

ОТЗЫВ официального оппонента на диссертацию
Микрюкова Дениса Викторовича
**«ЭВОЛЮЦИЯ СЛАБОВОЗМУЩЕННОЙ ПЛАНЕТНОЙ СИСТЕМЫ
НА КОСМОГОНИЧЕСКИХ ВРЕМЕНАХ»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.01 – астрометрия и небесная механика.

Лагранж и Лаплас в свое время поставили и решали задачу об устойчивости Солнечной системы. Задача до сих пор не решена. Единственно, известно еще со времен Лапласа, что если Солнечная система и не устойчива, то распадается чрезвычайно медленно. Достижения астрофизики показали, что даже звезды образуются и сгорают. На смену вопросу об устойчивости Солнечной системы поставлены новые вопросы о том, что происходит с планетными системами со времени их образования, то есть на космогонических временах. Открытие планетных систем возле других звезд, достигнутых на разных этапах своего развития, дало новую пищу нашему научному разуму. Работы сильно прибавилось.

Уравнения движения планет на космогонических временах разумно решать аналитическими методами. Известный путь – применение методов теории возмущений. Это связано с выполнением чрезвычайно громоздких выкладок, если требуется высокая точность теории. За время развития методов небесной механики на этом пути достигнуты определенные продвижения. Это совершенствование техники выкладок применением компьютерной алгебры. Это удачные методические находки, примером которых является метод Хори-Депри. Однако пока прогресса мало. Мы только снова и снова убеждаемся, насколько сложна задача. Именно этой сложнейшей задаче посвящена диссертационная работа Микрюкова Д.В. В силу сказанного ясно, что задача, поставленная в диссертации, по-новому **актуальна**.

По сравнению с результатами предшествующих авторов в диссертации достигнуты определенные продвижения в решении задачи. В силу уже подчеркнутой сложности задачи любые продвижения весьма ценны.

Целью работы было построить модель эволюции планетной системы с лучшей точностью, чем это было сделано ранее, и независимо от других авторов. Для этого автору диссертации пришлось не только освоить классические и современные аналитические методы небесной механики, но и значительно их усовершенствовать.

В диссертационной работе составляются и решаются уравнения движения планет в канонической форме. Основные необходимые манипуляции делаются с гамильтонианом задачи. Используются разложения по степеням некоторых малых параметров. Малыми считаются эксцентриситеты и взаимные наклоны орбит планет. Манипуляции выполняются с отрезками рядов, обрезанными по различным условиям на степень малости величин. Прогресс достигается следующими приемами.

Вводятся в использование комплексные элементы Пуанкаре. Основное преимущество новых элементов заключается в значительном сокращении числа членов при перемножении отрезков рядов. Другое преимущество – возможность программирования операций с комплексными величинами в среде языка и компилятора C++ также просто, как и простыми вещественными переменными.

Применяются гелиоцентрические координаты Уинтнера. В работе показано, что такой выбор переменных искомым функций дает преимущества по сравнению с применением в классических работах координат Якоби.

Построение решения в диссертационной работе выполняется по классической схеме. Сначала выводятся разложения основных функций от координат планет. Для разложения

обратного расстояния между двумя планетами используется метод Ласкара и Робютеля. Этот метод дает компактное и удобное представление разложения возмущающей функции. Затем получаются разложения для кинетической и потенциальной энергии и в итоге для гамильтониана системы канонических уравнений. Далее, учитывая, что среди переменных искомым функций есть быстро изменяющиеся во времени переменные – средние долготы и медленно изменяющиеся переменные, выполняется осреднение гамильтониана по быстрым переменным. Метод осреднения состоит в замене исходной системы дифференциальных уравнений новой системой, у которой правые части не зависят от быстрых переменных. Осреднение гамильтониана – непростая операция. Автор диссертации применяет для этого метод Хори-Депри, указывая, что этот метод дает эффективный путь, а именно, переход между старыми и новыми средними переменными выполняется с помощью более удобных формул, по сравнению с другими методами осреднения канонических систем. В методе Хори-Депри важно лишь построить функциональную зависимость производящей функции от своих аргументов.

Выводятся канонические уравнения в средних элементах. Гамильтониан этих уравнений получается в виде ряда по степеням малых масс планет. Учет членов только первого порядка малости называется уравнениями первого приближения, с учетом членов второго порядка получаются уравнения второго приближения. Далее осредненные уравнения решаются методом численного интегрирования. Так получается ход эволюции эксцентриситетов и наклонов орбит планет. Большие полуоси в осредненных уравнениях оказываются постоянными, а средние долготы нас не интересуют. Применение метода ограничено планетными системами с малыми эксцентриситетами и наклонами орбит при удаленности от случаев резонансов средних движений.

Достоверность полученных результатов и сделанных выводов подтверждается сравнением полученных в диссертации аналитических решений с результатами численного интегрирования неосредненных уравнений. Поскольку вывод осредненных уравнений представляет главный предмет диссертации, то такое сравнение дает прямой контроль правильности полученных результатов. Дополнительный контроль получается путем сравнения картины эволюции конкретных планетных систем с результатами других авторов в сопоставимых случаях.

