

## СКЛАДАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ПІДВІСКИ СІДІННЯ ОПЕРАТОРА ТРАКТОРА Т - І50К

Лук'яненко В.М. к.т.н., доц., Жиліна О.О. ст. вик.,  
Кісь В.М. к.т.н., Кузьміна К.С. студ.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Стаття присвячена складанню розрахункової моделі віброзахисної підвіски сидіння оператора трактора Т - І50К*

**Постановка проблеми.** Тракторний агрегат, що складається з трактора Т-150К і сільськогосподарського знаряддя, представляє складну просторову коливальну систему, що складається з різних мас, пов'язаних між собою пружними зв'язками. Теоретичні дослідження коливань такої системи представляють ряд труднощів. Виходячи з цього при розрахунку, зазвичай, приймається спрощена модель агрегату, вноситься ряд допущень, пов'язаних з можливістю аналітичного рішення системи диференціальних рівнянь, що описують коливання агрегату в русі.

**Аналіз останніх досліджень** показав, що багато авторів, вважаючи коливання в поперечній площині незначними [1 - 6], при розрахунку користуються плоскою моделлю тракторного агрегату або трактора, не враховуючи, крім того, пружні зв'язки в шарнірах, що сполучають дві напіврами трактора, тобто приймаючи остов трактора жорстким. Відомо, що зміни пружних і диссипативних сил в елементах ходової системи і підвіски мають, у більшості випадків, нелінійний характер. В той же час для можливості аналітичного рішення отриманої системи рівнянь приймається допущення про лінійну залежність пружних сил від прогинів, а сил опору від швидкостей. Крім того, приймається ще ряд допущень, що знижують точність розрахунків.

**Мета.** Метою є складання такої математичної моделі яка б враховувала пружні елементи.

**Результати досліджень.** Зважаючи на незалежність коливань трактора і сидіння з оператором [3] розрахунок віброзахисної підвіски сидіння оператора трактора Т - І50К можливо проводити незалежно від розрахунку трактора в цілому, використовуючи як збурюючу дію коливання в місці кріплення підвіски сидіння, отримані експериментальним шляхом.

Таке рішення дозволить спростити розрахунки, досліджувати нелінійні взаємодії в підвісці сидіння, підвищити точність і достовірність результатів розрахунку, оскільки на вхід коливальної системи подається сигнал, що описує дію, характерну для тракторів Т-150К при виконанні ними найбільш вібронавантажених робіт - транспортних і оранки.

Існуючі методи розрахунку [3, 7, 8] дозволяють в процесі синтезу знаходити оптимальні параметри систем віброізоляції, що забезпечують

мінімум середньоквадратичного прискорення при обмеженні відносного переміщення об'єкту, що віброізолюється для усього спектру вхідних збурень. Проте, як виходить з робіт [7 - 11], реалізувати ці параметри можливо лише в активних системах віброзахисту або пасивних з ускладненою структурою, що веде до підвищення вартості сидінь, зниження надійності, ускладнення технології виробництва підвісок. Тому в даній роботі вирішувалась задача зниження рівня низькочастотної вібрації на робочих місцях операторів тракторів Т-І50К до регламентованих [12] норм при виконанні ними робіт у відповідності з [13] шляхом заміни серійного сидіння сидінням, що забезпечує рішення цієї задачі.

Реалізація обраних раціональних параметрів здійснювалась шляхом комбінації в підвісці конструктивних елементів, що забезпечують ці параметри (пружин, елементів тертя і т.д.).

При розробці математичної моделі підвіски границі варіювання основних параметрів вибирались у відповідності з [14]:

- хід підвіски  $< 150$  мм;
- власна частота сидіння з оператором  $< 1,5$  Гц;
- сила опору вертикальному переміщенню  $< 100$  Н.

Як видно з результатів досліджень спектрального складу коливань на полу кабіни трактора Т-І50К, проведених раніше, на вхід підвіски сидіння подається збуджуюча дія у вигляді вузькополосного (з точки зору характеру коливань) випадкового стаціонарного процесу з центральною частотою, що співпадає з власною частотою коливань остова трактора.

Для визначення способу завдання збурювальної дії в прийнятій моделі скористаємось методами відтворення випадкових вібрацій шляхом створення полігармонійного процесу, близького до випадкового [15, 16].

Вузькополосна вібрація характерна для коливальних систем з одним ступенем свободи, по своєму виду східна с гармонійною, тому її називають ще квазігармонійною [15, 16].

Моделювання квазігармонійних процесів звичайно здійснюється гармонійними коливаннями з амплітудою, рівною квадратному кореню з дисперсії [17]. Проте для більш повної імітації довільного процесу, характерного для трактора Т-І50К, вхідний сигнал моделюється бігармонійними коливаннями, при цьому похибка моделювання по функціям розподілення знижується в 5 разів [17]. Тому вхідні дії задаються у вигляді: гармонійного синусоїдального сигналу з частотою, рівною власній частоті трактора ( $f_T$ ), бігармонійної дії з частотами гармонік рівними 2 Гц і 4 Гц - середньгеометричними частотами октавних діапазонів 1,4 ... 2,8 Гц і 2,8 ... 5,6 Гц. Крім того, проводиться розрахунок реакції підвіски на одиничний удар.

При розрахунку параметрів враховувався вплив таких факторів, як жорсткість ( $C_i$ ), демпфування ( $k$ ), сила сухого тертя ( $F_c$ ), хід підвіски ( $S$ ).

