Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 http://naukovedenie.ru/

Том 8, №1 (2016) http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-1

URL статьи: http://naukovedenie.ru/PDF/22TVN116.pdf

DOI: 10.15862/22TVN116 (http://dx.doi.org/10.15862/22TVN116)

Статья опубликована 29.02.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:
Кочетков А.В., Федотов П.В. Естественный гармонический анализ // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №1 (2016) http://naukovedenie.ru/PDF/22TVN116.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/22TVN116

УДК 51-71

Кочетков Андрей Викторович
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, г. Пермь[1]
Доктор технических наук, профессор
E-mail: soni.81@mail.ru

Федотов Петр Викторович
ОАО «Научно-исследовательский центр технического регулирования», Россия, г. Саратов
Инженер
E-mail: klk50@mail.ru

Естественный гармонический анализ

Аннотация. В данной статье сделана попытка разгадать идеи, заложенные в теории Птолемея, и рассказать о том, как эти идеи могут быть применены в современной теории и практике. Необходимо учитывать, что в астрономических расчетах древности не было никаких способов определять размеры действительных размеров орбит движения планет. В расчетах Птолемея полностью отсутствовали понятия радиуса орбит. Даже отсутствовали радиусы деферента или большого круга и малых кругов эпициклов. В теории Птолемея присутствовали только отношения малых и больших кругов. Т.е., все движения Солнца, Луны, планет и звезд проецировались на сферу наблюдения, причем радиус сферы наблюдения никак не оговаривался, кроме того, что размеры сферы наблюдения предполагались намного больше чем размеры Земли. Показано, что метод разложения сложных планетных движений в теории Птолемея не является аналогом разложения в ряды Фурье. В отличие от формально-математического разложения Фурье, Птолемей использовал разложение в ряд периодических движений, имеющих реальное физическое существование. Подобный метод по праву может быть назван разложением в ряд естественных колебаний. Разложение в ряд естественных колебаний может быть с успехом применен для анализа причин появления колебаний в динамической системе, не только в астрономии, но и в других отраслях науки и техники.

Ключевые слова: метод Птолемея; ряды Фурье; гармонический анализ; колебания динамической системы; орбиты; движение планет; Солнце; Земля; астрономия; естественные колебания

[1] 410022, г. Саратов, ул. Азина, д. 38 «В», кв. 4

Введение

Эта статья не просто очередное исследование теории планетных движений Птолемея. Такие исследования уже проделаны неоднократно [1-7]. О причинах и следствиях отказа от геоцентрической системы Птолемея мы говорили в первом цикле статей [8-10]. В данной статье мы попытаемся разгадать идеи, заложенные в теории Птолемея, и рассказать о том, как эти идеи могут быть применены в современной теории и практике.

В системе Птолемея предполагалось, что и Солнце, и Луна и все планеты двигались по идеальным кругам, точнее сферам с учетом колебаний движения по широте небесной сферы, а эпициклы необходимы были не для описания действительного движения, а для расчетов неравномерности движения по круговой орбите.

Еще в глубокой древности люди заметили, что не только планеты движутся на небе неравномерно[2], но и Солнце и Луна также движутся по небу неравномерно. Так в «Альмагесте» Птолемей объясняет необходимость введения эпициклов, приводит следующие данные [11, с. 503]: период астрономической весны Солнце проходит за 94,5 дня; период астрономического лета – за 92,5 дня; астрономическую осень – 88,125 дней; астрономическую зиму за 90,125 дней. В сумме это дает 365,25 дней – астрономический год. Причем астрономический сезон – это период, за который Солнце проходит 90° по небосводу. Ясно, что одинаковый путь по небу 90° за сезон (3 астрономических знака зодиака) Солнце проходит за разный промежуток времени. Или, что, то же самое, с разной угловой скоростью. Выход из положения был найден задолго до Птолемея, возможно первым (?)[3] предложил выход Евдокс Книдский (ок. 406 - ок. 365 до н.э.), предложивший использовать эпициклы для описания неравномерного движения [3, с. 181].

Разберем, в чем состояло достоинство применения эпициклов.

Во-первых, обратим внимание, что если нарисовать сглаженный график прохождения Солнцем небесной эклиптики, то получится периодическая кривая (см. рис. 1).

