

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке ФГАОУ ВО  
«Уральский федеральный  
университет имени первого  
Президента России Б.Н.Ельцина»,  
доктор физико-математических наук,



А.В.Германенко

2021 г.

## ОТЗЫВ

**ведущей организации о диссертационной работе Микрюкова Дениса Викторовича «Эволюция слабовозмущенной планетной системы на космогонических временах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.01 — астрометрия и небесная механика**

Диссертационная работа Д.В.Микрюкова «Эволюция слабовозмущенной планетной системы на космогонических временах» посвящена важному для небесной механики изучению методов исследования динамической эволюции планетных систем на основе численно-аналитических теорий. Эта тема актуальна в связи с развитием методов наблюдений вненесолнечных планетных систем, а также в связи с возможностью приложений результатов диссертации при анализе наблюдательных данных.

Соискатель рассмотрел и проанализировал основные системы элементов и системы координат, используемые при построении численно-аналитических планетных теорий движения. Построенный численно-аналитический метод дополняет существующие методы исследования планетной орбитальной

динамики. Часть промежуточных результатов работы обладает также самостоятельной ценностью.

Диссертация Д.В.Микрюкова состоит из введения, 4 глав, заключения, списка цитируемой литературы (101 наименование) и 6 приложений, общий объем работы 167 страниц, содержащих 27 рисунков и 12 таблиц.

Во Введении диссертации обоснована актуальность работы, сформулированы основные цели и задачи, приведено краткое содержание работы, отмечены новизна полученных результатов, научная и практическая ценность работы, перечислены результаты, выносимые на защиту.

По теме диссертации Д.В.Микрюковым опубликованы 11 статей и тезисов докладов (из них 4 статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК). Результаты работы докладывались на международных и всероссийских научных конференциях.

В первой главе определена основная система оскулирующих элементов. Показано преимущество комплексных элементов Пуанкаре перед классическими (вещественными). Выполнено разложение основных функций кеплерова движения. Построено обобщение алгоритма М.Ф.Субботина разложения прямоугольных координат планеты в степенной ряд по вещественным элементам Пуанкаре на случай комплексных элементов Пуанкаре. Получены разложения прямоугольных компонент скорости планеты.

Вторая глава посвящена разложению гамильтониана системы в ряд Пуассона в гелиоцентрических координатах А.Уинтнера. Для разложения обратного расстояния между двумя планетами использован метод, предложенный Ж.Ласкаром и П.Робютелем, дающий компактное представление разложения возмущающей функции. Рассмотрены основные аспекты практического разложения возмущающей функции. Приведен метод вычисления числа слагаемых в фиксированном отрезке разложения.

В третьей главе дано описание алгоритма построения осредненных уравнений движения на основе метода преобразований Ли. Детально рассмотрено построение первого и второго приближения по малому параметру.

Даны общие замечания относительно построения более высоких приближений. Построено разложение в ряд Пуассона осредненного гамильтониана для случая двух планет. Рассмотрены особенности построения разложения осредненного гамильтониана в многопланетном случае. Рассмотрены практические аспекты построения и численного интегрирования осредненных уравнений. Даны сведения о количестве слагаемых в правых частях осредненных уравнений и в осредненном гамильтониане.

В четвертой главе построенная численно-аналитическая теория используется для изучения долговременной эволюции нескольких модельных и двух реальных планетных систем. Рассмотрены системы, в которых отсутствуют резонансы средних движений. Проведено сравнение с результатами других авторов, а также с результатами интегрирования точных уравнений движения. Показано, что уравнения второго приближения описывают поведение планетных орбит более точно, чем уравнения первого приближения. Конец главы посвящен обсуждению результатов интегрирования осредненных уравнений.

В Заключении излагаются основные результаты диссертации.

В приложениях содержатся вспомогательные материалы к двум первым главам.

Актуальность, новизна, научная и практическая ценность работы несомненны. По диссертации можно высказать следующие замечания.

На странице 99 и далее ведется обсуждение векового резонанса с критическим аргументом, равным разности долгот перицентров орбит планет. Возникает впечатление, что рассматриваемый резонанс является единственным вековым резонансом. Заметим, что вековые резонансы возникают вследствие соизмеримости скоростей апсидальной и/или нодальной прецессии орбит. Разность долгот перицентров является частным случаем векового резонанса.

На странице 115 ведется обсуждение влияния малых знаменателей на динамическую эволюцию исследуемых систем. Для обеих систем дана качественная оценка этого влияния и сделан вывод о несущественном влиянии

малых знаменателей. Можно ли для этих систем дать количественные оценки, подтверждающие выводы о незначительном влиянии малых знаменателей?

В разделе 4.3 сравнение результатов численно-аналитической теории с численным интегрированием выполняется на основе анализа графиков. Желательно было бы привести таблицы, в которых сравниваются периоды и амплитуды изменения элементов орбит, полученных различными методами. Это позволило бы провести более детальное сравнение результатов.

Отметим стилевую неточность на странице 110. В комментарии к рисунку 4.9 говорится, что «эксцентриситеты «Венеры» и «Земли» изменяются практически непредсказуемо». Вместо «непредсказуемо» лучше использовать определение «сложно», т.к. что-либо сказать о предсказуемости можно будет лишь после исследования вероятностной эволюции рассматриваемой планетной системы.

Замечание по оформлению текста диссертации. Заголовки таблиц расположены после таблиц, что затрудняет восприятие материала.

Есть одна опечатка. На странице 37, строка 3 снизу: «и пользуем» следует заменить на «используем».

В целом диссертация Д.В.Микрюкова выполнена на высоком научном уровне и производит хорошее впечатление. Результаты работы могут быть использованы при исследовании орбитальной эволюции нерезонансных планетных систем.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационную работу Д.В.Микрюкова можно квалифицировать как новый вклад в развитие направления — исследование динамической эволюции планетных систем на длительных интервалах времени.

Результаты диссертации могут быть использованы во всех организациях, занимающихся исследованием планетных систем: в ГАИШ МГУ, ГАО РАН, ИКИ РАН, ИНАСАН, ИПА РАН, ИПМ РАН, СПбГУ, УрФУ и других астрономических институтах и обсерваториях. Основные результаты диссертации опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК.

На наш взгляд, диссертация Д.В.Микрюкова «Эволюция слабовозмущенной планетной системы на космогонических временах» отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.01 — астрометрия и небесная механика, а автор работы заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

Отзыв рассмотрен и одобрен на объединенном научном семинаре кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды и Коуровской астрономической обсерватории Института естественных наук и математики УрФУ (протокол № 1 от 23 марта 2021 г.).

Руководитель объединенного научного семинара,

доктор физико-математических наук, доцент

 Э.Д.Кузнецов

Рецензент:

Заведующий кафедрой астрономии, геодезии,

экологии и мониторинга окружающей среды

Института естественных наук и математики

Уральского федерального университета,

доктор физико-математических наук, доцент



Кузнецов Эдуард Дмитриевич