

УДК 523.44

Т.Ю. Галушина

ПЕРЕЧЕНЬ АСТЕРОИДОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЕЙ И ДВИЖУЩИХСЯ В ОКРЕСТНОСТИ ОРБИТАЛЬНЫХ РЕЗОНАНСОВ НИЗКИХ ПОРЯДКОВ С ВНУТРЕННИМИ ПЛАНЕТАМИ¹

В работе представлен перечень 170 астероидов, сближающихся с Землей и движущихся в окрестности орбитальных резонансов низких порядков с внутренними планетами на интервале времени 1000 – 3000 г. Среди них 11 АСЗ движутся в окрестности резонансов с Меркурием, 82 – с Венерой, 77 – с Землей. В качестве резонансных характеристик использовались критический аргумент и резонансная щель.

Ключевые слова: астероид, орбитальный резонанс, тесное сближение.

Исследование орбитальной эволюции астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ) и движущихся в окрестности резонансов низких порядков с Меркурием, Венерой или Землей, является важной задачей по ряду причин, одной из которых является проблема астероидной опасности. Устойчивые резонансы при определенных условиях могут служить защитным механизмом от тесных сближений, в то время как неустойчивые – могут приводить к сближениям.

Целью данной работы является выявление АСЗ, движущихся в окрестности резонансов низких порядков с внутренними планетами. Работа является продолжением наших предыдущих исследований [1]. Актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что число открываемых АСЗ год от года стремительно растет. Например, с 2005 г. их количество увеличилось более чем в 2 раза. Кроме того, ранее открытые объекты активно наблюдаются, их орбиты уточняются.

В настоящее время в литературных источниках очень мало работ, посвященных исследованию орбитальной эволюции всей совокупности АСЗ, движущихся в окрестности резонансов низких порядков с планетами. Среди редких статей, содержащих полный перечень таких объектов, следует отметить работу [2]. Заслуживает внимания также работа [3], в которой приводится список АСЗ, движущихся в окрестности резонансов 1/1 и 1/2 с Венерой и Землей. Значительное число статей посвящено исследованию конкретных АСЗ, движущихся в окрестности резонансов низких порядков с большими планетами (например, [4–10]) и отдельных резонансных соотношений (например, [11, 12]).

Методика исследования

В настоящем исследовании движение астероидов аппроксимировалось возмущенной задачей двух тел. Уравнения движения записаны в гелиоцентрической системе координат, отнесенной к эклиптике и равноденствию 2000.0. В модель сил включено влияние больших планет, Плутона, Луны, трех крупнейших астероидов (Цереры, Паллады и Весты), сжатия Земли и релятивистских эффектов от Солнца. Координаты больших планет определяются на основе эфемерид DE406.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Агентства по образованию РФ в рамках АВЦП «Развитие потенциала высшей школы (2009-2011 гг.)», проект 2.1.1/12782.

Начальные элементы орбит астероидов взяты из каталога Э. Боуэлла на 19 мая 2011 г. (<ftp://ftp.lowell.edu/pub/elgb/astorb.dat>).

Дифференциальные уравнения движения интегрировались численно методом Эверхарта с помощью специально разработанного программного обеспечения [13]. Как известно, точность численного интегрирования уравнений движения ухудшается при прохождении астероидами сближений с возмущающими телами. Для преодоления данной трудности была использована расширенная разрядная сетка (128 бит). Однако даже с использованием расширенной разрядной сетки не удалось проинтегрировать уравнения движения всех АСЗ больше чем на 2000 лет. Расчеты проводились на кластере СКИФ Cyberia (<http://skif.tsu.ru/>), что позволило существенно сократить время работы программы. Благодаря использованию кластера интервал времени удалось увеличить в 2 раза по сравнению с нашими предыдущими исследованиями [1].

