

УДК 669.539

АЛГОРИТМ ОЦІНКИ БАЗОВИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

**Попович П.В., д.т.н., професор, Ляшук О.Л., д.т.н., професор,
Шевчук О.С., к.т.н., ст. викл., Матвійшин А.Й., к.т.н., доцент**
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

Стаття стосується розробки алгоритму попередньої оцінки основної експлуатаційної властивості колісних транспортних засобів - надійності на прикладі несучих систем причепів на стадіях проектування з метою покращення показників експлуатаційних властивостей. Проаналізовано навантаженість універсальної рами причепа «ANNABURGER HTS Series 20.04»

Відповідно до Закону України «Про автомобільний транспорт», наказу Міністерства інфраструктури України № 550 від 26.07.2013 р. та з метою встановлення основних вимог до утримання колісних транспортних засобів, надійність є базовою експлуатаційною властивістю рухомого складу в цілому. Від надійної і безперебійної роботи транспортних засобів, зокрема причепів, залежать експлуатаційні властивості рухомого складу автотранспортних підприємств. На транспортуванні вантажів, а також вантажно-розвантажувальних роботах використовується близько 40% загальної кількості одиниць, наприклад, в агропромисловому комплексі [4, 7, 8, 9]. Загальновідомо, кожний четвертий працівник залучається до виконання транспортних робіт, причому витрати на перевезення вантажів і виконання вантажно-розвантажувальних робіт становлять 18...22% коштів на виробництво і реалізацію продукції. З підвищенням рівня інтенсивності питома вага транспортних витрат зростатиме. Тому проблематика забезпечення надійності і довговічності причепів є значним резервом зниження собівартості продукції, зокрема сільськогосподарської [4].

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 [1, 2]. В процесі експлуатації несучі системи причепів сприймають діючу на них в процесі експлуатації просторову систему випадкових за напрямками і величинами зусиль, які, зокрема, є функцією умов руху та роботи, характерно. Існуючі теорії досліджень несучих рам [1, 2, 6] описують систему навантаженості металоконструкцій рам симетричними та кососиметричними вертикальними і

горизонтальними зусиллями, причому симетричні зусилля виникають при русі з швидкостями близькими до максимальних для даного виду робіт твердими ґрунтовими дорогами і викликаються коливаннями мас у вертикальній площині, дані зусилля викликають деформацію згину лонжеронів у вертикальній площині, а кососиметричні зусилля виникають при русі полем при відносно невисоких швидкостях для даного виду робіт, призводячи до закручування рами внаслідок переїзду перешкод. При перекошуванні рами при русі полем в елементах рами виникають напруження, викликані згином в горизонтальній площині. Величина даних напружень може перевищувати напруження від стисненого кручення і згину у вертикальній площині [6, 7, 8]. Також в лонжеронах рами виникають напруження, викликані дією тягового зусилля трактора. При аналітичних розрахунках актуальною є проблематика точності та коректності обчислень несучих рамних металоконструкцій з позиції забезпечення максимальної достовірності кількісної оцінки компонентного складу сумарних напружень.

Відповідно [5], сумарне напруження в перетині тонкостінного профілю є сумою складових σ_0 – напруження від поздовжнього зусилля; σ_x – напруження від згину у вертикальній площині; σ_y – напруження від згину у горизонтальній площині; σ_ω – напруження від кручення. Обчислюючи інтеграли добутку функцій, представлених відповідними епюрами, отримуємо вираз для визначення компонентів діючих максимальних нормальних напружень, діючих в поперечних перетинах тонкостінних елементів несучих систем. Оскільки в машинобудуванні широко використовуються тонкостінні елементи несучих систем відкритого і замкнутого профілів, завдання розрахункових досліджень компонентного складу сумарних нормальних напружень доцільно вирішити для використовуваних профілів: швелерів, кутників, прямокутних і круглих труб. Вирішення даної задачі на етапі проектування значно підвищує точність розрахунків на міцність, відповідно і прогнозування ресурсу роботи. Складовою частиною проектування несучих рамних систем є розрахунок їх міцності і довговічності, для якого необхідне проведення досліджень витривалості найбільш навантажених конструктивних елементів. З метою скорочення часу, затраченого на проведення розрахунково-експериментальної оцінки, мінімізації затратених коштів і, відповідно, зниження собівартості виробу, необхідним є застосування довідників, що включають показники витривалості конструкційно-технологічних варіантів вузлів, які мають раціональніші показники у порівнянні з іншими варіантами [1, 2, 4, 7, 8]. При проектуванні нових с/г машин, розробці типу зварних вузлів рамних конструкцій передують класифікація вузлів за конструктивними формами і видами навантаження, відпрацювання раціональних варіантів типових вузлів, типізація профілів прокату. Як правило, на етапі проектування оцінка несучих конструкцій включає розрахунки на витривалість найбільш навантажених зварних вузлів для оцінки міцності і довговічності конструкції в цілому. З цієї причини, на етапі проектування, при відсутності результатів тензометрування

створюваної конструкції, необхідно застосовувати адекватну математичну модель прогнозування ресурсу конструкції [3]. Для металоконструкцій часто застосовуються модифікації лінійної гіпотези сумування накопичених пошкоджень від втоми: втоми пошкодження, яке спричинене амплітудою напруження є частиною від загального, яке відповідає появі тріщини втоми, або пошкодження викликане циклом напруження, не залежить від стану деталі в даний момент і від попереднього навантаження, а додається з пошкодженнями, викликаними попередніми циклами. Величина і кількість циклів зміни напружень, яку може витримати металоконструкція до руйнування, взаємокорелюють кривою Велера, з рівняння якої [4]

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{\sigma_R}{\sigma}\right)^m \quad (1)$$

де m – показник степеня, залежить від матеріалу, виду навантаження, концентрації напружень і коефіцієнта асиметрії, характеризує нахил лівої частини кривої до осі абсцис, дорівнює котангенсу кута α , нахилу лівої гілки кривої втоми.

Результуюча залежність для оцінки ресурсу відповідно до [2]

$$T = a/D \quad (2)$$

де a – безрозмірна величина накопиченого пошкодження для стадії граничного стану;

$$D = n \cdot \int_{\sigma_{\min}}^{\sigma_{\max}} \frac{f(\sigma)}{N(\sigma)} d\sigma \quad (3)$$

де D – накопичене пошкодження за одиницю часу.
 n – очікувана кількість циклів за одиницю часу;
 $f(\sigma)$ – густина розподілу амплітуд напружень;
 $N(\sigma)$ – рівняння кривої втоми (2).

Для обчислення ресурсу T на етапі проектування при $a = 1$ застосовуються параметри рівняння кривої втоми металоконструкції - аналога (1).

У машинобудуванні, для випадку багатоциклової втоми, задовільну згоду з емпіричними розподілами забезпечує розподіл Вейбулла – Гнеденка [1, 2, 4]

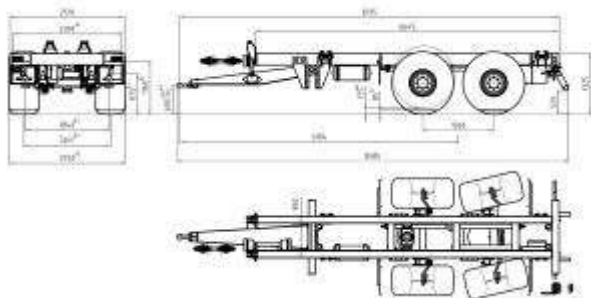
$$f(\sigma) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{\sigma}{a}\right)^{(b-1)} \cdot e^{-\left(\frac{\sigma}{a}\right)^b} \quad (4)$$

де b – параметр розподілу;
 V – коефіцієнт варіації, для транспортних засобів величину можна визначити залежно від виду руйнування, $V=0.3-0.4$;
 a – параметр розподілу;
 E – математичне сподівання (на основі статистичних даних).

Отже, для попередньої оцінки ресурсу на етапі проектування несучих металоконструкцій транспортних засобів застосовується залежність [5]

$$T = n \cdot \int_{\sigma_{\min}}^{\sigma_{\max}} \frac{\left[\frac{E}{(0.55 \cdot V^2 - 0.57 \cdot V + 1.02)} \right]^{V-1.069} \left[\frac{\sigma}{(0.55 \cdot V^2 - 0.57 \cdot V + 1.02)} \right]^{(V-1.069-1)} \cdot e^{\left[\frac{\sigma}{(0.55 \cdot V^2 - 0.57 \cdot V + 1.02)} \right]^{V-1.069}}}{N_0 \cdot \left(\frac{\sigma_R}{\sigma} \right)^m} d\sigma \quad (6)$$

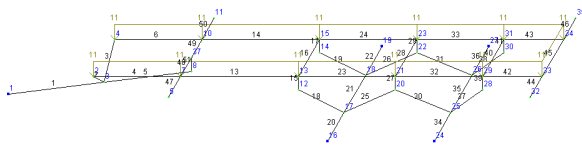
При проведенні попередньої оцінки показників надійності, наприклад універсальної рами причепа «ANNABURGER HTS Series 20.04», на основі креслення складається розрахункова схема (рис.1). Після проведених методом скінчених елементів обчислень (рис.1), виконується аналіз навантаженості металоконструкції рами, що дозволяє визначити перетини з σ_{\max} та σ_{\min} , також вцілому оцінити перепади жорсткостей, місця концентрації напружень, рівномірність розподілу напружень за величиною.



