

КОСМИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

УДК 629.783

РАЗРАБОТКА ИНДИКАТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Л.А. Макриденко, И.Ю. Ильина
(ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ»)

Рассматривается актуальная проблема – разработка индикаторов эффективности космической деятельности, учитывающих затраты, сроки создания космической техники, её инновационность и эффективность использования на примере метеорологических космических аппаратов. Предлагаемые индикаторы позволят на этапе проектирования и эксплуатации национальных космических систем осуществлять мониторинг их эффективности и соответствия требованиям потребителей их информации, а также получать сведения о конкурентоспособности информационной продукции отечественных космических систем на мировом рынке материалов дистанционного зондирования Земли.
Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, индикаторы, метеорологические космические системы, полярно-орбитальные КА, геостационарные КА.

Результаты дистанционного зондирования Земли, полученные с помощью средств космической техники, уже много лет эффективно используются государственными и коммерческими структурами во всем мире для прогноза погоды, картографии, природоресурсных задач и мониторинга чрезвычайных ситуаций. Следует отметить, что только обладание собственной космической системой, обеспечивающей независимый и оперативный мониторинг своей территории, вносит вклад в устойчивое развитие страны. В рамках Федеральной космической программы (ФКП) Российская Федерация приступила к воссозданию собственной космической группировки КА ДЗЗ. Разработка и развитие космических средств ДЗЗ идёт в направлении совершенствования космических платформ, целевых и служебных систем космических аппаратов, планируется создать и запустить 12 КА ДЗЗ различного назначения [1].

Настоящая статья посвящена актуальной проблеме – разработке индикаторов эффективности космической деятельности, учитывающих затраты, сроки создания космической техники, её инновационность и эффективность использования. Предлагаемые индикаторы позволят на этапе проектирования и эксплуатации национальных космических систем осуществлять мониторинг их эффективности и соответствия требованиям потребителей информации, а также получать сведения о конкурентоспособности информационной продукции отечественных космических систем на мировом рынке материалов ДЗЗ.

Основным назначением космической системы ДЗЗ является информационное обеспечение потребителей

космической информацией в разных сферах деятельности. Эффективностью информационного обеспечения потребителей является степень полноты удовлетворения потребностей пользователей космической информацией при осуществлении той или иной хозяйственной деятельности. Одной из разновидностей космических систем ДЗЗ являются метеорологические космические системы.

Создание метеорологических космических систем стало одним из первых направлений практического использования результатов космической деятельности в гражданских целях. США и СССР практически одновременно приступили к созданию таких систем. Чуть позже эти работы были начаты Европейским космическим агентством (ЕКА) и другими странами.

Учитывая, что наша страна является членом Всемирной метеорологической организации (ВМО), российские потребители космической гидрометеорологической информации широко используют данные, поступающие с зарубежных метеорологических космических систем. В связи с этим нам необходимо обеспечивать поступление данных с российской гидрометеорологической космической системы, не уступающих по своим информационным возможностям мировому уровню.

Рассмотрим индикаторы эффективности космической деятельности на примере метеорологических КА ДЗЗ.

Основные метеорологические космические системы зарубежных стран

По-видимому, в ближайшей перспективе в космической метеорологии будут доминировать новые

Таблица 1

Системы зарубежных метеорологических спутников

| МетеоКА | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | |
|------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| LEO | DMSP F17 | DMSP F18 | DMSP F19 | DMSP F20 | | | | | | | | | | | | | | |
| | MetOP-A | MetOP-B | MetOP-C | | | | | | | | | | | | | | | |
| | NOAA-18 | NOAA-19 | NPP | NPOESS C1 | NPOESS C2 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GEO | Meteosat-9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Примечание | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Запуск и лётные испытания
Продление срока существования

разработки США и ЕКА. Это перспективные геостационарные спутники типа «GOES-R» (США) и спутники типа «MTG» (ЕКА), а также низкоорбитальные спутники «MetOp» и «NPOESS» [2].

ВМО, НАСА и ЕКА широко используют интеллектуальные возможности учёной элиты всех стран мира для совершенствования моделей природных процессов и формирования требований к составу и характеристикам космической продукции. Для этого разработаны и реализуются десятки международных и национальных программ с финансированием их из различных источников, что позволяет создать основу для регулярного уточнения действующих моделей природных процессов.

До настоящего времени США ввели в эксплуатацию 18 низкоорбитальных метеорологических спутников NOAA и 14 геостационарных спутников «GOES». ЕКА ввело в эксплуатацию 9 спутников «Meteosat» первого и второго поколения. Это позволило США и ЕКА принять решение о начале разработки метеорологических геостационарных спутников третьего поколения, в конструкции которых нашли отражение методические и технологические достижения, базирующиеся на результатах работ прошлых лет.

