

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Перепёлкина Вадима Владимировича «Численно-аналитические модели движения земного полюса и неравномерности осевого вращения Земли», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.01 – «Астрометрия и небесная механика»

Представленная диссертационная работа на тему «Численно-аналитические модели движения земного полюса и неравномерности осевого вращения Земли» посвящена **актуальной** астрометрической задаче - согласованию небесной и земной систем координат, прогнозированию параметров вращения Земли и исследованию её движения относительно центра масс. В параметры вращения Земли (ПВЗ) входят углы прецессии и нутации, координаты земного полюса, а также вариации длительности суток и поправки Всемирного времени, связанные с неравномерностью осевого вращения Земли. Возмущения со стороны атмосферы и океана приводят к нерегулярным и квазирегулярным колебаниям параметров вращения Земли, что значительно затрудняет их прогнозирование. В связи с этим задача построения модели движения Земли относительно центра масс, учитывающая дополнительные факторы, и задача уточнения моделей прогноза являются содержательными и **актуальными** задачами астрометрии и небесной механики.

Роль исследований связи земной и небесной систем координат особенно возросла в последнее время в связи модернизацией и развитием глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS/GALILEO, а также с постановкой на новом уровне вопросов о координатно-временном и навигационном обеспечении. Так что, тема диссертации, без всякого сомнения, чрезвычайно актуальна.

Целью работы диссертанта является построение численно-аналитических моделей движения земного полюса и неравномерности осевого вращения Земли, адекватных данным наблюдений и измерений МСВЗ (IERS). В работе делается акцент на построении малопараметрических моделей ПВЗ для их применения в прикладных задачах. Поскольку построение автономных моделей, с достаточной точностью описывающих движение земного полюса и неравномерности осевого вращения Земли, представляет значительные трудности, то для прогноза на короткие временные интервалы используется численно-аналитический подход.

Общая характеристика диссертации.

Текст диссертации изложен на 207 страницах, список цитируемой литературы включает 228 наименований.

Введение посвящено обзору литературы по данной проблеме, краткому описанию проведенных исследований с указанием их актуальности, а также описанию полученных результатов с выделением научной новизны, теоретической и практической значимости.

В первой главе исследуется невозмущенное движение деформируемой Земли относительно центра масс и невозмущенное движение земного полюса. Получены выражения координат полюса вращения и земного полюса. Определены углы, задающие взаимную ориентацию оси фигуры, вектора мгновенной угловой скорости и вектора собственного кинетического момента Земли. В невозмущенном движении деформируемая Земля равномерно вращается в поле переменных центробежных сил инерции и гравитационного поля Луны.

Во второй главе, рассматривая задачу о возмущенном движении полюса деформируемой Земли с учетом пространственного движения лунной орбиты, получены дополнительные слагаемые к двухчастотной модели движения полюса с постоянными коэффициентами. Найдено

преобразование координат полюса, иллюстрирующее синфазные его колебания и колебания вдоль экватора точки пересечения лунной орбиты и экватора. Используя ряд данных наблюдений C01 МСВЗ, проведено сравнение вариаций полярного угла и колебательного движения точки пересечения орбиты Луны и экватора на доступном длительном интервале наблюдений за движением земного полюса. Приведены оценки точности прогноза координат земного полюса с учетом дополнительных слагаемых, вызванных лунным возмущением.

В третьей главе в рамках небесномеханического подхода рассматривается малопараметрическая модель неравномерности осевого вращения Земли. В работе показано, что для задачи построения прогноза вариаций Всемирного времени UT1 на короткие интервалы времени оправданным оказывается применение приближенной малопараметрической модели. Она может быть получена осреднением переменных параметров, подверженных вариациям, возникающим вследствие нестационарности геофизических возмущающих факторов (атмосферных и океанических возмущений). Проведена верификация модели и сравнение с прогнозами, публикуемыми Международной службой вращения Земли в “бюллетене А”, на длительном интервале времени.

В четвертой главе рассмотрена комбинационная небесномеханическая стохастическая корреляционная модель движения земного полюса с учетом стохастических компонент полюсного прилива, ограничиваясь статистическими моментами до второго порядка включительно. Изучаются колебания полюса Земли на чандлеровской частоте с учетом нелинейных флуктуационно-диссипативных моментов сил и гравитационно-приливных моментов сил на чандлеровской и близкой к ней частотам. Показывается, что учет малых нерегулярных возмущений в приливных процессах приводит к

вариациям чандлеровской компоненты колебаний. Исследовано влияние на установившийся стационарный режим чандлеровского колебательного процесса нелинейных слагаемых (до 3-й степени) полюсного прилива в модели его движения.

В пятой главе диссертации рассмотрен вопрос о построении прогноза движения земного полюса и неравномерности осевого вращения Земли на основе малопараметрических моделей. Разработана численно-аналитическая уточненная модель краткосрочного прогноза движения полюса Земли, позволяющая повысить точность прогнозирования координат при наблюдаемых нерегулярных эффектах в его движении.