Сильной стороной диссертационной работы является то, что создан мощный инструмент получения картины эволюции любых планетных систем, удовлетворяющих указанными выше свойствам.

Особо следует отметить искусное проведение выкладок, позволившее избежать получения ненужных членов и их последующего отбрасывания.

Разработанным инструментом в диссертации исследована эволюция орбит ряда модельных планетных систем и орбит наблюдаемых экзопланет. Сделаны весьма любопытные выводы о поведении орбит на космогонических временах.

Сильной стороной методов, разработанных для выполненных аналитических операций, является то, что существенная аналитическая информация, полученная в первом приближении, используется для получения второго приближения. В разработанном методе при переходе от двухпланетной задачи к трехпланетной формулы становятся более громоздкими, но принципиально новых деталей в их построении не появляется.

Сильная сторона диссертации -- разнообразие рассмотренных примеров эволюции планетных систем в диссертации **более широкое**, чем в предшествующих работах.

Следует отметить, что в цикле работ Хошевникова и Кузнецова осреднение уравнений движения выполнено также, как и в диссертации, до второго порядка (включительно) по

планетным массам. Существенное отличие настоящей диссертационной работы от цикла работ Перминова и Кузнецова заключается в использовании гелиоцентрических координат Уинтнера. Именно метод разложения гамильтониана планетной задачи в гелиоцентрических координатах Уинтнера и вынесен на защиту.

Сильной стороной диссертации является анализ вклада второго приближения по сравнению с первым приближением осредненных уравнений. Сделан вывод о том, что решения уравнений первого и второго приближения могут заметно отличаться друг от друга, даже если в планетной системе значения средних больших полуосей далеки от резонансных. Кроме того, такой анализ сделан также на конкретных примерах планетных систем

Сильной стороной работы является проверка на определенных этапах возможного проявления резонансов в движении планет и проверка того, как это повлияет на точность теории.

Сильной стороной диссертации является эффективное и рациональное применение средств программирования и вычислительных методов. В частности, при программировании численного интегрирования уделено большое внимание методу вычисления коэффициентов Лапласа.

Как слабую сторону рассматриваемой диссертационной работы можно указать на не достаточно убедительную экспертизу полученных результатов. Все результаты опубликованы только в отечественном журнале «Письма в Астрономический журнал». Доклады о работе делались только на конференциях, проводившихся в УрГУ.

Научную ценность диссертации составляют следующие результаты.

Разработан фактически заново и независимо метод разложения основных функций кеплеровского движения по комплексным элементам Пуанкаре.

Разработан и реализован метод разложения гамильтониана планетной задачи в гелиоцентрических координатах Уинтнера.

Разработан метод построения осредненных уравнений движения в комплексных элементах Пуанкаре.

Разработанные методы успешно применены к моделированию движения модельных и наблюдаемых планетных систем.

Результаты диссертации являются новыми. Новизна подтверждается множеством методических находок, повышающих скорость вывода создаваемой теории. Фактически построена новая, более совершенная теория эволюции планетных систем.

Практическая ценность диссертации обоснована тем, что создан мощный и эффективный инструмент анализа новых открываемых внесолнечных планетных систем. При открытии новых экзопланет можно ожидать обилия новых публикаций автора диссертации, посвященных применению разработанного метода.

Недостатков в изложении диссертационной работы не обнаружено. Изложение ясное, читается легко.

Несущественный вопрос возникает, когда читаем на стр. 32, что для выполнения всех рассмотренных в настоящей главе разложений использовалась специальная система компьютерной алгебры Piranha, а на Стр. 92 видим, что для выполнения рассмотренных в разделах 3.3 и 3.4 разложений использовалась система общего назначения Maxima. Хотелось бы выяснить соотношение использованных и упомянутых в диссертации средств программирования.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в научных учреждениях РАН: Институте прикладной астрономии (С.-Петербург), Главной астрономической обсерватории (Пулково), Институте астрономии (Москва).

Д.В. Микрюков на высоком научном уровне проделал огромную и весьма полезную работу. Представленную им диссертацию следует оценить как новое решение актуальной задачи моделирования эволюции планетных систем.

В итоге следует заключить, что рассматриваемая диссертация вполне удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, соответствует паспорту специальности 01.03.01 – астрометрия и небесная механика, а ее автор **Денис Викторович Микрюков** заслуживает присуждения ему искомой ученой степени по данной специальности.

Отзыв составил официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом небесной механики Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова

Емельянов Н.В.

Адрес:
119234 Москва,
Университетский проспект, д.13. ГАИШ МГУ
Тел.: +7 916 510 87 20
E-mail: emelia@sai.msu.ru

Подпись Емельянова Николая Владимировича удостоверяю:

Наследник отдела



С.В. Кофеева

С.Н. Кофеева