

УДК 629.12

## РАЗРАБОТКА МАКЕТА ВИБРОИЗОЛЯТОРА С СУПЕРМАГНИТНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ЖЕСТКОСТИ

Гурова Е.Г.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,  
Новосибирск, e-mail: nauka\_fma@mail.ru

Настоящая статья посвящена разработке виброизолирующего устройства с супермагнитным компенсатором жесткости. Представлена модель в программе AutoCAD с детализацией конструкции виброизолятора. Согласно принципу работы компенсатора предложен вариант установки супермагнитов в предлагаемом устройстве. На основе теоретических исследований разработан и изготовлен макет для проведения практических исследований виброизолятора с супермагнитным компенсатором жесткости. Магнитный компенсатор жесткости подключается параллельно упругому элементу, закрепленному между вибрирующим и защищаемым основаниями. Разрабатываемый магнитный компенсатор представляет из себя два диска. Неодимовые магниты расположены на нижнем и верхнем дисках в специально выполненных отверстиях, а также на обеих сторонах якоря, образуя тем самым компенсатор жесткости. Падающий вид силовой характеристики компенсатора выполнен при помощи одинаковых полярностей.

**Ключевые слова:** супермагнитный компенсатор жесткости, вибрация, виброизолятор

## DEVELOPMENT OF MODELS VIBRATION ISOLATORS WITH SUPERMAGNETIC COMPENSATOR RIGIDITY

Gurova E.G.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: nauka\_fma@mail.ru

This article is devoted to the the development of vibration insulation device supermagnetic compensator rigidity. The model in AutoCAD detailing design vibration isolator. Under the principle of the compensator proposed variant of installation supermagnets in the present device. Based on the theoretical development of the maket developed and produced for practical research with isolator supermagnetic compensator rigidity. Magnetic compensator rigidity resilient element is connected in parallel secured between vibrating and protects the basis. The developed magnetic compensator represents a two drives. Neodymium magnets were located at the lower and upper discs in the holes and on both sides of the anchor, thereby forming a compensator rigidity falling power characteristic. The falling view power characteristic compensator is made in using of the same polarity.

**Keywords:** supermagnetic rigidity compensator, vibration, vibration isolator

Одной из актуальных проблем на транспортных средствах и в промышленности являются значительные уровни вибрационных колебаний. Вибрация негативно сказывается на работоспособности различных устройств, нередко приводит к преждевременному выходу из строя и аварийным ситуациям на транспорте и производстве. Сегодня разработано большое количество устройств для снижения вибрации: пассивные виброизоляторы, динамические гасители колебаний и т.д. Однако сегодня наиболее перспективным направлением для снижения уровней вибрации следует считать виброизолирующие устройства с плавающим участком нулевой жесткости [1]. Такие устройства представляют собой упругий элемент и параллельно включенный ему компенсатор жесткости с падающей силовой характеристикой. Различными научными коллективами разработан ряд компенсаторов жесткости: гидравлический, пневматический, механические компенсаторы в различных исполнениях, например,

с призматическими ножами, с нелинейным профилем, но все они не полностью отвечают требованиям идеальной виброизоляции. На сегодняшний день из разработанных устройств наиболее полно отвечающих требованиям современной виброизоляции, является электромагнитный компенсатор жесткости. Последний представляет собой два жестко включенных электромагнита постоянного тока с общим якорем [2, 3]. Испытания виброизолятора с таким компенсатором жесткости позволяют снижать уровни вибрации до 55 дБ, однако такие устройства имеют дополнительный источник питания и значительные габариты, что затрудняет его применение для снижения механических колебаний. В [4, 5, 7] предложено заменить электромагниты постоянного тока на неодимовые магниты. Супермагниты создают значительное усилие при меньших габаритах. В [4, 6] описана конструкция супермагнитного компенсатора жесткости.

На основании результатов, полученных в [4, 5], спроектирован вариант конструкции

виброизолятора с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов. На рис. 1 представлена спроектированная 3D-модель компенсатора жесткости, выполненная в программе Autocad 2009.

