

6. Воронцов А.А. Моделирование магнитной системы конструкций двухкоординатных магнитострикционных наклонеров с расположением магниточувствительных элементов под углом 90 градусов / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, С.В. Родионов, А.М. Зелик // В сб.: Новое слово в науке: перспективы развития Сборник материалов международной научно–практической конференции. Чебоксары, 2014. С. 238 – 240.

7. Прецизионные сплавы. Справочник /Под ред. Молотилова Б.В. -М.: Металлургия, 1983.-439 с.

8. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.

9. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис....д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.

УДК 519.711.3

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОСТИ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Ю.Н. Слесарев¹

¹профессор кафедры "Автоматизация и управление", д.т.н., Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: SlesarevUN@gmail.com

Аннотация. В данной статье получена расчетная формула угла наклона плоскости двухкоординатного магнитострикционного преобразователя угловых перемещений через углы наклона во взаимно перпендикулярных плоскостях α и β . Совпадение численных значений результатов, полученных при моделировании и экспериментальным методом свидетельствует об адекватности расчетной формулы.

Ключевые слова: угол наклона плоскости, расчет угла наклона, двухкоординатный магнитострикционный преобразователь угловых перемещений, магнитострикционный преобразователь угловых перемещений.

TO THE QUESTION OF DETERMINING THE ANGLE TILT OF THE PLANE OF A TWO-ORDER MAGNETOSTRICTION CONVERTER OF ANGULAR MOVEMENTS REGARDING THE HORIZONTAL PLANE

Yu.N. Slesarev

¹ Ph.D., professor, Department of Automation and Control, Penza State Technological University, s. Penza, Russia, e-mail: SlesarevUN@gmail.com

Abstract. In given article the settlement formula of a corner of an inclination of a plane two-coordinate magnetostrictive tiltmeter through inclination corners in mutually perpendicular planes is received. Coincidence of numerical values of the results received at modelling and an experimental method testifies to adequacy of the settlement formula.

Keywords: model, angle of inclination of the plane, calculation of the angle of inclination, two-coordinate magnetostrictive transducer of angular displacements, magnetostrictive transducer of angular displacements.

Введение. Бурное развитие науки и техники невозможно без разработок, исследований и внедрения новых приборов и устройств, предназначенных для контроля и диагностики механизмов и сооружений во всех видах производственной деятельности. К таким приборам относятся преобразователи угловых перемещений, предназначенные для определения углов наклона объекта. Преобразователи угловых перемещений используются для определения положения различных высотных сооружений, плотин, для определения величины прогибов и деформаций различного рода опор и балок, контроля углов наклона автомобильных и железных дорог при их строительстве, ремонте и эксплуатации, определения угла наклона дорожных грейдеров, асфальтоукладчиков, подъёмных устройств, кранов и экскаваторов и т.д.

Для этих целей в последнее время все чаще находят применение магнитострикционные преобразователи угловых перемещений. От известных преобразователи угловых перемещений, таких как [1,3-4] их отличает высокая точность, быстродействие, широкий диапазон преобразования, относительно невысокая себестоимость и простота реализации.

Цель работы.

Целью работы является исследования, связанные с выводом расчетной формулы, позволяющей определить угол наклона плоскости двухкоординатного магнитострикционного преобразователя угловых перемещений относительно горизонтальной плоскости и ее экспериментальная проверка.

Материал и результаты исследований.

Магнитострикционные преобразователи угловых перемещений можно условно разделить на две основные группы – однокоординатные (ОМПУП) и двухкоординатные (ДМПУП). ДМПУП позволяют проводить одновременное измерение двух углов наклона объекта во взаимноперпендикулярных плоскостях относительно вертикали или горизонтали.

