



В Диссертационный совет Д 212.233.05  
ГУАП, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
Санкт-Петербург, 190000

### ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Михайлова Николая Викторовича на тему «Автономная навигация космических аппаратов с использованием спутниковых радионавигационных систем», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация»**

**Актуальность работы** обусловлена необходимостью повышения эффективности эксплуатации искусственных спутников Земли (ИСЗ). Одним из основных условий достижения этой цели является обеспечение автономности и высокой точности позиционирования ИСЗ, достижимое с помощью спутниковых радионавигационных систем (СРНС). На практике построение аппаратуры пользователей СРНС космического базирования сталкивается с рядом сложностей, вызванных тем, что системы спутниковой радионавигации не предназначены для их использования в космосе. Особо отметим низкое по сравнению с наземными потребителями отношение сигнал/шум на геостационарных орбитах, существенно больший диапазон поиска сигналов по частоте для низковысотных спутников, необходимость использования радиационно-стойкой элементной базы и плохие условия радиовидимости. Решение комплекса перечисленных выше задач, составляющих крупную научно-техническую проблему, определяют тему диссертационной работы как актуальную.

**Научная новизна** состоит в создании методологии проектирования бортовой аппаратуры спутниковой навигации (БАСН). Методология проектирования представляет собой применяемый одновременно и во взаимной связи набор методов проектирования архитектуры БАСН, первичной и вторичной обработки сигналов в БАСН, а также методов

решения задачи относительной навигации при помощи БАСН. Автор начинает с анализа особенностей космического базирования аппаратуры спутниковой радионавигации и формулировки научно-технических задач, которые нужно решить для построения БАСН. Эти задачи справедливо разделены на проектирование БАСН на основе доступной гражданским потребителям радиационно-стойкой элементной базы; на задачи первичной обработки сигналов (поиск сигналов в широком диапазоне частоты, поиск и слежение за сигналами при пониженном отношении сигнал/шум); на задачи вторичной обработки сигналов (решение навигационной задачи при доступном числе измерений псевдодальностей и псевдоскоростей менее четырех) и на задачи относительной навигации ИСЗ (методы разрешения фазовой неоднозначности несущей частоты в космосе).

Отметим, что ряд задач, решенных в диссертационной работе, выявился в результате решения научно-технических задач, идентифицированных в процессе анализа особенностей космического базирования. Например, предложенная архитектура приемника на основе программного коррелятора делает необходимым поиск эффективных методов вычисления корреляции входного сигнала СРНС с локальной копией. Предложенный для решения этой задачи метод построения коррелятора на основе анализа отношения сигнал/шум (метод SoftFlex) порождает целый ряд задач первичной обработки, вызванных тем, что в методе SoftFlex используется неполный набор отсчетов входного сигнала и, следовательно, необходим анализ влияния использования укороченных кодов Голда на первичную обработку сигналов в БАСН. Вышеуказанное позволяет говорить не о наборе методов, а о создании методологии, т.е. наборе взаимосвязанных методов проектирования. Следует подчеркнуть, что все научные положения, выводы и рекомендации, представленные в автореферате, являются новыми. Кроме того, все научные положения были апробированы в ходе космических полетов MOSAIC GNSS, созданной при помощи разработанной автором методологии.

**Практическая значимость** диссертационной работы Н. В. Михайлова не вызывает сомнений. Диссертация фактически описывает научные основы коммерческой БАСН, спроектированной автором. Кроме того, даже беглый взгляд на текст диссертации позволяет понять, что степень детализации описания методов и алгоритмов такова, что диссертация может служить практическим руководством для проектирования БАСН.

Работа не лишена недостатков.

### **Замечания**

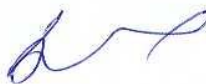
1. В работе отсутствуют сведения о надежности находящейся в процессе коммерческой эксплуатации БАСН MOSAIC GNSS и общая статистика эксплуатации – отказы аппаратуры в космосе, выход за заявленные параметры (характеристики) и пр. Конечно, коммерческий успех разработанной автором аппаратуры важен для оценки диссертационной работы, но сведения о надежности повысили бы как практическую, так и научную ценность диссертации.
2. Предложенные автором методы обработки могли бы найти применение не только в радионавигационной аппаратуре спутникового базирования, но и в аппаратуре потребителей авиационного, морского и автомобильного применений. Так, например, метод уменьшения загрузки процессорного устройства может быть использован не только для увеличения числа каналов корреляции, но и для уменьшения энергопотребления в аппаратуре для массового рынка. Автореферат не содержит сведений о внедрении такого рода, а в тексте диссертации описание применения разработанных методов вне радионавигационных приемников космического базирования следовало бы расширить.

Указанные замечания не изменяют общее положительное впечатление о научных положениях, выводах и рекомендациях, изложенных в диссертационной работе.

### **Заключение**

Диссертационная работа «Автономная навигация космических аппаратов с использованием спутниковых радионавигационных систем» посвящена решению крупной научной проблемы повышения эффективности эксплуатации искусственных спутников Земли, имеющей важное значение для развития космической промышленности. Диссертация соответствует требованиям, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней, и паспорту специальности 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация», а Михайлов Н.В. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по указанной специальности.

Заведующий кафедрой  
автоматических систем МИРЭА,  
Лауреат премии Правительства РФ,  
д.т.н., профессор



В.Д. Ивченко

