

"Нові наукомісткі технології виробництва матеріалів, виробів широкого вжитку та спеціального призначення" : 28-29 квітня 2016 р. — К. : КНУТД, 2016. — С. 211.

7. Сторінка курсу за вибором студента «Рендерінг середовища» на сайті кафедри КТЕД. – Режим доступу: http://okmm.nmu.org.ua/ua/rendering_select.php (дата звернення: 24.03.2020).

8. Жоров Ю.В. Повышение Эффективности Работы В Программе 3ds Max / Ю.В. Жоров // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс] № заказа 2394. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2013. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/thesis/s009/s009-012.pdf> (дата обращения: 24.03.2020).

УДК 519.711.3

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

А.А. Воронцов¹, И.Г. Гвоздева²

¹доцент кафедры "Вычислительные машины и системы", к.т.н., Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

²студент гр.19ИВ1м, Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: gvozd_69@mail.ru

Аннотация. Целью работы является исследование конструкции первичного преобразователя двухкоординатного магнитострикционного преобразователя угловых перемещений с помощью разработанного комплекса программ. Анализируются параметры и свойства элементов конструкции. В заключении сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: математическая модель, метод моделирования, программа, расчет, моделирование, магнитострикция, преобразование, преобразователь угловых перемещений.

COMPLEX OF PROGRAMS FOR RESEARCH OF THE DESIGN OF THE PRIMARY TRANSDUCER OF THE TWO-ORDINATE MAGNETOSTRICTION CONVERTER OF ANGULAR MOVEMENTS

A.A. Vorontsov¹, I.G. Gvozdeva²

¹lecturer of department "Computers and Systems", Ph.D., Penza State Technological University, s. Penza, Russia, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

²student, Penza State Technological University, s. Penza, Russia, e-mail: gvozd_69@mail.ru

Abstract. The aim of the work is to study the design of the primary transducer of a two-coordinate magnetostrictive angular displacement transducer with the help of the developed set of programs. The parameters and properties of structural elements are analyzed. In conclusion, the corresponding conclusions are made.

Keywords: mathematical model, modeling method, program, calculation, modeling, magnetostriction, transformation, angular displacement transducer.

Введение. В настоящее время в промышленности для измерения углов наклона объекта относительно горизонтальной или вертикальной плоскости применяются различные виды преобразователей угловых перемещений. По ряду основных параметров: точности, разрешающей способности, стоимости, наибольший интерес вызывают ультразвуковые магнито-стрикционные приборы. Их принцип действия основан на явлениях продольной магнито-стрикции, проявляющиеся через эффекты Видемана и Виллари.

Различают однокоординатные и двухкоординатные преобразователи угловых перемещений. Один из вариантов последней группы, описан в [1] и представлен 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, поплавок-элементом 3 с кольцевым постоянным магнитом, называемого также поляризатором 4, однотипными С-образными волноводами 5, 6 из магнито-стрикционного материала [2]. Для изготовления опытного образца и запуск его в серийное производство, необходим предварительный расчет параметров элементов конструкции.

Цель работы.

Целью данной статьи является создание программы, учитывающей как конструктивные особенности элементов конструкции, а также их массу, размеры и материалы.

Материал и результаты исследований. Так как, с увеличением расстояния от волновода до поляризатора происходит резкое уменьшение напряженности магнитного поля, создаваемого поляризатором (П), то возникает необходимость в расчете и создании такой конструкции, где это расстояние было бы минимально. Данное условие выполняется при условии, что $d_{П} < 2 \cdot R_{С}$, где $d_{П}$ - диаметр поляризатора, а $R_{С}$ - радиус сферического корпуса. Это будет возможно, если ПЛ (поляризатор) будет располагаться симметрично относительно горизонтали, проведенной через центр сферического корпуса. Для расположения ПЛ (поляризатора) над поверхностью

рабочей жидкости (РЖ) необходимо, чтобы средняя плотность поплавкового элемента(ПЭ) и поляризатора была меньше плотности РЖ (рабочей жидкости).

