

УДК 629.78

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГРУППИРОВКИ КА ДЗЗ

© Вельможин Д.С., Волоцуев В.В.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: mr.velmzhin@mail.ru

Предложена методика построения математической модели работы группировки КА ДЗЗ.

Разработаны программный комплекс и структура базы данных для хранения информации о математической модели. С помощью программы выполняется заполнение базы данных результатами расчета и представление информации для пользователя.

Реализован алгоритм расчета движения для заданного количества космических аппаратов (КА), проверяется попадание заданных объектов наблюдения в зону видимости КА. Расчет выполняется для указанного промежутка дат и времени с заданным дискретным шагом.

База данных хранится в таблице MS Excel, содержит результаты промежуточных расчетов и разделена на смысловые блоки, представленные на рисунке 1.

Ввод данных для каждого КА

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Космические аппараты																					
2		КА1		КА2		КА3		КА4														
3	Высота, км	200		200		200		200														
4	Наклонение, градус	30		30		60		80														
5	Долг восл.узла, градус	0		90		0		0														
6	Ист.аномалия, градус	0		0		0		0														

Ввод данных для каждого объекта наблюдения

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
10	Объекты наблюдения																					
11		ОН1		ОН2		ОН3		ОН4		ОН5												
12	Широта, градус	0		10		20		30		40												
13	Долгота, градус	0		30		60		90		120												

Пункты управления (ПУ)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
15	ПУ1																					
16	Широта, градус	0																				
17	Долгота, градус	0																				

Дискретная модель времени

Период расчета	№	День	Месяц	Год	Часы	Минуты	Секунды	JD	ERA
	1	1	1	2000	12	0	0	0	5
	2	1	1	2000	12	0	30	0	5
	3	1	1	2000	12	1	0	0	5
	4	1	1	2000	12	1	30	0	5
	5	1	1	2000	12	2	0	0	5
	6	1	1	2000	12	2	30	0,00174	4,9059

Космический аппарат №1

V	X миск	Y миск	Z миск	X	Y	Z	B	L
0,04	6567	202,31	117	1391,22	-6420,97	117	1,01851	282,225
0,07	6554	404,36	233	1601,59	-6368,55	233	2,03606	284,116
0,11	6534	605,90	350	1809,69	-6307,19	350	3,05167	286,01
0,14	6505	806,68	466	2015,23	-6236,99	466	4,06438	287,906
0,18	6467	1006,43	581	2217,90	-6158,03	581	5,07321	289,807
0,21	6422,02	1204,91	695,658	2417,41	-6070,44	695,658	6,07717	291,714

Захват ОН

№1	№2
1-есть	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

Дискретная модель времени

Положение КА

Захват ОН

Рисунок 1 – Разделение таблицы базы данных на смысловые блоки

Программа предлагает пользователю три инструмента анализа построенной модели, доступ к ним возможен через пункт меню «Визуализация»: «Графики», «Трассы» и «Периодичность».

Инструмент «Графики» показывает шкалу времени, с нанесенными на нее отметками зон захвата выбранного объекта наблюдения (ОН), выбранным КА. Пример для 2 КА по 1 ОН представлен на рисунке 2. Отметки времени пронумерованы по порядку.

Данный инструмент помогает наглядно оценить плотность распределения зон видимости ОН при использовании 1, 2, 3 и более КА.

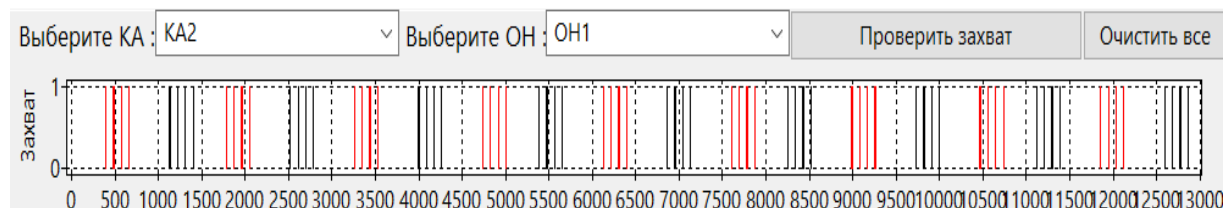


Рисунок 2 – Инструмент «Графики»

Инструмент «Трассы» работает совместно и инструментом «Графики» и показывает трассу по виткам с указанием на карте ОН (красное перекрестие) и участка трассы (подсвечен синим), на котором ОН находится в зоне видимости КА. Внешний вид окна программы в этом режиме представлен на рисунке 3.

