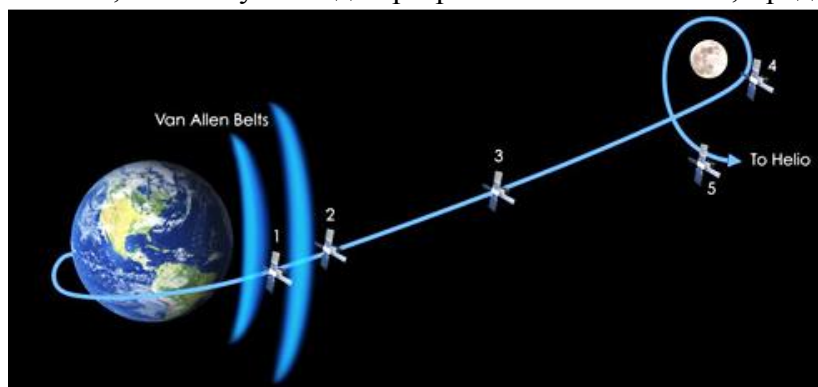


Уважаемые коллеги!

Рады сообщить, что вышел в свет четвертый номер журнала за 2021 г. С опубликованными материалами вы можете ознакомиться по приведенным ниже ссылкам.

Номер открывается обзорной статьей главного научного сотрудника Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (Москва) [1], в которой рассматриваются способы межпланетного передвижения малых КА и формулируются проблемы, требующие решения в недалеком будущем.

Последнее десятилетие отмечено бурным ростом количества миссий, где используются малые космические аппараты (КА) массой до нескольких десятков килограммов, включая кубсаты, применяемые во многих областях. Околосемные миссии кубсатов все больше и больше становятся прерогативой инженеров и технологов, строятся даже заводы, серийно производящие малые КА для массового применения. Эта тенденция пока не затронула межпланетные миссии на базе малых КА, поскольку технологии, используемые для разработки больших КА, предназначенных для межпланетных миссий, ограниченно применимы для малых аппаратов, что касается и баллистических аспектов таких миссий. С точки зрения научной новизны решаемых КА задач и основы для баллистической реализации именно межпланетные миссии привлекают внимание исследователей.



Статья [2] авторов из Германии – научных сотрудников Института геодезии и Института спутниковой геодезии и инерциальных измерений Университета им. Лейбница – посвящена возможности применения в инерциальной навигации интерферометров на холодных атомах. Представлены погрешности этого нового типа датчиков, а также один из методов оперативного оценивания различных погрешностей формирования его выходного сигнала. Продемонстрирована коррекция погрешностей грубого инерциального измерительного модуля в процессе лабораторного эксперимента при имитации атомного интерферометра датчиком более высокой точности. Поскольку применение обсуждаемого прибора в качестве гироскопа, как отмечается в статье, ограничено, предложенная схема обеспечивает возможность работы атомного интерферометра в качестве датчика с шестью степенями свободы – как трехосного акселерометра и трехосного датчика угловой скорости.

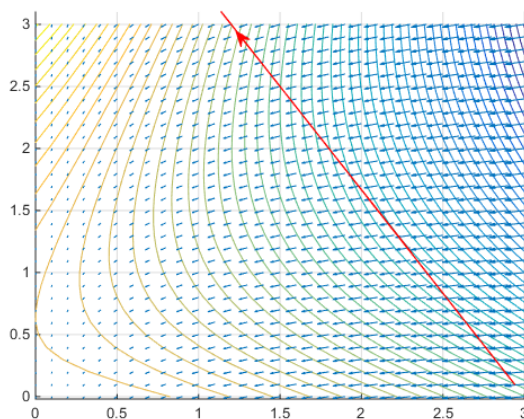
В работе [3] исследователей из АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха» (Москва) обсуждается проблема повышения эффективности работы магнитооптического зеемановского лазерного гироскопа при неблагоприятных воздействиях окружающей среды. Развитие и совершенствование технологии создания этого типа приборов позволяют суще-



ственно уменьшить источники их дрейфа нуля с сохранением остальных свойств и эксплуатационных характеристик. В частности, подтвержденная в ходе исследования возможность значительного снижения ключевых управляющих токов гироскопа, таких как токи накачки активной среды и управляющие токи частотной подставки, позволяет повысить измерительную точность как самих гироскопов, так и навигационных систем на их основе.

