

УДК 669.539

МЕХАНІКА РУЙНУВАННЯ У ПОШУКОВОМУ КОНСТРУЮВАННІ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Тимофій Рибак, Василь Олексюк, Володимир Перчишин

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

Вагомість механіки втомного руйнування у пошуковому конструюванні, зокрема мобільних сільськогосподарських машин, полягає у виробленні критеріїв оцінки напружено-деформівного стану, а також прогнозування ресурсу роботи конструктивних структур типу базових континуальних систем у разі дії на них реальних динамічних навантажень. Критеріальна оцінка з позиції механіки крихкого руйнування на сучасному рівні конструювання є основною відправною базою і входить у комплекс вирішуваних проблем.

Практика засвідчила, що у повномасштабному пошуковому конструюванні певного ефекту можна досягти, забезпечуючи розв'язання таких аналітично-пошукових і експериментально-дослідницьких задач:

- розробка алгоритму напружено-деформівного стану конструкцій у динамічному формулюванні задачі з відповідним програмним забезпеченням і отримання на цій основі вірогідних числових значень шуканих параметрів;
- визначення реальної динаміки навантаженості розглядуваного об'єкта, шляхом проведення ґрунтовних експериментальних досліджень у натурних умовах експлуатації машин на найхарактерніших рельєфах і кліматичних зонах. Наступна процедура – статистичне опрацювання одержаного цифрового фактажу за максимальними, середньомаксимальними і середньомінімальними випадковими значеннями навантажень;
- вироблення критеріїв оцінки міцності з позиції тріщинотривкості при мало і багатоцикловому втомному руйнуванні, особливо зварних з'єднань елементів цих конструкцій;
- видача оптимізованих параметрів конструкцій, за геометрією поперечних перетинів і побудовою принципових схем з прогнозованим ресурсом роботи в цілому, на графопобудову або верстат з числовим програмним керуванням.

Теоретична частина досліджень. У процесі розробки теоретичних засад усунення «зайвих» в'язей основних несучих конструктивних структур, особливо мобільних сільськогосподарських машин, досить ефективним виявився метод, який ґрунтується на принципі мінімуму потенціальної енергії деформації [4]. Особливий ефект отримано унаслідок модифікації цього методу з урахуванням лише енергії деформації від депланації елементів відкритого профілю і розробка на цій основі комбінованого методу, що поєднує в собі варіаційний принцип Лагранжа, узагальнений принцип додаткової енергії Холінгена – Рейснера, метод скінченних елементів, теорему Кастиліано, теорему про найменшу роботу, правило Лейбніца з диференціювання підінтегральних функцій – для статичного та динамічного розрахунку.

Відповідно до цієї теорії розроблено програмне забезпечення «DEPLAN» і «DEPLAN-DYNAMIK».

Розглянутий варіаційний принцип поширюється на динамічні задачі шляхом врахування сил інерції:

$$\frac{\partial \Pi^*}{\partial Q_i} = 0, \quad \frac{\partial \Pi^*}{\partial q_i} = m_i \frac{d^2 q_i}{dt^2}, \quad (1)$$

де Π^* – додаткова потенціальна енергія, яка включає Π – повну енергію; $\partial^2/\partial t^2$ – друга похідна за часом; m_i – інерційний коефіцієнт i -го вузла; Q_i , q_i – символічне позначення невідомих зусиль і зміщень.

Експериментальні дослідження динамічних навантажень. Для визначення динамічних навантажень, що виникають у реальних умовах експлуатації машин, розроблені і виготовлені спеціальні вимірювальні пристрої [3], стандартні і натуральні зразки, а також пристрої для їхніх випробувань на універсальному обладнанні. Це дає змогу скласти програму випробувань для визначення динамічних показників у найхарактерніших умовах експлуатації. Крім того, забезпечує проведення випробувань на циклічну тріщинотривкість конструкційних матеріалів і натурних зразків виготовлених відповідно до реальної конструкції.

Трикомпонентні динамічні характеристики, наприклад, в опорах бака штанги, вентиляторної установки, насоса, редуктора визначають за схемою (рис. 1).

