



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
"КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО "АРСЕНАЛ" ИМЕНИ М.В. ФРУНЗЕ"  
(АО "КБ "АРСЕНАЛ")

ул. Комсомола, д.1-3, Санкт-Петербург, 195009  
Тел.: (812) 542-29-73 Факс: (812) 542-20-60  
http://www.kbarsenal.ru e-mail: kbarsenal@kbarsenal.ru  
ОГРН 1177847042229, ОКПО 06506278  
ИНН 7804588900, КПП 780401001

ФГБОУ ВПО "Московский авиационный  
институт"

Председателю диссертационного  
Совета Д 212.125.12

В.В. Малышеву

ш. Волоколамское, дом 4, Москва, А-  
80, ГСП-3, 125993

от 23.10.2019 № 1611/536/1148

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Об отзыве на диссертацию

Галиханова

Уважаемый Вениамин Васильевич!

Высылаю Вам отзыв ведущей организации - Акционерного общества "Конструкторское бюро "Арсенал" имени М.В. Фрунзе" на диссертационную работу Галиханова Никиты Кадимовича на тему "Формирование облика системы определения ориентации перспективного космического аппарата ГЛОНАСС", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника).

Приложение: Отзыв – в 2 экз., на 6-ти листах каждый.

Первый заместитель генерального  
директора

А.И. Шевкунов

Борцин  
(812) 292-49-30



DIR-783051

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. № 31 / 10 2019



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
"КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО "АРСЕНАЛ" ИМЕНИ М.В. ФРУНЗЕ"  
(АО "КБ "АРСЕНАЛ")

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель  
генерального директора



А.И. Шевкунов

2019 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации

Акционерного общества "Конструкторское бюро "Арсенал" имени М.В. Фрунзе" на диссертационную работу Галиханова Никиты Кадимовича на тему "Формирование облика системы определения ориентации перспективного космического аппарата ГЛОНАСС", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)

### **Актуальность темы**

Проблема точности ГЛОНАСС является актуальной при выполнении мероприятий Федеральной целевой программы (ФЦП) "Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы". Как известно, эфемеридно-временная информация космических аппаратов (КА) ГЛОНАСС является основой для решения навигационной задачи потребителей, точность которой является одним из целевых показателей ФЦП. Прецизионное формирование и прогнозирование эфемерид КА возможно только при учете широкого спектра факторов – от сил гравитационной природы до реактивных сил и воздействия светового давления. Факторы же неподдающиеся

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

31 10 20 19

моделированию должны быть ограничены. Основной причиной немоделируемых ускорений, существенно влияющих на точность прогнозирования эфемерид КА, являются погрешности работы бортовой системы ориентации и стабилизации (СОС), входящей в состав системы управления КА. Устранение этого эффекта требует проведения определенных мероприятий при проектировании и изготовлении КА и их бортовых систем. В этой связи, поставленная автором задача формирования облика интегрированной системы определения ориентации перспективного КА ГЛОНАСС является, несомненно, актуальной.

### ***Научные результаты диссертации и их новизна***

В диссертации получены следующие наиболее существенные научные результаты:

1. Впервые сформирован облик системы определения ориентации перспективного КА системы ГЛОНАСС на основе комплексирования астрооптической измерительной информации межспутниковой лазерной навигационно-связной системы (МЛНСС) и малогабаритного блока измерения скоростей (МБИС). Под обликом автор понимает архитектуру, состав аппаратных средств, методики, математические модели и алгоритмы функционирования системы определения ориентации КА. В указанной схеме комплексирования терминалы МЛНСС используются в качестве высокоточного поворотного звездного датчика. В свою очередь измерения угловой скорости, получаемые от МБИС, применяются для осуществления прогнозирования кватерниона ориентации КА между сеансами измерений терминалов МЛНСС.

2. Разработан новый трехэтапный алгоритм высокоточного решения задачи определения пространственной ориентации перспективного КА системы ГЛОНАСС на основе интеграции измерительной информации МБИС и двух терминалов МЛНСС. На первом этапе, в режиме калибровочного маневра, осуществляется уточнение неполного вектора состояния, при этом три компоненты матрицы согласования системы координат КА и эталонного терминала МЛНСС фиксируются. На втором этапе на основе проведения измерений по маякам, установленным в плоскости крепления навигационных антенн КА, осуществляется оценка трех фиксированных на предыдущем этапе компонент вектора состояния. После чего, полученная оценка вектора

состояния и его матрицы ковариации используется для формирования несмещенной оценки кватерниона ориентации на третьем этапе функционирования разработанного алгоритма в режиме штатного функционирования. Отличие указанного алгоритма от существующих отражено в составе уточняемых параметров, в которые помимо кватерниона ориентации включены калибровочные поправки МБИС и терминалов МЛНСС.

3. Разработана методика формирования программы измерений терминалов МЛНСС, обеспечивающая выбор звезд из состава бортового астрокаталога для однозначного определения ориентации КА исходя из условий максимума интервала наблюдения ориентиров и потенциальной точности формируемого решения задачи определения параметров ориентации КА, а также минимума времени наведения на ориентир.

4. Впервые разработан специализированный программно-математический комплекс имитационного моделирования работы разработанной системы определения ориентации перспективного КА системы ГЛОНАСС на основе измерительной информации терминалов МЛНСС и МБИС. Автором сформированы имитационные модели учета влияния гравитационное поля Земли, давления прямого солнечного излучения на элементы конструкции КА с учетом теневых участков орбиты, магнитного поля Земли, параметрических возмущений подвижных элементов конструкции КА, отличия реальных массогабаритных характеристик КА от номинальных, неидеальности функционирования бортового оборудования КА, в том числе терминалов МЛНСС.

**Научная значимость** результатов работы заключается в том, что разработанный Галихановым Н.К. трехэтапный алгоритм определения вектора состояния системы на основе интеграции астрооптической измерительной информации терминалов МЛНСС и МБИС вносит вклад в развитие методов и алгоритмов высокоточного определения ориентации КА на основе использования математического аппарата кватернионов и статистической обработки измерений. Разработанные автором математические модели системы ориентации и стабилизации КА ГЛОНАСС являются развитием аппарата математического моделирования сложных технических систем.

**Обоснованность научных результатов** диссертации подтверждается корректным применением современных методов научного исследования, строгостью математических формулировок, положений и выводов. **Достоверность** подтверждается непротиворечивостью результатов, полученных в процессе имитационного моделирования, известным результатам, представленным в предшествующих исследовательских работах. Подтверждением *объективности выводов*, полученных в процессе диссертационного исследования, является достаточная апробация материалов диссертации в научной печати, в том числе в четырех изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Результаты диссертации неоднократно докладывались на научно-технических конференциях.

Повышение точности определения кватерниона ориентации перспективного КА системы ГЛОНАСС от применения разработанного облика подчеркивает **практическую значимость** работы. В соответствии с приведенными в диссертации результатами имитационного моделирования, предельная погрешность определения углов ориентации КА не превышает  $\pm 0.01^\circ$ , в том числе на участках орбиты, где угол «Солнце-объект-Земля» принимает большие и малые значения. Достижение указанного уровня точности от применения разработанного облика вносит вклад в поддержание конкурентоспособного уровня отечественной навигационной системы ГЛОНАСС.

Прикладная значимость результатов диссертации подтверждается актами о внедрении в учебном процессе кафедры 704 «Информационно-управляющие комплексы» МАИ и в составной части научно-исследовательской работы «Развитие-МО-СПП» в рамках текущей ФЦП.

Полученные Галихановым Н.К. результаты и разработанные рекомендации по применению сформированного облика системы определения ориентации в дальнейшем могут использоваться при разработке новейших образцов бортового оборудования КА ГЛОНАСС. Разработанные математические модели и алгоритмы рекомендуются к использованию в составе программно-алгоритмического обеспечения СОС для высокоточного определения кватерниона ориентации КА различного назначения на основе поворотных астрооптических средств.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника).

Автореферат диссертации полно и грамотно отражает основное содержание диссертации.

Работа и отзыв рассмотрены и обсуждены на НТС АО «КБ «Арсенал» (протокол заседания от 18 октября 2019 года).

### ***Недостатки диссертации***

При общей положительной оценке работы, диссертация не лишена определенных недостатков, в качестве которых необходимо отметить следующие:

1. В тексте диссертации не в полной мере приведено обоснование выбора порога яркости ориентира (равного  $4^{(m)}$ ) и минимального углового расстояния между ориентирами (равного  $15^\circ$ ) при формировании бортового астрокаталога.

2. В списке сокращений и обозначений отражены не все используемые в работе сокращения (например, TRIAD). И наоборот, в указанном списке имеются сокращения, не встречающиеся в тексте (например, FOV).

3. В тексте автореферата сокращение «КА» используется до того, как оно было введено.

4. В тексте автореферата и диссертации не указано о какой величине «погрешности определения параметров ориентации по самому точному каналу», (равной  $0.075^\circ$ ), идет речь. Имеется ли ввиду предельная погрешность или по уровню?

Отмеченные недостатки не влияют на достоверность основных положений диссертации, выводов и рекомендаций, не умаляют ее научной и практической значимости.

### ***Заключение***

Диссертация Галиханова Н.К. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержит новые научные результаты, которые обладают научной и практической значимостью. Диссертация содержит

решение актуальной научной задачи, имеющей существенное значение для развития методов и средств совершенствования компонент системы управления КА ГЛОНАСС, и, в целом, вносит вклад в поддержание конкурентоспособного уровня системы ГЛОНАСС.

Диссертация обладает внутренним единством изложения, выводы обоснованы, а результаты, основные положения и рекомендации достоверны. По совокупности признаков, работа удовлетворяет требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор – Галиханов Никита Кадимович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника).

Советник генерального директора  
по стратегическому планированию  
заслуженный деятель науки РФ,  
доктор технических наук, профессор



Ковалев Александр Павлович

Начальник отдела организации и сопровождения  
научной деятельности  
кандидат военных наук



Борщин Александр Леонтьевич

АО "Конструкторское бюро "Арсенал" имени М.В. Фрунзе"

Адрес: 195009, г. Санкт-Петербург, ул. Комсомола, д. 1-3, Лит. М, Пом. 19-Н

Телефон: (812) 292-49-30, e-mail: kbarsenal@kbarsenal.ru

Официальный сайт: [www/kbarsenal.ru](http://www/kbarsenal.ru)