



Утверждаю

Заместитель генерального директора  
по научно-техническому развитию  
АО «Концерн «Созвездие»

Р.А. Быстрых

« 22 » 04 2026 г.

### Отзыв ведущей организации

#### Акционерное общество «Концерн «Созвездие»

на диссертационную работу Кузнецова Андрея Сергеевича  
**«Методы и алгоритм совместного приёма и позиционирования по сигналам систем связи с подвижными объектами, работающих в информационном поле»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

#### Актуальность темы и ее связь с планами отраслевой науки

В последние десятилетия одной из тенденций в развитии систем широкополосной связи, помимо поддержки терабитных скоростей передачи данных, является расширение круга решаемых устройствами сети радиотехнических задач.

В русле указанной тенденции находится диссертация А.С. Кузнецова. В ней поставлена и решена актуальная задача расширения функциональных возможностей систем связи с подвижными объектами за счёт разработки методов и реализующего их алгоритма совместного приема сигналов и позиционирования объектов только по сигналам этих систем на основе принципов информационного поля. В ходе решения этой задачи улучшение параметров систем связи с подвижными объектами достигается не только за счёт совместного приёма сигналов, но и за счёт учёта информации о местоположении устройств сети и параметров их движения, полученных только по сигналам этих систем, улучшая при этом и точность оценки навигационных параметров.

Для достижения поставленной цели автором разработаны методы совместного приёма и позиционирования только по сигналам систем связи с подвижными объектами, основанные на теории полигауссовых моделей и принципах концепции информационного поля, и реализующий разработанные методы алгоритм, эффективность которого подтверждена как с помощью компьютерного моделирования, так и экспериментальными исследованиями.

#### Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы (109 наименований), списка сокращений и обозначений, приложения. Общий объем диссертации составляет 127 страниц, включающих в себя 35 рисунков, 8 таблиц.

Во введении сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, обоснована его актуальность, изложены научная новизна,

ВХОД. № 2095-13  
« 25 » 05 2026 г.

теоретическая и практическая значимости, основные положения, выносимые на защиту, форма апробации и внедрение результатов диссертационных исследований.

**Первая глава** посвящена анализу существующих методов совместного приёма сигналов и позиционирования абонентов систем связи, а также методов позиционирования по сигналам спутниковых радионавигационных систем. Автором диссертации выявлено, что в указанных системах используют для передачи широкополосные сигналы со схожей структурой, методы приёма и обработки этих сигналов опираются на единый математический базис и близкие по концепции научно-технические подходы. Однако так как к этим системам предъявляются разные требования, то и цели разработки методов и алгоритмов оценки параметров сигналов различны, что не позволяет решить задачи связи и позиционирования на базе одной системы. Автор предлагает применить концепцию информационного поля для совместного решения указанных задач. Для исследования возможностей этой концепции автором разработан стенд для анализа сигналов систем связи с подвижными объектами, работающих в информационном поле, и приведены выражения для анализа динамики изменения параметров сигналов этих систем.

**Во второй главе** автором разработаны метод оценки параметров сигналов на базе вероятностной мультимарково-полигауссовой модели и метод оценки навигационных параметров, учитывающие динамику движения объектов с использованием конечного количества элементарных компонент. С учётом возможных замираний сигнала предложено использовать полученные оценки координат для коррекции времён задержек опорных пилот-сигналов в приёмнике, что обосновывается применением взвешенных измерений, используемых при решении навигационной задачи, веса которой учитывают амплитуду и шум сигналов объектов, формирующих информационное поле. Также автором разработан алгоритм, реализующий разработанные методы и использующий принципы концепции информационного поля.

**В третьей главе** проводится исследование эффективности разработанного алгоритма методом компьютерного моделирования, а также путем проведения экспериментальных исследований. Первоначально проведена экспериментальная проверка работоспособности стенда в случае неподвижного объекта. Затем методом компьютерного моделирования стенда определено количество гипотез, проведена оценка качества связи и позиционирования. Далее проведён эксперимент для подвижного объекта, при котором определён порядок мультимарково-полигауссовой модели, а также получены оценки качества связи и позиционирования. Результаты показали, что применение разработанного алгоритма позволило более чем в 2 раза повысить отношение правдоподобия оценок параметров сигналов и более чем в 2 раза снизить среднеквадратическое отклонение оценок координат. Результаты эксперимента наглядно демонстрируют эффективность совмещения задачи связи и позиционирования на основе принципов концепции информационного поля, на примере борьбы с замираниями сигнала.

