

матричные композиты – КМК), отличающиеся комплексом таких эксплуатационных свойств, как высокий коэффициент трения, повышенная износо-, коррозионно- и теплостойкость (температура успешной эксплуатации может достигать 1200 °С), невысокие плотность и ТКЛР, отсутствие шума при торможении.

#### **Список использованной литературы**

1. Шило И.Н. Конструкция тракторов и автомобилей / И.Н. Шило, А.И. Бобровник, В.Е. Тарасенко, В.Г. Левков. – Минск, БГАТУ, 2012. – 816 с.

УДК 629.3.01

### **СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ОПОРАМИ КАБИН ТРАКТОРОВ**

**А.Ф. Безручко, канд. техн. наук, доцент,**

**В.В. Михалков, ст. преподаватель,**

**Д.Е. Жданович, студент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*kaf.tia@bsatu.by*

*Аннотация:* В статье исследована возможность улучшения виброизоляции кабины трактора за счёт изменения жесткости её резинометаллических опор. Даны математические зависимости позволяющие оптимизировать работы по разработке новых и модернизации применяемых конструкции резинометаллических опор.

*Abstract:* The article explores the possibility of improving the vibration isolation of a tractor cabin by changing the rigidity of its rubber-metal supports. Mathematical dependencies are given to optimize work on the development of new and modernization of existing rubber-metal bearing structures.

*Ключевые слова:* вибрация, резинометаллическая опора, виброизоляция, трактор, кабина.

*Keywords:* vibration, rubber-metal support, vibration isolation, tractor, cab.

#### **Введение**

Проблемы вибрации существуют во всех отраслях машиностроения. Общеизвестные способы борьбы с ней – это снижение

уровней вибрации источника (т.е. балансировка, уравнивание, уменьшение возбуждающих сил) и виброизоляция объектов подвергающихся её вредному воздействию. В данной работе не производился анализ методик снижения вибрации источника, произведен только анализ эффективности наиболее распространенных виброизолирующих устройств – резинометаллических опор. Это наиболее распространенный тип виброизоляторов применяемых в конструкциях мобильных машин, поскольку они имеют ряд преимуществ: способность воспринимать разнонаправленные нагрузки, долговечность, простота, низкая стоимость.

### Основная часть

При установке кабин тракторов массового производства применяют также резинометаллические виброгасители. Данный тип опор применяется поскольку, кроме функции гашения вибрации от источника он должен соответствовать, требованиям безопасности – обеспечивать достаточную прочность при воздействии на кабину поперечных сил.

На рисунке приведены результаты проверки виброизоляционных свойств серийной опоры (твёрдость резины 50 единиц по Шору) кабины.

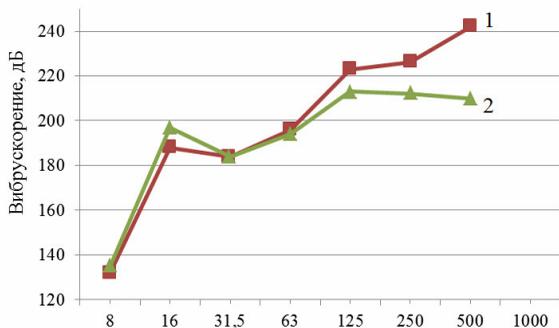


Рисунок – Спектр виброускорений перед и за виброизлятором кабины  
 1 – виброускорение на остова трактора перед задней опорой кабины;  
 2 – виброускорение на кронштейне крепления кабины к задней опоре

Как видно на представленных спектрограммах, резинометаллические опоры кабины гасят вибрацию на частотах в октавных по-

лосах 125 Гц и выше. В низкочастотной области (63 Гц и ниже) необходимого эффекта снижения нет, а в октавной полосе 16 Гц отмечено увеличение вибрации при прохождении её через опору.

Причинами усиления вибрации опорами могут являться: специфические свойства резины, недостатки в способе установки на четыре опорные точки [1], резонансные явления или возможное совместное воздействие вышеуказанных причин. Основываясь на теоретических исследованиях других источников [2, 3], можно утверждать, что увеличение вибрации происходит только в следствии резонансных явлений. В рассматриваемом случае могут быть два типа резонансных явлений: резонанс в резиновой прокладке (волновой резонанс) и резонанс в системе кабина-виброизолятор-остов трактора. Волновой резонанс возникает при выполнении следующего условия:

$$h = n \cdot \lambda = n \cdot \frac{c}{f}; \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (1)$$

где  $c$  – скорость распространения волны в среде, м/с;  $\lambda$  – длина волны, м;  $f$  – частота, Гц;  $h$  – один из геометрических размеров опоры.

