

**2021 ГОД — НАЧАЛО НОВОГО ЭТАПА РАБОТ
ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ
СИСТЕМЫ ГЛОНАСС**

С.И. Донченко, О.В. Денисенко, В.Н. Федотов, И.С. Сильвестров

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл., Россия,
director@vniiftri.ru,
denisenko@vniiftri.ru,
fedotov@vniiftri.ru,
igsilv@vniiftri.ru*

Аннотация. В статье подводятся итоги работ по развитию системы метрологического обеспечения системы ГЛОНАСС в рамках мероприятий ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» во ФГУП «ВНИИФТРИ». Обсуждаются перспективы предстоящих работ в наступившем новом десятилетии.

Ключевые слова: система ГЛОНАСС, перспективы развития, технические средства метрологического обеспечения.

**2021 — THE BEGINNING OF A NEW STAGE
OF WORK ON METROLOGICAL SUPPORT
OF THE GLONASS SYSTEM**

S.I. Donchenko, O.V. Denisenko, V.N. Fedotov, I.S. Sylvestrov

*FSUE "VNIIFTRI", Mendeleevo, Moscow region, Russia,
director@vniiftri.ru,
denisenko@vniiftri.ru,
fedotov@vniiftri.ru,
igsilv@vniiftri.ru*

Annotation. The article summarizes the work on the development of the system of metrological support of the GLONASS system within the framework of the activity of the Federal Target Program "Maintenance, development and use of the GLONASS system for 2012–2020" at FSUE "VNIIFTRI". The prospects of the future work in the new decade are discussed.

Key words: GLONASS system, development prospects, technical means of metrological support.

В 2020 году во ФГУП «ВНИИФТРИ» был успешно завершён очередной этап работ по созданию и развитию средств метрологического обеспечения системы ГЛОНАСС. Выполнение данных работ было начато в 2012 году и проводилось в рамках ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы». Целью проводившихся во ФГУП «ВНИИФТРИ» мероприятий являлось решение задач по обеспечению единства измерений для широкого круга координатно-временных, частотно-временных, радиотехнических, оптических и других видов средств измерений, входящих в состав системы ГЛОНАСС.

Основным нормативно-правовым документом, устанавливающим базовые требования к системе обеспечения единства измерений в Российской Федерации, является Федеральный закон № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 года, в соответствии с которым в сфере государственного регулирования обеспечения единства допускается применение только средств измерений утверждённого типа, прошедших поверку. При этом к сфере государственного регулирования относятся такие сферы широкого применения сигналов системы ГЛОНАСС [1], как осуществление деятельности по обеспечению безопасности при чрезвычайных ситуациях, выполнение работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда, осуществление деятельности в области безопасности государства, осуществление геодезической и картографической деятельности, выполнение поручений суда, органов прокуратуры, государственных органов исполнительной власти, обеспечение безопасности дорожного движения. При этом ФГУП «ВНИИФТРИ» проводит работы, направленные как на непосредственное повышение точностных характеристик средств измерений из состава системы ГЛОНАСС и самой системы в целом, так и на обеспечение выполнения требований законодательства в сфере обеспечения единства измерений при функционировании системы.

В рамках проводившихся в 2012–2020 годах мероприятий по развитию средств метрологического обеспечения системы ГЛОНАСС во ФГУП «ВНИИФТРИ» были:

- созданы и модернизированы стационарный и мобильный комплексы метрологического обеспечения средств оценки характеристик беззапросных и запросных измерительных радиотехнических средств наземного комплекса управления системы ГЛОНАСС;
- созданы и модернизированы стационарные комплексы метрологического обеспечения бортовых радиотехнических средств навигационного КА и навигационной аппаратуры потребителей системы ГЛОНАСС гражданского применения [2];
- созданы средства испытаний и измерений радиоэлектронного оборудования, входящего в состав системы ГЛОНАСС, по параметрам электромагнитной совместимости;
- созданы средства метрологического обеспечения средств измерений координат;
- созданы средства метрологического обеспечения средств измерений азимута;
- модернизированы средства метрологического обеспечения средств измерений больших длин.

