

**РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО
ПОСОБИЯ:
«ГИРОСКОПЫ НА БОЗЕ – ЭЙНШТЕЙНА
КОНДЕНСАТАХ»**

Биденко А. И., Кробка Н. И., Трибулев Н. В., Черниченко В. С.
Филиал Федерального государственного унитарного
предприятия
«Центр эксплуатации объектов наземной и космической
инфраструктуры»
«Научно-исследовательский институт прикладной
механики имени академика В. И. Кузнецова»,
Московский государственный технический институт имени Н. Э.
Баумана,
г. Москва,
Россия

Гироскопы на эффекте Саньяка (ГЭС) широко применяются с начала 1960-х годов.

Известно три поколения ГЭС:

- I поколение ГЭС – лазерные гироскопы (ЛГ);
- II поколение ГЭС – волоконно-оптические гироскопы (ВОГ);
- III поколение ГЭС – гироскопы на медленных волнах.

ЛГ были продемонстрированы сразу после создания лазеров. За 20 лет отработки была достигнута следующая точность ЛГ (1σ):

- стабильность нуля 0,001–0,01 град/ч;
- случайный дрейф 0,0001–0,001 град/ч^{1/2};
- стабильность масштабного коэффициента (МК) 0,001–1,0 ppm (10^{-9} – 10^{-6}).

В 1970-х годах сразу после создания волоконных световодов начались разработки ВОГ – II поколения ГЭС. Волоконно-оптическая гироскопия в значительной степени обязана развитию элементной базы волоконно-оптических линий связи. Повышение точности ВОГ до уровня точности ЛГ произошло к началу XXI века в результате 25 лет отработки ВОГ. Современный уровень точности ВОГ (1σ):

- 0,0001÷0,001 град/ч (США);
- 0,001÷0,01 град/ч (Евросоюз);
- 0,001÷0,01 град/ч (КНР);
- 0,005÷0,1 град/ч (Россия).

В настоящее время в лабораториях ведущих мировых исследовательских центров обрабатывается III поколение ГЭС – гироскопы на волнах материи (волнах де Бройля [5]) частиц, атомов и конденсатов Бозе – Эйнштейна, а также на квантовых свойствах сверхтекучих жидкостей. Чувствительность ГЭС на медленных (по сравнению со скоростью света) волнах де Бройля превосходит чувствительность лазерных гироскопов и волоконно-оптических гироскопов (ВОГ) на световых волнах на девять-

порядков (10^9 – 10^{11}), что позволяет существенно превзойти уровень точности, доступный для ЛГ и ВОГ (ориентировочно на четыре порядка (10^4) с учетом шумов).

В настоящее время рекордная точность лабораторных образцов гироскопов на волнах материи составляет:

- стабильность нуля – лучше 0,0001 град/ч (1σ);
- случайный дрейф – менее 0,000005 град/ч^{1/2};
- стабильность масштабного коэффициента – лучше 5 ppm.

Объектом исследований в настоящей конкурсной работе являются ГЭС

III

поколения – гироскопы на Бозе – Эйнштейна конденсатах.

Бозе – Эйнштейна конденсат (БЭК) – когерентное состояние атомов материи при сверхнизких температурах, близких к абсолютному нулю ($\approx 10^{-9}$ К). Уникальное пятое состояние вещества позволяет наблюдать квантовые свойства на макроуровне (квантовая интерференция, дифракция и т.д.) и на их основе проектировать новые высокоточные приборы. Исследование БЭК широко ведется по всему миру в течение последних 15 лет, однако исследованием путей создания гироскопов-акселерометров на БЭК в России занимается только одна исследовательская группа в НИИ ПМ им. ак. В. И. Кузнецова.

Целью исследований является разработка учебных пособий, содержащих в себе 7 частей.

Глава 1 посвящена эффекту Саньяка (ЭС). Помимо введения и краткой истории развития ГЭС трех поколений представлены выводы формулы ЭС и пояснения к ним, проявление ЭС.

Глава 2 содержит физические основы гироскопов на БЭК. Кратко изложены аспекты квантовой механики, являющиеся необходимой теоретической базой.

В главе 3 рассматривается структурная схема и классификационная таблица (КТ) оптико-физических схем (ОФС) гироскопов на БЭК. КТ ОФС содержит в себе варианты элементов и подсистем гироскопов на БЭК и охватывает ныне существующие и потенциально возможные ОФС.

Глава 4 посвящена базовым технологиям гироскопов на БЭК: охлаждение, транспорт и удержание БЭК, съем информации и прочее.

В главе 5 приведены технические решения и технический облик гироскопов на БЭК.

Глава 6 посвящена обзору и анализу некоторых патентов элементов и подсистем гироскопов на БЭК.

Глава 7 содержит возможные варианты применения. В частности рассмотрен проект HYPER – первый спутник, выполняющий исследовательскую задачу по проверке эффекта Лензе – Тирринга, с навигационной системой, построенной на холодных атомах.

В процессе выполнения конкурсной работы будет проведен анализ и систематизация имеющихся научных работ зарубежных исследовательских центров; построены классификационные таблицы оптико-физических схем.

Учебное пособие «Гироскопы на Бозе – Эйнштейна конденсатах» является первым в России методическим руководством по состоянию разработок, физическим основам и базовым технологиям гироскопов на БЭК.

Актуальность данной работы обусловлена беспрецедентным повышением точности гироскопов (на 10^4 порядка с учетом шумов) по сравнению с лучшими образцами современных гироскопов, уменьшение габаритно-массовых характеристик, а также полным отсутствием каких-либо учебных пособий и методических указаний в России.

Пособие будет внедрено в программу спецкурсов МГТУ им. Н. Э. Баумана.