Зарубежные метеорологические спутники третьего поколения в соответствии с планами их разработчиков должны быть введены в эксплуатацию с 2013 – 2015 гг. и должны обеспечивать потребителей материалами съёмки до 2027 г. В состав этой системы войдут КА типа «GOES-R», «MTG» и спутники «NPOESS», «MetOp». Анализ характеристик этих систем представляет интерес в связи с тем, что они будут находиться в эксплуатации одновременно с отечественными метеорологическими спутниками. Система основных зарубежных метеорологических спутников представлена в табл. 1.

Российская метеорологическая космическая система

Наша страна создала уникальные космические метеорологические системы «Метеор» первого и второго поколений [3] и действующий сегодня космический комплекс (КК) «Метеор-3М» (2009 г.) третьего поколения [4].

Метеорологическая космическая система (МКС) России рассматривается как двухъярусная, состоящая из трёх средневысотных полярно-орбитальных и двух геостационарных КА. Так как значительная часть северных территорий России находится вне поля обзора с геостационарной орбиты, то роль средневысотных полярно-орбитальных КА в отечественной единой МКС является доминирующей.

В качестве основного источника метеорологической космической информации в нашей стране выбраны

низкоорбитальные спутники космического комплекса «Метеор-3М» в составе трёх КА «Метеор-М» № 1, № 2 и океанографического КА «Метеор-М» № 3 [5], а также геостационарных спутников «Электро-Л» [6].

Для решения проблемы повышения качества получаемой гидрометеорологической информации в арктическом регионе разработана концепция создания космической системы на высокоэллиптических орбитах «Арктика» в составе двух КА «Арктика-М» [7].

Спутники «Метеор-М» № 1 (запущен 17 сентября 2009 г.) и «Электро-Л» № 1 (запущен 20 января 2011 г.) сданы в опытную эксплуатацию. «Метеор-М» № 2 должен быть изготовлен и введён в эксплуатацию в 2012 г., «Электро-Л» № 2 – в 2013 г., «Арктика-М» № 1 – в 2015 г. При одновременной работе и оптимальном баллистическом построении системы из двух гидрометеорологических КА глобальное наблюдение всей территории земного шара обеспечивается только 4 раза в сутки при необходимой частоте покрытия 8 раз в сутки для получения космической информации и сбора данных с платформ наземного, морского и воздушного базирования в основные синоптические сроки (наблюдение каждые 3 ч). Как показывает отечественный и зарубежный опыт, для решения задач гидрометеорологического мониторинга орбитальная группировка должна состоять как минимум из трёх КА. В связи с чем было принято решение о создании двух дополнительных гидрометеорологических КА типа «Метеор-М» с улучшенными (по результатам лётно-конструкторских испытаний КА «Метеор-М» № 1, № 2) качественными и эксплуатационными характеристиками – «Метеор-М» № 2-1, № 2-2.

На смену КА «Метеор-М» в рамках ФКП России планируется создать КК четвёртого поколения «Метеор-МП», также в составе пяти КА [8]. Учитывая возможность получения данных с зарубежных метеорологических КА, целесообразно развивать КК «Метеор-МП» так, чтобы он дополнял (а не дублировал) метеорологическую систему, развиваемую Европейским сообществом и США соответственно. Также в рамках ФКП до 2018 г. планируется разработка и запуск геостационарного метеорологического КА следующего поколения – «Электро-М» с характеристиками, соответствующими лучшим мировым достижениям.

Система российских метеорологических спутников представлена в табл. 2.

Разработка индикаторов эффективности космической деятельности на этапе проектирования и эксплуатации национальных метеорологических космических систем

Индикатор полноты данных гидрометеорологического наблюдения. Как было сказано выше, в

