

5-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ IEEE ПО ИНЕРЦИАЛЬНЫМ ДАТЧИКАМ И СИСТЕМАМ (INERTIAL'18)

26–29 марта 2018 года под эгидой Института инженеров электротехники и электроники (Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE) состоялся 5-й Международный симпозиум по инерциальным датчикам и системам (INERTIAL'18). Впервые он прошел не только не на территории США,

но даже на другом континенте – в Европе, на севере Италии, на берегу живописного озера Комо. Символично, что расположение полуостровов вокруг озера Комо напоминает по форме камертон, который имеет важное значение для истории развития технологии инерциальных датчиков. Место проведения было выбрано неслучайно, ведь одной из задач, которые ставил перед собой программный комитет, было привлечь большее количество европейских ученых к работе симпозиума. Забегая вперед, можно сказать, что эта цель была достигнута.

Доклады отбирались Техническим программным комитетом после процедуры тщательного рецензирования экспертами. Каждый член комитета координировал отбор 3-5 рефератов: подбирал специалистов для рецензирования в соответствующей области, сам рецензировал рефераты, на основе всех полученных отзывов рекомендовал их принять или отклонить. Таким образом, каждый реферат получил не менее четырех рецензий, на основании которых проводилось ранжирование докладов. Окончательное решение принималось с учетом присвоенного ранга, а в спорных случаях – в результате детального обсуждения на онлайн-совещании программного комитета. Большую организационную работу проделал председатель программного комитета Джакомо Лангфелдер (Giacomo Langfelder), доктор наук, доцент Миланского технического университета (Politecnico di Milano).

В итоге было отобрано 53 доклада – 52% от общего числа текстов, поданных на рассмотрение. Из них 25 докладов были приняты в качестве пленарных. Стендовые доклады предполагали вначале трехминутные устные выступления авторов, затем – обсуждение у стендов. Распределение докладов по регионам представлено на рис. 1. Хочется подчеркнуть, что российские ученые проявили большой интерес к симпозиуму и их доклады составили заметную часть программы.

Симпозиум проходит при поддержке Совета по датчикам IEEE (IEEE Sensors Council), и это единственное мероприятие IEEE, всецело посвященное технологиям инерциальных

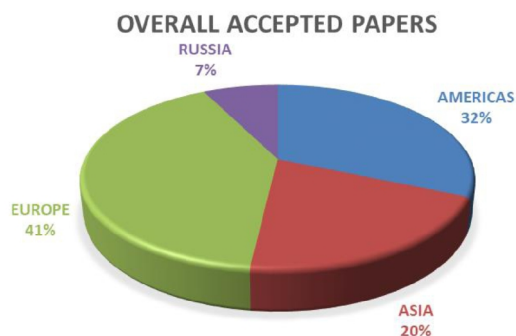


Рис.1. Географическое распределение авторов докладов

датчиков и систем. Профессионалы имеют редкую возможность встретиться в неформальной обстановке, а также познакомиться и пообщаться со специалистами, занимающими лидирующие позиции в своей области. В целом симпозиум собрал ученых из 14 стран.

Программа мероприятия была насыщенной. В понедельник 26 марта прошли три семинара (tutorial), организатором и ведущим которых выступил доктор Майкл Ларсен (Michael Larsen) из корпорации Northrop Grumman, США. Первый семинар был посвящен теме «Вопросы системного уровня, связанные с функционированием инерциальных датчиков». Лектор, профессор Майкл Брааш (Michael Braasch) из Университета Огайо (Ohio University), США, начал с классификации задач, решаемых инерциальными навигационными системами (ИНС), на быстрые, среднескоростные и медленные. Быстрые задачи формируют необработанные значения приращений скоростей и углов ориентации. Среднескоростные отвечают за выработку ориентации и текущей скорости объекта, медленные – за получение координат и значений силы тяжести. Были рассмотрены основные характеристики погрешностей ИНС, влияние погрешностей датчиков на характеристики ИНС.