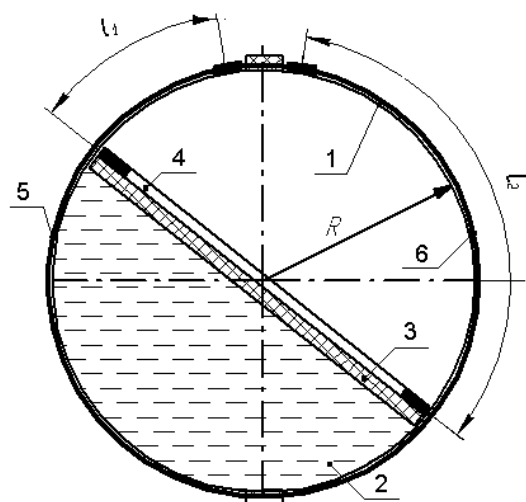


Рисунок 1 - Первичный преобразователь двухкоординатного магнито-стрикционного угломера

Один из вариантов реализации первичного преобразователя двухкоординатного магнито-стрикционного угломера приведен на рисунке 1.

Он содержит магнито-стрикционный преобразователь перемещений, выполненный в виде сферического корпуса 1 из немагнитного материала, например, пластика, с заполненной наполовину рабочей жидкостью 2, поплавковым элементом 3 с кольцевым постоянным магнитом 4, одностипными С-образными волноводами 5, 6 из магнито-стрикционного материала [2].

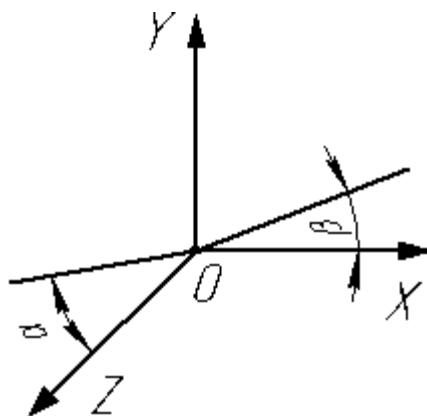


Рисунок 2 - Углы наклона объекта относительно вертикальной плоскости

Для этого представим ДМПУП в виде горизонтальной плоскости П1 с базисными векторами \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} (рисунок 3а).