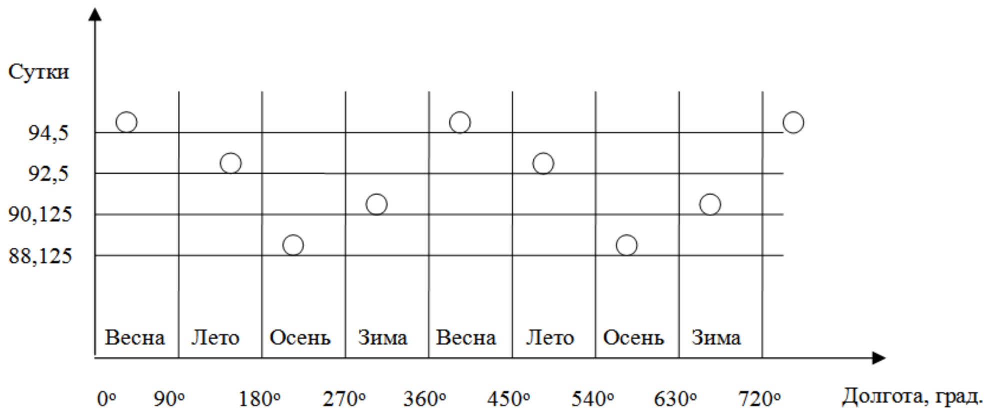

Рис. 1. *Прохождение Солнца по эклиптике за два года, по сведениям Птолемея*

---

[2] «Планета» в переводе означает «блуждающая» (прим. авт.).

[3] Мы ставим знак вопроса, потому, что согласно некоторым исследователям применение эпициклов, или аналогичных методов, применялись еще в Др. Египте и Мессопотамии. А греки, в т.ч. и Евдокс позаимствовали метод эпициклов без указания источника (варваров), как это было принято у древних греков [3, с. 114].

Достоинство Птолемея жившего намного позднее (ок. 87-165 гг. н.э.) не в том, что он первый придумал метод эпициклов, а в том, что он довел методы астрономических расчетов до совершенства, доступное математике начала н.э. (прим. авт.).

Аналогичные кривые получатся и для Луны и для любой из планет. Т.е., для аппроксимации движения Солнца, Луны и планет необходимо научится рассчитывать периодические кривые. Известно, что любую периодическую функцию можно разложить в ряд Фурье, вида:

$$f = a + A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + ... + A_i \cos(\omega_i t + \varphi_i) + ... + A_n \cos(\omega_n t + \varphi_n), \qquad (1)$$

где a – начальное значение функции, A_i – амплитуда i-го колебания, ω_i и φ_i – круговая частота и начальная фаза i-го колебания.

Для понимания принципов, заложенных в методах расчетах Птолемея, необходимо учитывать, что в астрономических расчетах древности не было никаких способов определять размеры действительных размеров орбит движения планет.

В птолемеевских расчетах полностью отсутствовали понятия радиуса орбит. Даже отсутствовали радиусы деферента или большого круга и малых кругов эпициклов.

В теории Птолемея присутствовали только отношения малых и больших кругов [4]. Т.е., все движения Солнца, Луны, планет и звезд проецировались на сферу наблюдения, причем радиус сферы наблюдения никак не оговаривался, кроме того, что размеры сферы наблюдения предполагались намного больше чем размеры Земли.

Рассмотрим, что дает движение по кругу в проекции (рис. 2).

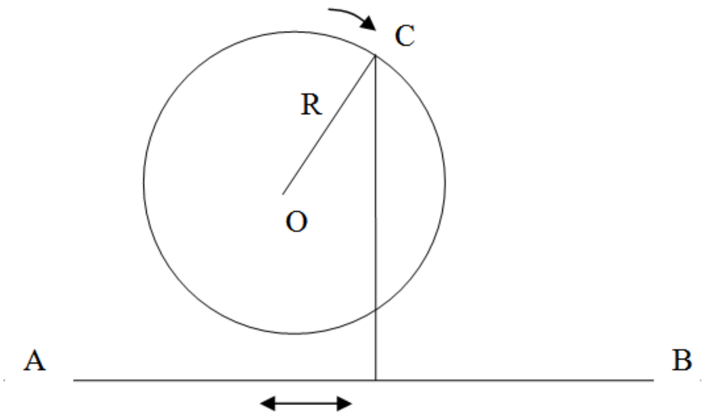

Рис. 2. *Движение по кругу и проекция на прямую*

При равномерном движении точки C по кругу радиусом R, движение точки проекции C’ на прямую AB представляет собой возвратно поступательное движение по закону

$$R \sin(\omega t + \varphi). \qquad (2)$$

Согласно Птолемею каждая планета *П* движется равномерно по малому кругу - *эпициклу* радиуса ***r***. Центр эпицикла в свою очередь равномерно скользит по окружности большого круга радиуса ***R***, названого *деферентом*[4] (см. рис. 3). Наблюдатель находится в центре Мира, в точке O. Планета может находиться в точке П, но наблюдатель ее видит в проекции на окружность деферента в точке П’.

