

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по научной работе
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет)»,
д.т.н., профессор



Равикович Юрий Александрович

«___» 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Диссертация «Исследование зависимости параметров движения земного полюса от прецессии орбиты Луны» выполнена на кафедре «Вычислительная математика и программирование».

В период подготовки диссертации соискатель Вэй Ян Сое проходил обучение в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по программе подготовки научно-педагогических кадров в системе послевузовского профессионального образования по научной специальности 09.06.01 «Компьютерные и информационные науки» с 01.09.2017 г. по 31.08.2021 г. С 01.09.2021 г. по настоящее время обучается по программе повышения квалификации «История и методология авиационной и ракетно-космической техники».

В 2016 г. Вэй Ян Сое окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Прикладная математика», диплом 107718 0149860 выдан 07.07.2016 г. регистрационный номер 2016/8О-181Д.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана «14» июля 2021 года федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – Перепёлкин Вадим Владимирович, д.ф.-м.н., профессор кафедры 802 «Мехатроника и теоретическая механика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

По итогам обсуждения было принято следующее заключение.

1. Актуальность темы исследования.

Задача о движении Земли относительно центра масс представляет как теоретический, так и практический интерес. Определение ориентации Земли в небесной геоцентрической системе координат GCRS (Geocentric Celestial Reference System) является одной из важных задач астрометрии, небесной механики и геофизики. Ее решение имеет важные технические приложения и связано с уточнением координатно-временного и навигационного обеспечения спутниковых систем. Ориентация Земли в неподвижном пространстве задается пятью параметрами вращения Земли (ПВЗ), два из которых – координаты земного полюса являются наиболее трудно прогнозируемыми.

Исследование движения земных полюсов имеет более чем столетнюю историю. На сегодняшний день получили качественное объяснение ряд динамических эффектов в движении полюсов (короткопериодические и долгопериодические приливные колебания, некоторые свойства чандлеровской

и годичной компонент и их связь с геофизическими процессами), разработаны различные варианты моделей прогноза движения полюса. Однако, как теоретическая модель, так и реализация моделей прогноза его движения далеки от завершенности. Существующие математические модели не в полной мере описывают процесс движения полюса. В частности, при построении прогноза его движения учет вариаций параметров чандлеровской и годичной компонент пока возможен только в рамках численного подхода.

2. Основные результаты диссертационной работы:

- 1) Показано, что изменение соотношения амплитуд основных гармоник колебания земного полюса приводит к изменению средних параметров его движения. Установлен эффект смены колебательного режима полюса, который заключается в согласованном изменении частоты чандлеровских колебаний и средней частоты обращения полюса вокруг полюса инерции.
- 2) С помощью численной обработки астрометрических данных измерений положения земного полюса найден колебательный процесс, связанный с прецессионным движением орбиты Луны. Предложено несколько способов преобразования координат земного полюса к системе, в которой его движение происходит синфазно с изменением ориентации плоскости лунной орбиты по отношению к экватору Земли. Показано, что в этой системе полярный радиус совершает колебания синфазные с колебаниями угла наклона плоскости лунной орбиты к земному экватору, а колебания полярного угла происходят синфазно с отклонением вдоль экватора точки пересечения лунной орбиты с экватором.
- 3) С помощью численного интегрирования уравнений движения земного полюса и обработки данных NCEP/NCAR циркуляции атмосферы и данных NASA/JPL углового момента океана получен вклад основных геофизических возмущений (атмосферного и океанического) в колебательный процесс, синфазный с прецессией лунной орбиты.

Показано, что найденные гармоники только частично могут быть обусловлены колебаниями подвижных сред атмосферы и океана.

4) Установлено, что колебания, согласованные с пространственным движением орбиты Луны, присутствуют как в чандлеровской, так и в годичной компонентах движения полюса. Реализован алгоритм аппроксимации и прогноза траектории движения полюса. Показано, что учет найденных колебаний в уравнениях движения позволяет повысить точность определения его положения в среднем на 11-12 см для автономной модели без коррекции параметров.

3. Содержание диссертационной работы и основные положения, выносимые на защиту, отражают **персональный вклад** автора. Научному руководителю принадлежат постановки исследуемых задач.

4. Достоверность результатов.

Достоверность полученных результатов обеспечена строгими математическими методами и сравнением полученных результатов с данными наблюдений и измерений МСВЗ. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК.

5. Апробация результатов исследования.

Материалы диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях: XII международная конференция по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли NPNJ' (Алушта, 2018 г); Всероссийская астрометрическая конференция – «Пулково-2018» (Санкт-Петербург, 2018 г); XXI Международная конференция по вычислительной механике и современным прикладным программным системам ВМСППС' (Алушта, 2019 г); 8-я Всероссийская конференция «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (Санкт-Петербург, 2019 г); Международная научно-техническая конференция МИИГАИК (Москва, 2019 г); Japan Geoscience Union Meeting (Chiba, Japan. 2019 г); 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2019»

(Москва, 2019 г); 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2020» (Москва, 2020 г).

6. Научная новизна полученных результатов.

В диссертационной работе получены новые результаты:

1. Показано существование различных режимов колебательного процесса земного полюса, смена которых заключается в согласованном изменении средней частоты его обращения вокруг полюса инерции и в изменении чандлеровской частоты.

2. Показано, что вариации параметров чандлеровской и годичной составляющих движения земного полюса содержат 18-летний цикл, согласованный с прецессионным движением лунной орбиты.

