

## МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАСИВНИХ МЕХАНІЧНИХ ПІДВІСОК СІДІНЬ ОПЕРАТОРІВ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Лук'яненко В.М. доц. к.т.н., Жиліна О.О. ст.викл., Кісь В.М. к.т.н., доц.  
*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Стаття присвячена аналізу літературних джерел та публікацій щодо методів розрахунку вібронавантаження робочого місця оператора мобільних сільськогосподарських машин.*

**Вступ.** Проблема підресорювання сидіння в тракторах і інших самохідних машинах виникла як самостійна, оскільки підвіска остову з ряду причин (компонувальних, конструктивних, технологічних, експлуатаційних) не забезпечує при збільшених швидкостях руху машини необхідного рівня низькочастотної вібрації на робочому місці оператора. Враховуючи це, сидіння для самохідних машин і тракторів повинні бути виконані так, щоб додатково понизити дії коливань оператора, тобто мати віброзахисну підвіску, що встановлюється між джерелом вібрації (підлога кабіни) і об'єктом віброізоляції (оператор).

Найбільш поширені на самохідних машинах сидіння з пасивними підвісками, що сприймають сили і моменти, які передаються від підлоги кабіни сидінню за допомогою трьох елементів: пружного, гасильного і направляючого.

**Аналіз останніх публікацій** показав, що при розрахунку параметрів пасивної підвіски серійного сидіння тракторів Т-150К і модифікацій не враховувався вплив на рівень коливань таких факторів, як сила сухого тертя, демпфування, хід підвіски і поєднання їх при різних варіантах вхідної дії.

**Мета.** Визначення оптимального методу розрахунку пасивних механічних підвісок сидінь операторів мобільних сільськогосподарських машин.

**Вказана мета досягається** шляхом розрахунку коливальних систем при випадковій збуджуючій дії. Для опису вхідних дій і реакції віброзахисної системи використовується спектральна щільність прискорень або переміщень, ефективність роботи оцінюється передавальними функціями.

Питання синтезу віброзахисних систем розглянуті в роботі В.П. Рослякова [1].

Виходячи із запропонованої в [1] класифікації, під інженерним синтезом системи мається на увазі створення системи, що забезпечує оптимальне значення критерію якості її роботи шляхом зміни параметрів системи в допустимих конструкцією межах і рекомендується наступна його послідовність:

- 1) формулювання критерію якості;
- 2) вибір раціональної конструкції системи, що задовольняє додатковим (не пов'язаним з критерієм якості) умовам (технологічність, ступінь уніфікації, простота експлуатації, вартість і так далі);

- 3) визначення допустимих меж зміни параметрів;
- 4) визначення збуджуючої дії (вхідних величин);
- 5) визначення динамічних властивостей системи в цілому і її окремих ланок;
- 6) оцінка впливу різних параметрів на критерій оптимальності і оптимізація параметрів системи;
- 7) проектування оптимальної системи і її випробування;

Крім того, питання синтезу віброзахисних систем з урахуванням накладених обмежень розглядаються в роботах Волошина П.Л., Фалєєвої Е.Н. [2], Ганієва Р.Ф. і Фролова К.В. [3], Жигарєва В.П. і ін. [4], Ларіна В.Б. [5], Силаєва А.В. [6].

Необхідно відзначити, що для віброзахисної підвіски тракторного сидіння найбільш характерним виглядом збуджуючої дії є кінематична, тобто випадок, коли віброізолювана маса отримує зсув в результаті коливань основи (підлоги кабіни) в місці кріплення підвіски сидіння. Методи розрахунку коливань лінійної одномасової системи при кінематичній синусоїдальній дії розроблені Дзе Ф.С. із співавторами [7], Добріковим Б.А., Пілатовим Г.А., Целіковим Ю.П., Шуваловим Е.А. [8, 9], Аніловічем В.Я. [10].

Проте в даних моделях не враховувався такий невід'ємний чинник конструкції підвіски, як сухе тертя в шарнірах. Крім того, необхідно враховувати нелінійний характер пружних сил, обумовлений наявністю жорстких і пружних упорів, застосуванням нелінійних пружних елементів.

Аналітичному дослідженню коливальних систем з сухим тертям і нелінійними характеристиками поновлюючої сили присвячені роботи Буніна Н.І. і Ліпської М.Е. [11, 12], Ротенберга Р.В. [13], Рослякова В.П. [11], Маліновського Е.Ю. і Гайцгорі М.М. [14], Вульфсона І.І. і Коловського М.З. [15]. У цих роботах розглядаються моделі систем з пружними елементами, що мають кусочно-лінійні характеристики. Такі характеристики мають більшість реальних систем. Для можливості аналітичного вирішення диференціальних рівнянь, що описують коливання нелінійних систем, проводиться гармонійна лінеаризація нелінійних членів рівняння. В той же час в роботі [15] показано, що кусочно-лінійні характеристики не можуть бути лінеаризовані поблизу точок зламу.