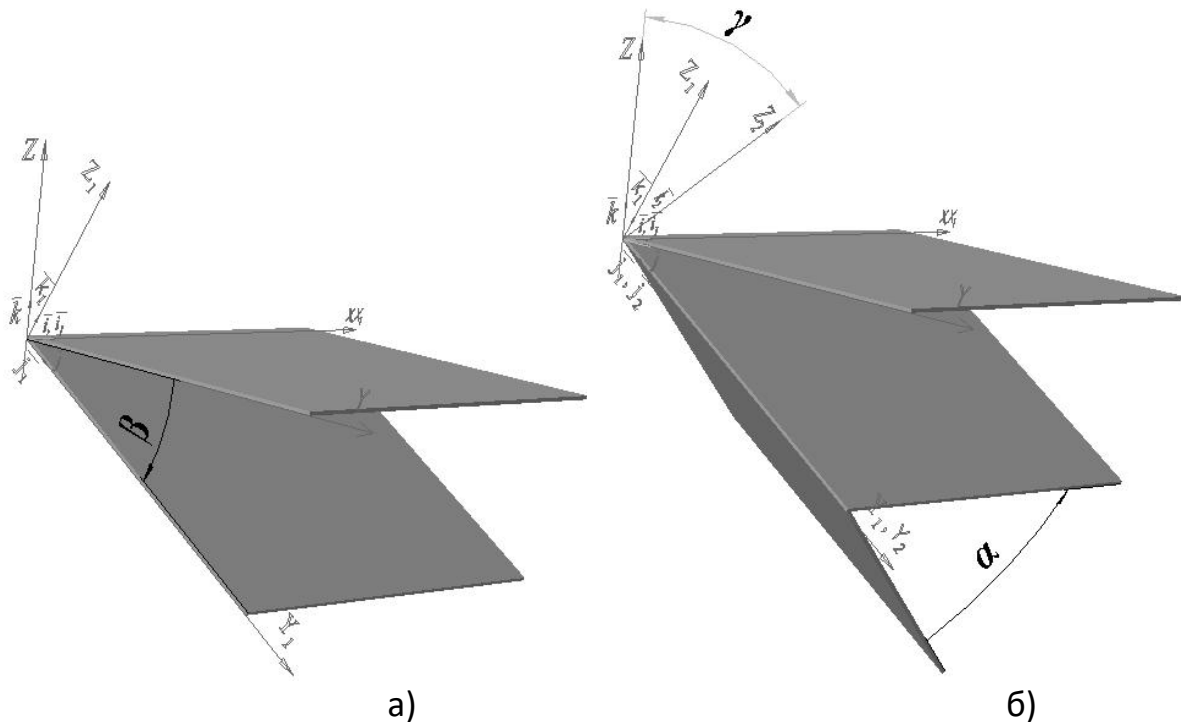


Рисунок 3 - Поворот ДМПУП в одной и двух взаимноперпендикулярных плоскостях

Одной из возможностей предложенной конструкции двухкоординатного магнитострикционного угломера является возможность косвенного определения кодов величины и знака угла наклона объекта в отклоняемой плоскости γ по рассчитанным значениям кодов углов отклонения объекта в двух взаимноперпендикулярных плоскостях относительно горизонтали (α и β соответственно), о чем не сказано в упомянутом источнике. Целью данной статьи является вывод, проверка и моделирование формулы расчета угла γ через α и β .

Перейдем к новой системе координат K_1 с репером $\langle 0, i_1, j_1, k_1 \rangle$, смещенной на произвольный угол α в плоскости YOZ относительно K. Базисные вектора систем координат K и K_1 будут связаны между собой в соответствии с выражением (1):

$$\begin{cases} \bar{i}_1 = \bar{i} \\ \bar{j}_1 = 0 \cdot \bar{i} + \cos \alpha \cdot \bar{j} + \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) \cdot \bar{k} \\ \bar{k}_1 = 0 \cdot \bar{i} + \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \cdot \bar{j} + \cos \alpha \cdot \bar{k} \end{cases} \quad (1)$$

Поворачивая систему координат K_1 на произвольный угол β (рисунок 3б) в плоскости XOZ, получаем систему координат K_2 с репером $\langle 0, i_2, j_2, k_2 \rangle$

>. Базисные вектора систем координат K_1 и K_2 будут связаны между собой соответственно:

$$\begin{cases} \bar{i}_2 = \bar{i}_1 \cdot \cos \beta + 0 \cdot \bar{j}_1 + \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right) \cdot \bar{k}_1 \\ \bar{j}_2 = \bar{j}_1 \\ \bar{k}_2 = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) \cdot \bar{i}_1 + 0 \cdot \bar{j}_1 + \cos \beta \cdot \bar{k}_1 \end{cases} \quad (2)$$

Связь между старым базисом (\bar{k}) и новым (\bar{k}_2) базисными векторами, согласно (1) и (2), определяется выражением (3), где коэффициент перед \bar{k} и есть направляющий косинус угла γ (4).

$$\begin{aligned} \bar{k}_2 &= \sin \beta \cdot \bar{i} + \cos \beta \cdot (\sin \alpha \cdot \bar{j} + \cos \alpha \cdot \bar{k}) = \\ &= \sin \beta \cdot \bar{i} + \cos \beta \cdot \sin \alpha \cdot \bar{j} + \cos \beta \cdot \cos \alpha \cdot \bar{k} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\cos \gamma = \cos \beta \cdot \cos \alpha \Rightarrow \gamma = \arccos(\cos \beta \cdot \cos \alpha) \quad (4)$$

Знак угла γ , а также четверть, в которой происходит отклонение поляризатора относительно вертикальной плоскости можно узнать по отклонениям углов α и β .

Для численной проверки формулы (4) авторами статьи была собрана экспериментальная установка, изображение которой приведено на рисунке 4, состоящей из пластины из оргстекла 1, имитирующей плоскость отклонения ДМПУП от горизонтальной поверхности, представленной поверхностью стола, трех транспортиров 2, предназначенных для фиксации углов отклонения во взаимноперпендикулярных плоскостях α и β относительно горизонтальной плоскости, а также угла наклона плоскости ДМПУП относительно последней γ . Так как угол наклона плоскости удобнее измерять над поверхностью пластины 1, то для задания горизонтальной плоскости, относительно которой и определялся угол наклона плоскости γ был использован жидкостный однокоординатный уровень 3. Для определения направления отклонения плоскости в конструкцию был использован жидкостный двухкоординатный уровень 4.