Плотность РЖ (рабочей жидкости) определится по формуле:

$$\rho_{РЖ} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%} \quad (1)$$

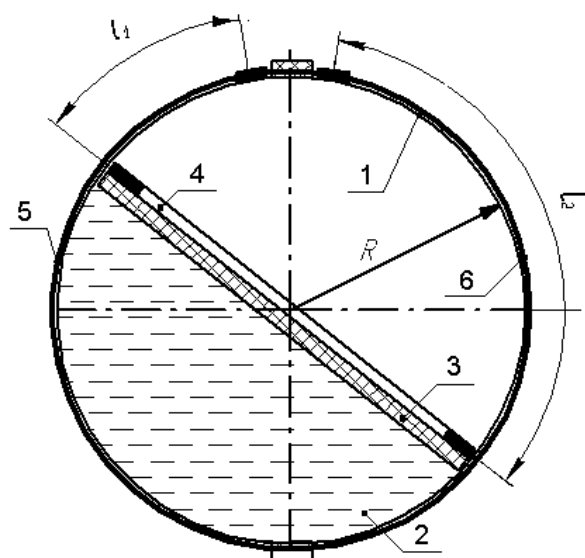


Рисунок 1 – Первичный преобразователь двухкоординатного магнитострикционного преобразователя угловых перемещений.

где K_i и ρ_i - процентное содержание и плотность парциальной жидкости, входящей в состав РЖ (рабочей жидкости).

Для расширения областей применения накломера, РЖ (рабочая жидкость) должна обладать следующими свойствами:

- 1) Большой коэффициент вязкости для гашения колебаний, возникающих от поплавкового элемента (ПЭ) с ПЛ (поляризатором) при изменении угла наклона.
- 2) Иметь малый коэффициент расширяемости и сжимаемости, что необходимо для работы в большом диапазоне температур.
- 3) При наличии нескольких жидкостей, они должны быть смешиваемыми.

Так как в справочных данных указывают массу и габаритные размеры поляризатора, то вычисление средней плотности поляризатора и поплавкового элемента будет осуществляться по формуле:

$$\langle \rho \rangle = \frac{m_{ПЛ} + m_{ПЭ}}{V_{ПЛ} + V_{ПЭ}} \quad (2)$$

где $m_{ПЭ}$ и $m_{ПЛ}$ - массы поплавкового элемента и поляризатора, а $V_{ПЭ}$ и $V_{ПЛ}$ - их объемы.

Так как корпус первичного преобразователя будет сферическим, то для обеспечения минимального расстояния от поляризатора до волновода возможно использование кольцевого или дискового поляризатора.

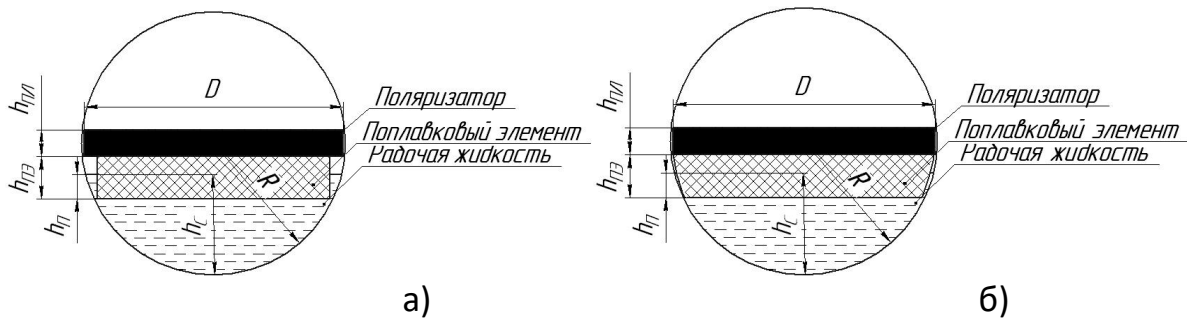


Рисунок 2 – Сферический корпус, содержащий поляризатор, поплавковый элемент а) цилиндрической формы и б) в виде шарового слоя, а также рабочую жидкость

Для расчетов объема для кольцевого и дискового поляризатора воспользуемся следующими формулами:

$$V_{пл} = \pi \cdot h_{пл} \cdot \left(\frac{D^2 - d^2}{4} \right) \quad (3)$$

и
$$V_{пл} = \pi \cdot h_{пл} \cdot \frac{D^2}{4} \quad (4)$$

, где $h_{пл}$, D и d - высота, внешний и внутренний диаметры поляризатора соответственно. Выбор радиуса сферического корпуса R будем осуществлять из условия (см. рисунок 3) $R > \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_{пл}}{2}\right)^2}$, откуда его диаметр $D_{ск}$ определится по формуле:

$$D_{ск} > \sqrt{D^2 + h_{пл}^2} \quad (5)$$

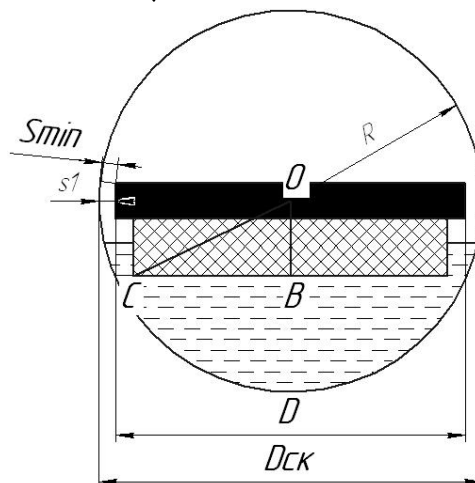


Рисунок 3 – Сферический корпус. Поясняющий рисунок

Также необходимо учитывать изменение объема рабочей жидкости, возникающее вследствие температурного расширения или сжимаемости

жидкости, с учетом которого неравенство (5) запишется следующим образом:

$$D_{CK} = k \cdot \sqrt{D^2 + h_{пл}^2} \quad (6)$$

где $k = 1 + \beta \cdot \Delta T$, где ΔT - рабочий диапазон изменения температур, а β - коэффициент объемного расширения жидкости, являющийся справочной величиной.

Так как расстояние s_1 вдоль горизонтальной линии симметрии сферического корпуса от поляризатора до волновода согласно рисунку 2 $s_1 = \frac{D_{CK} - D}{2}$, то учитывая формулу (6) получаем:

$$s_1 = \frac{k \cdot \sqrt{D^2 + h_{пл}^2} - D}{2} \quad (7)$$

Минимальное расстояние S_{min} определится по формуле

$$S_{min} = \frac{\sqrt{D^2 + h_{пл}^2} \cdot (k - 1)}{2} \quad (8)$$

Радиус ПЭЦФ $R_{ПЭ}$ согласно рисунку определится по теореме Пифагора из $\triangle OBC$ неравенством: $R_{ПЭ} < \sqrt{R^2 - (h_{ПЭ} + \frac{h_{пл}}{2})^2}$, откуда его диаметр $D_{ПЭ}$ будет рассчитан по формуле:

$$D_{ПЭ} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{(\frac{D_{CK}}{2})^2 - (h_{ПЭ} + \frac{h_{пл}}{2})^2} \quad (9)$$

Значение диаметра $D_{ПЭ}$ ПЭСШ, согласно рисунку 1б, выбираем равным внешнему диаметру D поляризатора, то есть $D_{ПЭ} = D$.

Диаметр ПЭЦФ должен выбираться из условия $d < D_{ПЭ} < D$ для кольцевого и $D_{ПЭ} < D$ для дискового поляризатора соответственно.

