



ЦИТ: ua217-016

DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-1-016

УДК 531.391.3

**Ломакина О.В., Селиванов Ю.Т., Поздникин А.О., Кулдошин А.Н.**  
**ДЕМПФИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ С ПОМОЩЬЮ**  
**ГИРОСКОПА**

*Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112*

**Lomakina O.V., Selivanov U.T., Pozdnikin A.O., Kuldoshin A.N.**  
**DAMPING OF MECHANICAL FLUCTUATIONS BY MEANS OF A**  
**GYROSCOPE**

*Tambov State Technical University,  
Russia, g. Tambov, ul. Michurinskaya, 112*

*Аннотация: В статье исследуется демпфирование колебаний маятника с помощью гироскопического эффекта, а также влияние эффективного ускорения свободного падения на механические колебания.*

*Ключевые слова: гироскопический момент, демпфирование колебаний, маятник, период колебаний, гироскоп, эффективное ускорение.*

*Annotation: In the article is investigating the damping of pendulum's oscillations through the gyroscopically effect, and also the influence of the effectively acceleration to freedom falling on the mechanical oscillation.*

*Key words: gyroscopically moment, damping of oscillations, pendulum, period of oscillations, gyroscope, effectively acceleration.*

**Вступление.**

Известно, какое важное значение для надежности имеет стойкость и устойчивость объектов к всевозможным видам внутренних и внешних воздействий. Как правило, они сводятся к колебательным процессам в контуре управления и регулирования, механическим колебаниям объекта в целом и его частей, называемых вибрациями, к потере устойчивости ориентированного движения и при превышении допустимого уровня - к разрушению объекта. В технике для борьбы с нежелательными вибрациями используют гироскопическое демпфирование колебаний [1].

**Основной текст.**

Сущность данного явления можно экспериментально исследовать с помощью прибора, изображенного на рис.1. Устройство представляет собой маятник, у которого на штанге длиной 50 см вместо массивного груза в П-образном подвесе с помощью подшипников подвешен гироскоп с электрическим приводом, т.е. электродвигатель с массивным ротором. В состоянии равновесия маятника ось фигуры гироскопа расположена горизонтально в плоскости колебаний маятника. Гироскопический маятник подвешен на горизонтальной оси, которая расположена перпендикулярно плоскости колебаний маятника. Для уменьшения потерь энергии в подвесе при колебаниях маятника используются два спаренных шариковых подшипника. Электрогироскоп имеет две степени свободы: во-первых, он может вращаться



вокруг собственной оси  $x$  с угловой скоростью  $\omega$  и иметь собственный момент импульса  $L=I\omega$ , где  $I$ -момент инерции гироскопа относительно его собственной оси; во-вторых, гироскоп может вращаться вокруг оси  $y$  подвеса. Так как ось подвеса маятника закреплена, то он не может вращаться вокруг третьей оси  $z$  (рис.2).

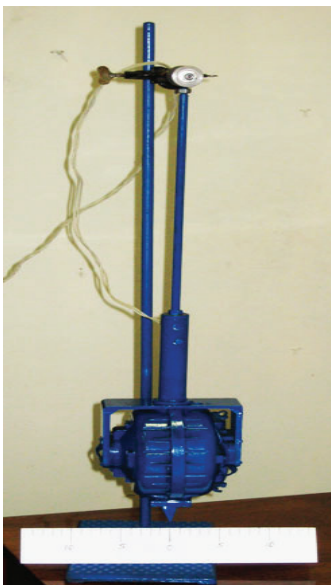


Рис. 1 Гироскопический маятник

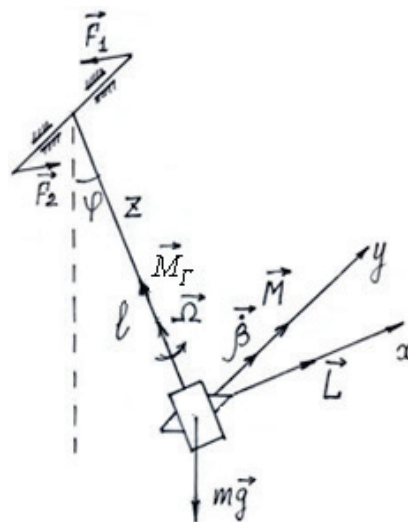


Рис. 2 Колебания маятника

Последовательность проведения экспериментальных исследований может быть следующей.