Т.к. обращение по эпициклу в проекции на небесную сферу дает гармоническое колебание около среднего значения долготы, а среднее движение определялось как

[4] **Деферент** (лат. deferens — несущий). Не путать морским термином **дифферент** – отклонение плоскости мидель-шпангоута от вертикали (прим. авт.).

равномерное вращение по большому кругу, то общее уравнение «простого движения», с одним эпициклом описывается в современных обозначениях уравнением:

$$\alpha = \Theta + \Omega t - r\cos(\omega t + \varphi_0), \qquad (3)$$

где α - долгота светила, Θ - начальная эпоха по деференту, Ω - угловая скорость среднего (равномерного) движения по деференту, *r* – радиус эпицикла, ω - угловая скорость движения по эпициклу, φ_0 - начальная фаза по эпициклу, *t* – период времени от начальной эпохи до времени наблюдения.

Знак минус перед косинусом потому, что направление движения по эпициклу в теории Птолемея обратен направлению движения по деференту.

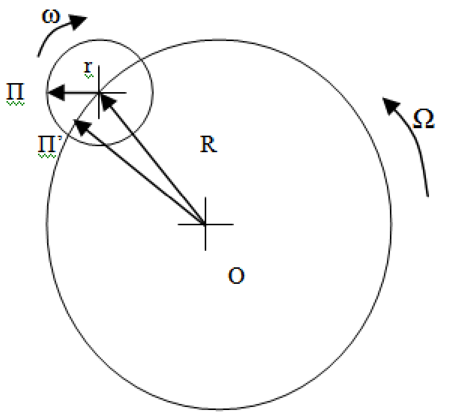

Рис. 3. *Эпициклическая модель Птолемея*

Потребности получить максимальное совпадение с данными наблюдений, а значит и необходимость более точной аппроксимации привели к необходимости введения новых эпициклов.

Но, легко понять, что введение новых эпициклов приводит единственно к тому, что в уравнение (3) вводятся дополнительные члены вида (2). Например, при наличии в модели трех эпициклов уравнение (3) перепишется в виде:

$$\alpha = \Theta + \Omega t - r_1\cos(\omega_1 t + \varphi_{1,0}) - r_2\cos(\omega_2 t + \varphi_{2,0}) - r_3\cos(\omega_3 t + \varphi_{3,0}). \qquad (4)$$

В (4) первые два члена ряда – это постоянная часть, потому, что описывают среднее движение по большому кругу, а остальные описывают отклонения от равномерного движения.

Сказанного достаточно для понимания, что эпициклы Птолемея это только математический прием, чтобы разложить видимое неравномерное движение светил по небу в некоторую сумму равномерных движений. Т.о. древние астрономы предвосхитили, т.н. гармонический анализ Фурье.

То, что эпициклы в теории Птолемея не играли решающей роли, доказывается тем, что прежде чем строить модели расчетов движения светил, Птолемей сообщает, что кроме эпициклической гипотезы движения возможна эксцентрическая гипотеза движения небесных светил.

Сущность эксцентрической гипотезы состоит в том, что светило движется равномерно по большому кругу, диаметр которого равен большому кругу с центром в «центре Мира» (там, где находится наблюдатель, но окружность, по которой движется планета, располагается эксцентрично относительно окружности наблюдения. На рисунке 4, точка О – место расположения наблюдателя, «центр Мира». Точка Э – центр окружности по которой равномерно движется светило. Если в момент наблюдения светило находится в т. П, то наблюдатель из точки О видит её проекцию в точке П’.

Птолемей не только сообщает о существовании двух моделей движения светил, но доказывает одну любопытную теорему, о том, что если e = r, т.е. если эксцентриситет на рис. 4 равен радиусу эпицикла на рис. 3 и радиусы больших кругов в обеих моделях одинаковы и равны R, то обе гипотезы идентичны, т.е. наблюдатель не сможет отличить по результатам наблюдений одну модель движения от другой [11, с. 85].