В продолжение тематики одного из семинаров прошлого года в ходе второй дискуссии рассматривалась тема «Инерциальные чувствительные элементы на базе атомного интерферометра». С сообщением выступил профессор Кай Бонгс (Kai Bongs) из Бирмингемского университета (University of Birmingham), Великобритания. Он рассказал об истории появления атомных интерферометров и представил обзор текущих разработок, ведущихся в разных странах. Эти датчики имеют хорошую перспективу применения в инерциальной навигации за счет исключительных характеристик систематической погрешности и стабильности масштабного коэффициента.

Третий семинар был посвящен теме «Моделирование источников смещения и его дрейфа в инерциальных датчиках с амплитудной и фазовой модуляциями». С докладом выступил доктор Алессандро Токкьо (Alessandro Tocchio) из компании STMicroelectronics (Италия). Были рассмотрены основные факторы, влияющие на точностные характеристики инерциальных МЭМС-датчиков. Это имеет первостепенное значение для дальнейшего применения таких чувствительных элементов в пешеходной навигации, навигации внутри помещений, а также для разработки приложений дополненной и смешанной реальности (augmented and mixed reality) и т.д.



Секции симпозиума работали с 27 по 29 марта. Утренние заседания открывались выступлениями приглашенных докладчиков. Еще один приглашенный доклад состоялся днем 28 марта.

Актуальный для промышленности вопрос поднял в своем выступлении «Как крупносерийные производители МЭМС-устройств могут отвечать требованиям разнородных рынков» представитель компании STMicroelectronics доктор Андреа Онетти (Andrea Onetti). Развитие современной техники требует от производителей расширения характеристик и возможностей датчиков, построенных на одной технологической платформе, для удовлетворения разнообразных нужд потребителей.

Стефано Витале (Stefano Vitale) из Трентского университета (University of Trento) дал краткое описание концепции создания детектора гравитационных волн субфемто-г диапазона в условиях космоса, требующего абсолютного инерциального движения эталонных масс. Были представлены результаты эксперимента на аппарате LISA Европейского космического агентства, продемонстрировавшие требуемый уровень точности.

Об истории создания первого гироскопического устройства в кардановом подвесе, известного как «машина Бонненбергера», рассказал в своем выступлении профессор Йорг Вагнер (Jörg F. Wagner) из Штуттгартского университета (University of Stuttgart) [1].

В последний день симпозиума выступил приглашенный докладчик Фабрис Делайе (Fabrice Delhaye), заместитель президента по навигации компании Safran Electronics & Defense. Его сообщение «ВТГ фирмы Safran: технология, меняющая правила игры» [2] было посвящено разработанному компанией Safran гироскопу, который в ряде применений может послужить реальной альтернативой волоконно-оптическим чувствительным элементам. Ф. Делайе привел примеры использования таких ВТГ в инерциальных навигационных системах для морской и сухопутной навигации, стабилизации различных устройств, а также в системах наведения высокоточного оружия и др.

В целом на симпозиуме состоялось восемь пленарных секций. На одной из них – «Последние новости» («Late news») – участники представили новейшие достижения в области разработки инерциальных датчиков. Кроме того, состоялись три заседания, где с краткими сообщениями выступили авторы стендовых докладов, одно из них также прошло в формате «Late news».

Традиционно в первый же день симпозиума проходила выставка, участники которой имели возможность сделать краткие презентации своих фирм, продукции и услуг на «блиц-раунде» (Lightning Round). Это способствовало их быстрому включению в дальнейшие дискуссии с участниками конференции на протяжении всех трех дней. Помимо этого, проводились «открытые стендовые дискуссии» (Open Posters), в ходе которых все присутствующие могли в неформальной обстановке обсудить последние новости науки и наиболее значимые результаты исследований их лабораторий.