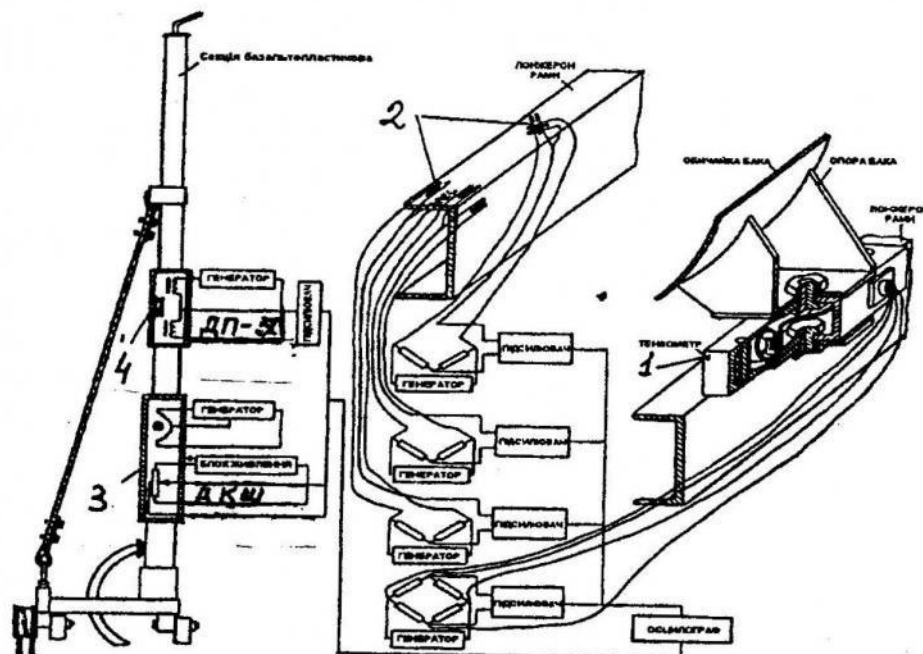


Рис. 1. Схема проведення комплексних досліджень динамічних характеристик:

- 1 – реакцій опор; 2 – нормальних і дотичних напружень; 3 – кутових швидкостей;
- 4 – трикомпонентних прискорень (ДП-5С).

Аналіз і статистична обробка отриманих результатів для визначення номінальних значень досліджуваних динамічних факторів, проводиться за методикою викладеною в [2].

Вироблення критеріїв оцінки напружено-деформівного стану конструкцій. Критеріальна оцінка міцності і прогнозування ресурсу роботи металлоконструкцій сільськогосподарських машин складається з теоретичної та експериментальної частин [1]. Складність вироблення критеріїв оцінки міцності та прогнозування ресурсу роботи полягає, перш за все, у різнопрофільному наборі складових елементів цих конструкцій та специфіці їхніх з'єднань між собою. Оптимізувати такі конструкції складно, оскільки нема фактичних характеристик циклічної тріщинотривкості їхнього матеріалу зі структурною зміною у навіколошовній зоні відповідно до конкретної технології виготовлення, особливо складних зварних стиків, а також геометрії поперечних перетинів тонкостінних елементів, відкритого та замкнутого профілю. Методику вироблення критеріїв оцінки міцності і прогнозування ресурсу роботи конструкцій умовно реалізують у такій послідовності.

1. Дослідження кінетики розвитку тріщин натурних елементів конструкцій, наприклад, лонжеронів рам.

2. Одержання аналітичних залежностей для визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень (2), у цьому випадку відкритих тонкостінних профілів [4].

3. Побудова емпіричної автомоделі подібності характеристик тріщинотривкості матеріалу профілів, наприклад, швелера і стандартних взірців Ст. 5Гпс (рис. 2).

