



УДК 531.383; 623
doi:10.21685/2587-7704-2022-7-1-12



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Применение гироскопов в военной технике

Юлия Сергеевна Горюнова

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
yuliya1998199838@gmail.com

Анастасия Игоревна Лобзова

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
nastya89085358362@yandex.ru

Елена Александровна Бадеева

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
badeeva_elena@mail.ru

Аннотация. Показана востребованность применения гироскопов на изделиях военного назначения. Рассмотрены особенности гироскопа, приведены результаты анализа его разновидностей. Особое внимание уделено сферам применения гироскопов в современных системах военной техники. Область использования данных приборов в военном деле обширна: навигационные системы сухопутных транспортных средств и морских судов, роботизированные модели, обеспечивающие безопасность бойца – и в будущем будет планомерно расширяться.

Ключевые слова: гироскоп, военная техника, навигационная система, технология GPS, технология виртуальной реальности, робототехника, устройства наведения ракет и бомбометания

Для цитирования: Горюнова Ю. С., Лобзова А. И., Бадеева Е. А. Применение гироскопов в военной технике // Инжиниринг и технологии. 2022. Т. 7(1). С. 1–6. doi:10.21685/2587-7704-2022-7-1-12

The use of gyroscopes in military equipment

Yuliya S. Goryunova

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
yuliya1998199838@gmail.com

Anastasiya I. Lobzova

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
nastya89085358362@yandex.ru

Elena A. Badeeva

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
badeeva_elena@mail.ru

Abstract. The relevance of using gyroscopes for military products is shown. The gyroscope features are considered, and its varieties are analyzed. Special attention is paid to gyroscope application in modern systems of military equipment. The field of using these devices in military affairs is extensive (navigation systems of land vehicles and sea vessels, robotic models that ensure the safety of a fighter, missile guidance devices, etc.), being systematically expanded in the future.

Keywords: gyroscope, military equipment, navigation system, GPS technology, virtual reality technology, robotics, missile guidance and bombing devices

For citation: Goryunova Yu.S., Lobzova A.I., Badeeva E.A. The use of gyroscopes in military equipment. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2022;7(1):1–6. (In Russ.). doi:10.21685/2587-7704-2022-7-1-12



Введение

Ежегодно растет боевая готовность Вооруженных сил России, которые оснащаются новейшими образцами военно-боевой техники. К одному из востребованных приборов, применяемых в составе систем военного назначения, является гироскоп [1–5].

Гироскопом называется прибор, который способен реагировать на изменение угла ориентирования тела, на котором он закреплен. Данное устройство было впервые описано немецким астрономом и математиком Иоганном Боненбергером в 1817 году, однако сам термин «гироскоп» был предложен позднее, в 1852 году, французским физиком Жаном Фуко [6].

Гироскоп Боненбергера представлял собой карданов подвес, внутри которого был закреплен массивный шар. Следующей ступенью развития стал гироскоп с вращающимся диском, изобретенный Уолтером Р. Джонсом [6].

В 1852 году Жан Фуко впервые использовал гироскоп по своему прямому назначению, а именно для определения изменения направления движения тела. С помощью гироскопа он продемонстрировал вращение Земли вокруг своей оси. И пусть данный опыт оказался неудачным, но темпы развития гироскопов нарастали, а сфера применения становилась только шире [7].

Принцип действия самого простейшего гироскопа, примером которого является обыкновенная детская игрушка волчок, заключается в следующем: при действии внешней силы ось волчка также начинает изменяться в соответствии с направлением, перпендикулярным вектору силы. Именно поэтому волчок не падает на свою ось, а продолжает движение, описывая вокруг себя конус [8].

Первое практическое применение гироскопа нашел в военной промышленности в 80-х годах двадцатого века. Данное устройство было использовано для стабилизации курса торпеды, а сам прибор получил свое название по имени своего создателя – гироскоп Обри [9].