**В заключении** приведены основные выводы и результаты диссертационной работы.

**Область исследования диссертации соответствует следующим пунктам** паспорта специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций:

п. 1 «Разработка, и совершенствование методов исследования, моделирования и проектирования сетей, систем и устройств телекоммуникаций»;

п. 2 «Исследование новых технических, технологических и программных решений, позволяющих повысить эффективность развития цифровых сетей, систем и устройств телекоммуникаций»;

п. 18 «Разработка научно-технических основ создания сетей, систем и устройств телекоммуникаций и обеспечения их эффективного функционирования».

**Оформление диссертации** в целом соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат диссертации соответствует установленным требованиям и дает полное представление о содержании работы, полученных теоретических и практических результатах, а также выводах.

**Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

К основным новым научным результатам диссертации можно отнести следующие:

1. Разработан метод оценки параметров сигналов на базе ММ-ПГ модели, отличающийся учетом гипотез о направлениях движения объекта и обеспечивающий повышение отношения правдоподобия получаемых оценок.

2. Разработан метод оценки навигационных параметров, отличающийся учетом гипотез о направлениях движения объекта и обеспечивающий снижение среднеквадратического отклонения получаемых оценок.

3. Разработан оригинальный алгоритм совместного приёма сигналов и позиционирования объектов, учитывающий принципы информационного поля, отличающийся учетом навигационных параметров при приёме сигналов.

Защищаемые научные положения и связанные с ними результаты работы оригинальны. Разработка предложенных методов и алгоритма совместного приёма и позиционирования осуществляется на современном уровне. При этом компьютерное моделирование и экспериментальные исследования проведены с применением современного оборудования и программного обеспечения. Результаты компьютерного моделирования и экспериментальных исследований не противоречат друг другу, а причины отличий в части полученных оценок подробно описаны и обоснованы. Многие результаты работы сопоставляются с распространёнными моделями, причём выбор моделей для сравнения подробно обоснован. Получены два свидетельства о регистрации программы для ЭВМ на программу, осуществляющую формирование, передачу и приём сигналов информационного поля в разработанном стенде, а также программу, реализующую разработанный алгоритм совместного приёма сигналов и позиционирования объектов.

**Обоснованность и достоверность результатов диссертации** основана на корректном использовании существующего и разработанного математического

аппарата, на проведении математического моделирования разработанных алгоритмов с использованием экспериментально полученных данных, согласованности результатов моделирования и экспериментальных исследований, а также на фактах использования полученных научно-технических результатов.

#### **Публикации по теме диссертации**

Результаты диссертационной работы опубликованы в 17 научных работах, в том числе в 4 статьях в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, одной статье в рецензируемых научных изданиях, входящих в базу цитирования РИНЦ, в 10 работах в сборниках трудов и материалах конференций, одна из которых входит в базу цитирования Scopus. Получены два свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

#### **Значимость для науки и практики полученных результатов**

В работе Кузнецова А.С. продолжено развитие теории ММ-ПГ моделей для оценки сигнальных и навигационных параметров систем, работающих в информационном поле. Кроме того, разработанные методы совместного приёма и позиционирования по сигналам систем связи с подвижными объектами, а также реализующий их алгоритм могут быть применены не только на рассмотренном в диссертации стенде, но и в оборудовании современных систем связи.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в том, что разработанные методы и реализующий их алгоритм способствуют созданию более совершенных средств связи нового поколения, решающих множество радиотехнических задач, а также расширяют функционал и повышают эффективность существующих. Так, например, достигается повышение достоверности приёма информации за счёт повышения отношения правдоподобия оценок сигнальных параметров и появляется возможность борьбы с замираниями сигнала путём учёта гипотез о направлении движения объекта и коррекции задержек пилот-сигналов по эквивалентным изменениям оценок координат. К тому же снижается среднеквадратическое отклонение оценок навигационных параметров за счёт учёта динамики движения объектов с использованием конечного количества элементарных компонент. Таким образом, разработанные методы и алгоритм могут лечь в основу перспективных систем связи с подвижными объектами, что востребовано во многих отраслях и направлениях хозяйственной деятельности.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты диссертации представляют интерес, прежде всего, для специалистов-разработчиков нового поколения систем связи с подвижными объектами. Считаем целесообразным, рекомендовать автору продолжить работы по созданию новых методов и алгоритмов совместного приёма и позиционирования только по сигналам систем связи и поиску оригинальных решений по расширению функционала указанных систем с улучшенными характеристиками.