В заключении формулируются положения, выносимые на защиту.

Не перечисляя далее детально содержание диссертации, остановимся на основных ее выводах, результатах и доказательствах.

Все результаты, полученные в работе, являются **новыми**. Среди них можно выделить следующие:

- Для невозмущенного движения Земли относительно центра масс определена взаимная ориентация оси фигуры, вектора мгновенной угловой скорости и вектора собственного кинетического момента деформируемой Земли. Разработана уточненная модель возмущенного движения земного полюса в переменных действие-угол. Показано существование колебательного процесса в движении земного полюса, который синхронизирован с прецессией лунной орбиты.

- Получена малопараметрическая численно-аналитическая модель прогноза флуктуаций скорости осевого вращения Земли, позволяющая давать прогноз вариаций Всемирного времени на требуемые интервалы времени.

- Построена комбинационная небесномеханическая стохастическая модель флуктуаций вращательного движения

деформируемой Земли, которая учитывает изотропные и анизотропные флуктуационно-диссипативные возмущения, в частности, возмущения, обусловленные регулярной и стохастической составляющими вращательной деформации.

- На основе численно-аналитического подхода предложена модель колебания земного полюса, позволяющая повысить точность прогноза траектории его движения во время нерегулярных эффектов, вызванных изменениями амплитуд основных гармоник колебательного процесса.

В перечисленных ниже пунктах заключается как **теоретическое**, так и **практическое** значение результатов, полученных соискателем:

- В разработанной небесномеханической модели движения земного полюса учтено возмущение от прецессионного движения орбиты Луны.

- Численно-аналитические модели колебаний земного полюса и неравномерности вращения Земли, а также учитывающие стохастические компоненты возмущений представляют собой уточнение разработанных ранее моделей.

- Разработанные численно-аналитические модели движения земного полюса и вариаций осевого вращения Земли могут быть использованы для взаимного согласования небесной и земной систем координат; решения задач координатно-временного обеспечения навигационных спутников типа ГЛОНАСС/GPS, а также применяться в алгоритмах обработки лазерных наблюдений спутников (например, спутников Эталон-1, Эталон-2).

Достоверность выполненных автором исследований подтверждена результатами численного моделирования, согласующимися с данными наблюдений и измерений МСВЗ, корректностью поставленных задач, строгостью используемых методов и их адекватным выбором.

Достоинствами диссертационной работы являются предложенные модели, учитывающие пространственное движение двойной системы Земля-Луна и случайные воздействия. Эффективным является и разработанный численно-аналитический подход к анализу колебательных процессов в движении земного полюса и прогнозированию ПВЗ. Он основан на решении задачи небесной механики о движении деформируемой Земли относительно центра масс и идентификации найденных колебаний в современных наблюдениях.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. Не лишним было бы включить в текст пункт, посвященный определению параметров преобразования, рассмотренного во 2-й главе. Поскольку преобразование выполняется к вращающейся относительно ITRS системе координат, то для его корректного выполнения необходимым является определение условий на точность измерений.

2. Кроме того, было бы логичным определить гармонические составляющие в геофизических возмущениях, приводящих к наблюдаемым колебаниям полюса в новой системе координат и связанных с прецессией орбиты и перигея Луны.

Отмеченные здесь недостатки не умаляют достоинств диссертации В.В. Перепелкина. Она подводит итог его многолетней работе, представляет собой выполненное на высоком научном уровне полное и законченное фундаментальное исследование. Основные результаты оригинальны и достойны высокой оценки. Они получены путем строгих математических методов и аккуратных числовых оценок, сравнения с наблюдениями; их достоверность не вызывает сомнений.

Результаты исследований докладывались диссертантом на международных конференциях и совещаниях. Результаты диссертации опубликованы в 57 работах автора (в том числе 18 работ в рекомендованных ВАК отечественных изданиях, на 25 работ имеются

ссылки в Web of Science и 18 ссылок в Scopus). Они хорошо известны научной общественности в России и за рубежом. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация оформлена подобающим образом.

Результаты диссертации представляют большой интерес не только для обеспечения определения параметров вращения Земли, но и для астрометрии, небесной механики, космической геодезии и геофизики. Помимо вклада в фундаментальную науку, они имеют важнейшее практическое применение.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация на тему: «Численно-аналитические модели движения земного полюса и неравномерности осевого вращения Земли» полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а ее автор Перепёлкин Вадим Владимирович заслуживает присуждение ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.01 – Астрометрия и небесная механика.

Официальный оппонент: Сидоренков Николай Сергеевич, 123242 Москва, Б. Предтеченский пер., дом 11-13; тел. +74997952152; sidorenkov37@mail.ru; ФГБУ Гидрометеорологический научно исследовательский центр Российской Федерации; Главный научный сотрудник; Доктор физико-математических наук; старший научный сотрудник

Н.С.Сидоренков

Подпись Н.С.Сидоренкова заверяю
Ученый секретарь Гидрометцентра России
кандидат физико-математических наук



Н.А.Шестакова

22-X-2018 z