Материал и методика

Гироскопы в военном деле применяются для самых разных целей: в навигации, в робототехнике, устройствах наведения ракет, военных беспилотных летательных объектах и квадрокоптерах. На сегодняшний день существует множество разновидностей этого прибора (рис. 1) [3–5, 9–12].

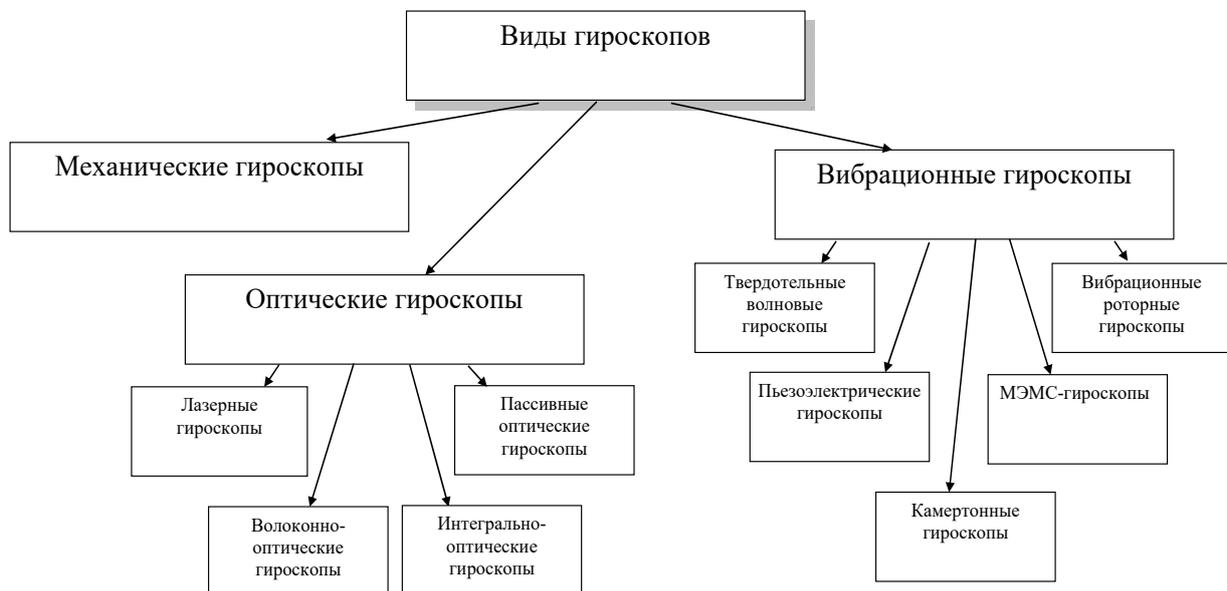


Рис. 1. Разновидности гироскопов

Механические гироскопы можно считать устаревшими и применяются они сегодня крайне редко из-за ряда недостатков, таких как низкая точность, большая масса и габариты, низкая надежность работы из-за наличия механических элементов, невысокое быстродействие.

Вибрационные гироскопы используются для измерения угловой скорости объектов. Они содержат в себе вибрирующие детали, которые реагируют на вращение объекта. Принцип работы гироскопов данного вида основывается на измерении кориолисова ускорения. По сравнению с механическими гироскопами у вибрационных имеется ряд неоспоримых преимуществ: меньшие масса и га-



бариты, одна ось чувствительности, отсутствие карданова подвеса и трущихся механических частей, что, в свою очередь, обеспечивает высокую надежность работы устройства.

Волоконно-оптический гироскоп – оптико-электронный прибор, также служащий для измерения угловой скорости. Принцип действия основан на эффекте Саньяка. Его главными достоинствами являются уменьшенные масса и габариты по сравнению с механическими гироскопами, более высокая степень надежности работы, малое потребление энергии, быстрый переход в рабочий режим, широкий динамический диапазон, а также невысокая стоимость.