Технический программный комитет выбрал два лучших студенческих доклада: один из числа пленарных и один стендовый. В этом году студенческий конкурс и призы спонсировались итальянской компанией STMicroelectronics. Из пленарных докладов победа была присуждена выступлению Кристиано Марра (Cristiano Marra) из Миланского технического университета «Однорезонаторный с переключением по времени МЭМС-акселерометр с фазовой модуляцией и малым дрейфом по оси Z» [3]. Принципиальной особенностью описываемого инерциального датчика является то, что тепловой дрейф (сдвиг нуля) может быть практически полностью исключен. Предварительные испытания показывают чувствительность менее 100 $\mu\text{g}/\text{K}$ без постобработки.

Среди стендовых лучшим был признан доклад Мартина Путника (Martin Putnik) из компании Robert Bosch GmbH «Методы моделирования для создания моделей пониженного порядка датчиков МЭМС с геометрически нелинейным движением привода» [4], в котором сравнивались три разных метода моделирования и результаты измерения сдвигов частоты МЭМС-гироскопа, а также обосновывался наиболее эффективный метод моделирования.

Сборник материалов симпозиума содержит четырехстраничные версии пленарных и стендовых докладов и двухстраничные расширенные рефераты выступлений в формате «Late news». Большая часть материалов опубликована и доступна в электронной библиотеке IEEE Xplore и будет индексироваться в международных базах научного цитирования Web of Science Core Collection и Scopus.

Участникам симпозиума INERTIAL 2018 была предоставлена возможность воспользоваться бесплатным официальным приложением для мобильных устройств, которое позволяло знакомиться с повесткой дня и планировать свое расписание, просматривать профили других участников и отправлять им сообщения, обмениваться контактными данными и прибегать к различным дополнительным сервисам. С помощью приложения организаторы мероприятия рассылали уведомления участникам симпозиума.

Хотелось бы поблагодарить членов Совета консультантов, Технический программный комитет и всех экспертов, потративших свое время на рецензирование представленных докладов. Выражаем также признательность Совету IEEE по датчикам за поддержку симпозиума, всем нашим спонсорам и участникам выставки.

Симпозиум INERTIAL успешно развивается как одно из ведущих научных мероприятий, где обсуждаются последние научные разработки, вопросы конструирования и применения технологий современных инерциальных датчиков. Участники, среди которых видную роль играют известные мировые эксперты, имеют возможность представить и обсудить результаты исследований в области материалов и технологий микропроизводства, инновационных разработок, новых физических принципов и новых применений датчиков.

Мы благодарим всех докладчиков и участников 2018 IEEE Inertial Sensors. Надеемся увидеть наших постоянных и новых авторов в следующем году на INERTIAL'19, который пройдет 1-5 апреля 2019 года в г. Нейплс, Флорида, США (Naples, Florida, USA). Информацию о будущем мероприятии можно найти на сайте www.ieee-inertial.org.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Wagner, J.F.**, The Machine of Bohnenberger: Inertial Link between Astronomy, Navigation, and Geodesy, 2018 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL), DOI: 10.1109/ISISS.2018.8358150
2. **Delhaye, F.**, HRG by SAFRAN. The game-changing technology, 2018 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL), DOI: 10.1109/ISISS.2018.8358163
3. **Marra, C., Ferrari, F., Langfelder, G., Rizzini, F., Tocchio, A.**, Single Resonator, Time-switched, low Offset Drift z-axis FM MEMS Accelerometer, 2018 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL), DOI: 10.1109/ISISS.2018.8358116
4. **Putnik, M., Cardanobile, S., Sniegucki, M., Kehrberg, S., Kuehnel, M., Degenfeld-Schonburg, P., Nagel, C., Mehner, J.**, Simulation Methods for Generating Reduced Order Models of Mems Sensors with Geometric Nonlinear Drive Motion, 2018 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL), DOI: 10.1109/ISISS.2018.8358112.



*Андрей М. Шкель
Председатель симпозиума, профессор,
Калифорнийский университет, Ирвайн
(University of California, Irvin)*