

УДК 539.3

**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕГО КРЕПЛЕНИЯ  
В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**OPTIMIZATION OF ELASTIC CHARACTERISTICS  
OF VIBRATION-ISOLATING FASTENING  
IN MECHANICAL ENGINEERING**

**Василевич Ю. В.**<sup>1</sup>, д-р физ.-мат. наук, проф.,  
**Неумержицкая Е. Ю.**<sup>2</sup>, к-т физ.-мат. наук, доц.,  
**Москалев С. А.**<sup>1</sup>, аспирант, **Беляцкая Л. Н.**<sup>1</sup>, к-т физ.-мат. наук, доц.,  
<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь,  
<sup>2</sup>Академия образования, г. Минск, Республика Беларусь

Yu. Vasilevich<sup>1</sup>, Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.,  
E. Neumezhitskaya<sup>2</sup>, Ph. D. in Physics and Mathematics, Ass. Prof.,  
S. Moskalev<sup>1</sup>, Graduate Student,  
L. Belyatskaya, Ph. D. in Physics and Mathematics, Ass. Prof.,  
<sup>1</sup>Belarusian national technical University, Minsk, Belarus  
<sup>2</sup>Education Academy, Minsk, Belarus

*На основе анализа физико-механических характеристик упругого виброизолирующего материала даны рекомендации по применению его в машиностроении при создании виброизолирующих конструктивных элементов.*

*Based on the analysis of the physical and mechanical characteristics of an elastic vibration-insulating material, recommendations are given for its use in mechanical engineering when creating vibration-insulating structural elements.*

**Ключевые слова:** транспортные машины, виброизолирующее крепление, децибел, частота колебаний, механический импеданс, гасители колебаний.

**Key words:** transport machines, vibration isolating mount, decibel, vibration frequency, mechanical impedance, vibration dampers.

## ВВЕДЕНИЕ

Важную роль в конструктивном оформлении виброизолирующего крепления транспортных машин имеет жесткость используемого материала. В работе показано, что, учитывая сложную силовую нагрузку, действующую на виброизоляторы, жесткость должна иметь нелинейную зависимость между силой и деформацией для эффективного обеспечения функционирования виброизоляции.

## КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕГО КРЕПЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

На основе анализа физико-математических характеристик упругого материала даны рекомендации по применению в машиностроении виброизолирующих конструктивных элементов. Виброизоляция предназначена для снижения низкочастотной вибрации в салонах и кабинах транспортных средств. К определяющей технической виброизолирующей системе транспортных машин относится подвеска колес, основной функцией которой является снижение колебаний при движении по дорогам с неровностями и обеспечение надежного контакта технического средства передвижения с дорожным покрытием, качественной управляемости и безопасности движения.

Снижение вибрации осуществляется по двум направлениям. К первому направлению относится активный метод снижения вибрации, предусматривающий изоляцию источника вибрации (двигателя) от основания, к которому он прикреплен; второе направление – это изоляция салона или кабины от рамы, передающей вибрацию от двигателя. Практикой предусмотрен и третий вариант, объединяющий описанные направления. Отметим, чтобы добиться эффективной виброизоляции источника вибрации, необходимо предусмотреть отвод вибрации от источника колебаний. Некоторые изготовители двигателей придерживаются требования об ограничении уровней вибрации до предельно допустимых норм, если это не удастся сделать, следует воспользоваться дополнительно вторым направлением виброзащиты.

На виброизолирующие конструкции машин возложены важные функции по снижению шума и вибрации, порождаемые функционированием двигателя, действующими инерционными и осевыми силами со стороны трансмиссии, реактивными моментами; силами, возникающими при торможении и трогании и т.п. К важным требо-

ваниям по техническому оснащению машин виброизолирующим креплением следует отнести равномерное нагружение виброизоляторов, расположение их в горизонтальной плоскости с целью совмещения центра сил поддержания виброизоляторов с центром масс виброизолированного объекта.

Для минимального воздействия вибрации на шасси при возникновении совпадения частоты изгибных колебаний шасси или источника вибрации с вынужденными колебаниями двигателя виброизолирующие крепления необходимо располагать в узлах колебаний.