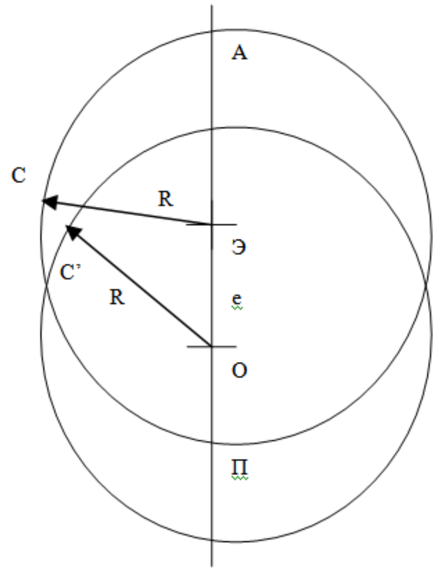

Рис. 4. *Простая эксцентрическая модель Птолемея*

(О – центр мира (положение наблюдателя); Э – центр эксцентрического круга по которому движется эпицикл (деферент); С – положение центра эпицикла; С’ – проекция точки С на круг мира; e = ОЭ – эксцентриситет; А – апогей; П – перигей).

Птолемей постоянно пользуется этой теоремой, заменяя эпициклическую модель для первого (самого большого) периодического отклонения от среднего, по терминологии Птолемея «неравенства», на эксцентрическую модель для каждого из светил: для описания движения Солнца, Луны и планет.

Это Птолемей делает потому, что рассчитать движение по эксцентру методами, доступными во времена Птолемея[5] легче, чем движение по эпициклу [11, с. 91].

Такое движение, когда светило движется равномерно по окружности неподвижного эксцентра, Птолемей называет простой составной гипотезой. Такую модель Птолемей применяет только для описания движения Солнца и Луны.

Анализируя возможные гипотезы движения планет в главе IX Альмагеста Птолемей приходит к выводу: «Однако можно клясться Зевсом, что этого[6] нельзя объяснить ни при

[5] Графическими построениями, т.н. «метод циркуля и линейки».

Алгебраическая запись уравнений появилась только в работах арабских ученых на несколько веков позднее Птолемея. Ими же в математику введены и тригонометрические функции (Прим. авт.).

[6] Описать модель движения планет (Прим. авт.)

помощи эксцентрических кругов, ни в силу гомоцентрических с зодиаком кругов, несущих эпициклы, ни при помощи того и другого одновременно» [11, с. 279].

Рассматривая вопрос построения модели движения планет Птолемей приходит к выводу: «Но, при дальнейшем сравнении отдельных наблюдаемых положений планет с выводами, получающимися из соединения обеих гипотез, обнаруживается, что дело совсем не будет таким простым, поскольку плоскости, в которых мы рисуем эксцентрические круги, не будут неподвижными, и расстояние от тропических и равноденственных точек до прямой, проходящей через центры этих кругов, на которых усматривается перигеи и апогеи, не остается всегда одним и тем же.

Точно так же центры перемещаются по эксцентрическим кругам эпициклов, совершая равномерное вращение в направлении последовательности знаков, не описывают в равные времена одинаковые углы вокруг центров этих кругов [11, с. 298].

В данной цитате Птолемей говорит о том, что простая гипотеза, совмещающая эпицикл и эксцентр, недостаточна для описания движения планет и переходит к описанию схемы движения, называемой в современной литературе схемой с эквантом. Сущность этой схемы можно понять из рис. 5.

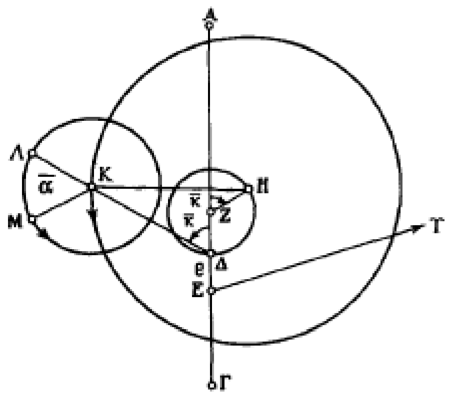

Рис. 5. *Схема с эквантом (Альмагест, с. 591)*

(*АГ* – линия апсид неподвижного эксцентра; *Е* – Земля; *ЕY* – направление на точку весеннего равноденствия; *Δ* – точка экванта, из которой движение центра эпицикла *К* представляется равномерным; точка *Z*, середина линии апсид *АГ*, является центром малого круга, по которому движется центр *Н* деферента («подвижного» или второго эксцентра, согласно Птолемею), несущего эпицикл, причем $ZH = Z\Delta = \Delta E = e$ (*е* – эксцентриситет орбиты планеты)).

