

УДК 621.396.98

В.П. Деденок, С.В. Маловица, В.А. Ямницкий

*Объединенный научно-исследовательский институт вооруженных сил, Харьков*

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИОНОСФЕРНОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА ДВИЖЕНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫХ КА**

*На примере анализа падения КА Сич-1М рассматривается вопрос о возможности использования результатов ионосферного зондирования для оперативного прогноза движения национальных КА.*

*ионосферное зондирование, верхняя атмосфера, оперативный прогноз, космический аппарат*

**Введение**

Как известно, 24.12.2004 в 14:19:59.54 ДМВ был осуществлен запуск национальных КА – Сич-1М и

«Микроспутник». Аппараты были выведены на нештатные орбиты, параметры которых приведены в табл. 1 (по данным НОРАД от 01.01.2005).

Таблица 1

Параметры орбит фрагментов запуска Сич-1М

Наименование	Каталожный номер НОРАД	Международный номер	Наклонение орбиты, град.	Период обращения, мин.	Высота апогея, км	Высота перигея, км
Сич-1М	28505	04052А	82.56	93.8	639	282
Ракета-Носитель	28506	04052В	82.56	93.9	648	286
«Микроспутник»	28507	04052С	82.56	93.6	630	268

Время существования объектов на указанных орбитах невелико, в связи с чем в период с 07.02.2005 по 16.04.2006 в ОНИИ ВС проводились работы по прогнозу времени и региона падения национальных КА «Сич-1М» (28506, 04052В) и «Микроспутник» (28707, 04052С). Для прогноза были использованы

данные Системы контроля и анализа космической обстановки Украины (радиолокационные и оптические средства контроля космического пространства), а также данные НОРАД (сайт [www.space-track.org](http://www.space-track.org)). Падение спутников было предсказано в сроки, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Прогнозное время падения фрагментов запуска Сич-1М

Наименование	Каталожный номер НОРАД	Международный номер	Дата и время падения ДМВ по данным ОНИИ ВС (ДМВ)	Дата и время падения ДМВ по данным НОРАД (ДМВ)
Сич-1М	28505	04052А	16.04.2006 00:15:19±3 <sup>m</sup>	15.04.2006 23:50:00±2 <sup>h</sup>
«Микроспутник»	28507	04052С	30.09.2005 18:20:22±5 <sup>m</sup>	30.09.2005 18:35:00±2 <sup>h</sup>

Факт падения КА «Сич-1М» подтвержден и непосредственными наблюдениями. Согласно данным [1] вход Сич-1М в плотные слои атмосферы наблюдался в Андалузии (Испания) 16.04.2006 00:03:37.5 ДМВ.

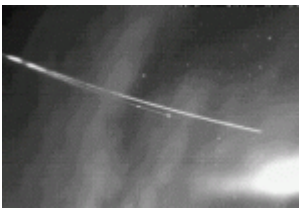


Рис. 1. Фотоснимок разрушения Сич-1М

На рис. 1 приведен фотоснимок разрушения Сич-1М, объект 28505 04052А, выполненный в Андалузии 15.04.2006 в 23:54:15. Момент вхождения в плотные слои атмосферы, согласно данным ОНИИ ВС, должен

был состояться 16.04.2006 в 00:03:37.4739 (разница в данных около 6 минут, что является более чем удовлетворительным результатом для задач такого класса).

### Вариации времени падения КА

В процессе сопровождения КА Сич-1М и «Микроспутник» вариации прогнозного времени падения находились, как правило, в пределах ±20% от интервала прогноза [2]. Это связано с невозможностью прогноза плотности верхней атмосферы на больших интервалах времени. График прогноза падения Сич-1М приведен на рис. 2.

Однако в процессе прогнозирования движения Сич-1М 14.04.2006 было обнаружено аномальное возмущение орбиты КА «Сич-1М» (рис. 2), связанное со вспышкой геомагнитной активности и выходящее за диапазон ±20% от интервала прогноза. В результате этого возмущения дата падения Сич-1М сместилась на более ранний срок (приблизительно на сутки).

Анализ движения национального КА «Сич-1» (23657, 95046А), находящегося на орбите с высотой апогея 620 км показал, что и его движение также претерпело возмущение, достигшее к 17.04.2006 величины 0.65 с, что соответствует 4.5 км в про-

долном движении КА [2] (рис. 3). Подобные непредсказуемые вариации движения КА могут привести к возникновению неожиданной опасности для территории Украины от падения тяжелых КА.