а) Не приводя гироскоп во вращение вокруг собственной оси, определяют период  $T$  колебаний маятника. Для этого определяют время  $t$ , за которое он совершает, например, 50 полных колебаний. При  $t = 79$  с вычисления дают  $T = \frac{t}{N} = 1,58$  с.

б) Определяют коэффициент затухания  $\alpha$  маятника при не вращающемся гироскопе. Для этого запускают маятник, отклонив его от положения равновесия на расстояние, например  $X_{m0} = 10$  см. Определяют число  $N$  полных колебаний, совершив которые амплитуда колебаний уменьшается в два раза и становится равной  $X_m = 5$  см. Опыт дает  $N=65$ . Учитывая закон затухания:

$$X_m = X_{m0}e^{-\alpha t},$$

где  $t=NT$  – время, за которое совершается  $N$  колебаний, получим:

$$X_m = X_{m0}e^{-\alpha NT} \text{ или } \alpha NT = \ln \frac{X_{m0}}{X_m}.$$

Откуда окончательно имеем выражение для определения коэффициента затухания:

$$\alpha = \frac{\ln \frac{X_{m0}}{X_m}}{NT}. \quad (1)$$

При выше указанных параметрах найдем:  $\alpha = 0,0068 \text{ с}^{-1}$ . Следовательно, при отсутствии гироскопического эффекта, коэффициент затухания маятника имеет



достаточно малое значение, а его добротность имеет значительную величину:

$$Q = \frac{\pi}{\alpha T},$$

т.е. при  $\alpha = 0,0068 \text{ с}^{-1}$  получим  $Q = 292$ .

в) Подают постоянное напряжение на электрогироскоп и приводят его во вращательное движение с достаточно большой частотой  $\omega$ . Определяют число  $N$  полных колебаний, совершив которые амплитуда маятника уменьшается в два раза от  $X_{m0} = 10 \text{ см}$  до  $X_m = 5 \text{ см}$ . Опыт дает  $N=7!$  Следовательно, коэффициент затухания гироскопического маятника согласно формуле (1) становится равным  $\alpha = 0,063 \text{ с}^{-1}$ , т.е. коэффициент затухания возрастает более чем в 9 раз и колебания маятника быстро затухают. Добротность колебательной системы резко уменьшается и становится равной  $Q = 32$ .

### Заключение и выводы.

Объясним проведенный опыт. Вектор момента импульса  $\bar{L}$  гироскопа совпадает с его собственной осью вращения и расположен в плоскости колебаний маятника. При отклонении маятника на некоторый угол  $\varphi$  от положения равновесия на него действует вращательный момент силы тяжести  $M = mgl \sin \varphi$ , где  $l$  – расстояние от оси подвеса маятника до его центра тяжести. Вектор  $\bar{M}$  момента внешней силы направлен перпендикулярно к плоскости колебаний маятника. Действие внешнего момента силы  $\bar{M}$  должно приводить к прецессии гироскопа с частотой  $\bar{\Omega}$ , которая определяется соотношением:

$$[\bar{\Omega} \times \bar{L}] = \bar{M}. \quad (2)$$

Вектор  $\bar{\Omega}$  направлен перпендикулярно векторам  $\bar{L}$  и  $\bar{M}$  (рис.2). Направление вектора  $\bar{\Omega}$  перпендикулярно оси подвеса маятника, которая закреплена неподвижно. Благодаря этому вращение гироскопа с частотой  $\bar{\Omega}$  становится невозможным. Однако, заторможенная прецессия приводит к тому, что со стороны гироскопа на подшипники подвеса действует пара сил  $(\bar{F}_1 \bar{F}_2)$  стремящаяся кратчайшим путем установить ось собственного вращения параллельно оси подвеса. Момент этой пары сил  $\bar{M}_Г$  называется гироскопическим моментом и определяется равенством:

$$\bar{M}_Г = [\bar{L} \times \dot{\beta}], \quad (3)$$

где  $\dot{\beta}$  – угловая скорость гироскопа, которая возникает под действием внешнего момента силы  $\bar{M}$ . Направление вектора  $\dot{\beta}$  совпадает с направлением вектора  $\bar{M}$ . Действие гироскопического момента сил  $\bar{M}_Г$  приводит к тому, что значительно увеличиваются силы давления на подшипники оси подвеса маятника. Вследствие чего увеличивается трение качения и значительно возрастает коэффициент затухания. Так как во второй полупериод колебаний маятника при движении его слева направо (рис.2) направление вектора угловой скорости  $\dot{\beta}$  изменяется на противоположное, то в соответствии с формулой (3) изменяется и направление гироскопического момента  $\bar{M}_Г$  пары сил  $(\bar{F}_1 \bar{F}_2)$ . Следовательно, гироскопическое демпфирование происходит дважды за период



колебаний. Формула (3) позволяет определить гироскопическое давление на подшипники подвеса маятника, которое и приводит к увеличению трения в подвесе и возрастанию коэффициента затухания.

#### Литература

1. Гайнутдинов О.И. Методология анализа и формирования гироскопического взаимодействия в аэроупругой колебательной системе / Гайнутдинов О.И. - Тамбов: ТВВАИУРЭ, 2008. - 78 с.
2. Ишлинский А.Ю. Гироскоп. Физическая энциклопедия / Ишлинский А.Ю. - М.: Сов. Энциклопедия, т.1, 1988. - с. 484-489.

#### Literature

1. Gainutdinov O.I. The analysis of methodology and forming the gyroscopic interaction in the aeroelastic oscillatory system / Gainutdinov O.I. - Tambov: TVVAIURE, 2008. - 78 pages.
2. Ishlinskii A.Yu. Gyroscope. Physical encyclopedia, volume 1. – Moscow: soviet encyclopedia, 1988. Page: 484 – 489.

Статья отправлена 2017 г.  
Ломакина О.В.

ЦИТ: ua217-028

DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-1-028

УДК 621.91.01

**Козачухненко И.Н., Крайнев Д.В., Сахнов Н.Г.**  
**ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ОБРАБОТКУ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ С**  
**ОПЕРЕЖИЮЩИМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

*Волгоградский государственный технический университет,  
Волгоград, Пр. Ленина 28, 400005*

**I.N. Kozachuhnenko, D.V. Krainev, N.G. Sakhnov.**  
**FACTORS INFLUENCING THE PROCESSING OF TITANIUM ALLOYS**  
**WITH SUSTAINABLE PLASTIC DEFORMATION**

*Volgograd state technical university,  
Volgograd, Lenina Av. 28, 400005*

*Приведен анализ обрабатываемости, предположено положительное влияние опережающего пластического деформирования на эффективность обработки титановых сплавов.*

*Ключевые слова: точение, силы, шероховатость, износ, режущий инструмент, опережающее пластическое деформирование (ОПД).*

*An analysis of the workability it has been suggested a positive effects of advanced plastic deformation (APD) on the efficiency of titanium alloys*

*Key words: turning, cutting, forces, wear, lifetime, cutting tool, advancing plastic deformation (APD).*

В настоящее время машиностроение, авиастроение и промышленность в целом пытается решить ряд проблем с механической обработкой металлов и сплавов. Проблемы, встречающиеся на пути, заставляют прибегать к новым методам (решениям)устраняющих их.

Титановые сплавы находят все более широкое применение в конструкциях