«В схеме [с эквантом] реализуется четыре равномерных вращения: а) линия апсид *АГ* вращается в прямом направлении вокруг точки *Е* со с скоростью прецессии (равномерно возрастает); б) центр деферента *Н* вращается на малом круге с центром *Z* в обратном направлении; его положение определяется углом $\mathrm{AZH} = \bar{\kappa}$ - эксцентрической аномалией планеты; в) линия *ΔК*, определяющая центр эпицикла *К* и одновременно направление на среднее солнце, вращается в прямом направлении; г) Планета *М* на эпицикле вращается равномерно в прямом направлении» [11, с. 591].

Ясно, что четыре равномерных вращения хорошо опишут четыре периодических члена уравнения вида (4). С учетом равномерного вращения неба и начальной эпохи следует, что для описания движения планет по методике Птолемея понадобится шесть членов ряда разложения в ряд периодических функций.

Но, обратим особое внимание на движение (а) в схеме с эквантом в этом случае вращается линия апсид, линия апсид – это линия, соединяющая апогей и перигей, т.е. в данном случае имеется в виду медленное смещение перигея планеты. Птолемей указывает примерное значение 1 градус за сто лет.

Любопытна не величина, а наличие такого движения. Это самое явление под названием «вековое смещение перигелия», в частности для Меркурия, явилось тем самым препятствием, которое так и не смогла преодолеть теория Кеплера.

В теории Птолемея «вековое смещение» появляется практически незаметно, как еще одно движение среди остальных.

В теории Кеплера все значительно сложнее. Многие видные ученые астрономы и математики пытались решить эту проблему, включить в теорию обращения планет Кеплера вековое смещение эллиптических орбит.

Невозможность решить эту проблему привело к появлению общей теории относительности Эйнштейна, которая не решила эту проблему, а только еще больше запутала вопрос [12].

Таким образом Природа отомстила ученым за то, что они отвергли классический труд великого астронома и математика. Современные астрономические расчеты движения планет проводятся методом разложения в ряды полиномов Чебышева. Это в большой степени повторяет методику Птолемея, но разложение идет не на периодические функции, а на алгебраические степенные ряды [13, 14].

Сарос и экселигмос[7] в астрономии Древних

Сказанное выше по поводу разложения в ряд периодических функций может создать впечатление, что Птолемей полностью предвосхитил современную теорию разложения в ряд Фурье. На самом деле, это не совсем так. Разложение в ряд периодических функций по методике Птолемея имеет два принципиальных отличия от разложения в ряд Фурье.

Во-первых, согласно теории разложения в ряд Фурье, любую функцию на определенном интервале можно разложить в ряд периодических функций. Причем, интервал разложения выбирается произвольно, исходя из задач, стоящих перед исследователем.

В теории Птолемея это совсем не так, прежде чем начать определения параметров движения светил, по теории Птолемея определяют определяющие «периоды возвращения» движения.

Под периодом возвращения понимается не просто период обращения планет вокруг Солнца, а для Луны – это будет период обращения вокруг Земли. А именно период возвращения движения. Под таким периодом древние астрономы понимали период, по окончании которого повторяются астрономические явления, связанные со светилами.

Первыми такими известными периодами были: солнцестояния и равноденствия для Солнца, что позволило еще в древности определять понятие солнечного года и лунные и

[7] **Са́рос** (греч. σάρος) или **дракони́ческий пери́од**, состоящий из 223 синодических месяцев (в среднем приблизительно 6585,3213 дня или 18,03 тропического года), по прошествии которых затмения Луны и Солнца приблизительно повторяются в прежнем порядке.

Экселигмос (греч. ἐξέλιγμος — *поворот колеса*) — период, равный примерно 19756 суткам или трем саросам (54 года), по прошествии которого затмения Луны и Солнца повторяются примерно при одних и тех же условиях.

солнечные затмения. Фазы Луны не могли играть такой роли, т.к. длительность фаз Луны постоянно меняется.