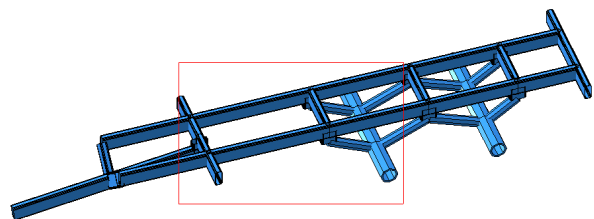
а



б



в



г

Рисунок 1 – Навантаженість причепа «ANNABURGER»: а – причеп; б – рама; в – розрахункова схема несучої системи; г – результати обчислень

Для матеріалу рами: сталі відповідно QSD, приймаємо значення N_0 , межі текучості $\sigma_R = \sigma_{-1}$. Згідно рекомендацій [1, 5], приймаємо очікувану кількість циклів за одиницю часу n , показник степеня m .

Висновки. Розроблено алгоритм попередньої оцінки навантаженості несучих систем причепів на стадіях проектування з метою покращення експлуатаційних властивостей вказаних колісних транспортних засобів.

Список літератури

1. Дмитриченко С. С. Опыт расчетов на прочность, проектирования и доводки сварных металлоконструкций мобильных машин /Дмитриченко С. С. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2006, №1.

2. М. Черновол Надійність с/г техніки./М. Черновол, С. Гранкін, В. Малахов, В. Черкун.// - К.: Урожай, 1998. -208с.: іл.
3. Попович П. Аналітична оцінка ресурсу несучих металоконструкцій сільськогосподарських машин /Попович П., Рибак Т., Сташків М., Господарський Я.//Вісник ХНТУСГ, Вип.100. Харків, 2010. -С. 17-20.
4. Власов В. Тонкостенные упругие стержни.-М.:Физматгиз, 1959.-408с.
5. Щурин К.В. Прогнозирование и повышение усталостной долговечности несущих систем сельскохозйственных тракторных средств /Щурин К.В. // Диссерт. докт. техн. наук. – Оренбург: ОПИ, 1994. – 423с.
6. P. V. Popovych. The service life evaluation of fertilizer spreaders undercarriages// P. V., Popovych; O. L., Lyashuk; I. S., Murovanyi; V. O., Dzyura; O. S., Shevchuk; V. D., Myndyuk/ INMATEH - Agricultural Engineering . Sep-Dec2016, Vol. 50 Issue 3, p39-46.
7. Попович П. В. Методи оцінки ресурсу несучих систем причіпних машин для внесення добрив з врахуванням впливу агресивних середовищ: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук : 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / П. В. Попович — Тернопіль, 2015. — 443 с.
8. P. V. Popovych. Influence of Organic Fertilizers on the Corrosion-Electrochemical Characteristics of Low-Carbon Steels / P. V. Popovych, L. A. Mahlatyuk, R. B. Kupovych // Journal of Mathematical Sciences. – 2014. – Vol. 50, 2– P. 284 –289.
9. P. V. Popovych. Corrosion and Electrochemical Behaviors of 20 Steel and St.3 Steel in Ammonium Sulfate and Nitrophoska / P. V. Popovich, Z. B. Slobodyan // Journal of Mathematical Sciences. – 2014.– Vol. 49, 6. – P. 819-826.

Аннотация

Алгоритм оценки базовых эксплуатационных свойств колесных сельскохозйственных транспортных средств

Попович П.В., Ляшук О.Л., Шевчук О.С., Матвишин А.И.

Статья касается разработки алгоритма предварительной оценки основной эксплуатационной свойства колесных транспортных средств - надежности на примере несущих систем прицепов на стадиях проектирования с целью улучшения показателей екплуатационных свойств. Проанализировано нагруженность универсальной рамы прицепа «ANNABURGER HTS Series 20.04»

Abstract

Algorithm evaluation basic performance of wheeled agricultural vehicles

P. Popovych, O. Lyashuk, O. Shevchuk, A. Matviyishyn

The article deals with the development of algorithms preliminary assessment of the main operational properties wheeled vehicles - safety bearing the example of trailers at the design stage to improve the level of performance properties. Analyzed loading universal trailer frame "company Series HTS 20.04"