

## МАШИНОЗНАВСТВО. ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 629.332:539.3

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

*Житомирський державний технологічний університет*

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕПЮР ВІБРОПРИСКОРЕНЬ СИЛОВИХ РАМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА БАЗІ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ З АКСЕЛЕРОМЕТРОМ ТИПУ АДХЛ

*В роботі запропоновано методику оцінки напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій через визначення динамічної складової вібронавантаження.*

**Постановка проблеми.** На сьогодні актуальними є питання уточнення розрахункових методик для оцінки напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій через врахування динамічної складової вібронавантаження, оцінки НДС складових несучих конструкцій в часі, контролю експлуатаційних режимів різних машин і оцінки несучої здатності рам через визначення рівня їх дефектності.

**Аналіз джерел дослідження.** Потенційні можливості вирішення цих проблемних питань набагато збільшилися в зв'язку з досягненнями сучасної мікроелектроніки та механіки в розробках мікроконтролерної техніки. Це показано в роботах І.Полянського, А.Зубринського та інших авторів.

Мініатюрні мікроконтролери у вигляді акселерометрів типу АДХЛ завдяки характеристикам оперативної швидкодії дозволили створити програмно-апаратні комплекси для вирішення багатьох технічних проблемних питань сьогодення.

**Викладення основного матеріалу досліджень.** Для проведення експерименту був використаний програмно-апаратний комплекс, розроблений в ЖДТУ на базі акселерометра типу АДХЛ, як інструмент контролю відгуку механічної системи на ударні імпульси.

Об'єктом дослідження було обрано раму автомобіля УАЗ-31512, що встановлена на чотирьох опорах в місцях знаходження ресор.

Рама навантажувалась ударом за допомогою спеціально розробленого пристрою з бойком вагою 200 г, що падав з встановленої висоти через направляючу трубку на середину лонжерона в точці 3. Для зменшення шумового ефекту ударне навантаження виконувалось через гумову прокладку. За допомогою такого ударного пристрою була відпрацьована ідентичність удару, що дало змогу за допомогою одного акселерометра, задіяного в програмно-апаратному комплексі, відтворити цілісну картину розповсюдження пружної хвилі по елементах конструкції рами.

Ударні навантаження виконувались за схемою експерименту по черзі в середній частині кожного лонжерона з замірами амплітуд віброприскорень акселерометром (мікроконтролер для визначення складових прискорень в двох взаємно перпендикулярних напрямках) в одних і тих же точках конструкції.

Змінюючи місце удару з одного лонжерона на другий, отримані наближено симетричні картини розповсюдження пружних хвиль для цілісної (без дефектів) рами, що говорить про ідентичність пружних характеристик правої та лівої симетричних її частин.

Згідно з планом експерименту в конструкції рами створювались додаткові розтягуючі напруження, спочатку в поздовжньому, а потім ще й у поперечних напрямках, а також вводились тріщини (розрізи) на поперечних елементах.

За результатами експерименту були побудовані епюри віброприскорень для різних зазначених вище варіантів стану конструкції рами від ударного навантаження.

Порівняння картин віброприскорень показало їх кількісну зміну від впливу додаткових напружень в елементах рами чи введених дефектів.

Кількісні зміни в епюрах віброприскорень зафіксовано через спеціально введений коефіцієнт передачі віброамплітуд від точки удару до найбільш віддалених точок конструкції:

$$K_{перед} = A_{min} / A_{max},$$

де  $A_{max}$  – максимальна амплітуда віброприскорень в місці удару;

$A_{min}$  – мінімальна амплітуда віброприскорень на протилежному від удару лонжероні.

За запропонованою методикою оцінки несучої здатності конструкції введення суцільної тріщини спочатку в одній, а потім в другій поперечинах рами спричинило зміну коефіцієнта передачі віброамплітуд з 0,66 до 0,56 і 0,43 відповідно.

На рис. 1 наведені картини епюр віброприскорень, побудованих за показами акселерометра в двох напрямках для цільної конструкції рами та введеними дефектами з переходом до епюр амплітуд швидкостей та напружень пружної хвилі від удару.

Цілісна конструкція (без пошкоджень)