Также меняется и продолжительность лунного месяца. Лунный месяц имеет длительность 27,2-29,6 суток и в целых сутках исчислены быть не могут, причем разброс длительности лунного месяца происходит по причине неравномерного движения спутника по околоземной орбите. Для Луны подобным свойством возвращения был **сарос**. Это период, после которого повторяются солнечные и лунные затмения.

Дело в том, что солнечные и лунные затмения не происходят с простой периодичностью. Длительность сароса, по современным данным, 6585,3213 дня или 18,03 тропического года.

Условиями возникновения затмения являются не только возвращения Луны и Солнца по долготе, которое определяет лунный месяц. Луна еще и качается по широте и затмения происходят только при совпадении не только долготы, но еще и широты астрономических координат.

Т.о. хотя значения долготы Луны повторяется каждый лунный месяц, но за время сароса, продолжительность которого около 243 месяцев (возвращения по долготе) происходит 41 солнечное затмение и 29 лунных затмений. Причем, мы уже сказали, что нет простой периодичности в пределах сароса. После окончания сароса цикл солнечных и лунных затмений повторяется.

Впервые предсказывать затмения с помощью сароса научились в Древнем Вавилоне. Но, недостаток сароса в том, что затмения происходят, но иногда они не видны в разных географических местах.

Т.е., наблюдения затмений в одной и той же местности затрудняется. Гиппарх предложил для определения затмений период экселигмоса, равный 19756 суткам, или трем саросам, примерно 54 годам, применение эксгелимоса удобнее тем, что позволяет определять даты солнечных и лунных затмений в пределах одной местности. Аналогичные периоды составлялись и для остальных небесных тел.

Естественный гармонический анализ

Это отличие от обычного разложения в ряд Фурье имеет принципиальное значение. Так, взяв для разложения произвольный интервал из области существования функции, можно разложить в ряд Фурье не только периодические функции, но в прямом смысле – любую, даже не периодическую [15, с. 85] . Во-вторых, основная задача, которую решает разложение в ряд Фурье – это аппроксимация имеющегося графика произвольной функции рядом периодических функций. Причем, за пределами выбранного интервала аппроксимация может совсем не совпадать с полученным разложением.

Для разложения Птолемея принципиально существование **естественных** колебаний динамической системы. Т.е., определяя период возвращения колебаний, решается главная задача, определение естественных колебаний, присущих системе.

Каждая динамическая система, которая колеблется по сложному закону, тем не менее, имеет некоторую периодичность, присущую не просто произвольности выбора методов разложения, а принадлежащую исключительно самой природе колебаний системы. С полным правом такие колебания могут быть названы естественными. Выделить и классифицировать естественные колебания и является основной задачей методов Птолемея.

Отличие естественных колебаний от произвольных в том, что периоды естественных колебаний сохраняются не только в произвольном интервале, но и за пределами такового. Как уже сказано, если на произвольном интервале функция разложена на произвольные периодические функции, то это разложение действительно только в пределах интервала разложения (аппроксимации), а ряд разложения на естественные колебания сохраняет свою легитимность на любой интервал в прошлом и будущем.

Ограничение на это правило может происходить, например, под действием неучтенного внешнего воздействия. Для определения подобных отклонений необходимо рассматривать не один единственный период, а разные однотипные периоды.

В принципе, если за интервал разложения в ряд Фурье взять период возвращения, то разложение в ряд Фурье будет максимально приближенным к разложению в ряд естественных колебаний. Но, в общем случае они могут не совпадать. Причина несовпадения, что при разложении в ряд Фурье не только произвольными являются интервалы разложения, но и параметры разложения. Так угловые частоты, а значит, и периоды колебаний берутся как натуральный ряд чисел $\omega, 2\omega, 3\omega$ и т.д. А при разложении в ряд естественных колебаний периоды определяются не формальными правилами разложения, а естественными (физическими) свойствами динамической системы.

Исходя из этого принципиального различия, следует, что разложение в ряд Фурье можно проводить без предварительного анализа. Т.е. можно взять, в принципе, **любой** интервал существования любой функции, не важно, периодической или не периодической, и чисто формально получить разложение в ряд тригонометрических функций.

В естественном гармоническом анализе это совсем не так. Во-первых, функция поддающяяся разложению в естественный гармонический ряд должна быть периодической во всей области определения.

Во-вторых, прежде чем начать разложение в естественный гармонический ряд, должны быть определены «интервалы возвращения». За интервал разложения должен быть принят интервал, после которого на следующем интервале поведение функции повторяет поведение на предыдущем интервале[8].

