

І.Г. Грабар, д.т.н., проф.
В.Є. Титаренко, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

РУЙНУВАННЯ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В роботі наведено результати практичних і теоретичних досліджень особливостей руйнування та напрямків досліджень вібронавантаженості рам транспортних засобів.

Постановка проблеми – відсутність простих практичних методів досліджень вібронавантаження елементів рам в умовах експлуатації.

Аналіз джерел досліджень. Дослідженню втомних тріщин в рамних конструкціях транспортних засобів присвячено багато робіт відомих науковців: Проскуракова В.Б., Лельчука Л.М., Панасюка В.В. та інших. Ними доведено зв'язок руйнування з видом експлуатаційних навантажень. Наведена в роботах статистика вказує на втомні руйнування як лонжеронів, так і поперечин (автомобілі ЗІЛ та ГАЗ старих моделей). На автомобілях бортових і самоскидах [1] встановлені втомні руйнування тільки лонжеронів. При крученні лонжеронів руйнуються поперечини рам, а руйнування лонжеронів викликається згинальними циклічними навантаженнями. В роботах відсутні методи досліджень вібронавантажень елементів рам в реальних умовах експлуатації, що є важливим для оцінки тріщиностійкості та ресурсу.

Постановка завдання. В даній роботі поставлена задача визначення методів і напрямку досліджень вібронавантаженості рам транспортних засобів в реальних умовах експлуатації для оцінки їх ресурсу.

Викладення основного матеріалу досліджень. Актуальність задачі дослідження втомних руйнувань реальних конструкцій пов'язана з резервами економії при оптимізації рам.

Тріщини критичних розмірів, що повторюють закономірності, наведені в монографії [1], були виявлені на повздовжніх і поперечних елементах рам одночасно (автомобіль ГАЗ-53, що експлуатувався в умовах доріг Житомирщини з орієнтовним пробігом $8 \cdot 10^5$ км) (рис. 1).

Втомні тріщини критичних розмірів утворились в нижній частині об'ємного каркаса автобуса ЛАЗ-695НГ, в місцях з'єднання закритих прямокутних профілів, наближено при такому ж пробігу (рис. 2).

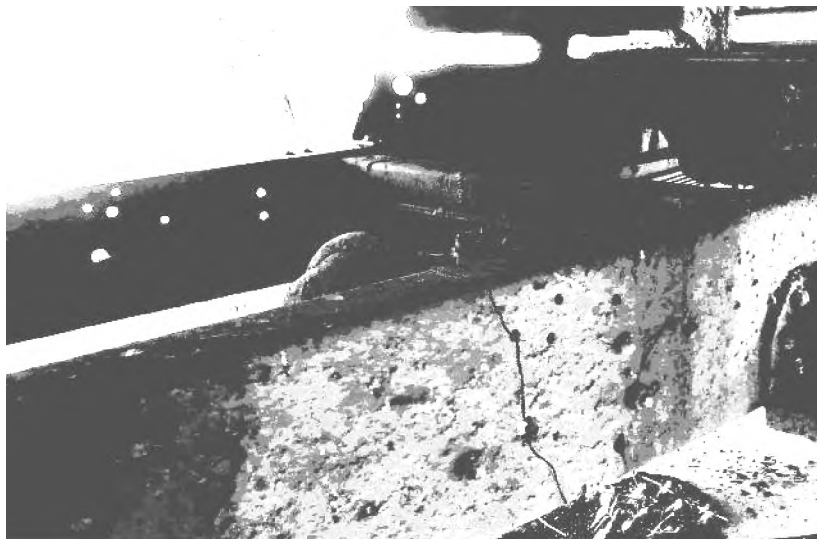


Рис. 1. Тріщини на рамі автомобіля ГАЗ-53



Рис. 2. Тріщини в горизонтальній частині об'ємного каркаса автобуса ЛАЗ-695НГ

На основі багатьох порівнянь і співставлень нами встановлено, що загальними причинами, основними факторами впливу на розвиток тріщин є процеси коливальної динаміки (найчастіше вертикального напрямку). В зв'язку з цим пропонується вимірювати відносні вертикальні переміщення точок рамного контура в процесі експлуатації транспортного засобу для встановлення імовірнісних місць розвитку втомних руйнувань.

Для наближеної оцінки навантажень рами за загальною картиною динаміки коливань точок горизонтальної поверхні використовуємо спрощену модель коливальних процесів у вигляді синусоїдальної залежності з перетвореннями:

$$\begin{aligned}
 y &= a \sin \omega t ; \\
 \dot{y} &= a \omega \cos \omega t ; \\
 \ddot{y} &= -a \omega^2 \sin \omega t ; \\
 \Delta \ddot{y} &= |\ddot{y}_{\max} - \ddot{y}_{\min}| = 2 a \omega^2 .
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Максимальні й мінімальні амплітуди коливань визначаються портативними акселерометрами типу ADXL. Отримана залежність (1) дозволяє визначити градієнти прискорень від стохастичних збурювань, що викликаються нерівностями шляху. Це необхідно для розрахунку вертикальних навантажень елементів рам від інерційних складових:

$$p_i = m_i \cdot \Delta \ddot{y} = \frac{\sigma_i}{g} \cdot a \cdot \omega^2 .$$

За силовими навантаженнями можна побудувати епюри внутрішніх зусиль в елементах рамного контура. А за картинами переміщень точок горизонтальних поверхонь визначити частотні характеристики експлуатаційних навантажень. При цьому треба врахувати, що в конкретній задачі про втомну довговічність рам як відповідальних за руйнування треба як правило вважати нормальні напруження зневоленого кручення, що визначаються законом секторіальних площ, з врахуванням піддатливості вертикальних стінок лонжеронів (залежить від їх товщин) [2].

