

ӘОЖ 629.783

ГЕОСТАЦИОНАРЛЫҚ ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ КЕПТЕР ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ӨЗГЕРІСІН БОЛЖАУ

Мұстафа Бөгенбай Абылайұлы
bogenbay111@gmail.com

Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Ғарыштық техника және технологиялар кафедрасының 1-курс
магистранты, Нұр – Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Ергалиев Д. С.

Кіріспе

Геостационарлық орбита – бұл хабар тарату, байланыс және бақылау жүргізу ғарыш аппараттарын шығаруға арналған арнайы орбита, бұл орбитаның басқа орбиталардан өзгешелігі мұнда орналасқан ғарыш аппараттары Жердің айналу периодына тең периодта қозғалады. Ғарыш аппараттарының белгілі бір анықталған уақыттағы орнын анықтау онымен байланыс жасауға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта геостационарлық орбита ғарыштық қоқыспен көп мөлшерде ластанған орбиталардың бірі болып табылады. Ғарыш аппаратының уақыт бойынша орналасатын орнын болжау арқылы ғарыштық қоқыспен соқтығысу мүмкіндігін анықтауға болады.

Мақсаты: «Қазсат – 2» геостационарлық ғарыш аппаратының кептер элементтерінің екі тәулік ішіндегі өзгерісін анықтау.

Міндеттері:

1) геостационарлық ғарыш аппаратының екі жолды элементтер жиынтығын (TLE коды) алу;

2) екі жолды элементтер жиынтығындағы (TLE коды) мәліметтерді ашуда Previsat бағдарламалық қосымшасын қолдану;

3) екі жолды элементтер жиынтығын (TLE коды) алынған уақыт мезетінен алдағы екі тәулік ішіндегі кептер элементтерінің өзгерісін «+1 сағаттық» уақыт қадамымен анықтау.

Зерттеу әдісі алынған деректерге талдау жасау арқылы кептер элементтерінің өзгерісін сипаттау. Зерттеу объектісі ретінде «Қазсат – 2» геостационарлық ғарыш аппараты алынған.

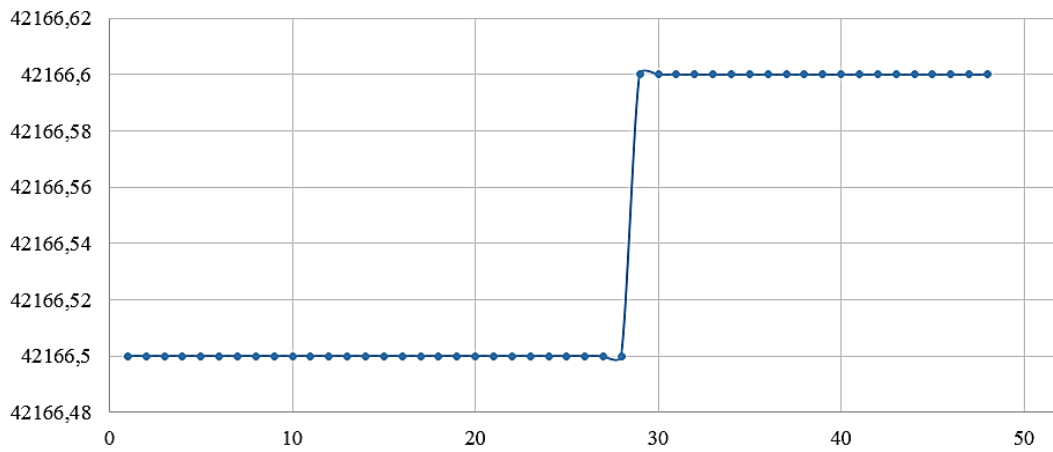
«Қазсат – 2» геостационарлық ғарыш аппаратының Norad деректер базасының сайтынан [4] алынған екі жолды элементтер жиынтығы кесте 1 – де көрсетілген. Екі жолды элементтер жиынтығы негізінде Previsat бағдарламалық қосымшасы арқылы кептер элементтерінің өзгерісін сипаттау кесте 2 – де берілген. Кесте 1 – дегі мәліметтер негізінде алынған графиктер сурет 1 – де көрсетілген.