Конструкція з суцільними тріщинами (розрізами) в першій та другій поперечинах

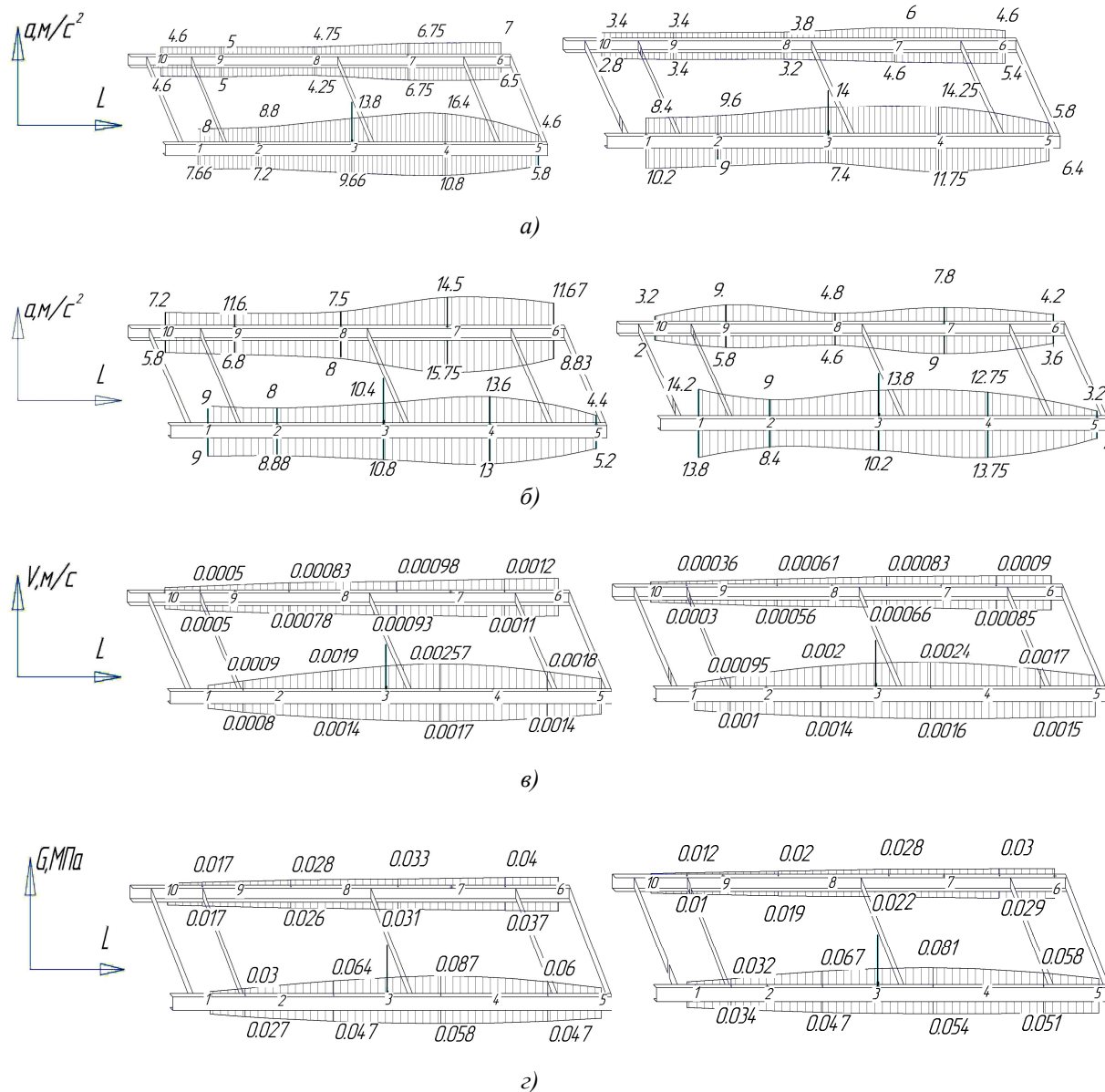


Рис. 1. Картини епюр віброприскорень, швидкостей та напружень в рамі:  
 а, б) поздовжні та поперечні віброприскорення;  
 в, з) швидкості та напруження

Перехід від амплітуд віброприскорень, швидкостей та напружень здійснено на основі рівняння пружної хвилі, що розповсюджується в матеріалі конструкції, та інших залежностей, що впливають з нього:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}, \quad (1)$$

де  $\xi$  – переміщення деформації від удару;

$E, \rho$  – модуль пружності та питома вага матеріалу конструкції.

Хвильове рівняння (1) показує, що зміщення розповсюджується по конструкції у вигляді хвиль:

$$\xi = f(x \pm ut), \quad (2)$$

або утворює суперпозицію таких хвиль, де (для стрижневого наближення)

$$u = \sqrt{E / \rho}, \quad (3)$$

є швидкість звуку в матеріалі. Швидкість тим більша, чим більш жорсткий та легкий матеріал.

Поряд з переміщенням  $\xi$  нас цікавлять такі величини, як швидкість переміщення  $V = \frac{\partial \xi}{\partial t}$ , з якою

рухається окрема площина, а також деформація  $\varepsilon$  і напруження  $\sigma$ .