Для среднеорбитальных КА такие вариации движения могут привести к тому, что будет нарушен процесс получения информации бортовой аппаратурой КА (расчетная точка зондирования земной поверхности может сместиться).

### Параметры верхней атмосферы

При прогнозировании движения КА обычно используются следующие модели атмосферы:

- модель «статической атмосферы» [3], параметры которой зависят только от высоты полета КА и не зависят от времени, широты и долготы точки расположения КА,
- модель «динамической атмосферы» (ГОСТ 22721-77, ГОСТ 25645.115-84), учитывающая все указанные параметры.

При прогнозировании падения КА обычно используется модель «динамической атмосферы», использующая следующие параметры, влияющие на плотность атмосферы:

- средняя солнечная активность F135,
- наблюдаемая солнечная активность F107,
- квазилогарифмический индекс геомагнитной активности (Кр-индекс),
- индекс геомагнитной активности (Ар-индекс).

Параметры солнечной активности удается более или менее хорошо прогнозировать, чего нельзя сказать об индексах геомагнитной активности.

Наиболее широко используемым индексом геомагнитной активности является трехчасовой планетарный индекс Кр (индекс Бартельса), который с 1932 года стал рассчитываться по К индексам 12 среднеширотных обсерваторий.

При определении Кр индексов берутся три компоненты магнитного поля, для каждой компоненты оценивается амплитуда его вариаций в течение 3-часового интервала. Наибольшая из трех амплитуд в каждом временном интервале употребляется для вывода Кр индекса. Составлены таблицы, дающие пределы вариаций, определяемые полулогарифмической шкалой, для каждой обсерватории и для каждой из 10 величин Кр (0... 9).

Индекс Ар выводится из усреднения 8 трехчасовых значений Кр индексов и является среднесуточной планетарной характеристикой возмущений геомагнитного поля на средних широтах.

В рамках модели «динамической атмосферы» связь Кр и Ар индексов с плотностью верхней атмосферы является эмпирической.

Следует также отметить, что международные таблицы Кр и Ар индексов, публикуемые в Интернете, как правило, запаздывают (особенно это касается Ар индекса).

Индекс геомагнитной активности 14.04.2006 скачком достиг значения Ар = 58 при обычной норме от 3 до 10. Именно из-за этого прогнозное время падения КА «Сич-1М» сократилось на 1 сутки.

В доступной литературе вопрос прогнозирования таких вспышек геомагнитной активности практически не освещен.

### О возможности прогноза вспышек геомагнитной активности

Для парирования указанных вариаций плотности атмосферы при выполнении расчетов требуется создать работоспособную систему, позволяющую заранее прогнозировать вспышки геомагнитной активности. Такая система может быть построена на базе существующих национальных средств зондирования ионосферы.

Современные методы зондирования ионосферы дают непосредственно величины плотности ионной и электронной компоненты ионосферы, которые могут быть связаны с плотностью верхней атмосферы уже не эмпирически, а аналитически.

Как показано в работах ОНИИ ВС [4], результаты зондирования ионосферы могут быть использованы непосредственно в геодезических приложениях. Наблюдается также их заметная корреляция с