Кесте 1 – «Қазсат – 2» геостационарлық ғарыш аппаратының екі жолды элементтер жиынтығы (TLE коды)

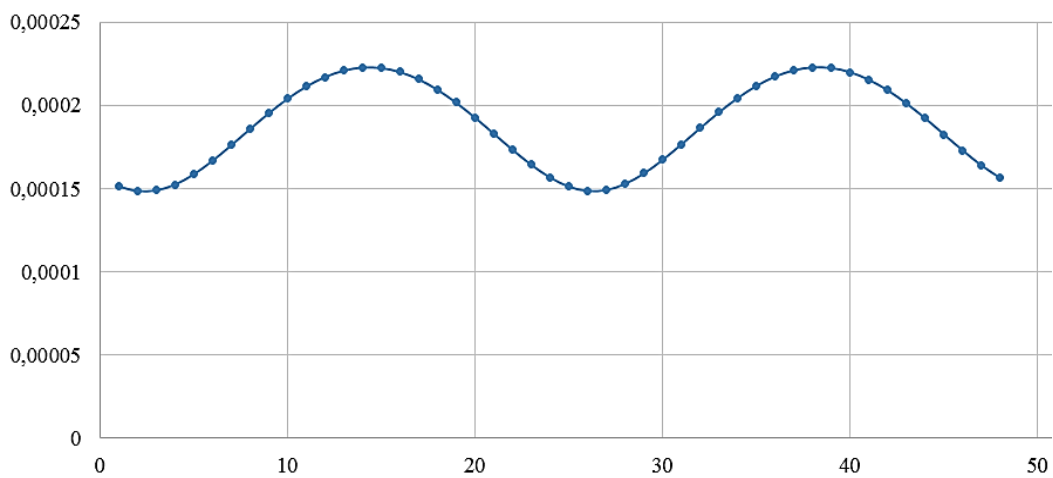
1 37749U 11035B 21087.89824687 -.00000205 00000-0 00000-0 0 9998
2 37749 0.0464 299.0486 0001865 138.6117 158.7028 1.00269316 34276