Результаты диссертационной работы могут использоваться проектными организациями при создании систем связи с подвижными объектами нового поколения. Они востребованы для внедрения в системы связи при разработке

беспроводных сетей в промышленности, сельском хозяйстве, сенсорных сетях, в которых важно решать задачи связи и позиционирования только по сигналам систем связи при передаче больших объёмов данных множеством подвижных устройств. Кроме того, результаты работы Кузнецова А.С. могут найти применение в системах связи и управления беспилотными транспортными средствами, в которых необходимо на базе единой системы решать широкий круг радиотехнических задач.

Возможными изготовителями аппаратуры связи могут быть: ООО НПП «НТТ» (г. Санкт-Петербург), АО «НПО «Радиоэлектроника» им. В.И. Шимко» (г. Казань), ООО «КНС ГРУПП» (г. Москва) и другие предприятия РФ.

### **Замечания по работе**

1. При обзоре существующих работ недостаточно подробно описаны существующие методы разрешения сигналов и обработки сигналов спутниковых систем.

2. В разделе 1.5.1 и далее по диссертации недостаточно подробно раскрыта методика применения разработанных методов и алгоритма в технологиях OFDM, FHSS и прочих.

3. В разделе 2.6 не приводится обоснование метода расчёта дисперсии фазового шума, а также значения ковариационной матрицы дисперсии формирующего шума  $\Phi$  в начальный момент времени и принцип их выбора.

4. В разделе 3.2 не приводится объём ресурсов ПЛИС, затраченных на разработанный алгоритм.

5. В разделе 3.9 по рисунку 3.18, а также в разделе 3.11 по рисунку 3.21 не поясняются причины скачкообразного изменения отношения правдоподобия оценок параметров сигналов.

Все отмеченные замечания существенно не снижают оценку качества выполненных исследований в целом и не влияют на впечатление от масштаба теоретической и прикладной ценности работы.

### **Заключение**

Считаем, что работа Кузнецова А.С. соответствует требованиям к кандидатской диссертации по объёму выполненных исследований, новизне полученных результатов и их значению для практики. Материалы диссертации достаточно полно опубликованы в печати и доложены на научно-технических конференциях. Изложение материала последовательное и логичное, употребляемые термины и определения общеприняты в научной и технической литературе. Некорректных ссылок и заимствований материалов или отдельных результатов других авторов в диссертации не обнаружено. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация Кузнецова А.С. представляет собой научно-квалификационную работу на актуальную тему, она отличается своим внутренним единством структуры и содержания. В ней на основании выполненных автором исследований решена научная задача расширения функциональных возможностей систем связи с подвижными объектами за счёт разработки методов и реализующего их алгоритма совместного приема сигналов и позиционирования объектов только по сигналам этих систем на основе принципов информационного поля.

Считаем, что диссертация на тему: «Методы и алгоритм совместного приёма и позиционирования по сигналам систем связи с подвижными объектами, работающих в информационном поле» соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 (с изменениями и дополнениями), а её автор, Кузнецов Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Отзыв обсужден на заседании научно-технического совета АО «Концерн «Созвездие» 22 апреля 2026 г., протокол № 7.

Отзыв составил:

Доктор технических наук, с.н.с. Тихомиров Николай Михайлович,  
Начальник научно-технического управления научно-технического центра  
«Техника радиосвязи» акционерного общества «Концерн «Созвездие»  
(394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, д. 14).  
+7 (473) 252-12-53, [n.m.tihomirov@sozvezdie.su](mailto:n.m.tihomirov@sozvezdie.su)



Н.М. Тихомиров

«Личную подпись Николая Михайловича Тихомирова удостоверяю»:

Ученый Секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук



С.А. Ермаков

Акционерное общество «Концерн «Созвездие»  
Адрес: 394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, д. 14  
Телефон: +7 (473) 252-12-13  
E-mail: [office@sozvezdie.su](mailto:office@sozvezdie.su)  
Вебсайт: <https://www.sozvezdie.su>