

А.О. Синельников, Е.В. Кузнецов, Ю.Д. Голяев, Ю.Ю. Колбас,  
Т.И. Соловьева (АО «НИИ «ПОЛЮС» им. М.Ф. Стельмаха»)

### Компьютерное моделирование работы системы регулирования периметра резонатора зеемановского лазерного гироскопа

Компьютерное моделирование процессов в системе регулирования периметра (СПП) резонатора зеемановских лазерных гироскопов (ЛГ) дает возможность прогнозировать время их работы в одномодовом режиме с сохранением высокой точности. В статье рассматривается метод моделирования, который позволяет в процессе производства вместо длительных многочасовых технологических испытаний проводить короткие испытания, а затем использовать полученные данные для прогнозирования дальнейшего поведения ЛГ с применением аппроксимирующей функции. Представлены алгоритм для компьютерной реализации этого метода и результаты экспериментальных исследований, подтвердившие хорошее совпадение аппроксимирующей функции с зависимостью, полученной экспериментальным путем. С применением предложенного метода достигается многократное сокращение времени технологического этапа производства ЛГ, и получаются данные для сортировки ЛГ по характеристикам. Это позволяет улучшить организацию производства зеемановских ЛГ, приводя ее в соответствие с основными принципами бережливого производства, такими как устранение бесполезных процедур, сокращение времени технологических операций.

Ключевые слова: лазерный гироскоп, компьютерное моделирование, зеемановская частотная подставка.

**Синельников Антон Олегович** – канд. техн. наук, начальник участка испытаний датчиков ЛГ НПК;

**Кузнецов Евгений Викторович** – д-р техн. наук, проф., ген. директор

**Голяев Юрий Дмитриевич** – д-р техн. наук, начальник НПК,

**Колбас Юрий Юрьевич** – д-р техн. наук, зам. начальника НПК;

**Соловьева Татьяна Ивановна** – канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник АО «НИИ «ПОЛЮС» им. М.Ф. Стельмаха».

### Список литературы

1. Wang, Sh., Zhang, Zh. Research on Principle, Application and Development Trend of Laser Gyro // Journal of Physics: Conference Series 1549(2). 2020. article id. 022118.
2. Lukyanov, D., Filatov, Yu., Golyaev, Yu., Kuryatov, V., Solovieva, T., Vasiliev, V., Buzanov, V., Spectorenko, V., Klochko, O., Vinogradov, V., Schreiber, K.-U., Perlmutter, M. 50th Anniversary of the Laser Gyro // 20th Saint-Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, St. Petersburg, Russia. 2013. P. 36-49.
3. Passaro, V. M. N., Cuccovillo, A., Vaiani, L., De Carlo, M., Campanella, C.E. Gyroscope Technology and Applications: A Review in the Industrial Perspective // Sensors, 17, 2284. 2017. P. 1-22.
4. Cai, H., Zhang, H., Zheng, Y. Soft Magnetic Devices Applied for Low Zero Excursion (0.01 °/h) Four-Mode Ring Laser Gyro // IEEE Transactions on magnetics, 43(6). 2007. P.2686-2688.
5. Li, D., Wen, D., Zhao J. Statistical analysis on the optical axis perturbation in nonplanar ring resonators // 2011 International Conference on Optical Instruments and Technology: Optoelectronic Measurement Technology and Systems, ed. Xinyong Dong, Xiaoyi Bao, Perry Ping Shum, Tiegeng Liu, Proceedings of SPIE 8201, 82010M. 2011. P. 1-9.
6. Belov, A.V., Soloveva, T.I. Intellectual Ring Laser Quality Control System – Key Component of Ring Lasers Science-Based Production // 20th International Conference KES-2016 on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (York, England, September 4-7 2016). Procedia Computer Science 96, (Amsterdam, Elsevier B.V.). 2016. P. 456-464.

7. Kuznetsov, E., Kolbas, Y., Kofanov, Y., Kuznetsov, N., Soloveva, T. Method of Computer Simulation of Thermal Processes to Ensure the Laser Gyros Stable Operation. // ed. Okada H., Atluri S., Computational and Experimental Simulations in Engineering, Proceedings of ICCES 2019 International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (Tokyo, Japan, 24-28 March, 2019), Mechanisms and Machine Science 75, Springer, Switzerland, Cham. 2020. P. 295-300
8. Kuznetsov, E., Golyaev, Y., Kolbas, Y., Kofanov, Y., Kuznetsov, N., Soloveva, T., Kurdibanskaya, A. The method of intelligent computer simulation of laser gyros behavior under vibrations to ensure their reliability and cost-effective development and production // ed. Takeshi Hatsuzawa, Rainer Tutsch, Toru Yoshizawa, Optic and Photonic International Congress 2020, Technologies and Applications of Structured Light (Yokohama, Japan, 22-24 April, 2020), Proceedings of SPIE, Optical Technology and Measurement for Industrial Applications 2020, SPIE, USA, Bellingham. 2020. 11523 0B.
9. Kuznetsov, E., Golyaev, Yu., Kolbas, Yu., Kofanov, Yu., Kuznetsov, N., Vinokurov, Yu., Soloveva, T. Thermal computer modeling of laser gyros at the design stage: a promising way to improve their quality and increase the economic efficiency of their development and production // Optical and Quantum Electronics 53(10), Springer, Switzerland, article number 596. 2021. P. 1-15.
10. Savelyev, I., Sinel'nikov, A. The influence of the pumping current on the Zeeman laser rotation sensors output parameters // 22nd St-Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2015 – Proceedings, St. Petersburg, Russia. 2015. P. 421-424.
11. Guang-ming, X., Fei, W. Ring laser gyro light path variations and its impact on gyro performance, Journal of Applied Optics 31(5). 2010. P. 805-809.
12. Golyaev, Y.D., Zapotylo, N.R., Nedzvetskaya, A.A., Sinelnikov, A.O., Tikhmenev, N.V. Laser gyros with increased time of continuous operation // 18th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2011 – Proceedings. 2011. P. 53.
13. Golyaev, Yu.D., Zapotylo, N.R., Nedzvetskaya, A.A., Sinel'nikov, A.O. Thermally stable optical cavities for Zeeman laser gyroscopes // Optics and Spectroscopy 113(2). 2012. P. 227–229.

**Sinelnikov A.O., Kuznetsov E.V., Golyaev Yu.D., Kolbas Yu.Yu., Solovyova T.I.** Computer simulation of the operation of cavity perimeter control system for Zeeman laser gyroscope

*Computer simulation of the processes in the regulatory control system of operation for cavity perimeter of Zeeman laser gyroscope (LG) enables the precise prediction of its single-mode operation time with consistently high accuracy. The paper discusses the simulation technique, which allows replacing hours of in-process testing by short one-hour's tests, and further use the acquired data for the prediction of LG behavior by means of an approximating function. It presents the algorithm implementing the technique proposed and the results of the experimental research, which confirm a good match of the approximating function with the observed dependence. The application of the method results in multiple reduction of LG production time at the process phase and the availability of data for LG sorting subject to their characteristics. Altogether, this improves the organization of Zeeman LG manufacture and aligns it with lean manufacturing requirements, such as the elimination of useless procedures and the reduction of production step duration.*

*Keywords: laser gyroscope, computer simulation, Zeeman frequency base plate.*