Розглядаючи в конкретному випадку відношення експериментальних значень напружень S_{\max} / S_{\min} як коефіцієнт асиметрії, що залежить від стохастичної зміни нерівностей шляху, можна стверджувати про його змінність як функції від часу. Для спрощення подальших розрахунків опис коливального процесу зі змінним коефіцієнтом асиметрії необхідно замінити рівнозначною за довговічністю послідовністю циклів, але з постійною величиною цього коефіцієнта $r = \text{const} (r = -1)$ [1], використовуючи залежність:

$$r = \frac{|\tilde{S}_{\max} + \tilde{S}_{\min}| - |\tilde{S}_{\max} - \tilde{S}_{\min}|}{|\tilde{S}_{\max} + \tilde{S}_{\min}| + |\tilde{S}_{\max} - \tilde{S}_{\min}|}$$

За даною формулою для кожного циклу з коефіцієнтом асиметрії $-\infty \leq r \leq \infty$ встановлюється перехід на рівнозначний за довговічністю цикл навантажень r в інтервалі $[-1; +1]$.

Рівнозначна заміна за довговічністю і перехід від одного коефіцієнта асиметрії до іншого здійснюється графічно за кривою Велера залежністю:

$$S_{\max}(r_2) = \frac{(1-r_1) \cdot S_B \cdot S_{\max}(r_1)}{(1-r_2) \cdot S_B + (r_2-r_1) \cdot S_{\max}(r_1)}.$$

Максимальні напруження через їх середні значення для конкретного r_1 визначаються ($S_m = \text{const}$):

$$S_{\max}(S_m) = S_m + \frac{0,5(1-r_1)(S_B - S_m) \cdot S_{\max}(r_1)}{S_B - 0,5(1+r_1) \cdot S_{\max}(r_1)}.$$

Для стадії проектування на основі експлуатаційно-статистичних даних про типи доріг пропонується [4] визначити довжину пробігу транспортного засобу до появи втомної тріщини за формулою:

$$L_i = \frac{\ell \cdot \sigma_{-1k}^m \cdot N_0}{\sum_{j=1}^k \sigma_j^m \cdot n_j},$$

де σ_{-1k} – межа витривалості;

N_0 – базове число циклів з амплітудою напружень σ_{-1k} ;

n_j – число циклів з амплітудою σ_j ;

m – котангенс кута нахилу лівої гілки кривої втоми в логарифмічних координатах;

ℓ – довжина пробігу, під час якого отримана інформація про завантаженість рами ($\ell = v \cdot t$).

Або результуючий пробіг до появи тріщини при експлуатації транспортної машини при різних узгодженнях типів доріг в різних умовах руху визначається за формулою:

$$L = \frac{1}{\frac{a_1}{L_1} + \frac{a_2}{L_2} + \dots + \frac{a_i}{L_i}},$$

де L_i – пробіг до появи тріщини при експлуатації машини тільки на одному типі доріг за даних умов руху;

a_i – частка пробігу по даному типу дороги в загальному пробігу.

Частина ресурсу конструкції, пов'язана з розвитком тріщин до критичних розмірів, визначається на основі критеріїв тріщиностійкості [5].

Висновок. На основі результатів проведених досліджень і методів визначення вібронавантаженості встановлений загальний алгоритм оцінки довговічності рам транспортних засобів за картинами вібронавантаженості конструктивних елементів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Проскураков В.Г.* Динамика и прочность рам и корпусов транспортных машин. – Ленинград: Машиностроение, 1972. – 229 с.
2. *Титаренко В.С.* Напружено-деформований стан і довговічність рам напівпричепів: Дис... канд. техн. наук. – Житомир, 2006. – 201 с.
3. *Лельчук Л.М., Сархошьян Г.Н., Кобрин М.М., Гурман В.С.* Испытание и ремонт автомобильных рам. – М: Таврия, 1974. – 224 с.
4. *Альдайуб Зияд.* Разработка методики создания рам грузовых автомобилей минимальной массы, отвечающих требованиям по ресурсу, на стадии проектирования: Автореф. дис...к.т.н. – М., 2006. – 18 с.
5. *Ясній П.В.* Пластично-деформовані матеріали: втома і тріщинотривкість. – Львів: Світ, 1998. – 291 с.

ГРАБАР Іван Григорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- міцність конструкцій;
- нелінійні явища та моделі;
- синергетика;
- нові технології, прискорені сертифікаційні дослідження в умовах складного температурно-силового навантаження.

ТИТАРЕНКО Володимир Євгенійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- сучасні енерго- та ресурсозберігаючі технології;
- конструювання, випробування машин та обладнання.

Подано 04.07.2008