Обсуждение

К наиболее востребованным сферам применения гироскопов в Вооруженных силах РФ можно отнести следующие:

- 1) сухопутные транспортные средства и морские суда;
- 2) технологии виртуальной реальности и робототехника;
- 3) устройства наведения ракет и бомбометания.

Сухопутные транспортные средства и морские суда

Основная задача, которую должна выполнять навигационная система, заключается в определении местоположения различных типов движущихся объектов. Для начала их работы алгоритмам навигации требуются исходные данные, такие как широта, долгота и высота [13, 14].

Для определения местоположения и ориентации транспортных средств все чаще стали использовать бесплатформенную инерциальную навигационную систему, или как ее называют – доплеровский радар. В данной системе используется лазерный гироскоп, который обеспечивает высокую точность ориентации и азимутальной информации, однако для его реализации необходима большая сумма денег [13].

В настоящее время технология Глобальной системы позиционирования (GPS) используется повсеместно и развивается в направлении высокоточного позиционирования и навигации. Для правильной работы системы навигационные данные, такие как положение, скорость и направление, предоставляемые GPS, должны быть как можно точнее. С целью повышения достоверности собираемых данных и надежности работы всей навигационной системы в целом используется технология RTK (кинематическая система реального времени) для коррекции ошибок в реальном времени, а основные инерционные компоненты, состоящие из гироскопа, акселерометра и магнитного компаса, используются для компенсации и повышения надежности [14].

Технологии виртуальной реальности и робототехника

Наблюдение во время выполнения какой-либо военной операции является одной из наиболее часто выполняемых профессиональных задач. Поэтому в настоящее время стала популярной разработка различных костюмов, тренажеров, устройств виртуальной реальности [15–17].

В высокоточных системах позиционирования используются инерциальные датчики, которые устанавливаются на ногах. Во время реалистичных сценарных измерений в такой системе используются трехосевые акселерометры, гироскопы и магнитометры. Точность определения местоположения оценивается с помощью справочной системы на основе камеры, которая позиционирует себя по отношению к визуальным маркерам, размещенным в предварительно обследованных положениях с использованием слегка измененной версии программного обеспечения ARToolKitPlus [15].

Для оказания помощи в области медицины, в военных операциях, в опасных условиях и в промышленности была разработана модель роботизированной руки. Она была изготовлена с использованием 3D-принтера, и управляется при помощи жеста человека за счет работы модуля акселерометра и гироскопа. Данное оборудование было разработано для того, чтобы обеспечить максимальную безопасность человека [16].

Разрабатываются легкие и портативные устройства, которые объективно измеряют нарушения, связанные с сотрясением мозга, могут улучшить обнаружение травм. Современные стандартные способы диагностики часто в значительной степени опираются на субъективные методы, например, самоотчет о симптомах. Носимые на голове устройства, такие как умные очки, позволяют оценить большое количество параметров, необходимых для разработки быстрого и объективного скрининга черепно-мозговых травм. Оценка равновесия в положении стоя, может служить основой для диагностики сотрясения мозга, может быть оценена количественно с использованием современных готовых смарт-очков с внутренним акселерометром и гироскопом [17].



Устройства наведения ракет, бомбометания и обнаружения мин

При разработке сложного военного электронного оборудования необходимо учитывать влияние многих взаимодействующих эксплуатационных и конструктивных факторов. Как для общей системы вооружения, так и для электронных подсистем, с которыми мы имеем дело, должны быть определены оптимальные соотношения по таким взаимозависимым параметрам, как надежность, вес, точность, ремонтпригодность, стоимость, время полета и уязвимость цели [18].

В настоящее время представлено множество видов ракет, которые выполняют различные функции. Для их наведения, в большинстве случаев, используются гироскопы. Артиллерийские снаряды и ракеты, оснащенные датчиками вращения на основе гироскопов и специальными блоками телеметрии, успешно проходят испытания, показывая перспективность прямого измерения поведения снаряда.