Расстояние от волновода до поляризатора также зависят от глубина погружения в рабочую жидкость поплавкового элемента, что в свою очередь зависит от формы и размеров последнего, а также материала, из которого он изготовлен. Объем и масса поплавкового элемента диаметром $D_{ПЭ}$ и высотой $h_{ПЭ}$, указанных на рисунках 2 и 3 определится по формулам (10)-(13) соответственно:

а) для поплавкового элемента цилиндрической формы (ПЭЦФ):

$$V_{ПЭ} = \pi \cdot h_{ПЭ} \cdot \frac{D_{ПЭ}^2}{4} \quad (10); \quad m_{ПЭ} = \pi \cdot \rho_{ПЭ} \cdot h_{ПЭ} \cdot \frac{D_{ПЭ}^2}{4} \quad (11)$$

б) для поплавкового элемента в виде шарового слоя (ПЭШС):

$$V_{\text{ПЭ}} = \pi \cdot \left(\frac{(D_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}})}{24} - \frac{(D_{\text{ПЭ}} - 2h_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + 2h_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}})}{24} \right) \quad (12)$$

$$m_{\text{ПЭ}} = \pi \cdot \rho_{\text{ПЭ}} \cdot \left(\frac{(D_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}})}{24} - \frac{(D_{\text{ПЭ}} - 2h_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + 2h_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}})}{24} \right) \quad (13)$$

соответственно, где $\rho_{\text{ПЭ}}$ - плотность поплавкового элемента, являющаяся справочной величиной. В качестве материала для изготовления поплавковых элементов отечественными и зарубежными компаниями, такие, как "Сенсор", "Baluff", ОВЕН, Temposonics и другие используют эбонит, фторопласт, нержавеющие стали и т.д..

Таким образом, объединяя формулы (1-4) и (9-13) определяем условие, при котором дисковый (14) и (16) и кольцевой (15) и (17) поляризаторы будут располагаться над поверхностью рабочей жидкости.

а) для ПЭЦФ

$$\frac{4 \cdot m_{\text{ПЛ}} + \pi \cdot h_{\text{ПЭ}} \cdot D_{\text{ПЭ}}^2 \cdot \rho_{\text{ПЭ}}}{\pi \cdot (h_{\text{ПЭ}} \cdot D_{\text{ПЭ}}^2 + h_{\text{ПЛ}} \cdot D^2)} < \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%} \quad (14)$$

$$\frac{4 \cdot m_{\text{ПЛ}} + \pi \cdot h_{\text{ПЭ}} \cdot D_{\text{ПЭ}}^2 \cdot \rho_{\text{ПЭ}}}{\pi \cdot (h_{\text{ПЭ}} \cdot D_{\text{ПЭ}}^2 + h_{\text{ПЛ}} \cdot (D^2 - d^2))} < \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%} \quad (15)$$

б) для ПЭШС:

$$\frac{24m_{\text{ПЛ}} + \pi \cdot \rho_{\text{ПЭ}} \cdot (D_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}}) - \pi \cdot ((D_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}}) - (D_{\text{ПЭ}} - 2h_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \times \dots)}{\dots} \rightarrow \quad (16)$$

$$\rightarrow \frac{-\pi \cdot \rho_{\text{ПЭ}} \cdot (D_{\text{ПЭ}} - 2h_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + 2h_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}})}{\times (2D_{\text{ПЭ}} + 2h_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}}) + 6 \cdot h_{\text{ПЛ}} \cdot D^2)} < \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%}$$

$$\frac{24m_{\text{ПЛ}} + \pi \cdot \rho_{\text{ПЭ}} \cdot (D_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}}) - \pi \cdot ((D_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}}) - (D_{\text{ПЭ}} - 2h_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \times \dots)}{\dots} \rightarrow \quad (17)$$

$$\rightarrow \frac{-\pi \cdot \rho_{\text{ПЭ}} \cdot (D_{\text{ПЭ}} - 2h_{\text{ПЭ}} - h_{\text{ПЛ}})^2 \cdot (2D_{\text{ПЭ}} + 2h_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}})}{\times (2D_{\text{ПЭ}} + 2h_{\text{ПЭ}} + h_{\text{ПЛ}}) + 6 \cdot h_{\text{ПЛ}} \cdot (D^2 - d^2)} < \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%}$$