Второе принципиальное различие естественного гармонического разложения от разложения Фурье, в том, что если при разложении в ряд Фурье полученные тригонометрические функции (колебания) получаются чисто формальным путем и не несут никакой информации о действительных колебаниях динамической системы. И даже не могут ответить на вопрос, является ли система колебательной или нет[9]. То, в естественном гармоническом анализе, разложение идет строго по физически существующим колебаниям.

Отсюда следует область применения естественного гармонического анализа. А именно, определение действительных колебаний динамической системы. Полученная в результате естественного гармонического анализа информация, может например, служить целям анализа причин появления динамических колебаний.

[8] Точно также, как в повторяются лунные и солнечные затмения в саросе или эксгелимосе.

[9] Например, в случае разложения в ряды Фурье непериодических функций.

Выводы

1. Сущность планетной системы Птолемея состоит в разложении сложного движения в ряд простых гармонических движений.
2. Разложение планетных движений Птолемеем напоминает разложение в ряд Фурье, но имеет принципиальные различия.
3. В отличие от формально математического разложения в ряд Фурье, метод Птолемея предполагает разложение в ряд естественных (физически присущих) гармонических движений.
4. Метод разложения в ряд тригонометрических функций присущих динамической колебательной системе можно назвать разложением в ряд естественных колебаний.
5. В отличие от разложения в ряд Фурье, разложение в естественный ряд колебаний возможен только для истинно колебательной системы.
6. До начала разложения в ряд естественных колебаний должен быть определен «интервал возвращения», т.е. такой интервал, в течение которого поведение функции повторяет поведение в предыдущем интервале.
7. Полученное таким образом разложение будет характеризовать физически существующие колебания динамической системы.
8. Полученный ряд естественных колебаний может быть применен для анализа причин колебаний в технологических процессах и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берри А. Краткая история астрономии / Перевод с англ. С.Г. Саймовского. - М.: ОГИЗ. 1946. – 363 с.
2. Бронштэн В.А. Клавдий Птолемей. II век н.э. - М.: Наука. 1988. - 240 с.
3. Ван дер Варден Б. Пробуждающаяся наука II. Рождение астрономии / Перевод с англ. Г.Е. Куртика. - М.: Наука. 1991. – 384 с.
4. Идельсон Н.И. Этюды по истории небесной механики. - М.: Наука. 1975. - 496 с.
5. Куртик Г.Е. Понятие скорости в античной науке: Аристотель - Птолемей / Исследования по истории физики и механики. - М.: Наука. 1997. - С. 219-248.
6. Нейгебауэр О. Точные науки в древности / Пер. с англ. Е.В. Гохман; под ред. А.П.Юшкевича. - М.: Едиториал УРСС. 2011. - 240 с.
7. Паннекук А. История астрономии / Перевод с англ. Н.И. Невской. - М.: Наука. 1966. – 590 с.
8. Кочетков А.В., Федотов П.В. О соотношении методов расчета движения планет по Птолемею и Кеплеру (часть 1) // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Том 7. №4. [Электронный ресурс]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/143TVN415.pdf.
9. Кочетков А.В., Федотов П.В. О соотношении методов расчета движения планет по Птолемею и Кеплеру (часть 2) // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Том 7. №5. [Электронный ресурс]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/20TVN515.pdf.
10. Кочетков А.В., Федотов П.В. О соотношении методов расчета движения планет по Птолемею и Кеплеру (часть 3) // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. Том 7. №5. [Электронный ресурс]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/21TVN515.pdf.
11. Птолемей К. Альмагест или математическое исследование в тринадцати книгах / Перевод с др. греческого Веселовского. - М.: Наука. Физматлит, 1998. – 672 с.
12. Кочетков А.В., Федотов П.В. Анализ понятия «пространство» в общей теории относительности // Пространство и время. 2013. №4 (10). - С. 42-49.
13. Балк М.Б. Элементы динамики космического полёта. - М.: Наука. 1965. - 338 с.
14. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. - М.: Наука. 1968. - 800 с.
15. Краснов М.Л. Вся высшая математика. Т. 3 / М.Л. Краснов, А.И. Кисилев, Г.И. Макаренко, Е.В. Шикин, В.И. Заляпин, С.К. Соболев. - М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 240 с.