В корабельной пусковой установке зенитных ракет (SAARML) используется трехосевая платформа, стабилизация которой обеспечивается гироскопом (TAG) [19]. Системы SAARML и TAG в данной установке применяются для сопровождения маневрирующей воздушной цели в условиях помех и влияния кинематических сил с базы (палубы корабля) [19].

В ракетах также используется бесплатформенная инерциальная навигационная система. Данная система аналогична BINS, представляет собой волоконно-оптическую стационарную инерциальную навигационную систему, в которой используются трехосевые гироскопы. Представленная навигационная система состоит из каналов измерения угловой скорости на основе трехосевых волоконно-оптических гироскопов с выходами частоты импульсов и каналов измерения линейного ускорения на основе маятниковых акселерометров [20].

Волновые гироскопы применяются в военных целях, данные приборы устанавливаются в системах управления ракетами и торпедами, используются в авиатехнике, бронетехнике, морских и подводных судах [3, 4].

В области авиации беспилотные летательные аппараты, в том числе квадрокоптеры, играют важную роль, поскольку ими можно управлять дистанционно с помощью наземного контроллера, а некоторые из них способны летать автономно с помощью системы автопилота. Их можно использовать для выполнения таких задач, как наблюдение на большой высоте, транспортировка, непосредственно в боевых действиях для обнаружения мин.

Наземные мины являются общей угрозой для военных, гражданских лиц и животных. Ни в чем не повинные люди каждый год гибнут или лишаются конечностей из-за этого смертоносного оружия. MQUAD – это аппаратно-программное решение для обнаружения наземных мин в зоне боевых действий. Данное устройство может дать саперному отряду информацию о точном местоположении обнаруженной наземной мины. Все детали для каркаса квадрокоптера выполнены в 3D-модели и напечатаны с использованием материала PLA, чтобы уменьшить общий вес системы. Контроллер полета для MQUAD разработан с использованием модуля гироскопа, акселерометра и микроконтроллера [16].

Выводы

Сегодня можно смело говорить о том, что Вооруженные силы РФ все активнее используют современные технологии, внедряя их в свою повседневную деятельность и адаптируя под выполнение различного рода профессиональных задач. Так, все чаще используются технологии виртуальной реальности, экзоскелеты, устройства для диагностики травм, самые передовые системы навигации и целеуказания. Все это стало возможным благодаря гироскопам, сфера применения которых с каждым годом становится все шире, открываются новые перспективные направления для развития, появляются новые типы гироскопов.

Список литературы

1. Новейшая техника и вооружения: чем армия сможет защитить Россию. URL: <https://ria.ru/20200223/1565111582.html> (дата обращения: 20.02.2022).
2. Военное обозрение. Военно-промышленный комплекс. Итоги 2020 года. URL: <https://topwar.ru/178616-vpk-itogi-2020-goda.html> (дата обращения: 20.02.2022).
3. Ижевские гироскопы. Оружейники уникальных изделий. URL: <https://rusplt.ru/sdelano-russkimi/izhevskie-giroskopi-oruzheiniki-zapuskayut-60ae264d.html> (дата обращения: 20.02.2022).
4. Степанов А. Уникальные гироскопы начали производить в Ижевске. URL: <https://rg.ru/2019/10/01/unikalnye-giroskopy-nachali-proizvodit-v-izhevске.html> (дата обращения: 20.02.2022).



