

# ЧАСТИНА I. ОЦІНКА, НОРМУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ

УДК 669.539

## ОЦІНКА ФАКТИЧНОЇ МІЦНОСТІ ТА РЕСУРСУ КРИТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОСНОВНИХ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ С.-Г. МАШИН

**Рибак Т.І., д.т.н., проф.; Попович П.В., к.т.н., доц.;**  
**Дутка А.Б., Цьонь О.П.**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*У роботі розглядаються проблеми пошуку ефективної методики прогнозування фактичної міцності та ресурсу критичних елементів конструкцій вузлів мобільних сільськогосподарських машин.*

Конструкції рам складають 12-48% маси сільськогосподарських (с\г) машин та визначають їхню довговічність в цілому. Як правило, рами виготовляються шляхом зварювання їхніх складових вузлів виготовлених з вуглецевої прокатної сталі. Основні види вузлів у зварних рамах — з'єднання прокатних профілів, які розміщені в різних комбінаціях: з безпосереднім з'єднанням чи із з'єднанням через додаткові елементи (накладки, косинки тощо). При роботі зварних вузлів рам с/г машин найменшу довговічність мають зварні з'єднання (ЗЗ). Причина руйнування — різкий перепад жорсткості при переході від одного елемента вузла до іншого, велике скупчення зварних швів, їхнє розміщення у місцях високих напружень при дії експлуатаційних навантажень, дефекти ЗЗ. Розрахунки зварних рам сільськогосподарських машин базуються на традиційному обчисленні міцності за допустимими напруженнями. При таких розрахунках запас міцності за допустимими напруженнями не характеризує дійсного стану ресурсу роботи та причин руйнування основних несучих базових вузлів с/г машин, а також технологічних та експлуатаційних факторів. До того ж величини запасів міцності задаються з надлишковим запасом без урахування вичерпних можливостей несучої здатності конструкцій. Крім того, на вихід з ладу с\г машин суттєво впливає фактор концентрації напружень, особливо в найбільш навантажених перетинах. При наявності в елементах конструкцій початкових дефектів (пори, непровари, тощо) при дії змінних навантажень, напруження руйнування будуть нижчими від межі текучості в 1,5 у 4 рази [1,2]. Проблема проектування несучих рам мобільних сільськогосподарських машин, на сучасному рівні, пов'язана з оптимізацією їх елементів за матеріаломісткістю, геометрією побудови основних принципових схем та прогнозуванням ресурсу роботи даних складальних одиниць. Відчутній ефект досягається шляхом вирішення проблем аналітично - пошукового та експериментально - дослідницького характеру:

- розробка алгоритму НДС конструкцій в динамічній постановці задачі з відповідним програмним забезпеченням і отримання на цій основі

вірогідних числових значень шуканих параметрів;

- визначення реальної динаміки завантаженості розгляданого об'єкта, шляхом проведення ґрунтовних експериментальних досліджень в натурних умовах експлуатації машин на найбільш характерних рельєфах і кліматичних зонах, з вибором особливостей оброблюваних площ. Наступною процедурою є статистична обробка отриманого цифрового матеріалу;

- вироблення критеріїв оцінки міцності з позиції тріщиностійкості при мало і багатоцикловому втомному руйнуванні.

Прогнозування надійності та ресурсу роботи металоконструкцій зварних рам на стадії проектування машин вимагає проведення системи цільових експериментів які передбачають розв'язок наступних основних задач: створення моделі НДС конструкції, який відповідає реальним умовам експлуатації машин даного класу; прогноз надійності конструкції. Ефективність розв'язання цих задач в значній степені залежить і визначається об'єктом і достовірністю експериментальних даних, тому враховуючи, що дослідження НДС та навантажень здійснюються, як правило, одночасно, необхідно дотримуватись загальних вимог до об'єкту дослідження і умов його експлуатації. Основою для створення моделей НДС конструкцій є натурні і напівнатурні експерименти на зразках, вирізаних переважно з реальних елементів машин. Основні вимоги до методики проведення напівнатурних досліджень включають обґрунтований і правильний вибір схеми навантаження та режиму досліджень. Вони повинні забезпечити відтворення характеру і виду руйнування типових для конкретного елемента конструкції, що відповідають експлуатаційним руйнуванням. При цьому не завжди відтворюють повністю весь експлуатаційний характер навантаження, оскільки об'єкт, що досліджується завжди може бути аналогічно зруйнований і без повного відтворення експлуатаційної навантаженості, тобто при імітації його навантаженості. Це дозволяє набагато простіше здійснювати вибір схеми навантаження, більш широко використовувати універсальне дослідне обладнання.