Одним з шляхів синтезу оптимальних віброзахисних систем є введення додаткових структурних елементів, що поліпшують якість віброзахисту.

Зміні властивостей механічних систем при накладенні додаткових зв'язків присвячені роботи Елісеєва С.В. і Баландіна О.А. [16], Розенберга Д.Е. і ін. [17], Чихладзе З.Б. [18].

Динамічні властивості таких систем оцінювалися по їх амплітудно-частотних характеристиках. Аналіз результатів розрахунку, приведений в роботі [16] показав, що такі системи дають значне зниження рівня коливань в одній точці частотного діапазону і значне збільшення в останніх, можливість виникнення другого резонансу і ускладнення підвісу.

Слід зазначити, що всі аналітичні залежності, з описаних вище методів розрахунку, отримані в припущенні, що коливання на вході підвіски змінюються по гармонійному закону, хоча реальний процес збуджуючої дії, в загальному

випадку, є випадковим.

Методи розрахунку коливальних систем при випадковій збуджуючій дії розглядаються в роботах Маслова І.Т. [19, 20], Ларіна в.Б. [5], Синева А.В. [21] і інших авторів [22-30].

Для опису вхідних дій і реакції віброзахисної системи використовується спектральна щільність прискорень або переміщень, ефективність роботи оцінюється передавальними функціями [31].

Прискорення на подушці сидіння розраховуються по залежності:

$$\ddot{z}_c^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_c(\omega) / \Phi_c(j\omega) /^2 d\omega, \quad (1)$$

де  $S_c(\omega)$  - спектральна щільність прискорень точки остову в місці установки сидіння;  
 $/ \Phi_c(j\omega) /$  – модуль передавальної функції сидіння.

Питання отримання оптимальних передавальних функцій розглядаються в роботі [21].

Однією з важливих причин низької ефективності віброзахисту шляхом підресорювання сидіння оператора є відсутність можливості пов'язати при розрахунку параметри сидіння і трактора в цілому.

Таке положення виникло через відсутність об'єктивних даних про спектральний склад і рівні коливань на вході підвіски сидіння за різних умов експлуатації трактора з урахуванням збуджуючої дії ґрунтово-дорожніх фонів.

**Висновки.** Синтез системи віброзахисту з використанням основних чинників, що впливають на рівень коливань (жорсткість підвіски з лінійними і нелінійними характеристиками пружних елементів, сил сухого тертя і рідинного демпфування, ходу підвіски) при обліку спектральних характеристик і рівнів коливань тракторів Т-150К і Т-150КМ дозволить реалізувати раціональні параметри в пасивній підвісці, конструктивно і технологічно достатньо простій і економічній.

## Список використаних джерел

1. Росляков В.П. Теория колебаний и устойчивости колесных машин при случайных возмущениях. Дис. ... д-ра техн. наук, -Курск, 1969, - 299 с.
2. Волошин П.Л., Фалеева Е.Н. К вопросу оптимизации параметров подвески колесного трактора. - Тракторы и с.х. машины, 1974, № 3, с. 1-4.
3. Ганиев Р.Ф., Фролов К.В. К задаче виброамортизации приборов и машин в нелинейной постановке. - В кн.: Колебания и устойчивость машин, приборов и элементов систем управления. - М.: Наука, 1968. -222 с.
4. Жигарев В.П. Определение оптимальной передаточной функции подвески транспортных машин. - Труды МАДИ, 1974, вып. 91. Устойчивость управляемого движения автомобиля.
5. Ларин В.Б. Статистические задачи виброзащиты. - Киев: Наукова думка, 1974. - 127 с.
6. Силаев А.В. Спектральная теория подресоривания транспортных машин.