Из формул (1-4) и (9-13) следует, что средняя плотность поляризатора и поплавкового элемента будет вычисляться по формулам:

а) для дискового и кольцевого поляризатора с использованием ПЭЦФ соответственно:

$$\langle \rho \rangle = \frac{4 \cdot m_{пл} + \pi \cdot h_{пэ} \cdot D_{пэ}^2 \cdot \rho_{пэ}}{\pi \cdot (h_{пэ} \cdot D_{пэ}^2 + h_{пл} \cdot D^2)} \quad (18)$$

$$\text{и } \langle \rho \rangle = \frac{4 \cdot m_{пл} + \pi \cdot h_{пэ} \cdot D_{пэ}^2 \cdot \rho_{пэ}}{\pi \cdot (h_{пэ} \cdot D_{пэ}^2 + h_{пл} \cdot (D^2 - d^2))} \quad (19)$$

б) для дискового и кольцевого поляризатора с использованием ПЭШС соответственно:

$$\begin{aligned} \langle \rho \rangle &= \frac{24m_{пл} + \pi \cdot \rho_{пэ} \cdot (D_{пэ} - h_{пл})^2 \cdot (2D_{пэ} + h_{пл}) -}{\pi \cdot ((D_{пэ} - h_{пл})^2 \cdot (2D_{пэ} + h_{пл}) - (D_{пэ} - 2h_{пэ} - h_{пл})^2 \times} \rightarrow \\ &\rightarrow \frac{-\pi \cdot \rho_{пэ} \cdot (D_{пэ} - 2h_{пэ} - h_{пл})^2 \cdot (2D_{пэ} + 2h_{пэ} + h_{пл})}{\times (2D_{пэ} + 2h_{пэ} + h_{пл}) + 6 \cdot h_{пл} \cdot D^2)} \quad (20) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle \rho \rangle &= \frac{24m_{пл} + \pi \cdot \rho_{пэ} \cdot (D_{пэ} - h_{пл})^2 \cdot (2D_{пэ} + h_{пл}) -}{\pi \cdot ((D_{пэ} - h_{пл})^2 \cdot (2D_{пэ} + h_{пл}) - (D_{пэ} - 2h_{пэ} - h_{пл})^2 \times} \rightarrow \\ &\rightarrow \frac{-\pi \cdot \rho_{пэ} \cdot (D_{пэ} - 2h_{пэ} - h_{пл})^2 \cdot (2D_{пэ} + 2h_{пэ} + h_{пл})}{\times (2D_{пэ} + 2h_{пэ} + h_{пл}) + 6 \cdot h_{пл} \cdot (D^2 - d^2)} \quad (21) \end{aligned}$$

Расчет глубины погружения $h_{п}$ для ПЭЦФ и ПЭШС будет осуществляться по формулам (17) и (18) соответственно:

$$h_{п} = \frac{\rho_{пэ}}{\rho_{рж}} \cdot \left(h_{пэ} + \frac{4 \cdot m_{пл}}{\pi \cdot \rho_{пэ} \cdot D_{пэ}^2} \right) \quad (22)$$