Так, для одного из опытов при изменении одного из углов отклонения β с помощью книг разной толщины 5 и при неизменном значении второго угла наклона α были получены результаты, приведенные на рисунке 5. Как видно, полученные экспериментальным путем значения отличаются не более 2° от рассчитанных по формуле (4), что свидетельствует о достоверности полученной формулы.

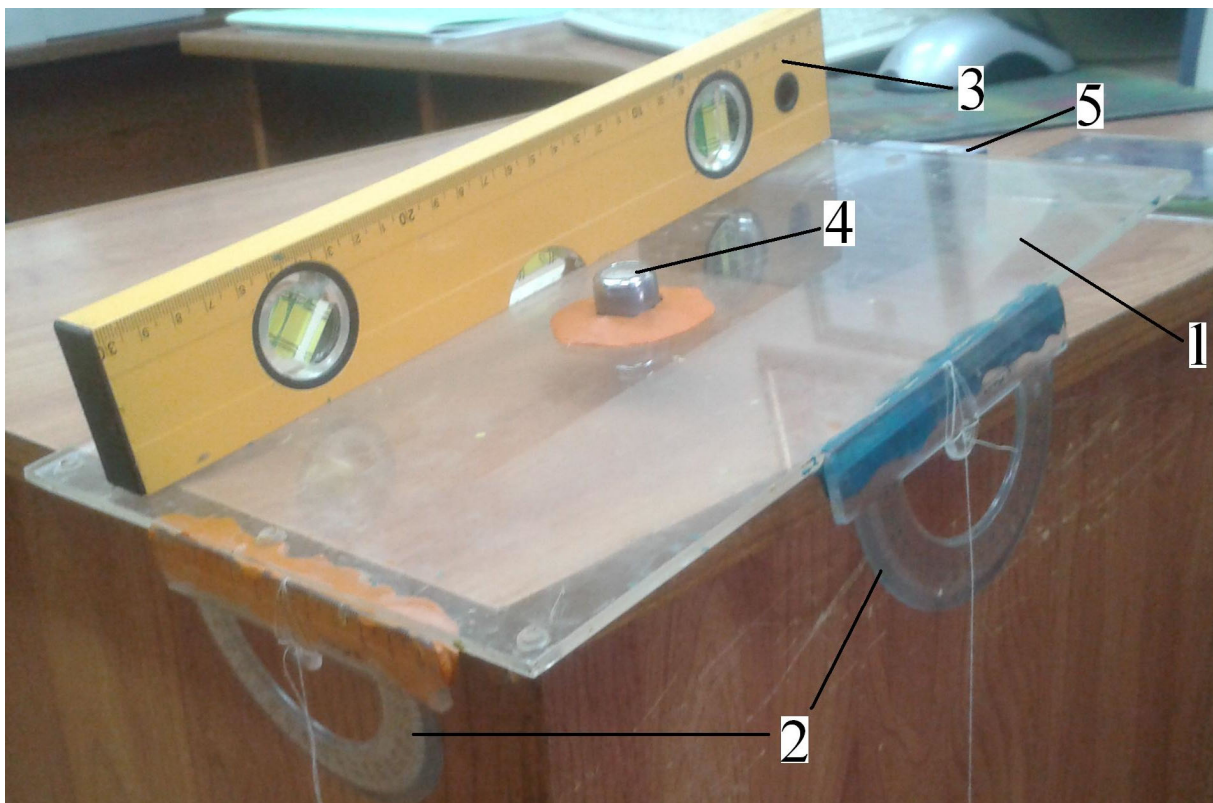


Рисунок 4 - Экспериментальная установка

Данная погрешность вычислений вполне допустима для приведенного стенда, так как систематическая погрешность каждого из транспортеров составляет $0,5^\circ$. Также нужно учитывать случайную погрешность, вызванную несовершенством органов чувств наблюдателя.