Кесте 2 – «Қазсат – 2» ғарыш аппаратының кеплерлік элементтерінің өзгерісі

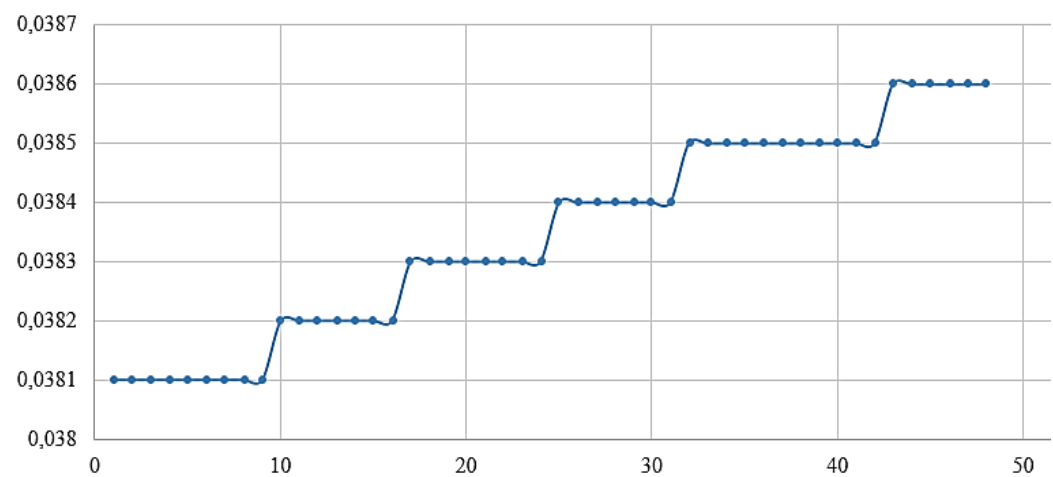
t	a	e	i	Ω	ω	M
t0	42166.5	0.0001516	0.0381°	257.9390°	184.5355°	153.8972°
t0 + 1	42166.5	0.0001488	0.0381°	258.0056°	180.9174°	172.4894°
t0 + 2	42166.5	0.0001491	0.0381°	258.0749°	177.1094°	191.2688°
t0 + 3	42166.5	0.0001525	0.0381°	258.1467°	173.5776°	209.7695°
t0 + 4	42166.5	0.0001586	0.0381°	258.2208°	170.7078°	227.6059°
t0 + 5	42166.5	0.0001667	0.0381°	258.2970°	168.7199°	244.5583°
t0 + 6	42166.5	0.0001760	0.0381°	258.3753°	167.6668°	260.5737°
t0 + 7	42166.5	0.0001857	0.0381°	258.4557°	167.4861°	275.7146°
t0 + 8	42166.5	0.0001952	0.0381°	258.5383°	168.0566°	290.1021°
t0 + 9	42166.5	0.0002039	0.0382°	258.6232°	169.2389°	303.8757°
t0 + 10	42166.5	0.0002113	0.0382°	258.7104°	170.8960°	317.1720°
t0 + 11	42166.5	0.0002170	0.0382°	258.7999°	172.9024°	330.1168°
t0 + 12	42166.5	0.0002209	0.0382°	258.8917°	175.1442°	342.8239°
t0 + 13	42166.5	0.0002228	0.0382°	258.9855°	177.5175°	355.3974°
t0 + 14	42166.5	0.0002225	0.0382°	259.0814°	179.9242°	7.9355°
t0 + 15	42166.5	0.0002201	0.0382°	259.1789°	182.2680°	20.5348°
t0 + 16	42166.5	0.0002157	0.0383°	259.2779°	184.4496°	33.2949°
t0 + 17	42166.5	0.0002095	0.0383°	259.3784°	186.3627°	46.3219°
t0 + 18	42166.5	0.0002017	0.0383°	259.4801°	187.8908°	59.7328°
t0 + 19	42166.5	0.0001928	0.0383°	259.5832°	188.9049°	73.6563°
t0 + 20	42166.5	0.0001832	0.0383°	259.6877°	189.2662°	88.2310°
t0 + 21	42166.5	0.0001735	0.0383°	259.7937°	188.8377°	103.5943°
t0 + 22	42166.5	0.0001645	0.0383°	259.9012°	187.5090°	119.8561°
t0 + 23	42166.5	0.0001569	0.0383°	260.0103°	185.2427°	137.0540°
t0 + 24	42166.5	0.0001514	0.0384°	260.1209°	182.1326°	155.0942°
t0 + 25	42166.5	0.0001488	0.0384°	260.2328°	178.4458°	173.7097°
t0 + 26	42166.5	0.0001493	0.0384°	260.3459°	174.6008°	192.4823°
t0 + 27	42166.5	0.0001530	0.0384°	260.4600°	171.0621°	210.9475°
t0 + 28	42166.6	0.0001592	0.0384°	260.5748°	168.2062°	228.7292°
t0 + 29	42166.6	0.0001674	0.0384°	260.6903°	166.2409°	245.6197°
t0 + 30	42166.6	0.0001767	0.0384°	260.8064°	165.2102°	261.5749°
t0 + 31	42166.6	0.0001864	0.0385°	260.9231°	165.0463°	276.6628°
t0 + 32	42166.6	0.0001959	0.0385°	261.0404°	165.6260°	291.0064°
t0 + 33	42166.6	0.0002045	0.0385°	261.1585°	166.8096°	304.7454°
t0 + 34	42166.6	0.0002118	0.0385°	261.2774°	168.4609°	318.0158°
t0 + 35	42166.6	0.0002174	0.0385°	261.3971°	170.4551°	330.9426°
t0 + 36	42166.6	0.0002212	0.0385°	261.5176°	172.6792°	343.6387°
t0 + 37	42166.6	0.0002229	0.0385°	261.6388°	175.0297°	356.2077°
t0 + 38	42166.6	0.0002225	0.0385°	261.7604°	177.4088°	8.7475°
t0 + 39	42166.6	0.0002200	0.0385°	261.8823°	179.7201°	21.3550°
t0 + 40	42166.6	0.0002154	0.0385°	262.0043°	181.8641°	34.1297°
t0 + 41	42166.6	0.0002091	0.0385°	262.1263°	183.7339°	47.1785°
t0 + 42	42166.6	0.0002012	0.0386°	262.2482°	185.2123°	60.6189°
t0 + 43	42166.6	0.0001923	0.0386°	262.3700°	186.1695°	74.5806°
t0 + 44	42166.6	0.0001826	0.0386°	262.4917°	186.4667°	89.2023°
t0 + 45	42166.6	0.0001730	0.0386°	262.6135°	185.9675°	104.6203°
t0 + 46	42166.6	0.0001640	0.0386°	262.7355°	184.5650°	120.9414°
t0 + 47	42166.6	0.0001565	0.0386°	262.8577°	182.2285°	138.1964°



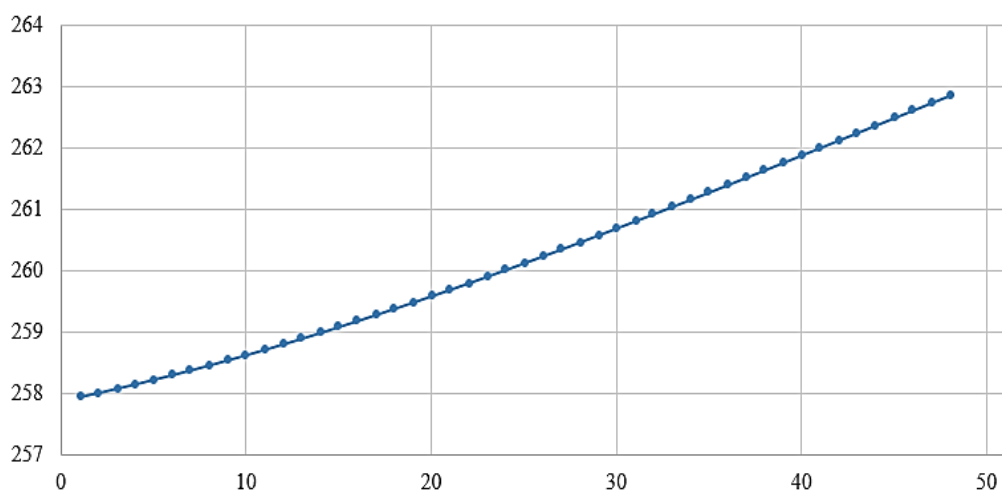
а) Орбитаның үлкен жарты өсінің (a) уақытқа (t) тәуелділігінің графигі



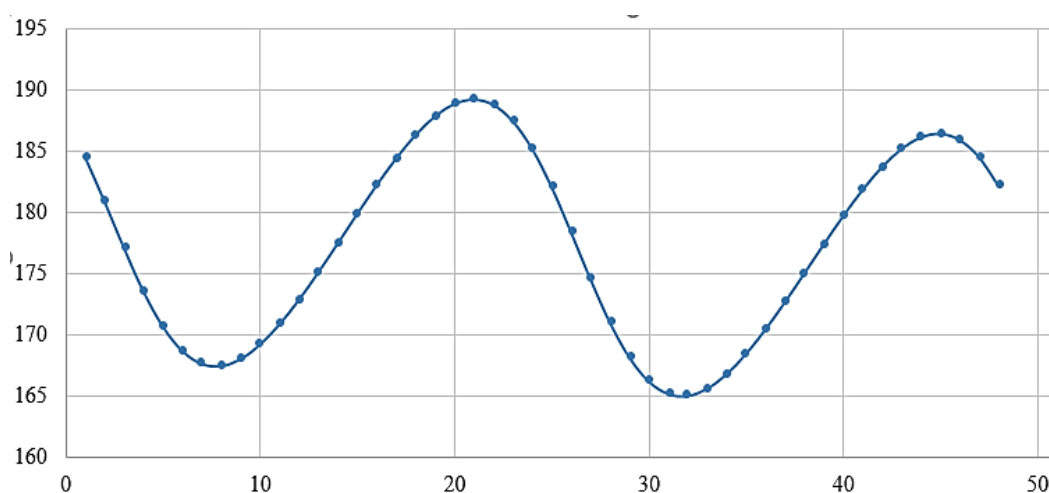
ә) Экцентрисеттің (e) уақытқа (t) тәуелділігінің графигі



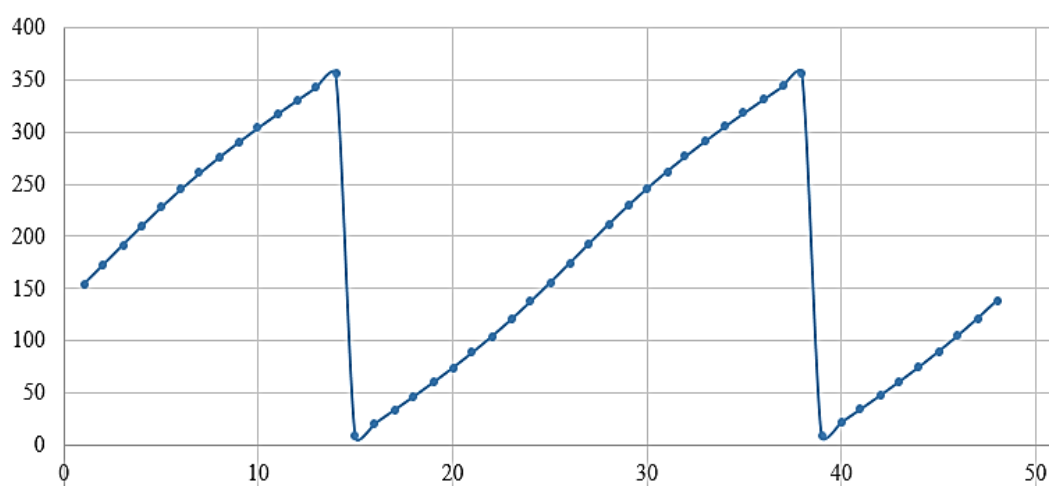
б) Еңкею бұрышының (i) уақытқа (t) тәуелділігінің графигі



в) Көтерілу түйінінің бойлығының (Ω) уақытқа (t) тәуелділігінің графигі



г) Перигентр аргументінің (ω) уақытқа (t) тәуелділігінің графигі



д) Орташа аномалияның (M) уақытқа (t) тәуелділігінің графигі

Сурет 1 – «Қазсат – 2» геостационарлық ғарыш аппараты кеплер элементтерінің уақытқа тәуелділігінің графиктері

Екі жолды элементтер жиынтығының (TLE коды) алынған эпохасы 2021 жылдың 28 наурыздағы 21:33:29 UTC уақытымен сәйкес келеді. Осы эпохадағы TLE коды негізінде кеплер элементтері өзгерісінің болжамдары жасалынған. Эксцентрисет, перицентр аргументі, орташа аномалия элементтерінің уақыттан тәуелді графиктерінде байқалатындай элементтер уақыт бойынша периодты түрде өзгереді. Орбитаның үлкен жарты өсі, еңкею бұрышы, көтерілу түйінінің бойлығы элементтерінің уақыт өткен сайын өсіп жатқанын байқаңыз (сурет 1). Бұл жерде ескеретін жағдай геостационарлық ғарыш аппаратының айналу периоды Жердің өз білігінде бір айналым жасау уақытымен сәйкес келеді. Геостационарлық ғарыш аппараты Жердегі бір нүктенің үстінде тұруы үшін еңкею бұрышы нөлге тең және шеңбер орбита бойымен қозғалуы керек, осы элементтерінің ауытқуларын түзеу ғарыш аппаратының қозғалтқыштары арқылы жүзеге асырылады. Бұл элементтерінің өзгерісі орбитаның ауытқуына әкеледі, оны болдырмау мақсатында, элементтердің өзгеруі белгілі шектен асқан мезетте қозғалтқыштарды қосу арқылы ауытқулар шамасы жойылады.

Қорытынды

«Қазсат – 2» ғарыш аппаратының кеплерлік элементтерін анықтау үшін екі жолды элементтер жиынтығы (TLE коды) Nograd деректер базасының сайтынан алынған. Алынған екі жолды элементтер жиынтығының (TLE коды) деректерін ашуда және «Қазсат – 2» геостационарлық ғарыш аппаратының кеплерлік элементтерінің өзгерісін анықтауда Previsat бағдарламалық қосымшасы пайдаланылған. Кеплерлік элементтердің уақыт бойынша өзгерісін анықтау арқылы, өзгеріс шамаларына талдау жасалынған. Осылайша Previsat бағдарламалық қосымшасын кеплер элементтерінің өзгерісін болжауда қолдана аламыз, бірақ кейінгі болжанған деректердің шынайы деректерден айырмашылығы болжанатын уақыт аралығын ұлғайтқан сайын артады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Бахшиян Б.Ц., Федяев К.С. Основы космической баллистики и навигации. – М.: ИКИ РАН, 2013. 119 с.
2. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике. Под редакцией Г.Н. Дубошина. – М.: «Наука», 1976. – 864 с.
3. Сухой Ю.Г., Коррекции орбит геостационарных спутников. Часть 1. Особенности управления орбитальным движением и возмущения орбит геостационарных спутников – М: Спутник, 2011. — 120 с.
4. Сайт: <http://celestrak.com/NORAD/elements/>