$$\begin{aligned} h_{п} &= \sqrt[3]{\sqrt{\frac{\pi(4 \cdot (h_{пл} + 2h_{пэ})^2 - 9(h_{пл} + 2h_{пэ}) \cdot ((h_{пл} + 2h_{пэ})^2 - D_{пэ}^2)) - 72V_{п}}{48\pi} +} \\ &+ \sqrt{\frac{-(h_{пл} + 2h_{пэ})^2 + (h_{пл} + 2h_{пэ})^2 - D_{пэ}^2}{4}}^3 +} \\ &+ \sqrt{\frac{-2\pi(h_{пл} + 2h_{пэ})^3 + 3\pi(h_{пл} + 2h_{пэ})((h_{пл} + 2h_{пэ})^2 - D_{пэ}^2) + 24 \cdot V_{п}}{16\pi}}^2} \\ &+ \sqrt[3]{\sqrt{\frac{\pi(4 \cdot (h_{пл} + 2h_{пэ})^2 - 9(h_{пл} + 2h_{пэ}) \cdot ((h_{пл} + 2h_{пэ})^2 - D_{пэ}^2)) - 72V_{п}}{48\pi} -} \\ &+ \sqrt{\frac{-(h_{пл} + 2h_{пэ})^2 + (h_{пл} + 2h_{пэ})^2 - D_{пэ}^2}{4}}^3 +} \\ &+ \sqrt{\frac{-2\pi(h_{пл} + 2h_{пэ})^3 + 3\pi(h_{пл} + 2h_{пэ})((h_{пл} + 2h_{пэ})^2 - D_{пэ}^2) + 24 \cdot V_{п}}{16\pi}}^2} \\ &+ \frac{(h_{пл} + 2h_{пэ})}{2}} \quad (23) \end{aligned}$$

, где $V_{п}$ - объем части поплавкового элемента, погруженной в рабочую жидкость, для ПЭЦФ и ПЭШС определяемые по формулам (24) и (25) соответственно:

$$V_{II} = \frac{\pi \cdot D_{II}^2 \cdot h_{II}}{4} \quad (24)$$

$$V_{II} = \frac{(\pi \cdot \rho_{II} \cdot (D_{II} - h_{III})^2 \cdot (2D_{II} + h_{III}) - \pi \cdot \rho_{II} \cdot (D_{II} - 2h_{II} - h_{III})^2 \cdot (2D_{II} + 2h_{II} + h_{III}) + 24m_{III}) \cdot \langle \rho \rangle}{24\rho_{II} \cdot \rho_{РЖ}} \quad (25)$$

Выведем формулу для расчета объема рабочей жидкости, необходимой для достижения минимального расстояния между поляризатором и волноводом.

Объем рабочей жидкости найдем, вычитая из полученного объема шарового сегмента V_C объем части поплавкового элемента V_{II} , погруженного в рабочую жидкость.

$$V_{РЖ} = V_C - V_{II} \quad (26)$$

Объем шарового сегмента V_C высотой h_C определится по формуле где R - радиус сферического корпуса.

$$V_C = \pi \cdot h_C^2 \cdot \left(R - \frac{h_C}{3}\right) \quad (27)$$

Высота h_C , согласно рисунку 2, определится по формуле:

$$h_C = \left(R - \frac{h_{III}}{2} - h_{II} + h_{II}\right) \quad (28)$$

Решая совместно уравнения (20-28) получаем формулу для расчета объема рабочей жидкости ПЭЦФ и ПЭШС соответственно:

$$V_{РЖ} = \left(\frac{\pi \cdot ((D_{СК} - h_{III} - 2h_{II} + 2h_{II})^2 \cdot (2D_{СК} + h_{III} + 2h_{II} - 2h_{II}) - 6 \cdot D_{II}^2 \cdot d_{II})}{24}\right) \quad (29)$$

$$V_{РЖ} = \left(\frac{\pi \cdot (D_{СК} - h_{III} - 2h_{II} + 2h_{II})^2 \cdot (2D_{СК} + h_{III} + 2h_{II} - 2h_{II})}{24} - \frac{(\pi \cdot \rho_{II} \cdot (D_{II} - h_{III})^2 \cdot (2D_{II} + h_{III}))}{24\rho_{II} \cdot \rho_{РЖ}} + \frac{\pi \cdot \rho_{II} \cdot (D_{II} - 2h_{II} - h_{III})^2 \cdot (2D_{II} + 2h_{II} + h_{III}) + 24m_{III}}{24\rho_{II} \cdot \rho_{РЖ}}\right) \cdot \langle \rho \rangle \quad (30)$$

, где $D_{СК}$ - диаметр сферического корпуса первичного преобразователя.

Исходя из всего написанного ранее, авторами статьи был разработана программа по расчету конструкции первичного преобразователя "Расчет ДМН", экранная форма которого приведена на рисунке 4.