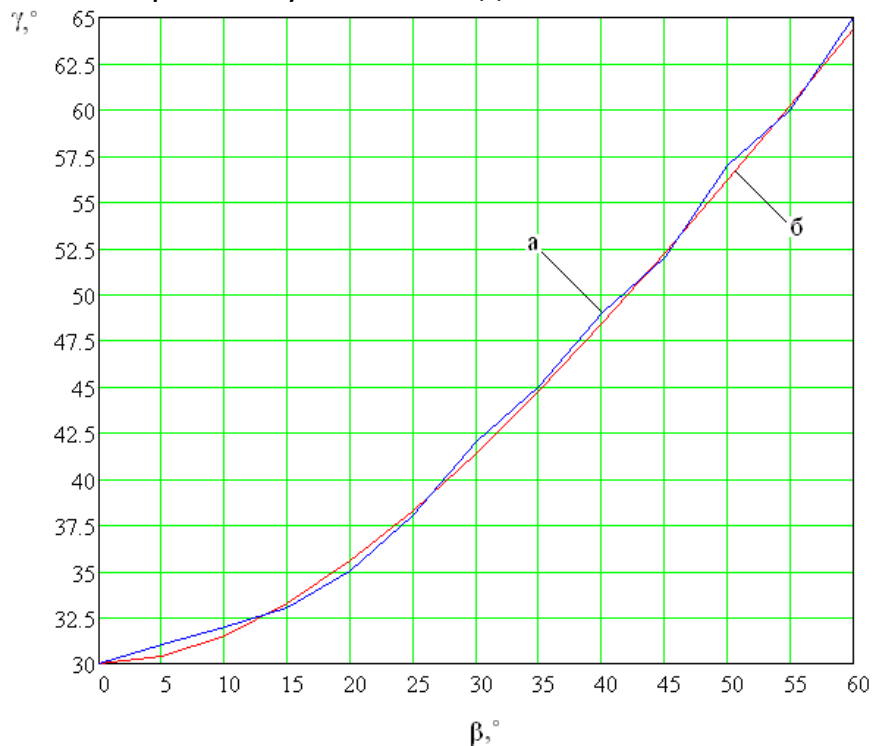


Рисунок 5 Зависимость угла наклона плоскости ДМПУП γ от β при $\alpha = 30^\circ$, полученная по расчетной формуле(а) и экспериментальным путем(б)

Вывод. Таким образом, в данной статье была получена и экспериментально проверена расчетная формула по определению угла наклона плоскости ДМПУП относительно горизонтальной плоскости. Это позволяет существенно увеличить область применения приборов данного класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов А.А. Исследование изменения быстродействия при удаленном подключении по сети интернет к рабочему столу виртуальной машины частного облака ПензГТУ. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 3 (31). С. 173-178.
2. Мартышкин А.И., Бикташев Р.А., Воронцов А.А. Численный метод для определения пропускной способности приоритетного потока заявок в МПУПогопроцессорной системе с общим диспетчером задач по каждому конкретному типу приоритета. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. - 2014. № 3 (19). С. 137-145.
3. Прошкин В.Н. Конструкторско-технологические способы совершенствования магнитострикционных преобразователей линейных перемещений для специальных условий эксплуатации: Дис....канд. техн. наук. – Астрахань, 2007. – 229 с.
4. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис....д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.

УДК 519.711.3

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ОСНОВАНИЙ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ В МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Ю.Н. Слесарев

¹профессор кафедры "Автоматизация и управление", д.т.н., Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: SlesarevUN@gmail.com

Аннотация. В данной статье подробно рассмотрено моделирование магнитных полей вблизи оснований постоянных магнитов цилиндрической формы. На основании результатов моделирования приведены рекомендации по предотвращению формирования ультразвуковых волн кручения в точках, не предусмотренных расчетами.