

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Demin S.B., Karpuhin E.V., Martens-Atushev D.S.

MATHEMATICAL MODELING INFLUENCE SOME FACTORS ON MAGNETOSTRICTIVE CONVERTERS OF LEVEL

Demin S.B., Russia, Doctor of Technical science,
Professor, Penza State Technological University

Karpuhin E.V., Russia, Candidate of Technical science,
Lecturer, Penza State Technological University

Martens-Atushev D.S., Russia, Student, Penza State
Technological University

Abstract

Mathematical modeling influence of the basic factors Is lead: elastic pressure and temperature, on target parameters magnetostrictive converters of level. On the basis of the received results, the way of indemnification of their influence with the purpose of maintenance of parameters of the converter in a working range is offered.

Keywords: magnetostrictive converters of movings, mathematical modeling

Введение

Магнитострикционные преобразователи уровня (МПУ) нашли применение во многих отраслях современной промышленности. Работая в составе систем автоматического регулирования, они позволяют решать широкий круг задач и гарантируют высокую точность полученных результатов. Их отличает широкая область возможного применения, низкая себестоимость, простота конструкции, высокое быстродействие и разрешающая способность [1, 2].

Материалы и методы исследования

2d the International Conference «Research, Innovation and Education» 2015

Принцип работы МПУ основан на возбуждении и считывании акустических сигналов в среде магнитострикционного звукопровода [1, 2].

Известно, что на этот процесс в наибольшей степени оказывают влияние внешние дестабилизирующие факторы среды, такие как температура T и упругие напряжения P_x [2]. В связи с этим возникает необходимость учета этих факторов при проведении математического моделирования МПУ на УЗВ кручения.

Создание в среде ферромагнетика продольных P_n или крутильных P_k напряжений приводит к нарушению исходной доменной структуры в результате сложных обменных энергетических процессов, зависящих от предыстории состояния материала. Это в свою очередь вызывает изменение магнитной восприимчивости χ , магнитной проницаемости μ , коэффициента магнитострикции λ , удельного электрического сопротивления ρ_s материала [3].

Установлено, что изменение магнитной восприимчивости χ ферромагнитного материала звукопровода МПУ под действием растягивающих напряжений P_n происходит по закону [2]:

$$\chi_{P_n} = \pm \left[\chi_0 + G_T (1 + k_{P_n})^2 \right], \quad (1)$$

где χ_0 – начальная магнитная восприимчивость материала, G_T – коэффициент энергетических потерь на гистерезис, k_{P_n} – коэффициент продольного напряжения.

Изменение магнитной восприимчивости χ_{P_n} (1) приводит к изменению магнитной проницаемости μ_{P_n} и коэффициента магнитострикции λ_{P_n} в соответствии с выражениями [2]:

$$\mu_{P_n} = \mu (1 - k_{P_n}), \quad (2)$$

$$\lambda_{P_n} = \pm \lambda (1 + k_{P_n}). \quad (3)$$

Графики зависимостей (2), (3) для сплава Ю14 приведены на рисунке 1.

Как видно на рисунке 1, с ростом растягивающих напряжений P_n магнитная проницаемость μ уменьшается, а коэффициент магнитострикции λ увеличивается.

Другим фактором, заметно влияющим на параметры магнитострикционного звукопровода МПУ, является

**2d the International Conference
«Research, Innovation and Education» 2015**

температура T окружающей среды. Её воздействие учитывается через коэффициент температурного изменения k_T , определяемый в соответствии с выражением [2]:

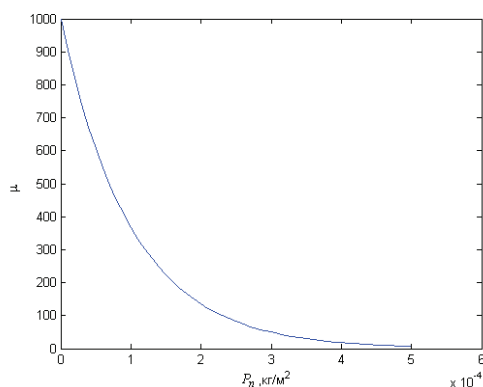
$$k_T = \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^{1/n}, \quad (4)$$

где T – текущее значение температуры, T_c – температура фазового перехода второго рода (точка Кюри), $n = 2, 3, 4$ – показатель влияния температуры на параметр материала.