При виборі параметрів режиму циклічного навантажування натурних деталей, або елементів конструкцій необхідно дотримуватися відповідних принципів та враховувати наступні особливості:

1) експлуатаційний характер руйнування при лабораторних дослідженнях може бути виявлений при відповідному виборі схеми навантаження, причому важливе значення має режим навантаження за величиною та частотою їх прикладання; зміна навантаженості приводить до зміни механізму руйнування;

2) чим вище значення перевантаження по відношенню до границі витривалості матеріалу, тим менший ефективний коефіцієнт концентрації напружень, що може дати помилкову уяву про фактичну дію того чи іншого концентратора напружень у випадку роботи деталі на протязі довшого часу;

3) корозійний ефект із підвищенням частоти досліджень і рівня прикладених навантажень підвищується і збільшується разом із збільшенням бази.

Завдяки даним дослідженням маємо можливість з максимальною вірогідністю та точністю визначити фактичну міцність і установити ресурс критичних елементів основних несучих конструкцій сільськогосподарських

машин. Це обумовлено тим, що натурні вузли (деталі) у більшості випадків відрізняються незначно від малогабаритних зразків, виготовлених чи безпосередньо вирізаних із тих же профілів; характер епюр, також напрям дії сил залишається без змін. Не змінюється і градієнт механічних властивостей по перерізу у зв'язку з такою ж технологією виготовлення зразків [2].

Аналогічно, як і в натурних конструкціях, витривалість вирізаних із них (чи виготовлених) малогабаритних зразків у значній мірі залежить від сумарної (одночасної) дії наступних факторів: напруженого стану, який викликаний умовами навантаження, нерівномірності розподілення і концентрації напружень, впливу абсолютних розмірів, масштабного фактору, стану поверхневого шару і дією залишкових напружень, впливу експлуатаційних умов (частоти навантаження і т.п.). Для оцінки характеру напруженого стану елементів конструкції і визначення шляхів пошуку оптимальних параметрів важливе значення має теоретичний підхід до визначення силових факторів у перерізі елемента за повним напруженим станом. При розробці теоретичних засад усунення "зайвих" в'язей основних несучих конструктивних структур, особливо мобільних сільськогосподарських машин, досить ефективним виявився метод оснований на принципі мінімуму потенціальної енергії деформації [2]. Особливий ефект отримано при модифікації цього методу з врахуванням лише енергії деформації від депланації елементів відкритого профілю і розробка на цій основі комбінованого методу. Для врахування динамічних навантажень, які виникають при експлуатації, проводиться їхнє експериментальне визначення. Відповідні компоненти динамічних навантажень та прискорень реєструються в умовах, максимально наближених до експлуатаційних. Для визначення динамічних навантажень, що виникають в реальних умовах експлуатації машин, розроблені і виготовлені спеціальні вимірювальні пристрої, стандартні і натуральні зразки, а також пристрої для їх випробувань на універсальному обладнанні. Це дозволяє складати програми випробувань для визначення динамічних показників у найбільш характерних умовах експлуатації, особливо мобільних сільськогосподарських машин і бурякозбиральних комплексів зокрема. Крім цього, забезпечується проведення випробувань на циклічну тріщиностійкість конструкційних матеріалів і натурних зразків виготовлених відповідно реальній конструкції. Методика експериментальних досліджень реалізується здебільшого встановленням спеціальних динамометрів [3] під опори основних мас на раму, вісь ходової частини, несучий каркас тієї чи іншої машин або агрегата (рис.1). Реєстрація випадкових величин проводиться безпосереднім введенням числових даних в пам'ять комп'ютера, з наступною статистичною обробкою і систематизацією. Визначення трьохкомпонентних динамічних характеристик, проводиться у відповідності до розміщення динамометрів на машинах. Дослідження динамічної навантаженості проводиться за схемою у відповідності з режимом виконання технологічного процесу машинно-тракторним агрегатом. Визначення фактичних напружень в окремих перетинах і встановлення адекватності з аналітичними значеннями проводяться у відповідності з відомими методиками [4,5].