5. Разработки ООО «АПКБ»: волоконно-оптический гироскоп. URL: <https://www.socium-a.ru/news/article/razrabotki--ooo-apkb-volokonno-opticheskiy-girosko-18739> (дата обращения: 20.02.2022).
6. Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/physics/text/2362236> (дата обращения: 20.02.2022).
7. Гужеля Ю. А. Гироскоп и гравитация // Русская Мысль. 2018. № 1–12. С. 143–172.
8. Карасев В. В., Вовченко Н. В. Эволюция гироскопа // Научные труды Дальрыбвтуза. 2009. № 21. С. 355–365.
9. Павлов В. А. Теория гироскопа и гироскопических приборов : учеб. пособие для приборостроительных вузов и факультетов. 2-е изд. исправ. и доп. Ленинград : Судостроение, 1964. 499 с.
10. Павлов В. А., Поньрко С. А., Хованский Ю. М. Стабилизация летательных аппаратов и автопилоты : учеб. пособие. М. : Высшая школа, 1964. 484 с.
11. Магнус К. Гироскоп. Теория и применение : монография. М. : Мир, 1974. 528 с.
12. Распопов В. Я. Становление и развитие гироскопии в Туле // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 10. С. 3–28.
13. Yang Bo, Wang Yue-gang, Xue Liang, Shan Bin, Wang Bao-cheng. Accurate integrated position and orientation method for vehicles based on strapdown inertial navigation system // Doppler radar. Measurement and Control. 2018. Vol. 51 (9–10). P. 431–442.
14. Huang G.-S., Hsu P.-C., Kao M.-C. Navigation technology using inertial elements to compensate for gps signal-shaded in real time // 2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD). 2020. IEEE. Ho Chi Minh City. Vietnam. doi:10.1109/GTSD50082.2020.9303051
15. Rantakokko J., Emilsson E., Stromback P., Rydell J. Scenario-based evaluations of high-accuracy personal positioning systems // Proceedings of the 2012 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium. 2012. doi:10.1109/PLANS.2012.6236871
16. Bakshi S., Ingale K., Jain A., Karupudiyan S. Design and development of bio-sensitive robotic arm using gesture control // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 912. doi:10.1088/1757-899X/912/3/032062
17. Salisbury J. P., Keshav N. U., Sossong A. D., Sahin N. T. Concussion assessment with smartglasses: Validation study of balance measurement toward a lightweight, multimodal, field-ready platform // JMIR mhealth and uhealth. 2018. Vol. 6 (1). P. 15. doi:10.2196/mhealth.8478
18. Rosenthal S. A., Jaffe H., Katz M. D. A measure of reliability and information quality in redundant systems // IRE Transactions on Reliability and Quality Control, RQC. 1961. Vol. 10 (1). P. 29–37.
19. Koruba Z. Dynamics and control of a gyroscope-stabilized platform in a ship anti-aircraft rocket missile launcher // Diffusion and Defect Data. Pt. B: Solid State Phenomena. 2013. Vol. 196. P. 124–139. doi:10.4028/www.scientific.net/SSP.196.124
20. Gyurosi M. Russia develops strapdown inertial systems for missiles // Jane's Missiles and Rockets. 2006. Vol. 11. P. 75–77.