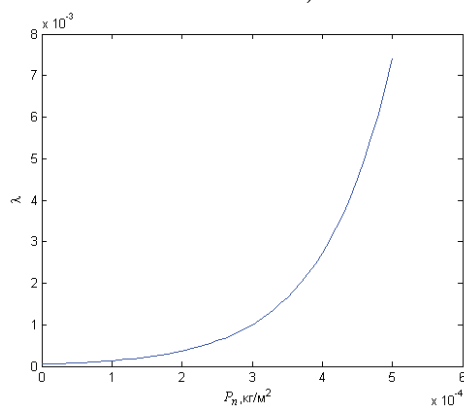
Результаты и обсуждение

Исследования показывают, что повышение температуры T , приводит к изменению коэффициента магнитострикции λ_T по зависимости [2]:

$$\lambda_T = \pm \lambda \sqrt{1 - \frac{T}{T_c}}, \quad (5)$$



а)



б)

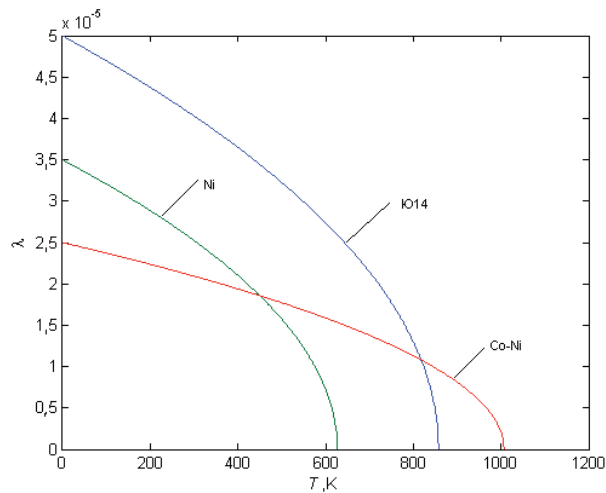
Рис. 1. Влияние растягивающего усилия P_n на магнитную проницаемость μ (а) и коэффициент магнитострикции λ (б) сплава Ю14

**2d the International Conference
«Research, Innovation and Education» 2015**

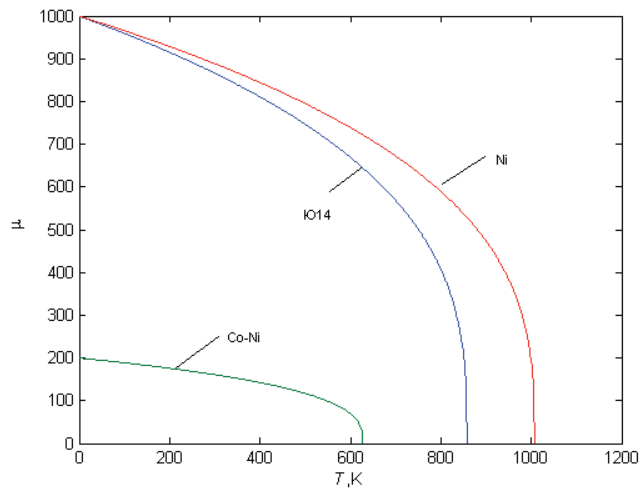
а магнитная проницаемость μ_T материала магнитоотрицательного звукопровода МПУ изменяется в соответствии с выражением [2]:

$$\mu_T = \mu \cdot 3 \sqrt{1 - \frac{T}{T_c}}. \quad (6)$$

Результаты моделирования (5) и (6) для различных магнитоотрицательных материалов звукопровода МПУ приведены на рисунке 2.



а)



б)

Рис. 2. Зависимости коэффициента магнитоотрицательности λ (а) и магнитной проницаемости μ (б) от температуры T

Еще одним фактором, влияющим на коэффициент

2d the International Conference «Research, Innovation and Education» 2015

магнитострикции λ материала магнитострикционного звукопровода МПУ, является гистерезис магнитострикции, возникающий при наличии продольного магнитного поля постоянного магнита в зоне магнитоупругого преобразования. При этом коэффициент магнитострикции λ изменяется в зависимости от напряженности $H_{o,п}$ продольного поля в соответствии с известным выражением [2]

$$\lambda_H = |\lambda| \left[\frac{k_c}{H_c} \cdot \frac{(H_{o,п} - H_c)^2}{K_H + (H_{o,п} - H_c)^2} \right], \quad (7)$$

где k_c – коэффициент коэрцитивности, K_H – коэффициент напряженности магнитного поля, H_c – коэрцитивная сила ферромагнетика.

Для учета совместного влияния рассмотренных дестабилизирующих факторов, воспользовавшись выражениями (2)-(7), окончательно запишем:

$$\mu_{P_n, T} = \mu (1 - k_{P_n}) \sqrt[3]{1 - \frac{T}{T_c}}; \quad (8)$$

$$\lambda_{P_n, T, H} = \lambda_H (1 + k_{P_n}) \sqrt{1 - \frac{T}{T_c}}. \quad (9)$$

Модели выражений (8), (9) для сплава Ю14 приведены на рисунке 3.

