

IV. Приборы навигации*Научная статья*

УДК 005.745

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ НАВИГАЦИИ**Мурат Муштафарович Мурзабеков^{1✉}, Вячеслав Филиппович Фатеев²,
Антон Михайлович Каверин³**^{1, 2, 3} ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл., Россия¹ murzabekov@vniiftri.ru[✉], SPIN-код: 9813-9766, ORCID: 0000-0002-7276-0290,
Scopus ID: 57205218990² fateev@vniiftri.ru, SPIN-код: 5385-8126, ORCID: 0000-0001-7902-0212³ a_kaverin@vniiftri.ru, ORCID: 0009-0008-6981-9408

Аннотация. В статье представлены основные тематические направления и вопросы предстоящей IV Научно-технической конференции «Методы и средства навигации», затрагивающие создание комплексированной системы автономной навигации, которая включает навигационную аппаратуру потребителя глобальных навигационных спутниковых систем, инерциальную навигационную систему и измерители параметров гравитационного и магнитного полей Земли.

Ключевые слова: система автономной навигации, гравитационное поле Земли, магнитное поле Земли, инерциальная навигационная система, конференция

Для цитирования: Мурзабеков М.М., Фатеев В.Ф., Каверин А.М. К вопросу о методах и средствах навигации // Альманах современной метрологии. 2026. № 2 (46). С. 106–110.

IV. Navigation instruments*Original article***ON THE QUESTION OF METHODS
AND MEANS OF NAVIGATION****Murat M. Murzabekov^{1✉}, Vyacheslav F. Fateev², Anton M. Kaverin³**^{1, 2, 3} FSUE “VNIIFTRI”, Mendeleevo, Moscow region, Russia¹ murzabekov@vniiftri.ru[✉], SPIN-code: 9813-9766, ORCID: 0000-0002-7276-0290,
Scopus ID: 57205218990² fateev@vniiftri.ru, SPIN-код: 5385-8126, ORCID: 0000-0001-7902-0212³ a_kaverin@vniiftri.ru, ORCID: 0009-0008-6981-9408

Abstract. The article presents the main thematic areas and issues of the upcoming IV Scientific and Technical Conference “Methods and Means of Navigation”, concerning the creation of an integrated autonomous navigation system, which includes Global Navigation Satellite Systems consumer navigation equipment, an inertial navigation system and measurements of the Earth’s gravitational and magnetic fields.

Keywords: autonomous navigation system, Earth’s gravitational field, Earth’s magnetic field, inertial navigation system, conference

© Мурзабеков М.М., Фатеев В.Ф., Каверин А.М., 2026

Альманах современной метрологии № 2 (46) 2026

For citation: Murzabekov M.M., Fateev V.F., Kaverin A.M. On the question of methods and means of navigation. *Almanac of Modern Metrology*. 2026; 46 (2): 106–110.

Современные требования к надёжности и обеспечению непрерывной навигации в условиях помех и недоступности сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) обуславливают необходимость разработки интегрированной автономной навигационной системы, обеспечивающей постоянное определение пространственного положения потребителя. В настоящее время широкое распространение получило объединение навигационной аппаратуры потребителя (НАП) ГНСС и бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС). Однако при длительном отсутствии сигналов ГНСС погрешность определения местоположения с использованием БИНС быстро накапливается, что требует её снятия.

Для компенсации этого недостатка и корректировки показаний инерциальной системы возможно использование параметров геофизических полей Земли, в частности гравитационного и магнитного полей Земли (ГПЗ и МПЗ) [1]–[6]. Интеграция этих источников информации позволяет существенно повысить точность и автономность определения пространственного положения потребителя в условиях отсутствия сигналов ГНСС.

Создание такой интегрированной навигационной системы имеет важное практическое значение:

- для обеспечения бесперебойной навигации;
- повышения точности позиционирования;
- расширения возможностей автономной работы;
- улучшения помехозащищённости системы.

Основными составляющими комплексированной автономной системы навигации по ГПЗ и МПЗ являются: НАП, БИНС, бортовые измерители параметров ГПЗ и МПЗ, опорные карты параметров ГПЗ и МПЗ, методы и алгоритмы навигации и вспомогательное оборудование.

Для обмена опытом, достижениями и информацией о новейших тенденциях в области создания комплексированной автономной системы навигации по геофизическим полям Земли, обсуждения существующих проблем и путей их решения предлагается провести четвертую научно-техническую конференцию, которая будет посвящена следующим тематическим направлениям и вопросам:

1. *Методы и средства комплексной навигации с использованием геофизических полей*: методы навигации по геофизическим полям; навигационная информативность геофизических полей; методы подготовки навигационно-гравиметрических и навигационно-магнитометрических карт; комплексные системы навигации с использованием ГПЗ и МПЗ; моделирование навигации по ГПЗ и МПЗ; методы и средства релятивистской геодезии; полигоны для испытаний геофизических систем навигации; другие вспомогательные системы навигации, основанные на изображениях подстилающей поверхности Земли, звёздного неба и др.