Созданные комплексы позволяют решать задачи метрологического обеспечения как непосредственно средств измерений из состава системы ГЛОНАСС, так и средств измерений на основе использования сигналов системы ГЛОНАСС, применяемых в геодезии и картографии, строительстве, построении испытательных полигонов различного назначения, мониторинге объектов повышенной опасности, решении задач в сфере транспорта. Технологические и научные решения, полученные при их разработке, могут использоваться для оценки и контроля точностных и функциональных характеристик аппаратуры спутниковой навигации, используемой в таких проектах, как НТИ AutoNet, AeroNet, MariNet, «ЭРА-ГЛОНАСС», а также в других проектах, направленных на внедрение спутниковой навигационной аппаратуры в различные сферы деятельности (в области «умного» земледелия, страхования, обеспечения безопасности жизнедеятельности и т.д.). Оценка точностных и функциональных характеристик средств измерений, в том числе в реальных/приближённых к реальным условиям эксплуатации, позволяет не только оценить применимость создаваемых навигационных средств для тех или иных задач, но и, в ряде случаев, повысить их точностные характеристики за счёт использования результатов проведённых измерений.

В 2021 году начат новый этап развития системы ГЛОНАСС, призванный обеспечить повышение эффективности использования системы ГЛОНАСС за счёт развития бортовой и наземной инфраструктуры, в том числе навигационных космических аппаратов, создания перспективных средств и комплексов на основе системы ГЛОНАСС в обеспечение широкомасштабного использования предоставляемых услуг, в том числе в самоуправляемых роботизированных системах в транспортном, агропромышленном комплексах и в других отраслях экономики. Развитие средств метрологического обеспечения системы ГЛОНАСС является неотъемлемой частью деятельности, направленной на достижение вышеуказанной цели.

Исходя из основных тенденций и тенденций развития навигационных и геоинформационных технологий, можно выделить следующие основные направления развития средств метрологического обеспечения системы ГЛОНАСС на период 2021–2030 гг.:

- Создание средств метрологического обеспечения высокоорбитального космического комплекса. Одним из перспективных направлений развития ГНСС является внедрение в состав сигналов, передаваемых непосредственно НКА ГНСС, информации, необходимой для реализации технологии высокоточного определения местоположения потребителя в реальном времени (Precise Point Positioning — PPP) [3]. Реализация данного подхода в рамках развития системы ГЛОНАСС на период 2021–2030 годов планируется в ходе введения в состав навигационного космического комплекса высокоорбитального космического комплекса. При этом с использованием

сигналов ВКК будет осуществляться решение задач в таких областях, как геодезия и картография, строительство, транспорт, высокоточное земледелие. Для новых НКА потребуется широкий комплекс средств метрологического обеспечения — от средств контроля характеристик энергетических, временных и спектральных характеристик сигналов до средств формирования сигналов таких НКА.

- Создание средств метрологического обеспечения повышенной точности для средств измерений, применяемых в составе существующих составных элементов системы ГЛОНАСС. В рамках перспективных требований к системе ГЛОНАСС предусмотрено повышение требований к точностным характеристикам системы при предоставлении различных навигационных услуг, что приведёт к необходимости повышения точности соответствующих средств измерений, а следовательно, и к необходимости создания (модернизации) соответствующих средств метрологического обеспечения.
- Создание средств метрологического обеспечения для испытательных комплексов, осуществляющих оценку комплексных измерительных систем из состава системы ГЛОНАСС в сборе. Примером являются создаваемые и планируемые к созданию комплексы оценки характеристик средств измерений при их непосредственном размещении на навигационном космическом аппарате в ходе проведения испытаний. Поскольку характеристики средств измерений при их размещении на борту НКА могут существенно отличаться от характеристик, полученных в лабораторных условиях [1, 4], необходимость создания таких испытательных комплексов является несомненной. Однако для их калибровки потребуется создание нового поколения средств метрологического обеспечения в интересах достижения высокоточных и достоверных результатов испытаний.
- Создание средств метрологического обеспечения НАП, комплексированной с дополнительными источниками навигационной информации. Потенциально наиболее широко востребованными и внедряемыми примерами НАП, используемой совместно с дополняющими технологиями навигации, является создание комплексов навигации для автономного транспорта и комплексов навигации, комплексированных с инерциальными навигационными системами [5], а также с такими источниками навигационной информации, как лидары, радары, системы технического зрения и камеры высокого разрешения, системы взаимодействия с объектами инфраструктуры, переизлучатели сигналов ГНСС, псевдоспутниковые системы и так далее. Существующие средства метрологического обеспечения позволяют решить задачи оценки и контроля точностных характеристик только для отдельных элементов измерительных комплексов и не позволяют осуществлять метрологическое обеспечение для комплексированной НАП в целом.