Длина волны в резине на частоте 16 Гц, в зависимости от ряда внешних факторов составляет 40...100 м. Сопоставив эту величину с размерами виброизолятора можно утверждать, что волновой резонанс в опоре отсутствует.

Резонансная частота системы (кабина-виброизолятор-остов трактора) определяется по формуле [2]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{E \cdot S}{m \cdot h}}, \quad \text{Гц}, \quad (2)$$

где  $E$  – статический модуль упругости, Па;  $S$  – площадь поперечного сечения резиновой прокладки, м<sup>2</sup>;  $h$  – высота резиновой прокладки, м;  $m$  – масса кабины действующая на одну опору, кг.

Подставив в формулу (2) значения соответствующие параметрам проверяемого трактора «БЕЛАРУС 1221» получим  $f_0 = 15 \dots 22$  Гц. Т.е. рассчитанная резонансная частота находится в октавной полосе 16 Гц, а отмеченное усиление вибрации является следствием резонанса системы кабина-виброизолятор-остов трактора.

На высоких частотах, в октавных полосах выше 63 Гц, вибрацию можно представить как распределенную нагрузку и её виброизолирующий эффект определяется волновым сопротивлением материала прокладки  $\rho \cdot c$  [2]. Математически это можно представить выражением (6) [3]. Здесь предполагается, что вибрация в резиновой прокладке распространяется как звуковая волна.

$$VI = 10 \cdot \lg(1 + (\pi \cdot f \cdot (\rho \cdot c)_1 \cdot h / E_0)^2); \quad (3)$$

где  $VI$  – виброизоляция, дБ;

$(\rho \cdot c)_1$  – некое волновое сопротивление звукопровода, Па·с/м;

$E_0$  – некий эквивалентный модуль упругости резины, Па

$E_0$  и  $(\rho \cdot c)_1$  характеризуют физические свойства резины, определить их точные значения весьма проблематично, а следовательно, рассчитать при практическом применении значение  $VI$  невозможно. Выражение (6) полезно при разработке резинометаллических опор, используя его можно сказать, что виброизоляция на высоких частотах будет выше если применять резиновые прокладки:

- с большей высотой  $h$ ;
- меньшим значение модуля упругости;
- большими значениями плотности резины  $\rho$ .

Низкая эффективность гашения на низких частотах можно объяснить тем, что в этом диапазоне частот резиновая прокладка воспринимает вибрацию как сосредоточенную нагрузку, т.е. ведет себя как упругость [2]. Передачу вибрации, в данном случае, определяют параметры колебательной системы, для рассматриваемого примера это: кабина–виброизолятор–остов трактора.

### **Заключение**

Изменение жесткости резинометаллических опор дает различный эффект в низкочастотной и высокочастотной частях спектра. Жесткая опора эффективна для гашения низкочастотных колебаний, но ухудшает свойства опоры при гашении высокочастотных колебаний. Мягкая опора наоборот – эффективнее на высоких частотах и снижает эффективность опоры на низких частотах.

Изменяя свойства применяемой в опоре резины, существенно повысить эффективность резинометаллических опор, по всему спектру вибрации, невозможно.

### Список использованной литературы

1. Разумовский М.А., Борьба с шумом на тракторах. Минск: Наука и техника, 1973 . – 208 с
2. Ключин И.И., Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах. 2-е изд. Л: Судостроение , 1971. – 416 с.
3. Au-Yeung, KY, Yang, B., Sun, L.et al. Super Damping of Mechanical Vibrations., Article number: 17793–2019, Scientific Reports volume 9 Mode of access: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54343-3>  
Date of access: 28.10.2019 г.

УДК 631.371

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ Д-245

**В.А. Сенников, канд. тех. наук, доцент,**

**Э.П. Погребенный, магистр**

*ФГБОУ «Дальневосточный государственный аграрный университет»*

*г. Благовещенск, Российская Федерация*

*sennikovva@mail.ru*

*Аннотация:* В статье рассмотрен износ предохранительного клапана и предложен метод повышения надежности системы смазки двигателя Д-245.

*Abstract:* The article examines the wear of the safety valve and proposes a method for increasing the reliability of the lubrication system of the D-245 engine.

*Ключевые слова:* смазка, трение, износ, двигатель, пара трения.

*Keywords:* lubrication, friction, wear, engine, friction pair.

### Введение

Система смазки двигателя должна обеспечивать бесперебойную подачу масла к трущимся поверхностям с целью снижения потерь мощности на трение, уменьшая износ деталей, защиты их от коррозии, отвода тепла и продуктов износа от трущихся поверхностей.

### Основная часть

Между отдельными деталями двигателя, поверхности которых перемещаются (вращаются) одна относительно другой, возникает сила, препятствующая этому перемещению, называемая силой тре-