизною, обсягом проведених досліджень та практичною значимістю, дисертація Шишковського Романа

Олеговича на тему «Оцінювання міцності і довговічності елементів конструкцій в умовах складного навантаження за енергетичним підходом» відповідає всім вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 01.02.04 - механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук
професор, зав. відділом
теоретичних основ механіки руйнування
Фізико-механічного інституту
ім. Г.В. Карпенка НАН України

 В.П. Солованюк

Підпис Солованюка В.П. засвідчує:

Вчений секретар
Фізико-механічного інституту
ім. Г.В. Карпенка НАН України
к.т.н., ст. н.с.

 В.В. Корній