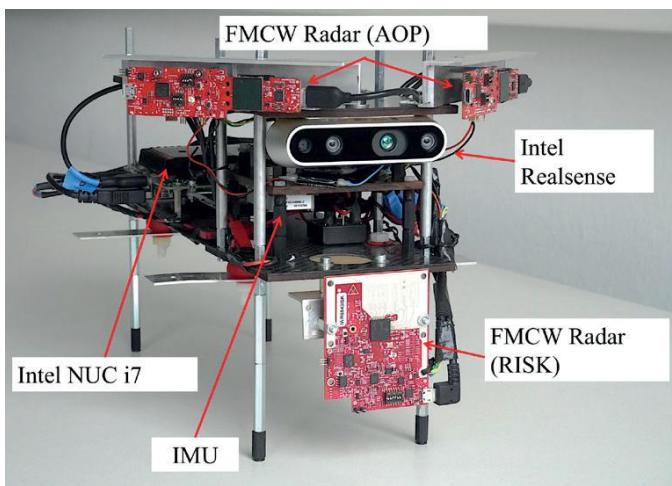
Далее вниманию читателей предлагается вторая часть статьи [4] группы авторов из АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Университета ИТМО (Санкт-Петербург), а также Автономного университета штата Нуэво Леон (Мексика), посвященной алгоритму полиномиальной фильтрации в задачах обработки

навигационной информации при квадратичных нелинейностях в уравнениях динамики и измерений. В этой части поясняются и иллюстрируются на методическом примере и примерах решения задач обработки навигационной информации специфика предложенного в первой части статьи полиномиального фильтра, ориентированного на решение задач фильтрации при наличии квадратичных нелинейностей как в уравнениях динамики, так и в уравнениях измерений, а также его особенности и преимущества по сравнению с обобщенным фильтром Калмана.



Номер продолжает исследование [5] немецких ученых из Института систем управления Технологического института Карлсруэ (Германия), в котором предложен алгоритм радиолокационной инерциальной одометрии с использованием нескольких радаров и коррекцией по курсовому углу для навигации автономных роботов. В таких сложных условиях, как пропадание сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и

плохая видимость (темнота, туман, дым или прямой солнечный свет), методы на основе технического зрения не могут обеспечить надежную навигацию. В связи с этим возникает необходимость использовать инерциальные датчики и частотно-модулированные радары непрерывного излучения, не подверженные влиянию таких факторов. В работе предлагается система с несколькими одновременно работающими миллиметровыми радарными. Калибровка измерительного канала каждого радара производится в процессе решения задачи. На основе данных од-



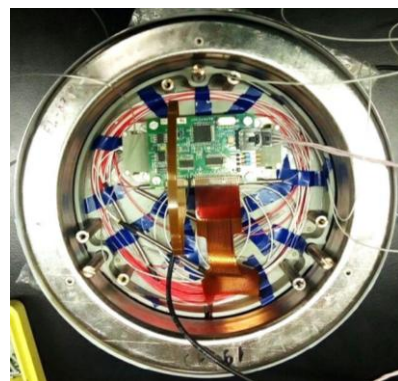
ного радиолокационного обзора (далее – скана) осуществляется совместная обработка измерений трехмерной собственной скорости и курсового угла, определяемого исходя из предположения о манхэттенской геометрии окружающего пространства. Представлен подробный анализ работы алгоритма по реальным данным. Показано, что алгоритм радиолокационной инерциальной одометрии превосходит по качеству работы современный метод стереовизуальной инерциальной одометрии, поскольку обеспечивает работу при плохой видимости и требует небольших вычислительных ресурсов.

В работе сотрудников АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» [6] рассматривается возможность уточнения параметров модели погрешностей вращающегося измерительного

модуля (ИМ) на волоконно-оптических гироскопах (ВОГ) бесплатформенной инерциальной навигационной системы (ИНС) в условиях эксплуатации. При этом ИМ помещен в двухосный карданов подвес для осуществления модуляционного вращения. Основное внимание уделяется оценке погрешностей масштабных коэффициентов ВОГ и акселерометров, неортогональностей их измерительных осей и относительных временных запаздываний (групповых задержек) инерциальных датчиков при штатном вращении ИМ по данным навигационного решения ИНС в обсервационном режиме ее работы. Приводятся также описание и результаты оценивания так называемых румбовых дрейфов ИМ, появление которых может быть обусловлено возмущающими силами, связанными с географическими осями или осями корпуса центрального прибора системы. Исследования проводятся по результатам имитационного моделирования ИНС на ВОГ.