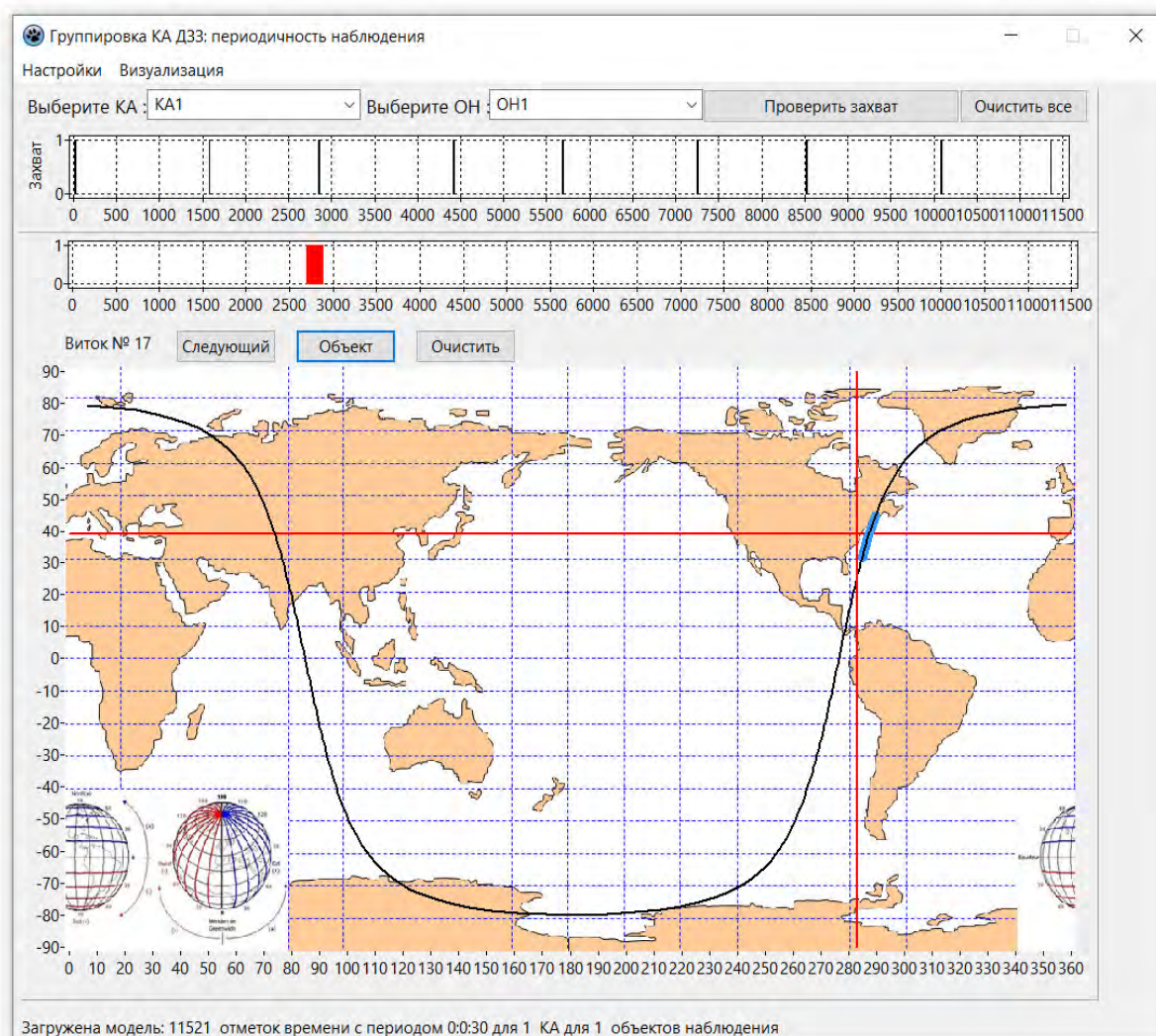


Рисунок 3 – Инструмент «Трассы»

Инструмент «Периодичность» предназначен для оценки периодичности наблюдения заданных ОН при заданной группировке КА и позволяет в первом приближении оценить эффективность выбранной схемы расположения КА.

Библиографический список

1. Проектно-баллистический анализ транспортных операций космического буксира с электроракетными двигателями при перелетах на геостационарную орбиту, орбиту спутника Луны и в точки либрации системы Земля – Луна / В.В. Салмин, О.Л. Старинова, А.С. Четвериков, Н.А. Брюханов, И.И. Хамиц, И.М. Филиппов, А.А. Лобькин, Л.С. Бурьлов // Космическая техника и технологии. 2018. № 1 (20). С. 82–97.

2. Летова Т.А., Яковишина Д.Д. Алгоритмическое и программное обеспечение формирования плана сброса информации с тандема космических аппаратов на наземные пункты приема информации // Труды МАИ. 2013. № 66.
<http://mai.ru/upload/iblock/d99/d99b21eefa21db81ff0faafecf130caa.pdf>.

3. Сарайский Ю.Н. Геоинформационные основы навигации: учебное пособие / Университет ГА. СПб., 2010. 250 с.

4. Куренков В.И. Основы проектирования космических аппаратов оптикоэлектронного наблюдения поверхности Земли. Расчет основных характеристик и формирование проектного облика: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского университета, 2020. 461 с.