

## ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

**Попович П.В., к.т.н., доц., Цьонь О., студ., Попович Т.**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*У роботі розглядається проблематика визначення характеристик несучої здатності та пошуку ефективної методики визначення параметрів навантаженості несучих металоконструкцій с/г причепів.*

Від надійної і безперебійної роботи транспорту, зокрема сільськогосподарських причепів, очевидно залежить ефективність АПК. На транспортуванні вантажів та вантажно-розвантажувальних роботах у сільськогосподарських підприємствах, доставці продукції рослинництва і тваринництва на переробку і на продаж, обслуговуванні підприємств переробної промисловості тощо використовується близько 40% нафтопродуктів із загальної кількості, що її витрачає агропромисловий комплекс. Кожний четвертий працівник залучається до виконання транспортних робіт. Витрати на перевезення вантажів і виконання вантажно-розвантажувальних робіт становлять 18—22% коштів на виробництво і реалізацію сільськогосподарської продукції. З підвищенням рівня інтенсивності сільського господарства питома вага транспортних витрат зростатиме. Тому проблематика забезпечення надійності і довговічності с/г причепів є значним резервом зниження собівартості сільськогосподарської продукції.

Несучі рами обмежують довговічність мобільних машин в цілому. Найменш довговічними елементами рам є зварні вузли. Основні види вузлів у зварних рамах - з'єднання профілів прокату, розташованих в різних комбінаціях, характерною особливістю є те, що зварні шви мають малу довжину і розташовані в різних напрямках: при відносно невеликій сумарній довжині кількість швів у конструкціях значна (табл. 1) [1, 2].

Таблиця 1 - Характеристика зварних конструкцій сільськогосподарських машин

Найменуван., марка машини	Маса, кг	Рамні конструкції					Питома маса наплавл. металу, кг/т
		Маса, кг	% маси машини	Вид прокату. Перетин, мм	Довжина зварних швів, пог. мм		
					загальна	одного шва	
Причеп 2ПТС-4 (887А)	1520	273	15,3	Швелер, 17х70х6 120х60х6 100х50х5 Лист 5, 6	8,8	1,460	14,3

Причини руйнувань — 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. Розрахунки зварних рам сільськогосподарських машин базуються на обчисленнях міцності рам за допустимими напруженнями. При таких розрахунках запас міцності не характеризує дійсного стану металоконструкції та причин руйнування базових вузлів с\г машин, а також технологічних та експлуатаційних факторів. До того ж коефіцієнти запасів міцності задаються з надлишковим запасом без урахування вичерпних можливостей несучої здатності конструкцій. При наявності в елементах конструкцій початкових дефектів (пори, непровари, тощо) при дії змінних навантажень, напруження руйнування будуть нижчими від межі текучості в 1,5-4 рази [1,2]. Проблема проектування несучих рам мобільних сільськогосподарських машин, пов'язана з оптимізацією їх елементів за матеріаломісткістю, геометрією побудови основних принципів схем та прогнозуванням ресурсу роботи даних складальних одиниць. Значний ефект досягається шляхом вирішення проблем аналітично - пошукового та експериментально - дослідницького характеру: моделювання несучої здатності конструкцій в динамічній постановці задачі з відповідним програмним забезпеченням і отримання на цій основі вірогідних числових значень шуканих параметрів; визначення реальної динаміки навантаженості причепів, шляхом проведення ґрунтовних експериментальних досліджень в натурних умовах в найбільш характерних рельєфах і кліматичних зонах, з вибором особливостей обролюваних площ; вироблення критеріїв оцінки міцності з позиції тріщиностійкості при 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 експерименти на зразках, вирізаних переважно з реальних елементів машин. Основні вимоги до методики проведення напівнатурних досліджень включають обґрунтований і правильний вибір схеми навантаження і режимів 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:

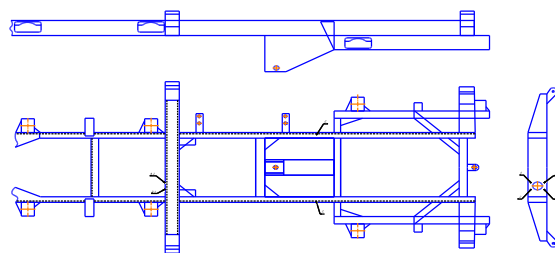
1) експлуатаційний характер руйнування при лабораторних дослідженнях може бути виявлений при відповідному виборі схеми навантаження, причому важливе значення має режим навантаження; 2) чим вище значення перевантаження по відношенню до границі витривалості матеріалу, тим менший ефективний коефіцієнт концентрації 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 збільшується 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]. Витривалість вирізаних зразків у значній мірі залежить від сумарного впливу факторів: напруженого стану, який викликаний умовами навантаження, нерівномірності розподілення і концентрації напружень, впливу 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 для мобільних сільськогосподарських машин, ефективним виявився метод 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 вимірювальні пристрої. Методика експериментальних досліджень реалізується встановленням вимірювальних засобів під опори основних мас на раму, вісь ходової частини, несучий каркас агрегата. Для визначення реального навантаження деталей і конструкцій машин на стадіях проектування, випробування зразків в умовах експлуатації, великого значення набувають експериментальні методи досліджень, які дозволяють отримати надійні дані оцінки ресурсу машин при стохастичних змінах умов [3,5].

Сучасний експеримент, як правило, вимагає синхронної реєстрації величин, таких як параметри руху, сили, час, тиск, температуру і т.п. Тому зараз знаходять широке застосування багатоканальні інформаційно-вимірювальні системи, що забезпечують отримання і обробку інформації від різноманітних датчиків в реальному часі. Для визначення динамічних навантажень, що виникають в реальних умовах експлуатації машин, розроблені і виготовлені спеціальні вимірювальні пристрої [3], стандартні і натуральні зразки, а також пристрої для їх випробувань на обладнанні. Це дозволяє складати програми випробувань для визначення динамічних показників у найбільш характерних умовах експлуатації. Методика експериментальних досліджень реалізується встановленням спеціальних динамометрів, наприклад, під опори основних мас на раму, вісь ходової частини, акселерометрів кутових швидкостей (АКШ), акселерометрів прискорень (АП) в центрах мас секцій, а також динамометричних тяг для с/г причепів, плугів, сівалок, тощо (Рис.1). Вимірювані величини реєструються в пам'яті мікрокомп'ютера з наступною обробкою (табл.2).



а)



б)

Рис.1 – Схема розміщення динамометрів (а) і тензодатчиків (б) у тракторному причепі 2ПТС -4 моделі 887Б (ОАО “Механический завод “Калачинский”).

Таблиця 2 – Амплітуди змінних напружень рами причепа тракторного 2ПТС -4 (887Б)

№ датчика	Амплітуди напружень, МПа			№ датчик а	Амплітуди напружень, МПа		
	Макс	Середн.	Мін.		Макс.	Середн.	Мін.
1	<30	-	-	6	140	69	35
2	38	36	31	7	117	58	37
3	43	32	30	8	161	70	38
4	170	77	36	9	84	49	31
5	118	61	39				

Реєстрація випадкових величин проводиться на лазерних дисках, з наступним введенням числових даних в пам'ять комп'ютера і статистичною обробкою та систематизацією цих результатів у такій послідовності [7]: визначення трьохкомпонентних динамічних характеристик в певних опорах, центрах мас, тягах тракторної трьохточкової навіски та інших необхідних перетинах; повне дослідження динаміки навантаженості проводиться у відповідності до розробленого проспекту з режимом виконання технологічного

процесу машинно – тракторним агрегатом; визначення фактичних напружень в окремих контрольних перетинах безпосереднім наклеюванням тензорезисторів і встановлення таким чином адекватності аналітичних значень отриманих відповідно з методикою; аналіз і статистична обробка отриманих результатів для визначення номінальних значень досліджуваних динамічних факторів. Отримані статистичні дані дозволяють за допомогою аналітичних досліджень, визначити компоненти напруженого стану і характер їх зміни в часі (середні значення, максимальні і мінімальні напруження, їх частоту і т.п.) у відповідності до умов експлуатації. 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.