References

1. *Noveyshaya tekhnika i vooruzheniya: chem armiya smozhet zashchitit' Rossiyu = The latest equipment and weapons: how the army can protect Russia.* (In Russ.). Available at: <https://ria.ru/20200223/1565111582.html> (accessed 20.02.2022).
2. *Voennoe obozrenie. Voенно-promyshlennyy kompleks. Itogi 2020 goda = Military review. Military-industrial complex. Results of 2020.* (In Russ.). Available at: <https://topwar.ru/178616-vpk-itogi-2020-goda.html> (accessed 20.02.2022).
3. *Izhevskie giroskopy. Oruzheyniki unikal'nykh izdeliy = Izhevsk gyroscopes. Gunsmiths of unique items.* (In Russ.). Available at: <https://rusplt.ru/sdelano-russkimi/izhevskie-giroskopi-oruzheiniki-zapuskayut-60ae264d.html> (accessed 20.02.2022).
4. *Stepanov A. Unikal'nye giroskopy nachali proizvodit' v Izhevске = Unique gyroscopes started to be produced in Izhevsk.* (In Russ.). Available at: <https://rg.ru/2019/10/01/unikalnye-giroskopy-nachali-proizvodit-v-izhevске.html> (accessed 20.02.2022).
5. *Razrabotki ООО «АПКБ»: volokonno-opticheskiy giroskop = Developments of LLC Arzamas Design Bureau: fiber-optic gyroscope.* (In Russ.). Available at: <https://www.socium-a.ru/news/article/razrabotki--ooo-apkb-volokonno-opticheskiy-girosko-18739> (accessed 20.02.2022).
6. *Bol'shaya rossiy'skaya entsiklopediya = Great Russian Encyclopedia.* (In Russ.). Available at: <https://bigenc.ru/physics/text/2362236> (accessed 20.02.2022).
7. Guzhelya Yu.A. Gyroscope and gravity. *Russkaya Mysl' = Russian Mind.* 2018;(1–12):143–172. (In Russ.)
8. Karasev V.V., Vovchenko N.V. Evolution of the gyroscope. *Nauchnye trudy Dal'rybvтуza = Scientific Journal of the Far East State Technical Fisheries University.* 2009;(21):355–365. (In Russ.)
9. Pavlov V.A. *Teoriya giroskopa i giroskopicheskikh priborov: ucheb. posobie dlya priborostroitel'nykh vuzov i fakul'tetov. 2-e izd. isprav. i dop = Theory of the gyroscope and gyroscopic instruments: A textbook for instrument-making universities and faculties. 2nd ed. revised and added.* Leningrad: Sudostroenie, 1964:499. (In Russ.)
10. Pavlov V.A., Ponyrko S.A., Khovanskiy Yu.M. *Stabilizatsiya letatel'nykh apparatov i avtopiloty: ucheb. posobie = Stabilization of aircraft and autopilots: A textbook.* Moscow: Vysshaya shkola, 1964:484. (In Russ.)
11. Magnus K. *Giroskop. Teoriya i primeneniye: monografiya = A gyroscope. Theory and application: A monograph.* Moscow: Mir, 1974:528. (In Russ.)



12. Raspopov V.Ya. Formation and development of gyroscopy in Tula. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = News of the Tula State University. Technical Sciences*. 2021;(10):3–28. (In Russ.)
13. Yang Bo, Wang Yue-gang, Xue Liang, Shan Bin, Wang Bao-cheng. Accurate integrated position and orientation method for vehicles based on strapdown inertial navigation system. *Doppler radar. Measurement and Control*. 2018;51(9–10):431–442.
14. Huang G.-S., Hsu P.-C., Kao M.-C. Navigation technology using inertial elements to compensate for gps signal-shaded in real time. *2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD). 2020. IEEE. Ho Chi Minh City. Vietnam*. doi:10.1109/GTSD50082.2020.9303051
15. Rantakokko J., Emilsson E., Stromback P., Rydell J. Scenario-based evaluations of high-accuracy personal positioning systems. *Proceedings of the 2012 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium*. 2012. doi:10.1109/PLANS.2012.6236871
16. Bakshi S., Ingale K., Jain A., Karuppudiyar S. Design and development of bio-sensitive robotic arm using gesture control. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;912. doi:10.1088/1757-899X/912/3/032062
17. Salisbury J.P., Keshav N.U., Sossong A.D., Sahin N.T. Concussion assessment with smartglasses: Validation study of balance measurement toward a lightweight, multimodal, field-ready platform. *JMIR mhealth and uhealth*. 2018;6(1):15. doi:10.2196/mhealth.8478
18. Rosenthal S.A., Jaffe H., Katz M.D. A measure of reliability and information quality in redundant systems. *IRE Transactions on Reliability and Quality Control, RQC*. 1961;10(1):29–37.
19. Koruba Z. Dynamics and control of a gyroscope-stabilized platform in a ship anti-aircraft rocket missile launcher. *Diffusion and Defect Data. Pt. B: Solid State Phenomena*. 2013;196:124–139. doi:10.4028/www.scientific.net/SSP.196.124
20. Gyurosi M. Russia develops strapdown inertial systems for missiles. *Jane's Missiles and Rockets*. 2006;11:75–77.

Поступила в редакцию / Received 25.03.2022

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 30.04.2022

Принята к публикации / Accepted 12.05.2022