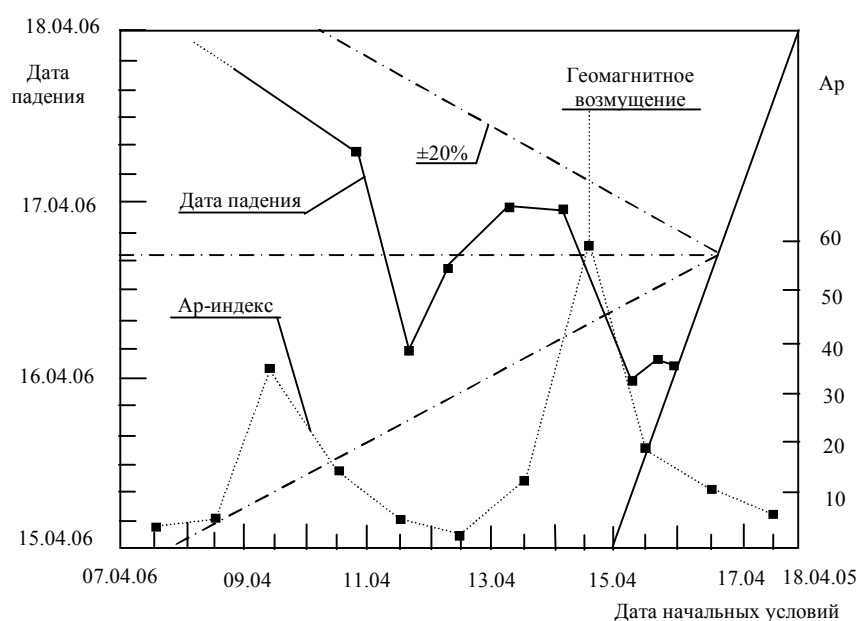


Рис. 2. График прогноза падения Сич-1М, объект 28505 04052А, на последних сутках полета (время ДМВ)

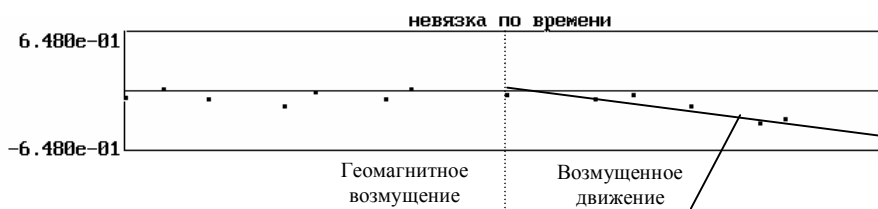


Рис. 3. Неязки по времени момента прохождения восходящего узла орбиты КА 23657 «Сич-1» в период геомагнитной возмущенности 14.04.2006 г

параметрами геомагнитной активности (рис. 4). Жирной вертикальной линией на рис. 4 отмечена дата аномального геомагнитного возмущения

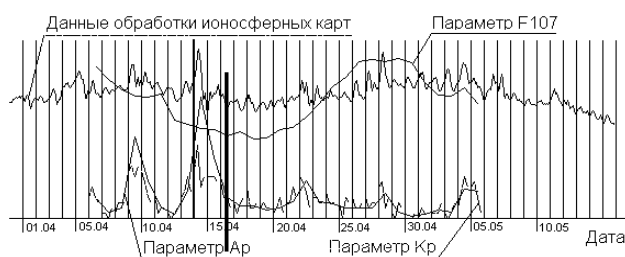


Рис. 4. Корреляции данных ионосферных карт и параметров динамической атмосферы за апрель-март 2006 г

Основным источником возмущения верхней атмосферы является корпускулярный поток от Солнца, который достигает Земли приблизительно за сутки. В то же время световой и рентгеновский поток от Солнца достигает Земли за 8 минут, вызывая изменение степени ионизации ионосферы.

Таким образом, анализ результатов зондирования ионосферы может составить основу для краткосрочного предсказания резких вариаций плотности верхней атмосферы. Эти вариации, в свою очередь, могут быть использованы для прогнозирования движения как сгорающих, так и высокоорбитальных КА.

## Предложения

Для решения перечисленных задач предлагается на базе ОНИИ ВС создать систему оперативного сбора и обработки информации национальных средств зондирования ионосферы, которая на выходе сможет выдавать информацию для прогнозирования движения КА, представляющих угрозу для национальной безопасности Украины, а также для КА военного назначения.

Выдаваемая информация может быть использована также для анализа движения маневрирующих КА.

## Выводы

На примере анализа падения космического аппарата Сич-1М проанализирована возможность использования результатов ионосферного зондирования для оперативного прогноза движения национальных КА.

## Список литературы

1. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [www.sptn.cjci.es/ESP/noveda64.html](http://www.sptn.cjci.es/ESP/noveda64.html).
2. Зюбин В.И., Ямницкий В.А., Борцов В.В., Симонова О.Г. Принятие решения о штатном или нештатном протекании управляемого спуска с орбиты в условиях недостаточности информации // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2001. – Вып. 4(14). – С. 198-203.
3. Навигационное обеспечение полета орбитального комплекса Салют-6 – Союз – Прогресс / Отв. ред. академик Б.Н.Петров и д.т.н. И.К. Бажинков. – М.: Наука, 1985.
4. Деденок В.П., Флерко С.Н., Резников Ю.В. Исследование области практического применения модели ионосферы службы IGS в целях послесезонной коррекции GPS измерений // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 4. – С. 75-81.

Поступила в редколлегию 00.08.07

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Г.В. Певцов, Объединенный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил, Харьков.