- М.: Машиностроение, 1972. - 190 с.
7. Дзе Ф.С., Морзе И.Е., Хинкл Р.Т. Механические колебания. - М.: Машиностроение, 1966, с.80-82.
  8. Добряков Б.А., Целиков Ю.П., Шувалов Е.А. Выбор параметров поддрессирования сиденья тракториста. - Сборник трудов научно-технической конференции. Автомобильный транспорт. Сер. Автомобили и двигатели, вып. ХУП. Хабаровск, 1970, с.54-61.
  9. Пилатов Г.А., Добряков Б.А., Целиков Ю.П. Снижение интенсивности низкочастотных колебаний, действующих на водителя при работе на мощных колесных тракторах. Записки ЛСХИ, Л., 1969, т.13. Механизация сельскохозяйственного производства, с. 112-122.
  10. Анилович В.Я. Метод расчета колебаний скоростных тракторов при езде по неровностям. - Тракторы и сельхозмашины, 1963, №12, с. 7 - 10, 1965, № 6, с. 15-18.
  11. Бунин Н.И., Липская М.Э. Методы расчета низкочастотных колебаний рабочих мест колесных тракторов. Методика. - М.: ВНИИИНАШ, 1971. - 51с.
  12. Липская М.Э. О поведении нелинейной колебательной системы при гармоническом возбуждении. -Изд. АН СССР. Сер. машиноведение, 1977, № 3, с. 22-24.
  13. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. -М.: Машиностроение, 1972. -300 с.
  14. Малиновский Е.Ю., Гайцгори М.М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой. - М.: Машиностроение, 1974. - 94 с.
  15. Вульфсон И.И., Коловский М.З. Нелинейные задачи динамики машин. - Л.: Машиностроение, 1968. - 282 с.
  16. Елисеев С.А., Баландин О.А. О влиянии связей по ускорению на динамические свойства механических систем. - Изд. АН СССР. Сер. Машиноведение, 1974, № 2, с.16-19.
  17. Розенберг Д.Е., Синев А.В., Степанов Ю.В. Оценка предельных возможностей виброзащиты человека - оператора для некоторых схем поддрессирования тракторных сидений. - Изд. АН СССР. Сер. Машиноведение, 1977, № 2, с. 34-40.
  18. Чихладзе З.В. Определение виброзащитных свойств поддрессированных сидений с учетом динамических характеристик тела человека-оператора. - Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1977. - 148с .
  19. Маслов И.Т. Выбор характеристик поддрессорирующей системы сиденья автомобиля при случайных нагрузках. - Автомобильная промышленность, 1976, № 9, с. 19-20.
  20. Маслов И.Т. Расчет нелинейной подвески сиденья автомобиля при случайных возмущениях. - Автомобильная промышленность, 1976, №7, с. 27-28.
  21. Синев А.В. Оптимальные спектральные плотности входных случайных воздействий для пассивных и активных виброзащитных систем. - Машиноведение, 1973, № 1, с. 14-20.
  22. Нахтигаль М.Г. Исследование поддрессирования сиденья колесного трактора при случайных возмущениях: Автореф. ... дис. ... канд. техн. наук. - Воронеж, 1970. - 18 с.

23. Анилович В.Я. Статистическая теория подрессоривания машинно-тракторных агрегатов: Автореф. ... дис. ... д-ра техн. наук, М.: 1967, 36 с.
24. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. 2-е изд., перераб. и дополн. - М.: Колос, 1981, -382с.
25. Анилович В.Я. Анализ и синтез систем подрессоривания машинных агрегатов при случайных воздействиях. - Труды семинара по теории механизмов и машин. Харьков: изд-во ХГУ, 1966, вып. 2, - 138 с.
26. Гольдштейн В.Д. Снижение низкочастотных колебаний рабочего места оператора свеклоуборочного комбайна.: Автореф, ...дис. ... канд. техн. наук, - М.:, 1977, 18 с.
27. Росляков В.П., Сверчков В.П. Случайные колебания колесного трактора под влиянием микрорельефа. - Труды Курского СХИ, Курск, 1969, вып. 5, с. 133-139.
28. Сверчков В.П. К вопросу о спектре вертикальных колебаний колесного трактора. - Труды Курского СХИ. Курск, 1969, вып. 5, с. 133-139.
29. Цвик Б.Д. Исследование системы активной виброзащиты тракториста при случайном воздействии: Автореф. ... дис, ... канд. техн. наук. - М.: 1976, - 23с.
30. Заяц Я.И. Исследование колебаний водителей сельскохозяйственных тракторов при движении по полям случайных профилей и проблемы эффективности виброзащиты. - В кн.: Влияние вибрации различных спектров на организм человека и проблемы вибрации. М.: Наука, 1972, с. 13-17.
31. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. - М.: Машиностроение, 1973. - 280 с.

## **Аннотация**

### **МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПАССИВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОДВЕСОК СИДЕНИЙ ОПЕРАТОРОВ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Лукьяненко В.М., Жилина Е.А., Кись В.Н.

*Статья посвящена анализу литературных источников и публикаций, которые касаются методов расчета вибронегруженности рабочего места оператора мобильных сельскохозяйственных машин.*

## **Abstract**

### **METHODS OF CALCULATION PASSIVE MECHANICAL PENDANTS OF OPERATORS SEATS MOBILE AGRICULTURAL MACHINES**

V. Lukyanenko, E. Zhilina, V. Kys

*The article is devoted to the analysis of literary sources and publications which touch the methods of oscillation loading workplace operator of mobile agricultural machines.*