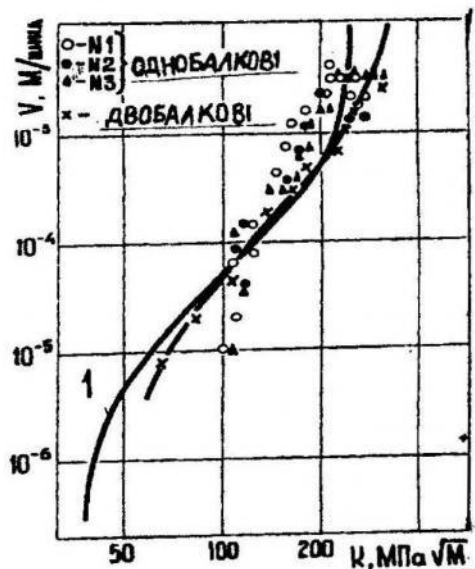


Рис. 2. Емпірична автомодель подібності:
1 – діаграма циклічної тріщинотривкості Ст.5Гпс: № 1, № 2, № 3 – руйнування натурних однобалкових профілів (швелер №10); X – двобалкові профілі.

4. Побудова діаграми руйнування натурних профілів, наприклад, лонжеронів рам з концентраторами і гладких.

5. Визначення ресурсу роботи конструкції (рис. 3) за залежностями

$$t = \frac{N}{\omega}, \quad N = \int_{l_0}^{l^*} \Phi(l) dl, \quad (2)$$

де $\Phi(l) = [(K_{fc} - K_{th}) / (K_{i(l)} - K_{th})]^n - 1$ – характеристична функція втомного руйнування; ω – середня частота навантажень у процесі експлуатації; l^*

– критичний розмір тріщини; $K_i = M I^{-1} (H + 2b)^{3/2} \cdot F(\varepsilon)$.

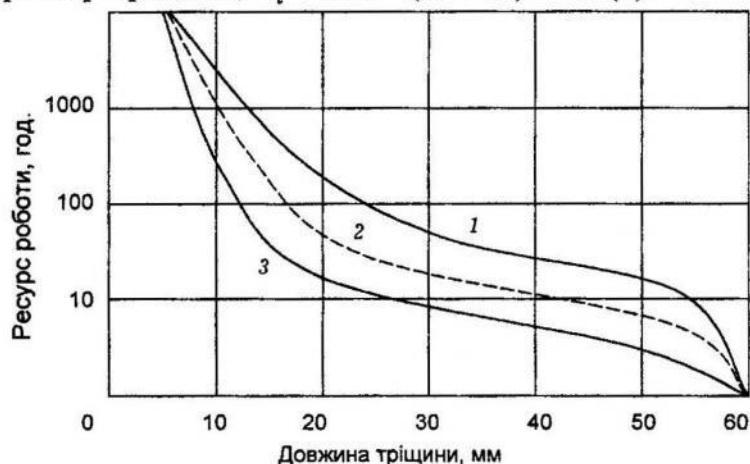


Рис. 3. Залежність ресурсу роботи конструкції від розміру початкового дефекту і частоти навантаження: 1 – $W = 2$ Гц; 2 – $W = 2,5$ Гц; 3 – $W = 8$ Гц.

Механізація виконання креслярських процедур за проблемою.

Відповідно до отриманих параметрів треба розробити машинну графіку конструювання, включаючи такі особливості: наявність взаємозв'язків між процедурами формування та читання креслень; єдиний параметричний підхід до описання геометричних об'єктів і їхніх зображень; наявність процесів алгоритмічного розв'язання основних класів геометричних та графічних задач.

1. Рибак Т. І, Дарчук О. І Андрейків О. Є. Застосування механіки втомного руйнування до розрахунку мобільних сільськогосподарських машин // Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій // Матер. II міжнар. конф. – Львів: Каменяр, 1999. – Т. 3, вип. 2. – С. 181–184.
2. Рибак Т. І. та інші. Випадкові величини (явища) та їх систематизація в аналітичних та експериментальних досліджень. Метод. посібн. – Тернопіль, Львів, 1998. – 52 с.
3. Рибак Т. І. та інші. Динамометр. АС № 887950. – М., 1980.
4. Рибак Т. І. Підвищення надійності машин для хімічного захисту у рослинництві. – К.: Урожай, 1986. – 104 с.

THE MECHANICS FRACTURE OF THE DESIGNING OF MOBILE MACHINES

Tymophiy Rybak, Vasyl Oleksyuk, Volodymyr Perchyshyn

Ivan Pulyuy Ternopil' State Engineering University

This article is dealing with the problem of mechanics fracture of steady constructions of mobile agricultural machines. The theoretical and practical researches are showed in the publication.

Стаття надійшла до редколегії 28.10.1999