Kochetkov Andrej Viktorovich
Perm national research polytechnical university
Russia, Perm
E-mail: soni.81@mail.ru

Fedotov Petr Viktorovich
JSC Research Center of Technical Regulation
Russia, Saratov
E-mail: klk50@mail.ru

Natural Harmonic Analysis

Abstract. In this article attempt to solve the ideas put in Ptolemaeus's theory and to tell how these ideas can be applied in the modern theory and practice is made. It is necessary to consider that in astronomical calculations of antiquity there were no ways to determine the sizes of the valid sizes of orbits of movement of planets. In Ptolemaeus's calculations completely there were no concepts of radius of orbits. Even there were no radiuses of a deferent or big circle and small circles of epicycles. At Ptolemaeus's theory there were only relations of small and big circles. I.e., all movements of the Sun, Moon, planets and stars were projected on sphere of supervision, and radius of sphere of supervision didn't make a reservation in any way, besides, that sizes of the sphere of supervision were assumed much more than Earth sizes. It is shown that method of decomposition of difficult planetary movements in Ptolemaeus's theory isn't analog of decomposition in Fourier's ranks. Unlike formal and mathematical decomposition of Fourier, Ptolemaeus used decomposition in a row of periodic movements having real physical existence. The similar method by right can be called decomposition in a row of natural fluctuations. Decomposition in a row of natural fluctuations can be applied with success to the analysis of the reasons of emergence of fluctuations in dynamic system, not only in astronomy, but also in other branches of science and technicians.

Keywords: Ptolemaeus's method; Fourier's ranks; harmonious analysis; fluctuations of dynamic system; orbit; movement of planets; Sun; Earth; astronomy; natural fluctuations

REFERENCES

1. Berri A. Kratkaja istorija astronomii / Perevod s angl. S.G. Sajmovskogo. - M.: OGIZ. 1946. – 363 s.
2. Bronshtjen V.A. Klavdij Ptolemej. II vek n.je. - M.: Nauka. 1988. - 240 s.
3. Van der Varden B. Probuzhdajushhajasja nauka II. Rozhdenie astronomii / Perevod s angl. G.E. Kurtika. - M.: Nauka. 1991. – 384 s.
4. Idel'son N.I. Jetjudy po istorii nebesnoj mehaniki. - M.: Nauka. 1975. - 496 s.
5. Kurtik G.E. Ponjatie skorosti v antichnoj nauke: Aristotel' - Ptolemej / Issledovanija po istorii fiziki i mehaniki. - M.: Nauka. 1997. - S. 219-248.
6. Nejgebaujer O. Tochnye nauki v drevnosti / Per. s angl. E.V. Gohman; pod red. A.P.Jushkevicha. - M.: Editorial URSS. 2011. - 240 s.
7. Pannekuk A. Istorija astronomii / Perevod s angl. N.I. Nevskoj. - M.: Nauka. 1966. – 590 s.
8. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. O sootnoshenii metodov rascheta dvizhenija planet po Ptolemeju i Kepleru (chast' 1) // Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2014. Tom 7. №4. [Jelektronnyj resurs]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/143TVN415.pdf.
9. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. O sootnoshenii metodov rascheta dvizhenija planet po Ptolemeju i Kepleru (chast' 2) // Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2014. Tom 7. №5. [Jelektronnyj resurs]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/20TVN515.pdf.
10. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. O sootnoshenii metodov rascheta dvizhenija planet po Ptolemeju i Kepleru (chast' 3) // Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2014. Tom 7. №5. [Jelektronnyj resurs]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/21TVN515.pdf.
11. Ptolemej K. Al'magest ili matematicheskoe issledovanie v trinadcati knigah / Perevod s dr. grecheskogo Veselovskogo. - M.: Nauka. Fizmatlit, 1998. – 672 s.
12. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Analiz ponjatija «prostranstvo» v obshhej teorii otnositel'nosti // Prostranstvo i vremja. 2013. №4 (10). - S. 42-49.
13. Balk M.B. Jelementy dinamiki kosmicheskogo poljota. - M.: Nauka. 1965. - 338 s.
14. Subbotin M.F. Vvedenie v teoreticheskuju astronomiju. - M.: Nauka. 1968. - 800 s.
15. Krasnov M.L. Vsja vysshaja matematika. T. 3 / M.L. Krasnov, A.I. Kisilev, G.I. Makarenko, E.V. Shikin, V.I. Zaljapin, S.K. Sobolev. - M.: Jeditorial URSS, 2001. – 240 s.