Враховуючи те, що однією з основних вимог до підвіски сидіння трактора Т-І50К є поєднання низької власної частоти з обмеженим динамічним ходом і наявністю пружних упорів для попередження жорстких ударів в моделі передбачена можливість використання пружного елемента з нелінійними

характеристиками. Так як досліджуються коливання в частотному діапазоні, границя якого нижче резонансу тіла людини, що сидить, остання в моделі приймається разом з сидінням як жорстка маса, що не вносить істотних похибок в результати розрахунку.

Найбільш характерним видом збудження для об'єкту, що віброізолюється (оператора) є кінематичне, тому в розрахунку розглядаються як абсолютні, так і відносні переміщення маси і основи.

**Висновки.** Отже для розрахунку приймається модель (рис. 1), що містить пружні елементи  $C_0$ ,  $C_1$  і  $C_2$ , які включають в роботу при різному ході підвіски, масу  $m_p$  – що імітує сидячого оператора; гідравлічний демпфер  $k$ , елемент сухого тертя ( $F$ ).

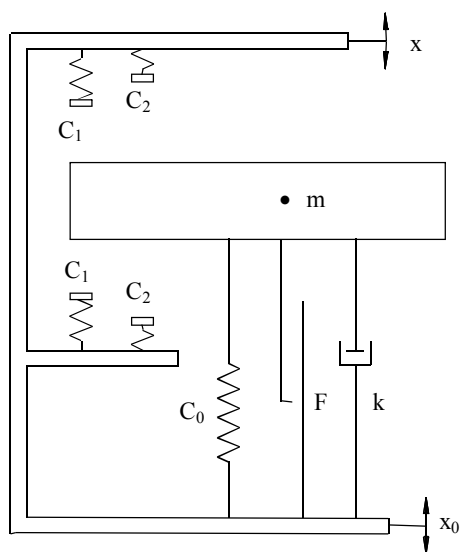


Рис. 1 – Розрахункова модель віброзахисної підвіски сидіння

### Список використаних джерел:

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972. – 300 с.
2. 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.
3. Бунин Н.И., Липская М.Э. Методы расчета низкочастотных колебаний рабочих мест колесных тракторов. Методика. - М.: ВНИИИНАШ, 1971. - 51 с.
4. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. - М.: Машиностроение, 1973. - 280 с.
5. Антышев Н.М. Исследование плавности хода универсального колесного трактора: Автореф. ... дис. ... канд. техн. наук. М.: 1967. - 18 с.
6. Чернышев В.И. Обоснование параметров виброзащитных систем водителей мобильных сельскохозяйственных агрегатов. - Дис. ... канд. техн. наук. - Орел, 1984. - 211 с.
7. Розенберг Д.Е., Синев А.В., Степанов Ю.В. Оценка предельных

- возможностей виброзащиты человека - оператора для некоторых схем подрессоривания тракторных сидений. - Изд. АН СССР Сер. Машиноведение, 1977, № 2, С. 34-40.
8. Маслов И.Т. Выбор характеристик подрессоривающей системы сиденья автомобиля при случайных нагрузках. - Автомобильная промышленность, 1976, № 9, С. 19-20.
  9. Вибрации в технике/Справочник/. -М.: Машиностроение, 1978. Т.6, 456 с.
  10. Фролов К.В., Фурман Ф.А. Прикладная теория виброзащитных систем. - М.: Машиностроение, 1980. - 297 с.
  11. Синев А.В. Оптимальные спектральные плотности входных случайных воздействий для пассивных и активных виброзащитных систем. - Машиноведение, 1973, № 1, С. 14-20.
  12. ГОСТ 12.2.019-86. ССБТ. Тракторы и машины самоходные, сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. Введен 01.01.77. - 20 с.
  13. ГОСТ 12.2.002-91 "ССБП. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности". Введен 01.07.92. – 62 с.
  14. ГОСТ 20062-96. Сиденье тракторное. - Взамен ГОСТ 20062-81, Введ. 01.01.83 - 11 с.
  15. Божко А.Е. Воспроизведение вибраций. - К: Наукова думка, 1975. – 191 с.
  16. Божко А.Е., Штейнвольф А.Л. Имитация случайных вибраций периодическим полигармоническим процессом. - Харьков, 1977, - 25 с. /Препринт/ АН УССР. Ин-т пробл. машиностроения; 48.
  17. Расчеты и испытания на прочность. Метод моделирования случайных вибраций произвольным несимметричным законом распределения на испытательных стендах. - Методические рекомендации МР 51-82. М.: Госстандарт, ВНИИНМАШ, 1982. - 47 с.

## **Аннотация**

### **СОСТАВЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПОДВЕСКИ СИДЕНЬЯ ОПЕРАТОРА ТРАКТОРА Т – 150К**

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

*Статья посвящена составлению расчетной модели виброзащитной подвески сиденья оператора трактора Т - 150К*

## **Abstract**

### **DRAFTING OF MATHEMATICAL MODEL OF CALCULATION OF PENDANT OF SEAT OPERATOR OF TRACTOR OF T – 150K**

V. Lukyanenko, E. Zhilina, V. Kys, E. Kuzmina

*The article is devoted to drafting of calculation model of oscillation protective pendant of seat of operator of tractor of T - 150K*