2. *Методы и средства уточнения моделей ГПЗ, МПЗ, геоцентрической системы координат и высотной основы:* цифровые геоцентрические системы координат; уточнение модели ГПЗ и МПЗ по данным космических проектов; цифровые базы данных по ГПЗ и МПЗ; методы повышения точности высотной основы; новые методы обработки гравиметрической и магнитометрической информации.
3. *Квантовые технологии гравиметрии, магнитометрии, гироскопии и акселерометрии:* оптические квантовые высокоточные гравиметры, градиентометры, гироскопы и акселерометры; атомные гравиметры, градиентометры и гироскопы фонтанного типа; атомные лазерные гравиметры, градиентометры и гироскопы (на конденсате Бозе — Эйнштейна); квантовые измерители разности гравитационных потенциалов; оптические измерители уклонений отвесной линии; гравитационные градиентометры на крутильных весах; квантовые магнитометры и градиентометры и их применение.
4. *Технологии космической гравиметрии и магнитометрии, в том числе на основе космических аппаратов на сверхнизких орбитах:* бортовые электромеханические, оптические и атомные гравиметры и градиентометры; оптические гравитационные измерители по линии «спутник — спутник»; бортовые моностатические радиовысотомеры; бортовые бистатические радиовысотомеры; космические многоспутниковые геодезические и гравиметрические комплексы; космические магнитометрические проекты.
5. *Бесплатформенные инерциальные системы и гравиметры:* БИНС, системы навигации и ориентации; возможности и принципы построения микроакселерометров для БИНС; возможности и принципы построения микрогироскопов для БИНС; бесплатформенные гравиметры; методы и средства калибровки БИНС.
6. *Радиотехнические средства навигации:* ГНСС; системы функциональных дополнений ГНСС, в том числе на основе наземных псевдоспутников; повышение помехоустойчивости навигационной аппаратуры потребителей ГНСС; локальные и региональные радиотехнические навигационные системы; ассистирующие навигационные технологии; комплексирование бортовых навигационных устройств, перспективные требования и направления совершенствования.

Научно-техническая конференция под названием «Методы и средства навигации» будет проводиться ФГУП «ВНИИФТРИ» совместно с Научным советом Российской академии наук по проблеме «Координатно-временное и навигационное обеспечение» при поддержке Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) с 30 сентября по 02 октября 2026 года в г. Ярославль, отель «Ринг Премьер Отель», ул. Свободы, д. 55.

Организаторы конференции приглашают всех желающих принять в ней участие.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии сторонней финансовой поддержки при подготовке настоящей статьи.

Вклад авторов. Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов в связи с информацией, представленной в данной статье.

Funding. The authors declare that they received no external financial support for preparing this article.

Contribution of the authors. The authors have made equivalent contributions to the preparation of the article.

Conflict of interests. The authors declare that they have no potential conflict of interest related to the content presented in this article.

Список источников

1. Денисенко О.В., Пустовойт В.И., Сильвестров И.С., Фатеев В.Ф. Проблемы развития бесшовной ассистирующей технологии навигации в ГНСС ГЛОНАСС на основе измерений параметров геофизических полей // Альманах современной метрологии. 2020. № 4 (24). С. 127–160. EDN: QUQOJL.
2. Сазонова Т.В. Экспериментальные исследования точностных характеристик корреляционно-экстремальных навигационных систем по магнитному полю Земли // Альманах современной метрологии. 2020. № 4 (24). С. 86–96. EDN: SAKKTU.
3. Canciani A.J., Raquet J.F. Airborne magnetic anomaly navigation // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. 2017. V. 53. № 1. P. 67–80. <https://doi.org/10.1109/TAES.2017.2649238>.
4. Gnadt A.R. Machine learning-enhanced magnetic calibration for airborne magnetic anomaly navigation // Proceedings of AIAA SCITECH 2022 Forum. 2022. 1760. <https://doi.org/10.2514/6.2022-1760>.
5. Wilson J.M., Kline-Schoder R.J., Kenton M.A., Sorensen P.H., Clavier O.H. Passive navigation using local magnetic field variations // Proceedings of the 2006 National Technical Meeting of the Institute of Navigation, Monterey, CA, USA. January 2006. P. 770–779.
6. Muradoglu M., Johnsson M.T., Wilson N.M. et al. Quantum-assured magnetic navigation achieves positioning accuracy better than a strategic-grade INS in airborne and ground-based field trials. 10 April 2025. URL: <https://arxiv.org/pdf/2504.08167> (дата обращения: 22.06.2026).

References

1. Denisenko O.V., Pustovoyt V.I., Silvestrov I.S., Fateev V.F. Development problems of seamless assisting navigation technology in GLONASS GNSS on the basis of measurements of geophysical field parameters. *Almanac of Modern Metrology*. 2020; 4 (24): 127–160. EDN: QUQOJL. (In Russ.)
2. Sazonova T.V. Experimental studies of accuracy characteristics of correlation-extreme navigation systems by the Earth's magnetic field. *Almanac of Modern Metrology*. 2020; 4 (24): 86–96. EDN: SAKKTU. (In Russ.)

3. Canciani A.J., Raquet J.F. Airborne magnetic anomaly navigation. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*. 2017; 53 (1): 67–80. <https://doi.org/10.1109/TAES.2017.2649238>.
4. Gnadt A.R. Machine learning-enhanced magnetic calibration for airborne magnetic anomaly navigation. In: *Proceedings of AIAA SCITECH 2022 Forum*. 2022; 1760. <https://doi.org/10.2514/6.2022-1760>.
5. Wilson J.M., Kline-Schoder R.J., Kenton M.A., Sorensen P.H., Clavier O.H. Passive navigation using local magnetic field variations. In: *Proceedings of the 2006 National Technical Meeting of the Institute of Navigation*, Monterey, CA, USA. January 2006. P. 770–779.
6. Muradoglu M., Johnsson M.T., Wilson N.M. et al. Quantum-assured magnetic navigation achieves positioning accuracy better than a strategic-grade INS in airborne and ground-based field trials. 10 April 2025. URL: <https://arxiv.org/pdf/2504.08167>.

Статья поступила в редакцию 23.06.2026; одобрена после рецензирования 24.06.2026; принята к публикации 25.06.2026.

The article was submitted 23.06.2026; approved after reviewing 24.06.2026; accepted for publication 25.06.2026.