Далее представлен материал за авторством ученых из Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва, в котором обсуждаются способы предотвращения возникновения резонансных режимов движения для низковысотных спутников класса CubeSat. Резонансные режимы движения, проявляющиеся в существенном увеличении амплитуды колебаний по пространственному углу атаки, могут привести к невыполнению целевой задачи полета. В связи с этим в статье исследуются резонансные режимы движения аэродинамически стабилизированных наноспутников формата CubeSat при полете на низких круговых орбитах при малой инерционно-массовой асимметрии. В отличие от осесимметричных тел вращения у наноспутников формата CubeSat резонансы могут проявляться не только из-за наличия малой асимметрии, но и по причине форм-фактора прямоугольного параллелепипеда. В работе получены формулы для определения критических значений продольной угловой скорости наноспутника, при которых выполняются условия возникновения резонансных режимов движения, а также предложен подход к предотвращению возможного появления резонансов для наноспутников класса CubeSat.

Завершает выпуск статья сотрудников Университета ИТМО, в которой описывается интерферометрический волоконно-оптический гироскоп новой конфигурации – с модулятором двулучепреломления (ИВОГ-МДЛП). В соответствии с разработанной схемой собран макет прибора, на котором проведены испытания по оценке его дрейфа на неподвижном основании. Определена зависимость дрейфа ИВОГ-МДЛП от температуры. По результатам испытаний погрешность оценки угловой скорости вращения составила $0,05^\circ/\text{ч}$, однако при этом выявлена повышенная чувствительность прибора к изменению абсолютной температуры.



Также в журнале опубликованы две информационные заметки. В первой рассказывается о 50-м Юбилейном общем собрании международной общественной организации "Академия навигации и управления движением" (АНУД), которое состоялось 27 октября 2021г. Общее собрание было посвящено 25-тилетнему юбилею Академии, который прошел в 2020 г.

Вторая заметка кратко описывает XIV Всероссийскую мультиконференцию по проблемам управления (МКПУ-2021), которая прошла с 27 сентября по 02 октября 2021 года в с. Дивноморском (г.Геленджик). Мультиконференция в этом году включала четыре локальные научно-технические конференции, объединенные общей идеей.

Статьи журнала находятся в бесплатном свободном доступе. Вы можете ознакомиться с ними [здесь](#).

Надеемся, что опубликованные материалы будут вам интересны и вы не забудете процитировать их в своих работах.

Берегите себя! Желаем вам здоровья и удачи!

Литература

1. **Овчинников М.Ю.** Межпланетные перелеты малогабаритных космических аппаратов: проблемы баллистики и пути их решения // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. №4. С. 3–21. DOI 10.17285/0869-7035.0077.
<http://www.elektroribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/167/1841/>
2. **Теннштедт Б., Веддиг Н., Шён Ш.** Повышение точности инерциальной навигации с использованием интерферометров на холодных атомах // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. №4. С. 22–45. DOI 10.17285/0869-7035.0078.
<http://www.elektroribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/167/1844/>
3. **Синельников А.О., Медведев А.А., Голяев Ю.Д., Грушин М.Е., Чекалов Д.И.** Роль тепловых дрейфов нуля в магнитооптических зеемановских лазерных гироскопах // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. №4. С. 46–55. DOI 10.17285/0869-7035.0079.
<http://www.elektroribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/167/1845/>
4. **Степанов О.А., Литвиненко Ю.А., Васильев В.А., Торопов А.Б., Басин М.В.** Алгоритм полиномиальной фильтрации в задачах обработки навигационной информации при квадратичных нелинейностях. Часть 2. Примеры решения задач // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. №4. С. 56–77. DOI 10.17285/0869-7035.0074.
<http://www.elektroribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/167/1838/>
5. **Доер К., Троммер Г.Ф.** Алгоритм радиолокационной инерциальной одометрии с использованием нескольких радаров и коррекцией по курсовому углу // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. №4. С. 78–96. DOI 10.17285/0869-7035.0080.
<http://www.elektroribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/167/1846/>
6. **Емельянец Г.И., Блажнов Б.А., Степанов А.П.** Об оценивании параметров модели погрешностей вращающегося измерительного модуля на ВОГ бесплатформенной ИНС в условиях объекта // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. №4. С. 97–114. DOI 10.17285/0869-7035.0075.
<http://www.elektroribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/167/1840/>
7. **Баринаева Е.В., Белоконов И.В., Тимбай И.А.** Предотвращение возможности возникновения резонансных режимов движения для низковысотных спутников класса CubeSat // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. №4. С. 115–133. DOI 10.17285/0869-7035.0076.
<http://www.elektroribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/167/1839/>
8. **Кубланова И.Л., Шулепов В.А., Куликов А.В.** Исследование интерферометрического волоконно-оптического гироскопа с модулятором двулучепреломления // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. №4. С. 134–142. DOI 10.17285/0869-7035.0081.
<http://www.elektroribor.spb.ru/nauchnaya-deyatelnost/zhurnal/elektronnaya-versiya/167/1847/>