**Висновок.** Запропоновано створення відправної бази визначення характеристик несучої здатності та пошуку ефективної методики визначення параметрів реальної навантаженості несучих металоконструкцій сільськогосподарських транспортних засобів.

### Список використаних джерел

1. РТМ 23.2.75.- 82. Руководящий технический материал. Рамы сварные сельскохозяйственных машин. Конструкторско-технологическое проектирование. – Взамен РТМ 23.2.54. – 75; Введ. 01.01.82 – М.: ВИСХОМ, 1982. – 111 с.
2. Рибак Т. І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – ВАТ. ”ТВПК “ЗБРУЧ”, 2003. – 332 с.
3. Рибак 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. Рибак Т.І. та інші. Випадкові величини (явища) та їх систематизація в аналітичних та експериментальних досліджень. Методичний посібник. Тернопіль-Львів, 1998. - 52 с.

### Аннотація

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Попович П., Цьонь О., Попович Т.

*Статья посвящена проблематике поиска эффективной методики прогнозирования несущей способности и остаточной долговечности мобильных сельскохозяйственных машин.*

## Abstract

### ESTIMATION OF BEARING STRENGTH AND REMAINING LONGEVITY OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINES

P. Popovich, O. Tson, T. Popovich

*The work considers problems of effective method of prognostication of bearing strength and remaining longevity from providing of reliability of bearings frames of agricultural trailers during their exploitation.*

УДК. 669.539

### АНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ КОЛІС С/Г ПРИЧЕПА В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

**Рибак Т., д.т.н., проф., Попович П., к.т.н., доц., Целюк С., асп.,  
Цьонь О., студ.**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*Приведено матеріали дослідження взаємодії коліс сільськогосподарського причепа з ґрунтом, в умовах експлуатації, розглянуто питання процесу руху коліс.*

Вступ. Основними постачальниками тракторних причепів у господарства України є вітчизняні підприємства, такі як Джанкойський машинобудівний завод, “Рівнесільмаш” та “Уманьферммаш”. Увесь спектр продукції, що випускають ці підприємства, можна поділити на дві групи: спеціалізовані та універсальні тракторні причепа вантажопідйомністю від 4 до 10 т, що є ідеальним для вітчизняного ринку. Єдина відмінність у тому, що кожний із виробників випускає певний модельний ряд тракторних причепів. Наприклад, “Уманьферммаш” виробляє спеціалізовані причепа вантажопідйомністю 5 т і універсальні — 10 т, а Джанкойський машинобудівний завод покриває лінійку від 4 до 8 т як спеціалізованими, так і універсальними причепами. Конкуренція між виробниками існує тільки щодо цінкових показників. При цьому слід віддати належне вітчизняним виробникам щодо формування цін на цей вид сільгосптехніки. Приміром, середня ціна на 4-тонну модель причепа, яка склалася нині, становить від 19 тис. грн, а за причіп вантажопідйомністю 10 т покупці мають заплатити 48660 грн. До речі, саме цей діапазон цін наразі стримує активність європейських виробників, у яких середня ціна становить близько 40 тис. грн за 6-тонну модель. Для порівняння: українські аналоги коштують у середньому 20 тис. грн. Окрім того, існує проблема щодо поставок запасних частин європейських аналогів у майбутньому (за матеріалами проектно-дослідницької групи Straefe). Найближчим часом, з огляду на розпаювання земель у сільському господарстві України і дальше скорочення кількості великих господарств, розвиватиметься сектор середніх і дрібних