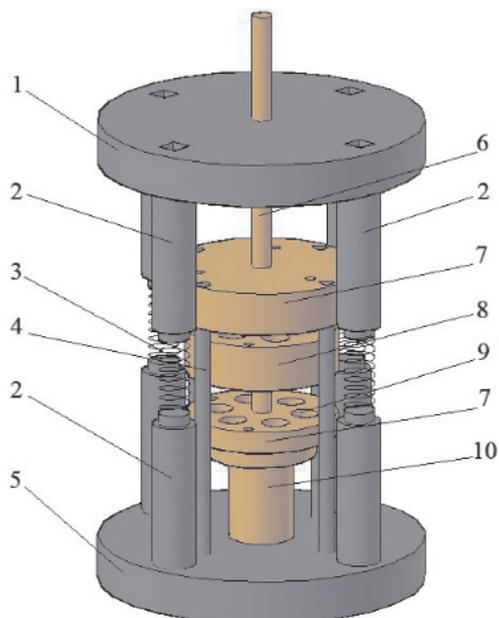


Рис. 1. Модель спроектированного виброизолятора жесткости:

- 1 – защищаемое основание; 2 – основание для упругого элемента; 3 – упругий элемент (пружина); 4 – дюралюминиевые стойки; 5 – вибрирующее основание; 6 – шток; 7 – дюралюминиевый диск; 8 – ярлык; 9 – отверстие для неодимовых магнитов; 10 – дюралюминиевое основание

Магнитный компенсатор жесткости подключен параллельно упругому элементу, выполненному в виде четырех пружин 3, закрепленных при помощи дюралюминиевых оснований 2 для упругого элемента, одним концом к вибрирующему основанию 5, другим к защищаемому основанию 1. Магнитный компенсатор представляет из себя два диска 7, один из которых жестко закреплен на вибрирующем основании 5 через дюралюминиевое основание 10, другой диск 7 закреплен на вибрирующем основании 5 при помощи дюралюминиевых стоек 4. Шток 6 жестко связан с защищаемым объектом 1. Неодимовые магниты расположены на нижнем и верхнем дисках 7 в отверстиях 9, а также на обеих сторонах ярлыка 8.

В предлагаемой конструкции виброизолятора неодимовые магниты, расположенные в плоскости ярлыка и сторонах дисков, имеют разную полярность, как показано на рис. 2. В этом случае суммарная жесткость виброизолятора будет определяться как сумма жесткостей упругого элемента (пру-

жин) и магнитного компенсатора жесткости. Таким образом, жесткость может быть сведена к нулю, что позволит обеспечить идеальную виброизоляцию.

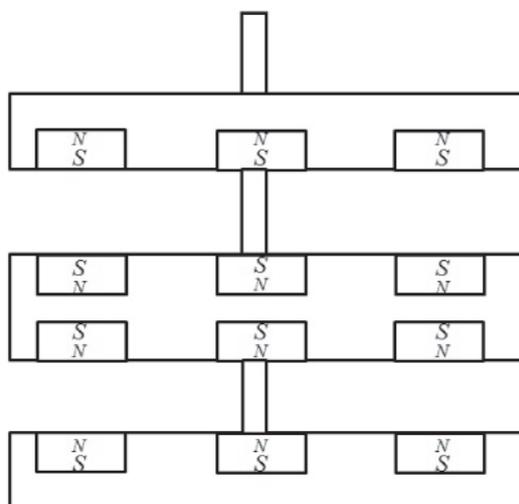


Рис. 2. Схема расположения полюсов неодимовых магнитов

Практическое изготовление дисков с неодимовыми магнитами выполнено на основании [4] под углом 60 градусов, как показано на рис. 3.



Рис. 3. Дюралюминиевые диски для установки супермагнитов

Принцип действия основан на перемещении ярлыка при изменении величины внешнего усилия таким образом, чтобы силовая характеристика была падающей, что обеспечивает нулевую жесткость всего виброизолятора.

Для исследований виброизолирующих свойств подвесок с супермагнитным компенсатором жесткости в лаборатории ФГБОУ ВО НГТУ, на ФГУП ПО «Север» и НПО ЭЛСИБ был изготовлен макет виброизолятора с нелинейным супермагнитным компенсатором жесткости, изображенный на рис. 4.



Рис. 4. Макет виброизолирующей подвески с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов

В результате научных исследований получен макет виброизолятора с супермагнитным компенсатором жесткости из расчета на защищаемую массу 25 кг. Данное устройство значительно меньше габаритами, чем виброизолятор с электромагнитным компенсатором жесткости при одинаковых исходных расчетных данных. Данное свойство значительно упрощает применение разработанного виброизолятора на транспортных средствах для снижения механических колебаний.

*Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых, приказ Министерства образования и науки РФ № 184 от 10 марта 2015 года.*

#### Список литературы

1. Зувев А.К. Некоторые вопросы теории виброизоляции / А.К. Зувев, В.Ю. Гросс // Вопросы автоматизации производственных процессов с использованием силовых импульсных систем: межвузовский: сб. науч. тр. / Новосибир. электротехн. ин-т. – Новосибирск, 1984. – С. 68–75.
2. Гурова Е.Г. Виброизолирующая подвеска судовой энергетической установки с нелинейным электромагнитным компенсатором жесткости: автореферат дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2008. – 22 с.
3. Гурова Е.Г. Виброизолирующие подвески транспортных энергетических установок с нелинейными электромагнитными компенсаторами жесткости. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 156 с.

4. Гурова Е.Г. Устройство виброизолирующее с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов / Е.Г. Гурова, М.Г. Гуров // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сб. тр. 5 междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 22–23 мая 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – Т. 2. – С. 280–283.

5. Гурова Е.Г. К применению супермагнитов в устройствах виброзащиты подвижного состава // Известия Транссиба. – Омск, 2013. – С. 30–34.

6. Gurova E.G. Vibro isolator with neodymium magnets compensator of the stiffness / E.G. Gurova, M.G. Gurov // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 682: Innovative Technologies and Economics in Engineering. – P. 118–121.

7. Гурова Е.Г. Представление силовой характеристики трехосного виброизолятора с супермагнитным компенсатором жесткости / Е.Г. Гурова, М.Г. Гуров // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – № 1–2. – С. 194–195.

8. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления: учеб. пособие; под общ. ред. Р.Т. Янушевского, Д.С. Фурманова. – М., 1988. – 256 с.

#### References

1. Zuev A.K. Nekotorye voprosy teorii vibroizoljacji / A.K. Zuev, V.Ju. Gross // Voprosy avtomatizacii proizvodstvennyh processov s ispolzovaniem silovyh impulsnyh sistem: mezhvuzovskij: sb. nauch. tr. / Novosib. jelektrotehn. in-t. Novosibirsk, 1984. pp. 68–75.

2. Gurova E.G. Vibroizolirujushhaja podveska sudovoj jenergeticheskoj ustanovki s nelinejnym jelektromagnitnym kompensatorom zhestkosti: avtoreferat dis. ... kand. tehn. nauk. Novosibirsk, 2008. 22 p.

3. Gurova E.G. Vibroizolirujushhie podveski transportnyh jenergeticheskikh ustanovok s nelinejnymi jelektromagnitnymi kompensatorami zhestkosti. Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2012. 156 p.

4. Gurova E.G. Ustrojstvo vibroizolirujushhee s kompensatorom zhestkosti na osnove neodimovyh magnitov / E.G. Gurova, M.G. Gurov // Innovacionnye tehnologii i jekonomika v mashinostroenii: sb. tr. 5 mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Jurga, 22–23 maja 2014 g. Tomsk: Izd-vo TPU, 2014. T. 2. pp. 280–283.

5. Gurova E.G. K primeneniju supermagnitov v ustrojstvah vibrozashhity podvizhnogo sostava // Izvestija Transsiba. Omsk, 2013. pp. 30–34.

6. Gurova E.G. Vibro isolator with neodymium magnets compensator of the stiffness / E.G. Gurova, M.G. Gurov // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 682: Innovative Technologies and Economics in Engineering. pp. 118–121.

7. Gurova E.G. Predstavlenie silovoj harakteristiki trehosenogo vibroizoljatora s supermagnitnym kompensatorom zhestkosti / E.G. Gurova, M.G. Gurov // Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dalnego Vostoka. 2014. no. 1–2. pp. 194–195.

8. Popov E.P. Teorija nelinejnyh sistem avtomaticheskogo regulirovanija i upravlenija: ucheb. posobie; pod obshh. red. R.T. Janushevskogo, D.S. Furmanova. M., 1988. 256 p.

#### Рецензенты:

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автоматизированных электротехнических установок, Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск;

Щуров Н.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехнических комплексов, Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск.