



Государственная корпорация
по космической деятельности «Роскосмос»
Акционерное общество
«Центральный научно-исследовательский институт
машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»)



ул. Пионерская, д. 4, корп. 22
г.о. Королёв,
Московская область, 141070

Тел.: +7 (495) 513 5951
Факс: +7 (495) 512 2100

e-mail: corp@tsniiimash.ru
<http://www.tsniiimash.ru>

ОГРН 1195081054310
ИНН/КПП 5018200994/501801001

23.04.2021 г. исх. № 03000-7408
исх. № _____ от _____

Проректору по научной работе ГБОУ ВО
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)»
Ю.А. Равиковичу

Уважаемый Юрий Александрович!

В ответ на Ваше письмо (исх. № 604-10-106 от 01.03.21), направляю отзыв
Болкунова Алексея Игоревича на диссертационную работу Зай Яр Вина, Республика
Союз Мьянма, на тему «Формирование облика орбитальной группировки дополнения
ГЛОНАСС для улучшения характеристик спутниковой навигации региональных
потребителей».

Приложение: Отзыв на диссертационную работу на 6 л. в 2 экз.

Зам. начальника ИАЦ КВНО

С уважением,
Алексей

С.А. Панов

Болкунов Алексей Игоревич
84955135424

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«28_04_2021 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук,

Болкунова Алексея Игоревича

на диссертационную работу Зай Яр Вина

«Формирование облика орбитальной группировки дополнения ГЛОНАСС для улучшения характеристик спутниковой навигации региональных потребителей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Вопросы, рассмотренные в диссертационной работе Зай Яр Вин возникли лишь в последнее десятилетие. Это вызвано тем, что высокая точность и стабильность потребительских характеристик российской глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС) позволяют рассматривать ее как основу координатно-временного и навигационного обеспечения других стран. Однако, для достижения паритета с другими навигационными системами в низкоширотном поясе должны быть разработаны составные части системы ГЛОНАСС на новом конкурентоспособном научно-техническом уровне, в том числе – и модернизированная орбитальная группировка системы с увеличенным составом космических аппаратов (КА) на средневысотных и высотных орбитах, способствующая повышению доступности, точности и устойчивости навигации потребителей системы ГЛОНАСС. Соответственно, разработка методического и, на его основе, специального алгоритмического и программного обеспечения являются востребованными и актуальными.

Анализ содержания диссертации. Особенностью диссертационных исследований автора является тщательная и всесторонняя проработка вопросов, связанных с формирования облика высокоорбитального космического комплекса дополнения орбитальной группировки ГЛОНАСС для повышения её конкурентоспособности среди потребителей, находящихся как на территории Российской Федерации, так и в странах экваториального и низкоширотного пояса (страны БИМТЭК, BIMSTEC - Инициатива стран Бенгальского залива по многоотраслевой технико-экономической кооперации), что существенно

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«28» 04 2021 г.

отличает представленную диссертацию от работ других авторов. Материал диссертации логически связан, хорошо иллюстрирован и аргументирован.

Основным результатом **первой главы** является системная формализация задачи совершенствования структуры орбитальной группировки ГЛОНАСС с учетом требований региональных потребителей к навигационной информации. На основе выявленных недостатков, которые, с точки зрения их конкурентоспособности в Российской Федерации и странах БИМТЭК, носят критический характер, определена задача разработки облика орбитальной группировки дополнения ГЛОНАСС, обеспечивающей наилучшие характеристики спутниковой навигации региональных потребителей как совместный выбор проектных параметров орбитальной группировки и стратегии коррекций из условия максимальной доступности.

Вторая глава посвящена формированию обоснованной математической модели навигационных космических аппаратов орбитальной группировки, представляющая собой модели высокоточного прогнозирования векторов состояния КА на фоне которых производятся периодические коррекции поддержания их трассы. Расчеты, проводимые с использованием предложенных математических моделей, являются основой для расчета доступности навигационного сигнала как с учетом совместного функционирования штатных КА ГЛОНАСС с дополненными КА на средневысотных и высотных орбитах, так и с учетом их планового технического обслуживания.

Третья глава логично посвящена разработке методики построения и техническому облику программно-математического обеспечения средств анализа и выбора предпочтительных вариантов построения орбитальных группировок. Представлена архитектура программно-математического обеспечения, определен перечень задач, решаемых отдельными модулями и механизмы их информационного взаимодействия. Отличительной особенностью представленного специализированного программно-математического обеспечения является возможность исследования различных вариантов структур

высокоорбитального сегмента с точки зрения эффективного обеспечения реализации навигационных услуг, анализа ухудшения навигационных характеристик под воздействием возмущающих факторов различного типа, а также определения стратегии их пассивной и активной компенсации.

Для подтверждения предложенной методики и оценки ее практической значимости **в четвертой главе** приведены результаты экспериментальной отработки, для которой в качестве исходных данных были использованы действующий состав и характеристики штатной орбитальной группировке ГЛОНАСС, дополненной высокоорбитальным космическим комплексом на орbitах различного типа (QZSS, M15, ГСНО). Проведен их сравнительный анализ без и с учетом упреждающего подбора аргумента широты, исследованы предложенные автором алгоритмы и технологии пассивной и активной компенсации деградации навигационных характеристик. Выявлены закономерности и выработаны рекомендации.

К **новым научным результатам** диссертационных исследований, полученных лично автором, в первую очередь, следует отнести методику решения задачи по формированию облика высокоорбитального космического комплекса дополнения орбитальной группировки с точки зрения одновременного повышения конкурентоспособности ГЛОНАСС для потребителей, находящихся на территории стран БИМТЭК и Российской Федерации. К новым научным результатам можно отнести взаимоувязанные модели расчета обоснованных автором параметров доступности, реализации алгоритмов пассивной и активной компенсации их ухудшения, а также выбора предпочтительного варианта орбитального построения.

Практическая и теоретическая значимость работы состоит в том, что созданы средства для анализа и выбора предпочтительных орбитальных построений дополнения группировки ГЛОНАСС, существенно улучшающих её навигационные характеристики и, как следствие, её конкурентоспособность.

Теоретическая значимость работы состоит в том, что она создает основу для дальнейших исследований по совершенствованию ГЛОНАСС не только за счет использования рассмотренных автором дополнительных орбитальных группировок, но и для других возможных вариантов.

Достоверность результатов подтверждается применением современной теории системного анализа, оптимального управления и обработки навигационной информации, достаточным обоснованием полученных результатов математическими расчетами и результатов экспериментальной отработки с использованием реальных исходных данных.

Апробация работы проведена на научно-технических семинарах кафедры «Системный анализ и управление» МАИ. Результаты работы докладывались и получили одобрение на научно-технических конференциях.

Основные материалы исследований в достаточной степени опубликованы в 12 работах, из которых 4 – в изданиях из списка ВАК Минобрнауки России, 3 – опубликованы иностранных изданиях, индексируемых в международных базах данных.

Автореферат корректно отражает содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе.

1. В первой главе диссертации приведен анализ проблемных вопросов в отечественной ГЛОНАСС и ее аналогах, но при этом не были проанализированы особенности подходов к их разрешению в зарубежных системах.

2. Во второй главе при получении модели движения для прогнозирования состояния КА подробно рассматриваются математические соотношения, часть из которых можно было бы опустить.

3. В третьей главе подробно описана структура программно-математического обеспечения и входящие в нее компоненты. При этом методика ее построения изложена недостаточно полно.

4. При формировании системы критериев автору следовало бы указать, что предложенные показатели для анализа и выбора орбитальных группировок на

последующих этапах должны быть расширены дополнительными ограничениями, в частности, радиотехническими.

Выводы. Приведенные выше замечания не носят принципиального характера. Поэтому считаю, что диссертационная работа Зай Яр Вин «Формирование облика орбитальной группировки дополнения ГЛОНАСС для улучшения характеристик спутниковой навигации региональных потребителей» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой разработаны новые научно-обоснованные методические и программно-алгоритмические решения, внедрение которых имеет существенное значение для повышения конкурентоспособности ГЛОНАСС. При выполнении работы автор показал высокую компетентность в области системного анализа, управления и обработки информации.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям п.п.9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Зай Яр Вин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
начальник лаборатории

Информационно-аналитического центра координатно-временного и
навигационного обеспечения Акционерного общества «Центральный научно-
исследовательский институт машиностроения»,
141070, Московская область, г. Королёв, ул. Пионерская, д. 4
Телефон: +7(495) 513-50-06, e-mail: corp@tsniimash.ru

А.И. Болкунов
«15» 04 2021 г.

Подпись Болкунова Алексея Игоревича удостоверяю

Зам. начальника ЦАО КВХО
должность
М.П.



Лапов С.Я.
(Фамилия И.О.)