Вариант ДМН с использованием сферического корпуса

Входные данные

Форма ПМ: Кольцевой
 Внешний диаметр ПМ (Dн), мм: 110
 Рабочая жидкость:
 Спирт, %: 20
 Глицерин, %: 80
 Диапазон изменения температуры dT, K: 40
 Амплитуда токового импульса записи ix, mA: 50

Материал для ПЭ: Вспененный збонит
 Внутренний диаметр ПМ (dн), мм: 90
 Высота ПМ (hм), мм: 5
 Толщина стенки ПЭ (d1), мм: 0,5
 Толщина корпуса (u), мм: 2
 Диаметр ЭП (dЭП), мм: 1

Режим расчета: Ручной
 Расположение ПМ: на поверхности ПЭ

Марка ЭП: 42ХНТЮ
 Марка ПМ: NdFeB

Для ручного расчета: Если ПМ находится на поверхности ПЭ Отношение Dпэ к Dн: 0,95
 Для автоматического расчета: Введите шаг h, мм: 0,1

Выходные данные

Объем РЖ, л: 0,186055665420523
 Плотность (ПЭ+М), кг/м3: 881,64573861638
 Масса ПМ, г: 116,238928182822
 Диаметр СК с учетом расширения жидкости, мм: 113
 Плотность РЖ, кг/м3: 1168
 Объем ПМ, м3: 15707,963267949
 Диаметр СК без учета расширения жидкости, мм: 110,113577727726
 Расстояния
 hmin, мм: 2,8864222722738
 Диаметр ПЭ (Dпэ), мм: 104,5
 hmax, мм: 3
 Высота ПЭ (hпэ), мм: 18,9
 Глубина погружения (hпогр), мм: 15,648804176638

Рекомендуемые значения

Mmin, A/м: +
 Mmax, A/м: +
 Moptmin, A/м: +
 Moptmax, A/м: +

Схема Рассчитать Сохранить в файл Выход

Рисунок 4 – Экранная форма программы по расчету первичного преобразователя ДМН.

В ней в качестве поплавкового элемента рассматривались ПЭ, изготовленные из пробки и пенопласта марки М35. В качестве рабочей жидкости использовалась смесь, состоящая из 80% глицерина и 20% спирта.

Вывод. Результаты расчетов, полученные программно для различных диаметров поляризаторов и сферических корпусов что при выборе сферического корпуса диаметром менее 50 мм расстояние между волноводом и поляризатором достигает 5% от внешнего диаметра, что свидетельствует о необходимости его выбора при расчетах исходя из условия $D_{СК} > 50$ мм. При увеличении диаметра это значение уменьшается. Также стоит отметить, что значительное увеличение диаметра позволяет уменьшить это отношение, но и способствует увеличению массы как поляризатора, так и двухкоординатных преобразователей угловых перемещений в целом. Как показывают результаты моделирования программы, наиболее приемлемым для моделирования авторы видят выбор диаметра сферического корпуса в интервале 90-120 мм, что отображено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Входные данные программы “Расчет ДМН”,