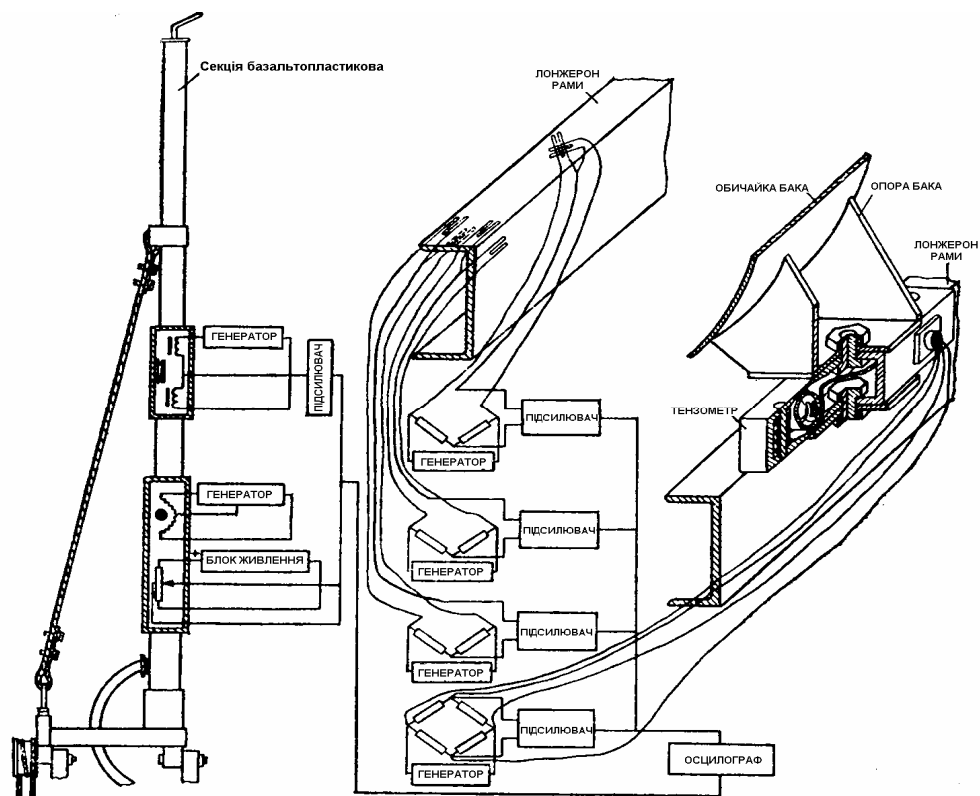


Рис.1. Встановлення вимірювальних засобів для проведення експериментальних досліджень

Аналіз напруженого стану рам с/г машин дозволяє знайти елементи, найбільш небезпечні з точки зору тріщиностійкості (наприклад січення, в яких високий рівень навантаженості поєднується з концентрацією напружень). На наступних етапах розрахунку доцільно провести аналітичне дослідження напружено-деформованого стану рами з тріщиною у виділеному елементі рами і експериментальне визначення основних характеристик циклічної тріщиностійкості для даного матеріалу в умовах експлуатації.

Процес розвитку тріщини описується диференціальними рівняннями. Інтегрування цих рівнянь дозволяє отримати рішення поставленої задачі - побудувати залежність довговічності рами від початкового розміру дефекту. Також визначаються розміри допустимих дефектів конструкції за розрахунковий період її експлуатації. Для розробки методики оцінки несучої здатності і залишкової довговічності мобільних с/г машин, для заданого класу машин, за механізмами навантаженості несучих елементів та вузлів (геометрично можуть бути не подібними) формуються класи несучих вузлів. Для кожного з класів будуються розрахункові моделі на основі першого закону термодинаміки: складається баланс енергії і зміни швидкості енергії для конструкції сільськогосподарської машини, після обчислюється швидкість руйнування і прогнозується ресурс роботи.

### Список використаних джерел

1. РТМ 23.2.75.- 82. Руководящий технический материал. Рамы сварные сельскохозяйственных машин. Конструкторско-технологическое проектирова-

- ние. – Взамен РТМ 23.2.54. – 75; Введ. 01.01.82 – М.: ВИСХОМ, 1982. – 111 с.
2. Рыбак Т. І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – ВАТ. ”ТВПК “ЗБРУЧ”, 2003. – 332с.
  3. Рыбак Т.І. та інші. "Динамометр" АС N887950.- М. 1980.
  4. Дарчук А.И. и др.. Усталостное разрушение и долговечность конструкций.- К.: Наукова думка, 1992.- 184 с.
  5. Рыбак Т.І. та інші. Випадкові величини (явища) та їх систематизація в аналітичних та експериментальних досліджень. Методичний посібник. Тернопіль-Львів, 1998. - 52 с.

#### **Аннотация**

### **ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ И РЕСУРСА КРИТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОСНОВНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С/Х МАШИН**

**Рыбак Т.И., Попович П.В., Дутка А.Б., Цень О.П.**

*В работе рассматриваются проблемы поиска эффективной методики прогнозирования фактической прочности и ресурса критических элементов конструкций узлов мобильных сельскохозяйственных машин.*

#### **Abstract**

### **ASSESSMENT OF ACTUAL STRENGTH AND RESOURCES OF CRITICAL ELEMENTS MAIN BEARING STRUCTURES AGRICULTURAL MACHINES**

**T.Rybak, P. Popovych, A.Dutka, O. Tsion**

*The paper addresses the problem of finding effective methods of prediction to the actual strength and life of critical structural elements units mobile agricultural machines.*