3. Учет синхронизации вариаций параметров движения земного полюса и прецессии орбиты Луны позволяет повысить точность прогноза траектории движения полюса в среднем на 11-12 см.

7. Практическая ценность работы.

Идентификация колебаний земного полюса, согласованных с прецессионным движением лунной орбиты, представляет интерес для исследования механизма возбуждения колебаний полюса.

Полученные в работе дополнительные слагаемые модели движения полюса с учетом долгопериодического лунного возмущения позволяют повысить точность определения его положения. Они могут быть использованы в автономной модели и не требуют коррекции параметров.

8. Диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а также пункту 5 паспорта специальности 01.03.01 – «Астрометрия и небесная механика».

9. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 15 научных работах, из них 6 статей в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, в том числе 2 статьи опубликованы в журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и SCOPUS, 9 – опубликованы в сборниках тезисов докладов на конференциях.

Публикации:

- **в изданиях, рекомендованных ВАК, индексируемых WoS, Scopus:**

1. Крылов С.С., Перепёлкин В.В., Сое Вэй Ян Краткосрочный прогноз движения земного полюса с учетом лунных возмущений// Известия РАН МТТ.2020, №6, С.157-164.

2. Перепёлкин В.В., Рыхлова Л.В., Сое Вэй Ян О синфазности вариаций параметров движения земного полюса и прецессии орбиты Луны // Астрономический журнал. 2022, Т. 99, № 1, С. 75-87.

- **в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК:**

3. Перепёлкин В.В., Филиппова А.С., Вэй Ян Сое. Уточненная модель долгосрочного прогноза движения земного полюса// Космонавтика и ракетостроение, 1(100), 2018, с.143-150.

4. Перепёлкин В.В., Румянцев Д.С., Вэй Ян Сое. Прогнозирование колебаний земного полюса при изменении средней частоты его движения // Космонавтика и ракетостроение, 5(116), 2020, с. 5-11.

5. Крылов С.С., Перепёлкин В.В., Почукаев В.Н., Вэй Ян Сое. Об изменении средней частоты движения земного полюса под действием лунно-солнечных возмущений // Космонавтика и ракетостроение, 6(117), 2020, с. 5-11.

6. ВэйЯнСое. Уточненная малопараметрическая модель движения земного полюса // Труды МАИ, 2021, № 116.

- **В других изданиях:**

7. Perepelkin V.V., Rumyantsev D.S., Wai Yan Soe. The problem of forecasting Earth pole trajectory when changing the average parameters of its motions// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 927(2020) 012033. doi: 10.1088/1757-899X/927/1/012033.

8. Перепёлкин В.В., Филиппова А.С., Вэй Ян Сое. Краткосрочный прогноз движения земного полюса при нестационарных возмущениях// Тезисы докладов Всероссийской астрометрической конференции – «Пулково-2018», 1-5 октября, 2018, Санкт-Петербург. С.35.

9. Перепелкин В.В., Крылов С.С, Вэй Ян Сое. Моделирование и анализ движения земного полюса при нестационарных возмущениях// Тезисы докладов 8-й Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» КВНО-2019, 15-19 апреля 2019, Санкт-Петербург. С-170-171. СПб:ИПА РАН.
10. Перепёлкин В.В., Вэй Ян Сое. Прогноз движения земного полюса с учетом пространственного движения системы Земля-Луна// Сборник статей по итогам научно-технических конференций. Выпуск 10. Часть 1 / Приложение к журналу Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». ISSN 0536-101X (print) ISSN 2618-7299 (online) Международная научно-техническая конференция МИИГАИК 2019, 15-19 апреля 2019, Москва. С. 138-142.
11. Perepelkin V.V., Filippova A.S., Wai Yan Soe. Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process// https://confit.atlas.jp/guide/event-img/jpgu2019/E_PPS06-P14/public/pdf?type=in Japan Geoscience Union Meeting 2019, 26-30 May, Chiba, Japan.
12. Вэй Ян Сое. Прогноз колебаний земного полюса на длительные интервалы времени// Материалы XII Международной конференции по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли NPNJ' 2018, 24-31 мая 2018, Алушта, Крым. С.360. Изд-во: МАИ. ISBN 978-5-4316-0491-1.
13. Вэй Ян Сое. Численно-аналитическая модель краткосрочного прогноза ПВЗ с учетом высокочастотных лунных возмущений// Материалы XXI Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам ВМСППС' 2019, 24-31 мая 2019, Алушта, Крым. Изд-во: МАИ. ISBN 978-5-4316-0589-5.
14. Вэй Ян Сое. Построение высокоточного прогноза движения земного полюса// 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2019» 18-22 ноября 2019 г. Москва. С. 181-182.
15. Вэй Ян Сое. Оценка точности приближения двухчастотной модели движения полюса Земли к данным наблюдений// 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» 23-27 ноября 2020г.Москва.С.455.

Диссертация «Исследование зависимости параметров движения земного полюса от прецессии орбиты Луны» Вэй Ян Сое рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.01 – «Астрометрия и небесная механика».

Заключение принято на заседании кафедры № 806 «Вычислительная математика и программирование» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Присутствовали на заседании 65 чел.

Результаты голосования: «за» – 65, «против» – 0, «воздержалось» – 0.

Протокол № 17 от «24» июня 2022 г.

Крылов С.С., заведующий кафедрой
«Вычислительная математика и
программирование»