В качестве резонансных характеристик использовались критический аргумент β , определяющий долготу соединения астероида и планеты,

$$\beta = k_1\lambda_1 - k_2\lambda_2 - (k_1 - k_2)\omega_1 - (k_1 - k_2)\Omega_1, \quad (1)$$

и его производная по времени α (называемая резонансной «щелью» [14])

$$\alpha \approx k_1n_1 - k_2n_2. \quad (2)$$

Здесь n_1, n_2 – средние движения, λ_1, λ_2 – средние долготы астероида и планеты соответственно, ω_1 – аргумент перицентра астероида, Ω_1 – долгота восходящего узла астероида, k_1, k_2 – целые положительные числа. Мы рассматривали резонансы до 10 порядка включительно, т.е. $k_1 + k_2 \leq 10$. При $\alpha = 0$ астероид находится в точном резонансе с планетой, обусловленном соизмеримостью k_2/k_1 их средних движений. Астероид движется в окрестности резонанса, если α, β колеблются около значения точной соизмеримости, так что $|\beta - \beta_{\text{cp}}| \leq 180^\circ$ и $|\alpha| \leq \alpha_{\text{max}}$ (β_{cp} – центр либраций критического аргумента). Величина α_{max} характеризует границы резонансного движения и определяется по максимальной амплитуде колебаний критического аргумента β .

На первом этапе исследования были численно проинтегрированы уравнения движения 8253 АСЗ. Целью данного этапа являлся выбор астероидов, которые неоднократно проходят через точную соизмеримость на всем интервале исследования ($\alpha = 0$). Выбор осуществлялся путем оценки резонансной щели (2). В результате был составлен предварительный перечень АСЗ, движущихся в окрестности орбитальных резонансов низких порядков с планетами земной группы.

Далее на втором этапе для выбранных АСЗ построены графики эволюции резонансной щели и критического аргумента с помощью разработанного нами программного обеспечения [15], которое позволяет автоматизировать обработку результатов численного моделирования. На основе анализа построенных графиков для каждого объекта индивидуально делался вывод о принадлежности его к классу резонансных АСЗ.

Перечни АСЗ, движущихся в окрестности резонансов низких порядков с Меркурием, Венерой и Землей

На основе анализа движения всей совокупности АСЗ с помощью описанной выше методики были составлены перечни АСЗ, движущихся в окрестности резонансов низких порядков с Меркурием, Венерой и Землей. Данные перечни представлены в табл. 1 – 3. Для каждого астероида показаны значение k_2/k_1 , определяющее соизмеримость, и область изменения резонансной щели α . В табл. 4 представлено число объектов для каждого выявленного резонанса.

Таблица 1

АСЗ, движущиеся в окрестности резонансов низких порядков с Меркурием

Объект	k_2/k_1	$\alpha, ''/\text{сут}$	Объект	k_2/k_1	$\alpha, ''/\text{сут}$
52381 1993 HA	1/6	(-13, 22)	241370 2008 LW8	1/9	(-15, 27)
172034 2001 WR1	1/6	(-7,9, 20)	2006 UR216	1/9	(-16, 32)
2008 VB1	1/6	(-7,0, 18)	2009 XB2	1/9	(-27, 41)
2009 KT4	1/6	(-23, 33)	2010 TE4	1/9	(-13, 27)
2002 CV46	1/7	(-3,3, 2,7)	2006 VY2	2/7	(-16, 14)
159608 2002 AC2	1/9	(-4,8, 16)			

Таблица 2

АСЗ, движущиеся в окрестности резонансов низких порядков с Венерой

Объект	k_2/k_1	$\alpha, ''/\text{сут}$	Объект	k_2/k_1	$\alpha, ''/\text{сут}$
2002 VE68	1/1	(-15, 15)	2006 BP6	1/6	(-34, 24)
136793 1997 AQ18	1/2	(-10, 10)	2006 DT63	1/6	(-37, 17)
267136 2000 EF104	1/2	(-5,8, 6,3)	207970 1996 BZ3	1/7	(-63, 69)
1994 CB	1/2	(-11, 9,2)	1999 JO8	1/7	(-40, 36)
2002 AA	1/2	(-19, 17)	2001 BY15	1/7	(-37, 27)
2005 ML13	1/2	(-13, 9,5)	2002 RT112	1/7	(-64, 61)
2010 EJ43	1/2	(-19, 19)	2005 LH8	1/7	(-64, 74)
2010 QN1	1/2	(-13, 13)	2006 MA	1/7	(-4,8, 24)
3838 Epona	1/3	(-9,9, 9,7)	2006 YU1	1/7	(-81, 82)
237442 1999 TA10	1/3	(-7,5, 6,6)	2007 GG	1/7	(-47, 47)
2005 RV24	1/3	(-8,8, 9,6)	2008 AZ110	1/7	(-53, 61)
2007 OX	1/3	(-8,9, 8,4)	2009 QM	1/7	(-18, 21)
2008 WP2	1/3	(-11, 11)	5381 Sekhmet	2/3	(-12, 10)
2009 CA2	1/3	(-13, 13)	2005 BO1	2/3	(-34, 34)
2009 LV2	1/3	(-11, 10)	2010 MB	2/3	(-32, 30)
2010 SJ15	1/3	(-11, 11)	36236 1999 VV	2/5	(-5,7, 5,8)
140039 2001 SO73	1/4	(-23, 26)	66253 1999 GT3	2/5	(-24, 25)
2005 HC4	1/4	(-30, 27)	229672 2006 WR1	2/5	(-19, 18)
2007 DF8	1/4	(-14, 14)	2004 FK2	2/5	(-22, 30)
2008 TD4	1/4	(-24, 22)	2008 AZ30	2/5	(-23, 29)
2008 TN26	1/4	(-17, 17)	2009 QT	2/5	(-21, 19)
2009 BK71	1/4	(-4,0, 3,5)	2010 MY	2/5	(-14, 15)
2009 YA	1/4	(-12, 8,9)	2010 VO	2/5	(-14, 17)
2011 GC55	1/4	(-14, 16)	2011 GZ54	2/5	(-16, 8,1)
162161 1999 DK3	1/5	(-5,5, 3,6)	142040 2002 QE15	2/7	(-1,1, 16)
164215 Doloreshill	1/5	(-11, 12)	162581 2000 SA10	2/7	(-11, 7,9)
190166 2005 UP156	1/5	(-14, 13)	2000 YK4	2/7	(-16, 14)
191094 2002 EA3	1/5	(-18, 14)	2007 RT9	2/7	(-27, 27)
1999 KK1	1/5	(-15, 13)	2007 WV3	2/7	(-27, 20)
2001 SA170	1/5	(-17, 41)	2009 VQ25	2/7	(-16, 15)
2002 XX38	1/5	(-11, 0,1)	2010 LK61	2/7	(-20, 18)
2003 JP14	1/5	(-23, 22)	137924 2000 BD19	3/4	(-9,9, 9,9)
2004 GB2	1/5	(-31, 28)	2004 SD20	3/4	(-38, 39)
2004 TE18	1/5	(-8,2, 9,3)	2002 AK14	3/5	(-20, 29)
2005 TR15	1/5	(-16, 6,1)	2003 UO25	3/5	(-29, 30)
2006 QB58	1/5	(-15, 14)	2009 DA43	3/5	(-33, 49)

Окончание табл. 2

Объект	k_2/k_1	$\alpha, ''/\text{сут}$	Объект	k_2/k_1	$\alpha, ''/\text{сут}$
2007 HD70	1/5	(-12, 20)	10302 1989 ML	3/7	(-17, 27)
2010 DE	1/5	(-2,8, 8,1)	2002 UZ30	3/7	(-30, 30)
2002 JR9	1/6	(-43, 33)	2008 GH110	3/7	(-17, 20)
2005 QR173	1/6	(-29, 25)	2011 BP24	3/7	(-22, 22)
2005 SV4	1/6	(-47, 41)	2011 DO	3/7	(-46, 62)

Таблица 3

АСЗ, движущиеся в окрестности резонансов низких порядков с Землей

Объект	k_2/k_1	$\alpha, ''/\text{сут}$	Объект	k_2/k_1	$\alpha, ''/\text{сут}$
3753 Cruithne	1/1	(-21, 21)	2007 BG49	2/5	(-25, 23)
164207 2004 GU9	1/1	(-28, 28)	2007 VO243	2/5	(-33, 32)
255071 2005 UH6	1/1	(-39, 24)	2008 CR118	2/5	(-44, 43)
277810 2006 FV35	1/1	(-22, 17)	2008 KZ5	2/5	(-44, 44)
2001 GO2	1/1	(-41, 42)	2010 TK54	2/5	(-24, 23)
2002 AA29	1/1	(-45, 46)	137911 2000 AB246	2/7	(-30, 26)
2010 SO16	1/1	(-28, 28)	210012 2006 KT1	2/7	(-30, 27)
2010 TK7	1/1	(-19, 19)	265032 2003 OU	2/7	(-34, 28)
87311 2000 QJ1	1/2	(-20, 21)	2003 MJ4	2/7	(-48,5, 51)
138843 2000 VF39	1/2	(-8,9, 8,6)	2003 WX87	2/7	(-42, 41)
162038 1996 DH	1/2	(-11, 11)	2004 PY27	2/7	(-38, 40)
2004 DD	1/2	(-13, 13)	2011 EF15	2/7	(-42, 35)
2005 US6	1/2	(-35, 39)	2009 XP2	3/4	(-73, 72)
2006 TD	1/2	(-27, 27)	3103 Eger	3/5	(-44, 44)
2008 BS2	1/2	(-17, 17)	85774 1998 UT18	3/5	(-56, 56)
2008 FH	1/2	(-24, 27)	237551 2000 WQ19	3/5	(-33, 324)
2009 WN6	1/2	(-56, 27)	2003 XB22	3/5	(-45, 44)
2010 RV11	1/2	(-33, 33)	2008 CJ70	3/5	(-29, 30)
2010 RQ30	1/2	(-21, 21)	2010 FF7	3/5	(-29, 32)
2004 RM111	1/3	(-21, 25)	244977 2004 BE68	3/7	(-47, 46)
2011 JZ10	1/3	(-16, 24)	2001 UZ16	3/7	(-50, 52)
153957 2002 AB29	1/4	(-37, 16)	2005 UX5	3/7	(-53, 52)
2000 RK12	1/4	(-36, 41)	2002 AC5	3/7	(-53, 48)
163070 2002 AO7	1/5	(-39, 49)	2004 SV55	3/7	(-28, 28)
2010 QA5	1/5	(-61, 45)	2005 GX119	3/7	(-74, 75)
2000 HD74	1/5	(-26, 23)	2009 WX6	3/7	(-73, 52)
67367 2000 LY27	2/3	(-29, 29)	2000 RH60	4/3	(-32, 32)
162783 2000 YJ11	2/3	(-49, 50)	177016 2003 BM47	4/5	(-44, 44)
2001 QE96	2/3	(-21, 18)	1998 KG3	4/5	(-68, 68)
2002 AV31	2/3	(-40, 41)	2000 TJ1	4/5	(-40, 41)
2005 GP21	2/3	(-38, 38)	2002 EM6	4/5	(-54, 54)
2007 JZ20	2/3	(-31, 31)	2005 UO5	4/5	(-52, 53)
2008 KD6	2/3	(-30, 30)	2008 UV99	4/5	(-63, 63)
103067 1999 XA143	2/5	(-29, 30)	2010 LK68	4/5	(-42, 44)
183548 2003 HU42	2/5	(-27, 28)	2010 TM167	4/5	(-37, 42)
189173 2002 XY4	2/5	(-29, 28)	2010 VC72	4/5	(-34, 33)
189973 2003 XE11	2/5	(-29, 29)	2004 KH17	5/3	(-73, 73)
197588 2004 HE12	2/5	(-33, 33)	2005 YS	5/3	(-54, 53)
2002 GK8	2/5	(-24, 25)			

Таблица 4

Данные о числе АСЗ, движущихся в окрестности резонансов низких порядков с большими планетами

Резонанс	Меркурий	Венера	Земля
1/1		1	8
1/2		7	11
1/3		8	2
1/4		8	2
1/5		14	3
1/6	4	5	
1/7	1	10	
1/9	5		
2/3		3	7
2/5		9	11
2/7	1	7	7
3/4		2	1
3/5		3	6
3/7		5	7
4/3			1
4/5			9
5/3			2
Всего	11	82	77

Исследование орбитальной эволюции избранных АСЗ

В качестве примера рассмотрим орбитальную эволюцию некоторых АСЗ более подробно. Нами были выбраны 3 АСЗ: астероид 2002 CV46, движущийся в окрестности резонанса 1/7 с Меркурием, астероид 136793 1997 AQ18, движущийся в окрестности резонанса 1/2 с Венерой, и 2010 ТК7 – в окрестности резонанса 1/1 с Землей. В табл. 5 для выбранных объектов даны элементы орбиты, взятые из каталога Э. Боуэлла на эпоху 19.05.2011. На рис. 1 показаны проекции орбит астероидов на плоскость эклиптики в системе координат, вращающейся с угловой скоростью Меркурия (a), Венеры (b) или Земли (c), на интервале времени около 1000 лет. Штриховой линией дано среднее расстояние до планет, положение планеты, с которой астероид находится в резонансе, представлено соответствующим астрономическим значком. Результаты, представленные на рис. 1, показывают, что для всех рассматриваемых объектов сохраняется устойчивая геометрическая конфигурация «астероид–планета». Благодаря резонансу астероиды 136793 1997 AQ18 и 1997 AQ18 избегают тесных сближений с Венерой и Землей соответственно.

Таблица 5

Оскулирующие элементы орбит астероидов на эпоху 19.05.2011

Астероид	a , а.е.	e	i , °	Ω , °	ω , °	M , °
2002 CV46	1,41655123	0,19783460	36,652778	146,068523	29,224615	158,196187
136793 1997 AQ18	1,14698826	0,46526819	17,377643	296,310739	36,981623	341,133385
2010 ТК7	1,00020228	0,19056426	20,858164	96,546501	45,866501	118,812870

Исследование движения астероидов 2002 CV46, 136793 1997 AQ18 и 1997 AQ18 проводилось на большем интервале времени, который составил (–3000 г., 3000 г.).

На рис. 2 представлены эволюция критического аргумента (*a*), резонансной щели $\alpha = 7n_1 - n_M$ (n_M – среднее движение Меркурия) (*б*), большой полуоси (*в*), эксцентриситета (*з*) и наклонения плоскости орбиты к эклиптике (*д*) для астероида 2002 CV46. Критический аргумент колеблется около смещающегося центра либрации с амплитудой порядка 23° . Амплитуда либраций резонансной щели на интервале времени 6000 лет не превышает $3,3''/\text{сут}$.

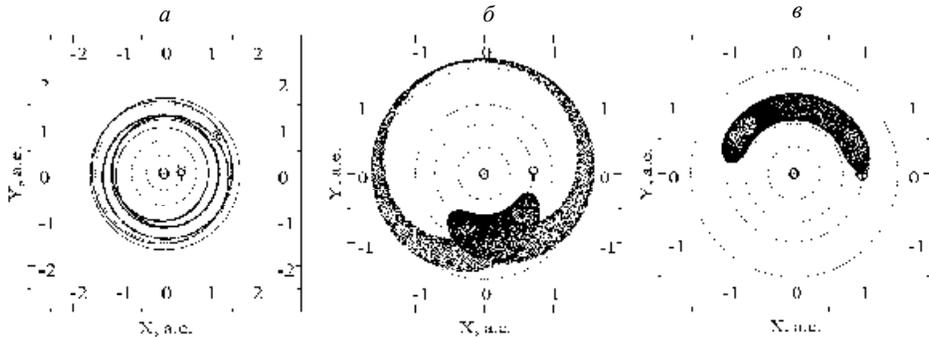


Рис. 1. Проекция орбит астероидов 2002 CV46 (*a*), 136793 1997 AQ18 (*б*) и 2010 TK7 (*в*) на плоскость эклиптики в гелиоцентрической эклиптической системе координат вращающейся с угловой скоростью Меркурия (*a*), Венеры (*б*) или Земли (*в, г*)

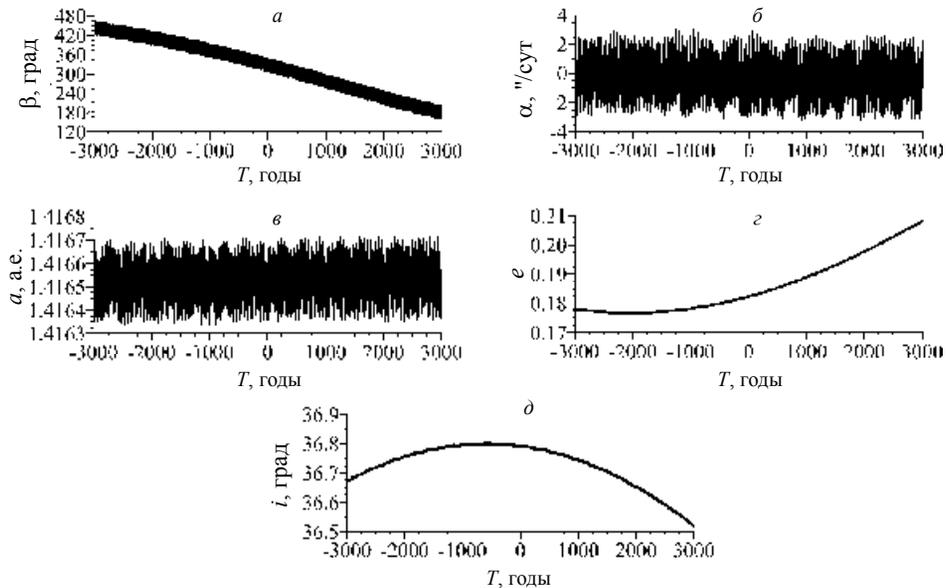


Рис. 2. Астероид 2002 CV46: эволюция критического аргумента (*a*), резонансной щели (*б*), большой полуоси (*в*), эксцентриситета (*з*) и наклонения плоскости орбиты к эклиптике (*д*)

Рассмотрим результаты исследования орбитальной эволюции астероидов 136793 1997 AQ18 и 2010 TK7. Для этих объектов на рис. 3 представлены сближения с Марсом (*a1*) и Венерой (*a2*), эволюция критического аргумента (*б1*, *б2*), резонансной щели $\alpha = 2n_1 - n_V$ (*в1*) и $\alpha = n_1 - n_3$ (*в2*) (n_V , n_3 – средние движения Ве-

неры и Земли соответственно), большой полуоси ($a1, a2$), эксцентриситета ($\delta1, \delta2$) и наклона плоскости орбиты к эклиптике. Резонансная щель колеблется около нуля с небольшой амплитудой (около 10 "/сут для 136793 1997 AQ18 и около 20 "/сут для 2010 ТК7). Критический аргумент также либрирует. Для астероида 136793 1997 AQ18 центр либрации примерно соответствует величине 285° , амплитуда – порядка 40° , для 2010 ТК7 центр либрации – 90° , амплитуда – 65° . Следует отметить, что приведенные результаты исследования орбитальной эволюции астероида 2010 ТК7 хорошо согласуются с анализом его движения, представленным в работе [10].

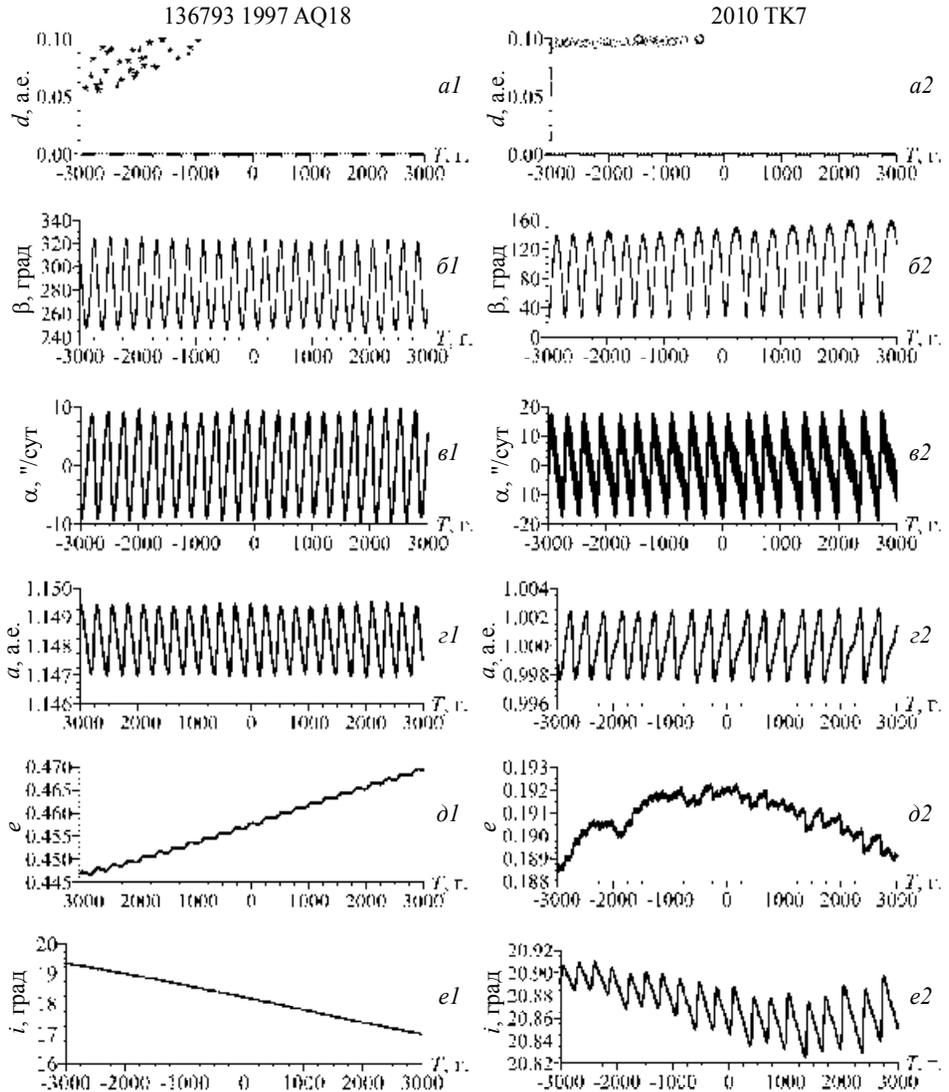


Рис. 3. Астероиды 136793 1997 AQ18 и 2010 ТК7: сближения с Марсом ($a1$) и Венерой ($a2$), эволюция критического аргумента ($\delta1, \delta2$), резонансной щели ($\epsilon1, \epsilon2$), большой полуоси ($a1, a2$), эксцентриситета ($\delta1, \delta2$) и наклона плоскости орбиты к эклиптике ($i1, i2$)

Заключение

Таким образом, в результате исследования движения 8253 АСЗ нами были выявлены 170 объектов, движущихся в окрестности резонансов низких порядков с внутренними планетами на интервале времени 1000 – 3000 гг. Среди них 11 АСЗ движутся в окрестности резонансов с Меркурием, 82 – с Венерой, 77 – с Землей. В качестве резонансных характеристик использовались критический аргумент и резонансная щель. Для примера приведены результаты исследования орбитальной эволюции на интервале (–3000 г., 3000 г.) трех АСЗ: 2002 CV46, 136793 1997 AQ18 и 1997 AQ18, движущихся соответственно в окрестности резонансов 1/7 с Меркурием, 1/2 с Венерой, и 1/1 с Землей.

Однако для того чтобы сделать окончательный вывод о захвате астероидов в резонанс, необходимо исследовать вероятностную орбитальную эволюцию этих объектов. Нами проводились такие исследования для АСЗ, движущихся в окрестности резонанса 1/1 с планетами [16]. В дальнейшем планируется продолжить исследования орбитальной эволюции АСЗ в окрестности этого и других резонансов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быкова Л.Е., Галушина Т.Ю. Астероиды, сближающиеся с Землей и движущиеся в окрестности резонансов низких порядков с большими планетами // Изв. вузов. Физика. 2006. Т. 49. № 2. Приложение. С. 5–16.
2. Алтынбаев Ф.Х. Исследование устойчивости резонансного характера движения астероидов групп Аполлона, Амура, Атона // Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. Сер. физико-математические науки. 2004. № 26. С. 71–78
3. Gallardo T. Atlas of the mean motion resonances in the Solar System // Icarus. 2006. V. 184. Is. 1. P. 29–38.
4. Bykova L.E., Galushina T.Yu. Evolution of near-Earth asteroids close to mean motion resonances // Planetary and Space Science. 2001. V. 49. P. 811–815.
5. Bykova L.E., Galushina T.Yu. Orbital evolution of near-Earth asteroids close to mean motion resonances // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2002. V. 82(3). P. 265–284.
6. Tancredi G. An asteroid in a Earth-like orbit // Celes. Mech. Dyn. Astron. 1998. V. 69. P. 119–132.
7. Wiegert P., Innanen K.A., Mikkola S. The orbital evolution of Near-Earth asteroid 3753 // Astron. J. 1998. V. 115. P. 2604–2613.
8. Mikkola S., Brassier R., Wiegert P., Innanen K. Asteroid 2002 VE68, a quasi-satellite of Venus // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2004. V. 351. No. 3. P. L63–L65.
9. Christou A.A., Asher D.J. A long-lived horseshoe companion to the Earth // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2011. V. 414. Is. 4. P. 2965–2969.
10. Martin Connors M., Wiegert P., Veillet C. Earth's Trojan asteroid // Nature. 2011. V. 475. P. 481–483.
11. Morais M.H.M., Morbidelli A. The Population of Near-Earth Asteroids in Coorbital Motion with the Earth // Icarus. 2002. V. 160. Is. 1. P. 1–9.
12. Morais M.H.M., Morbidelli A. Population of NEAs in Coorbital Motion with Venus // Icarus. 2006. V. 185. Is. 1. P. 29–38.
13. Быкова Л.Е., Галушина Т.Ю. Алгоритмическое и программное обеспечение решения задач динамики астероидов, сближающихся с Землей, в среде параллельного программирования // Изв. вузов. Физика. 2009. № 10/2. С. 12–19.
14. Гребеников Е.А., Рябов Ю.А. Резонансы и малые знаменатели в небесной механике. М.: Наука, 1978. 128 с.
15. Быкова Л.Е., Галушина Т.Ю., Ниганова Е.Н. Построение резонансных областей АСЗ с автоматизацией обработки результатов численного моделирования // Современная баллистика и смежные вопросы механики (Материалы Всерос. науч. конф.). Томск, 17 – 19 ноября 2009 г. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. С. 306–307.

16. Быкова Л.Е., Галушина Т.Ю. Исследование либрационных движений АСЗ в окрестности резонанса 1/1 с большими планетами // Материалы Всероссийской конференции «Астероидно-кометная опасность – 2005». Санкт-Петербург, 3 – 7 октября 2005 г. СПб., 2005. С. 79 – 82.

Статья поступила 18.10.2011 г.

Galushina T.Yu. THE LIST OF NEAR-EARTH ASTEROIDS MOVING IN THE VICINITY OF THE LOWER ORDER ORBITAL RESONANCES WITH THE INNER PLANETS. This paper presents the list of 295 near-Earth asteroids moving in the vicinity of the lower order orbital resonances with the inner planets over the time interval (2011, 3000 years): 21 NEAs are in the vicinity of resonances with Mercury, 160 are with Venus, 114 are with the Earth. The critical argument and the resonant band have been used as resonance characteristics.

Keywords: asteroid, orbital resonance, close approach.

GALUSHINA Tatyana Yur'evna (Tomsk State University)
E-mal: tanastra@nxt.ru