№ п/п	Входные данные для расчетов						
	Поляризатор				Поплавковый элемент		ΔT, К
	Внешний диаметр D, мм	Внутренний диаметр d, мм	Высота h, мм	Материал	Материал	форма	
1.	100	90	6	Nd-Fe-B	Пробка	цилиндр	20
2.	100	90	6	Nd-Fe-B	Пробка	сегм. сф.	20
3.	100	90	6	SmCo	Пробка	цилиндр	20
4.	100	90	6	Альнико	Пробка	сегм. сф.	20
5.	100	90	6	Nd-Fe-B	П/П М35	цилиндр	20
6.	110	90	6	Nd-Fe-B	Пробка	цилиндр	20
7.	110	90	6	Nd-Fe-B	Пробка	сегм. сф.	20
8.	110	90	6	SmCo	Пробка	цилиндр	20
9.	110	90	6	Nd-Fe-B	П/П М35	цилиндр	20
10.	120	100	6	Nd-Fe-B	Пробка	сегм. сф.	20
11.	120	100	6	SmCo	Пробка	цилиндр	20
12.	120	100	6	Альнико	Пробка	сегм. сф.	20
13.	120	100	6	Nd-Fe-B	П/П М35	цилиндр	20
14.	120	100	6	Nd-Fe-B	П/П М35	сегм. сф.	20
15.	120	100	6	Альнико	П/П М35	цилиндр	20
16.	120	100	6	Альнико	П/П М35	сегм. сф.	20
17.	20	18	2	Nd-Fe-B	Пробка	цилиндр	20
18.	20	18	2	SmCo	Пробка	цилиндр	20
19.	20	18	2	Альнико	Пробка	цилиндр	20
20.	20	18	2	Nd-Fe-B	П/П М35	цилиндр	20

Таблица 2 – Выходные данные программы “Расчет ДМН”

№ п/п	Рассчитанные данные								
	Сферический корпус	Рабочая жидкость		Поплавковый элемент			Ср. плотность ПЭ+ ПЛ	Расстояние от края ПЛ до звукопровода	
		Диаметр	Средняя плотность	Объем, л	Высота, мм	Диаметр, мм		Глубина погружения, мм	hmin мм
1	102	1168	0,1689	11,1	98	9,90	959,41	1,82	2
2	102	1168	0,1393	11,1	100	9,81	936,69	1,82	2
3	102	1168	0,1695	11,1	98	8,14	1037,3	1,82	2
4	102	1168	0,1403	11,1	100	8,08	1032,7	1,82	2
5	102	1168	0,1687	11,1	98	9,49	902,09	1,82	2
6	102	1168	0,1389	11,1	100	9,43	898,28	1,82	2
11	102	1168	0,1676	11,1	98	7,36	699,73	1,82	2
12	102	1168	0,1365	11,1	100	7,32	695,79	1,82	2
13	112	1168	0,1549	23,1	99	20,46	935,30	1,84	2
14	112	1168	0,1361	23,1	110	19,24	863,21	1,84	2
25	122	1168	0,1952	25,3	108	29,53	837,12	1,85	2
26	122	1168	0,1784	25,3	108	28,14	773,55	1,85	2
27	122	1168	0,1997	25,3	108	21,69	919,24	1,85	2
28	122	1168	0,1804	25,3	108	19,84	846,78	1,85	2
33	122	1168	0,1887	25,3	108	16,84	713,63	1,85	2
34	122	1168	0,1732	25,3	108	16,07	639,18	1,85	2
35	122	1168	0,1833	25,3	108	14,13	598,67	1,85	2
36	122	1168	0,1688	25,3	108	13,24	536,67	1,85	2

37	21	1168	0,0011	3,6	18,8	3,495	1013,00	0,90	1
38	21	1168	0,00098	4,2	18,2	4,199	1052,74	0,90	1
39	21	1168	0,00106	3,6	18,8	3,348	970,31	0,90	1
40	21	1168	0,00103	3,6	18,8	2,805	812,90	0,90	1

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 многопроцессорной 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.

УДК 519.711.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЕКЦИИ НА ОСЬ OZ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОИДА В КОНСТРУКЦИЯХ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

А.А. Воронцов¹, А.В. Назаренко²

¹доцент кафедры "Вычислительные машины и системы", к.т.н., Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

²студент гр.19ИВ1м, Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: anynazar@yandex.ru

Аннотация. В данной статье подробно рассмотрен анализ основных параметров соленоида, влияющих на формирование магнитных полей, сформированных при протекании в среде волновода токового импульса. Проведено математическое моделирование магнитного поля соленоида при изменении координаты, отсчитанной по оси OZ от его центра для различных значений радиусов и длины соленоида.

Ключевые слова: соленоид, напряженность магнитного поля, магнитное поле соленоида, зависимость напряженности от координаты Z.