- Создание средств метрологического обеспечения помехоустойчивой НАП. Одним из основных требований, предъявляемых потребителями к перспективной навигационной аппаратуре, является необходимость решения навигационных задач в условиях естественных и искусственных помех. При этом помимо оценки навигационных систем в условиях, приближённых к реальным условиям эксплуатации, необходима также оценка собственных инструментальных погрешностей навигационных систем. Существующие на сегодняшний день комплексы не позволяют в полном объёме, например, решать задачи метрологического обеспечения для НАП, применяющих антенные системы, имеющие перестраиваемые диаграммы направленности.
- Создание в структуре Росстандарта Центра метрологического мониторинга параметров и характеристик навигационного поля, создаваемого системой ГЛОНАСС, необходимого для выполнения возложенных на Росстандарт функций.
- Создание системы дистанционной калибровки НАП гражданского назначения, которая бы позволила обеспечить возможность повышения точности измерений, проводимых различными потребителями за счёт применения результатов функционирования высокоточных метрологических комплексов.

Исходя из вышеуказанных направлений развития, во ФГУП «ВНИИФТРИ» предполагается проведение мероприятий по следующим направлениям:

- разработка средств метрологического обеспечения навигационного космического комплекса ГЛОНАСС в интересах достижения тактико-технических характеристик системы по предоставлению базовых услуг навигации, услуг навигации высокой точности и надёжности;
- разработка комплекса средств метрологического обеспечения навигационных средств потребителя, использующих сигналы системы ГЛОНАСС, и ассистирующих радиотехнических и оптических систем, а также перспективной навигационной аппаратуры потребителей глобальных навигационных спутниковых систем, комплексированной с инерциальными навигационными системами;
- развитие комплекса метрологического обеспечения навигационных средств потребителя, использующих услугу относительной навигации, и дальномерных средств измерений из состава системы ГЛОНАСС;
- совершенствование комплекса полунатурного моделирования пространственного навигационного поля сигналов глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС и ассистирующих навигационных технологий для метрологического обеспечения помехозащищённых навигационных средств;
- комплексные исследования и научно-техническое обоснование перспективных технологий метрологического обеспечения системы ГЛОНАСС.

Выполнение мероприятий по данным направлениям является одним из условий для обеспечения в Российской Федерации уровня услуг координатно-временного и навигационного обеспечения, основой которых является система ГЛОНАСС, соответствующих потребностям потребителей в навигационных технологиях.

Список литературы

1. ГЛОНАСС. Модернизация и перспективы развития: монография / Под ред. А.И. Перова. М.: Радиотехника, 2020. 1072 с.
2. Завгородний А.С. Результаты наблюдений навигационных космических аппаратов при помощи специализированного метрологического комплекса (МК ОЭХ) // Системный анализ, управление и навигация: тезисы докладов XXIII международной научной конференции (1–8 июля 2018 г., Евпатория). М.: МАИ, 2018. С. 33–35.
3. Springer Handbooks of Global Navigation Satellite Systems / P.J.G. Teunissen, O. Montenbruck (Eds.). Springer, 2017. 1329 p.
4. Karaush E., Pecheritsa D. Investigation of Inter-Frequency Signal Delays on Board GLONASS Navigation Satellites // Measurement Techniques. 2020. V. 63. No. 3. P. 220–225.
5. Карауш А.А., Карауш Е.А., Бурцев С.Ю. и др. Оценивание смещения шкалы времени перевозимого стандарта частоты, находящегося в движении, по сигналам ГНСС // Гироскопия и навигация. 2020. Т. 28. № 3 (110). С. 60–75.

Статья поступила в редакцию: 16.11.2020 г.

Статья прошла рецензирование: 30.11.2020 г.

Статья принята в работу: 04.12.2020 г.