Как было показано в ряде работ [2, 3], влияние отмеченных внешних дестабилизирующих факторов среды на электрические параметры магнитострикционного звукопровода МПУ, является незначительным и при моделировании им можно пренебречь.

В результате, под действием геликоидального магнитного поля в среде магнитострикционного звукопровода МПУ формируются УЗВ кручения, распространяемые в обе стороны от места прямого магнитострикционного преобразования.

Выводы

Таким образом, проведенное моделирование показывает, что изменение температуры T и наличие растягивающих усилий P_n в значительной степени влияют на основные характеристики МПУ на УЗВ кручения. При этом увеличение упругих напряжений P_x , можно использовать в качестве температурной компенсации, для поддержания значения коэффициента магнитострикции λ в рабочем

2d the International Conference
«Research, Innovation and Education» 2015

диапазоне и тем самым расширить температурный диапазон данного вида преобразователей перемещений.

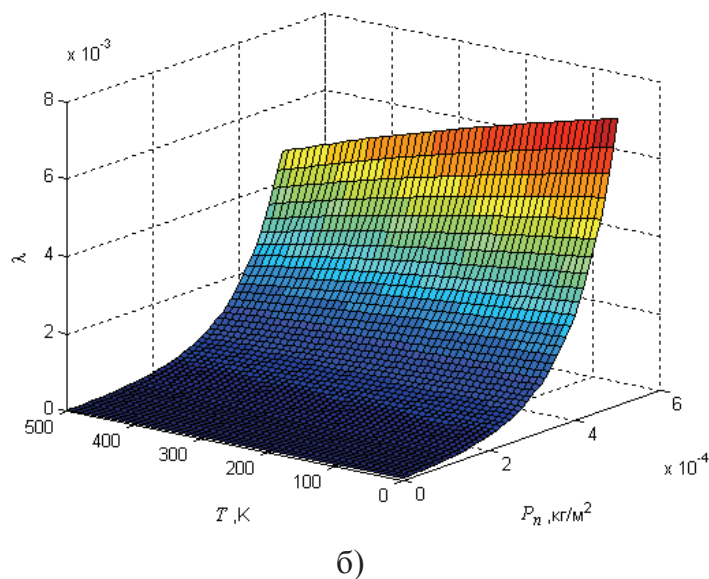
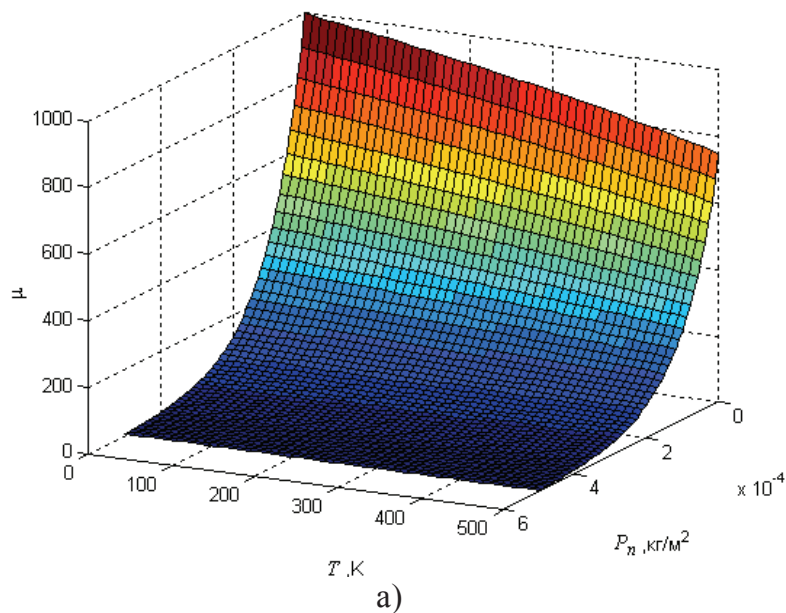


Рис. 3. Совместное влияние температуры T и растягивающих усилий P_n на магнитную проницаемость μ (а) и коэффициент магнитострикции λ (б)

References

1. Karpuhin E.V. Mathematical modeling of magnetic field of constant magnet in plated magnetostrictive level converters: XXI century: Results and problems of this PLUS #3. – Penza: PenzGTU, 2011. – P.167-174.

**2d the International Conference
«Research, Innovation and Education» 2015**

2. Demin S.B.. Magnetostrictive systems for automated technological equipment: Monograph. – Penza: PGU, 2002. – 182 p.
3. Karpuhin E.V., Dyatkov V.S. Program complexes for modeling magnetic fields of plated magnetostrictive converters of level: XXI century: Results and problems of this PLUS #3. – Penza: PenzGTU, 2011. – P.174-179.