Диференціюючи (2), отримаємо:

$$V = \mp u f'(x \mp ut), \quad (4)$$

$$\varepsilon = f'(x \mp ut), \quad (5)$$

$$\sigma = E f'(x \mp ut). \quad (6)$$

Автором [1] показано, що зміщення, швидкість, деформація і напруження розповсюджуються у вигляді зв'язаних визначеним між собою способом хвиль, що мають одну і ту ж саму швидкість і однаковий напрямок розповсюдження:

$$\xi = A \cos \omega (t \pm (x / u)), \quad (7)$$

$$V = -\omega A \sin(\omega t \mp kx), \quad (8)$$

$$\varepsilon = \pm k A \sin(\omega t \mp kx), \quad (9)$$

$$\sigma = \pm Ek \cdot A \sin(\omega t \mp kx). \quad (10)$$

Звідси можна отримати співвідношення для оцінки напруг:

$$\sigma = V \sqrt{\rho \cdot E}, \quad (11)$$

де  $V$  – швидкість розповсюдження хвиль з епюри рис. 1, в.

Обробка результатів експерименту дозволила зробити такі **висновки**:

1. При створенні в рамі додаткових напружень розтягу в поздовжньому або поперечних напрямках спостерігається відносно зменшення амплітуд віброприскорень.

2. Введення дефектів у рамі шляхом почергового руйнування двох поперечин внесло зміну коефіцієнтів передачі віброамплітуд з 0,66 до 0,56 і 0,43 відповідно при руйнуванні першої та додатково другої поперечин, що показує відносно зменшення несучої здатності конструкції.

3. Оцінка напруг за запропонованою експериментальною методикою з похибкою не гірше 5 % співпадає з результатами комп'ютерного моделювання.

4. Визначення динамічної складової навантаження в часі, що показано при переході від епюр амплітуд віброприскорень до напружень, дозволило запропонувати методику оцінки експлуатаційних режимів конструкцій.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Горелик Г.С. Колебания и волны / Г.С. Горелик. – М., 1959. – 571 с.
2. Неразрушающий контроль : в 5 кн. – Кн. 2. Акустические методы контроля : практ. пособие / И.Н. Ермолов, Н.П. Алешин, А.И. Потапов ; под ред. В.В. Сухорукова. – М. : Высш. шк., 1991. – 283 с.
3. Яблонский А.А. Курс теории колебаний : учеб. пособие для студентов вузов / А.А. Яблонский, С.С. Норейко. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М. : Высш. школа, 1975. – 248 с.
4. Проскураков В.Г. Динамика и прочность рам и корпусов транспортных машин / В.Г. Проскураков. – Л. : Машиностроение, 1972. – 229 с.
5. Расчетно-экспериментальные исследования рамы автомобиля повышенной проходимости. КГТУ : Научно-техническая библиотека КАИ. Урывок с «Методика и средства расчетного анализа прочности и жесткости рам автомобиля повышенной проходимости» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : library.kai.ru. pkb-arko.ru/example/statika.htm.
6. Полянский И. Применение акселерометров для различных приложений / И.Полянский // Мир электронных компонентов. – 2003. – № 2. – С. 28–30.
7. Зубинский А. Микроэлектромеханика / А.Зубинский // Компьютерное обозрение. – 17.03.2005.

ГРАБАР Іван Григорович – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи Житомирського Національного агроекологічного університету, завідувач кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- міцність конструкцій;
- нелінійні явища та моделі;
- синергетика;
- новітні технології, екологія.

НЕСТЕРЕНКО Володимир Володимирович – магістрант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- міцність конструкцій машин;
- новітні технології виготовлення та ремонту машин.

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

Наукові інтереси:

- живучість рамних конструкцій машин в реальних умовах експлуатації;
- сучасні енерго- та ресурсозберігаючі технології;
- конструювання та випробування машин і обладнання.

Подано 18.12.2009

**Грабар І.Г., Нестеренко В.В., Титаренко В.Є.** Дослідження епюр віброприскорень силових рам транспортних засобів на базі програмно-апаратного комплексу з акселерометром типу АДХЛ

**Грабар И.Г., Нестеренко В.В., Титаренко В.Е.** Исследования эпюр виброускорений силовых рам транспортных средств на базе програмно-апаратного комплекса с акселерометром типа АДХЛ.

**Grabar I.G., Nesterenko V.V., Titarenko V.E.** Researches of epures of vybrouskorenyy of power frames of transports vehicles on a base programno-aparatnogo of complex with akselerometrom as ADXL.

УДК 629.332:539.3

**Исследования эпюр виброускорений силовых рам транспортных средств на базе програмно-апаратного комплекса с акселерометром типа АДХЛ / И.Г. Грабар, В.В. Нестеренко, В.Е. Титаренко**

Предложено методику оценки НДС конструкций через определение динамической составляющей виброн нагружений.

УДК 629.332:539.3

**Researches of epures of vybrouskorenyy of power frames of transports vehicles on a base programno-aparatnogo of complex with akselerometrom as АДХЛ / I.G. Grabar, V.V. Nesterenko, V.E. Titarenko**

Methodics of estimation of tense deformed condition of constructions trough determination of dynamic component of vibroloading is proposed.