Критерием снижения вибрации является требование к соотношению частот свободных колебаний виброизолированного объекта с частотами вынужденных колебаний источника вибрации. Свободные колебания должны быть значительно меньше частот вынужденных колебаний. Однако это требование недостаточно при действии внешних сил, вызывающих большие перемещения объекта. Для таких случаев необходимо, чтобы величина жесткости виброизолирующего крепления была значительно больше жесткости аналогичной величины упругого материала при отсутствующих негативных эпизодических случаях. Решение этой задачи основывается на применении упругих элементов, обладающих нелинейной характеристикой жесткости, рис. 1 и 2.

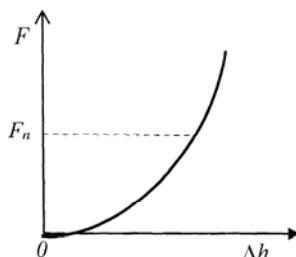


Рисунок 1 – Иллюстрация рекомендуемой нелинейной жесткости упругих элементов виброизолирующего крепления:

$F_n$  – номинальная статическая нагрузка,  $\Delta h$  – деформация упругого элемента при действии нагрузки  $F$

Эффективность оптимальной работы виброизолирующего крепления не ограничивается физико-механическими характеристиками материала, обладающего упругими свойствами, она дополняется

конструкционными особенностями форм изделий исходя из эксплуатационных условий их функционирования.

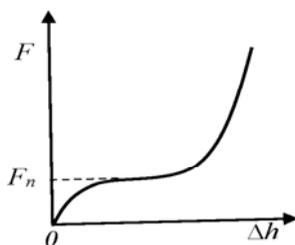


Рисунок 2 – Нелинейная характеристика жесткости виброизолятора при наличии опоры нулевой жесткости:

$F_n$  – номинальная статическая нагрузка,  $\Delta h$  – деформация упругого элемента при действии нагрузки  $F$

К типовым конструкционным элементам виброизолирующего крепления относятся цилиндрические и тарельчатые пружины; резиновые втулки, подвергающиеся действию радиальной или другой нагрузки; различных размеров резиновые прямоугольные параллелепипеды, подвергаемые действию сжимающей нагрузки и др.

Эффективным виброизолирующим материалом является современный материал Sylomer (Австрия), обладающий рядом свойств, которые делают его незаменимым для решения широкого спектра задач в области виброзащиты. Материал Sylomer представляет собой микропористый полиуретановый эластомер со смешанной ячеистой структурой, который специально разработан для решения задач виброизоляции. Изделия, изготовленные из такого материала, обладают нелинейной характеристикой жесткости, у которых в зоне деформации под действием номинальной статической нагрузки жесткость низкая, а при увеличении деформации возрастает. Производится 10 стандартных типов данного материала, статическая нагрузочная способность которых находится в диапазоне  $0,011 \text{ Н/мм}^2 - 1,2 \text{ Н/мм}^2$ . Статические и динамические характеристики материала Sylomer определены в полной мере и его поведение хорошо прогнозируемо, что позволяет рассчитывать эффективность мероприятий по виброизоляции на этапе проектирование. Разновидностью группы материалов Sylomer является материал Sylodyn, который отличается высокими динамическими свойствами. Указан-

ные материалы использованы для виброизоляции нового здания Инженерного корпуса Минского метрополитена для обеспечения в нем требуемой Санитарными нормами Республики Беларусь гигиенической обстановки по уровням вибрации, создаваемой подвижным составом (здание построено рядом с тоннелями метрополитена). Выполненные замеры уровней вибрации в корпусе показали, что превышения предельно допустимых уровней вибрации в здании нет.

Указанный материал с успехом может использоваться при изготовлении виброизоляторов для БелАЗ, ранее поставляемых из-за рубежа, а также на специализированных других предприятиях машиностроения, станкостроения, строительства и др.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптимизация упругих характеристик виброизолирующих креплений в машиностроении должна основываться на технических требованиях, предъявляемых к создаваемым виброisolatorам. Дана рекомендация о применении в машиностроении современного виброизолирующего материала Sylomer, обладающего нелинейными характеристиками жесткости и обеспечивающего эффективную виброзащиту объектов.

Представлено 25.05.2024