Таблица 2

Системы российских метеорологических спутников

| МетеоКА | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | |
|--|-------------|-------------|------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|--|
| LEO | Метеор-М №1 | Метеор-М №1 | | Метеор-М №1 | Метеор-М №1 | Метеор-М №1 | Метеор-М №1 | Метеор-М №1 | Метеор-М №1 | Метеор-М №1 | | | | | | | | |
| | | | | Метеор-М №2 | Метеор-М №2 | Метеор-М №2 | Метеор-М №2 | Метеор-М №2 | Метеор-М №2 | Метеор-М №2 | Метеор-М №2 | | | | | | | |
| | | | | Метеор-М №2-2 | Метеор-М №2-2 | Метеор-М №2-2 | Метеор-М №2-2 | Метеор-М №2-2 | Метеор-М №2-2 | Метеор-М №2-2 | Метеор-М №2-2 | | | | | | | |
| | | | | Метеор-М №3 | Метеор-М №3 | Метеор-М №3 | Метеор-М №3 | Метеор-М №3 | Метеор-М №3 | Метеор-М №3 | Метеор-М №3 | | | | | | | |
| | | | | Метеор-МП-экспериментальный | Метеор-МП-экспериментальный | Метеор-МП-экспериментальный | Метеор-МП-экспериментальный | Метеор-МП-экспериментальный | Метеор-МП-экспериментальный | Метеор-МП-экспериментальный | Метеор-МП-экспериментальный | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | Метеор-МП №1 | Метеор-МП №1 | Метеор-МП №1 | Метеор-МП №1 | Метеор-МП №1 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | Метеор-МП №2 | Метеор-МП №2 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | Метеор-МП-океанограф | Метеор-МП-океанограф | |
| GEO | | | | | | | | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | Электро-Л №1 | |
| | | | | | | | | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | Электро-Л №2 | |
| | | | | | | | | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | Электро-Л №3 | |
| HEO | | | | | | | | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | Арктика-М №1 | |
| | | | | | | | | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | Арктика-М №2 | |
| Запуск и лётные испытания | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Гарантийный режим эксплуатации ЛEO КА | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Возможный режим эксплуатации GEO КА | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Возможный режим эксплуатации HEO КА | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предполагаемые запуски метеорологических КА четвертого поколения | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Примечания

настоящее время Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) имеет возможность получать информацию со спутников «Метеор-М» № 1, «Электро-Л» № 1, находящихся в опытной эксплуатации, а также с семи низкоорбитальных и четырёх-пяти геостационарных зарубежных спутников. В связи с неполным составом национальной орбитальной группировки основной объём информации будет поступать с низкоорбитальных КА «NOAA», «MetOp» и геостационарных спутников «GOES», «MTG» и «Meteosat».

Полнота гидрометеорологических данных определяется также необходимым набором служебной и целевой аппаратуры КА. В табл. 3 и 4 представлены для сравнения типы полезной нагрузки основных современных метеорологических КА полярно-орбитальных и геостационарных группировок соответственно.

На сегодняшний день сложился определённый обязательный набор метеорологической аппаратуры для полярно-орбитальных метеорологических КА. Во-первых, это аппаратура для глобального и регионального картирования облачности и подстилающей поверхности, во-вторых, аппаратура для определения профилей температуры и влажности атмосферы, в-третьих, аппаратура для определения параметров приводного ветра, в-четвёртых, для измерения характеристик околоземного космического пространства (ОКП).

Из табл. 3 видно, что в основном аппаратура различных КА схожа по физическим принципам работы, однако разные страны применяют различные приборы для одинаковых целей, например, для определения параметров приводного ветра европейские страны применяют скаттерометры, а Россия планирует использовать радиолокатор. Это связано с тем, что радиолокатор будет применяться также для исследования ледового покрова в районе северного морского пути вдоль границ России.

Основные приборы полярно-орбитальных КА:

- сканер видимого и ближнего ИК-диапазонов;
- микроволновый сканер/зондировщик;
- ИК-зондировщик;
- измеритель параметров ОКП;
- скаттерометр и/или радиолокатор.

Основные приборы геостационарных КА:

- сканер видимого и ближнего ИК-диапазонов;
- ИК-зондировщик;

– аппаратура для измерения гелиофизических параметров.

Таким образом, для определения полноты метеорологических данных на этапе проектирования и изготовления КА предлагаем ввести следующую формулу:

$$I_{п.м0} = \frac{n}{N} K_1 (1 - K_2),$$

где N – необходимый минимум метеоКА в группировке; n – планируемые к изготовлению и уже действующие КА; K_1 – доля заказанной Росгидрометом национальной космической информации; K_2 – доля не поставленной на борт КА аппаратуры из вышеприведённого списка по той или иной причине.

После завершения формирования полной конфигурации национальной гидрометеорологической космической системы российским потребителям будет доступна информация с трёх спутников серии «Метеор-М» и двух геостационарных спутников серии «Электро-Л».

Так, например, за период опытной эксплуатации КА «Метеор-М» № 1 продемонстрирована надёжная работа спутниковых систем, и обеспечен значительный вклад в осуществление мониторинга оперативной обстановки на территориях Российской Федерации и за рубежом. На рисунке показаны результаты работы КА «Метеор-М» № 1.

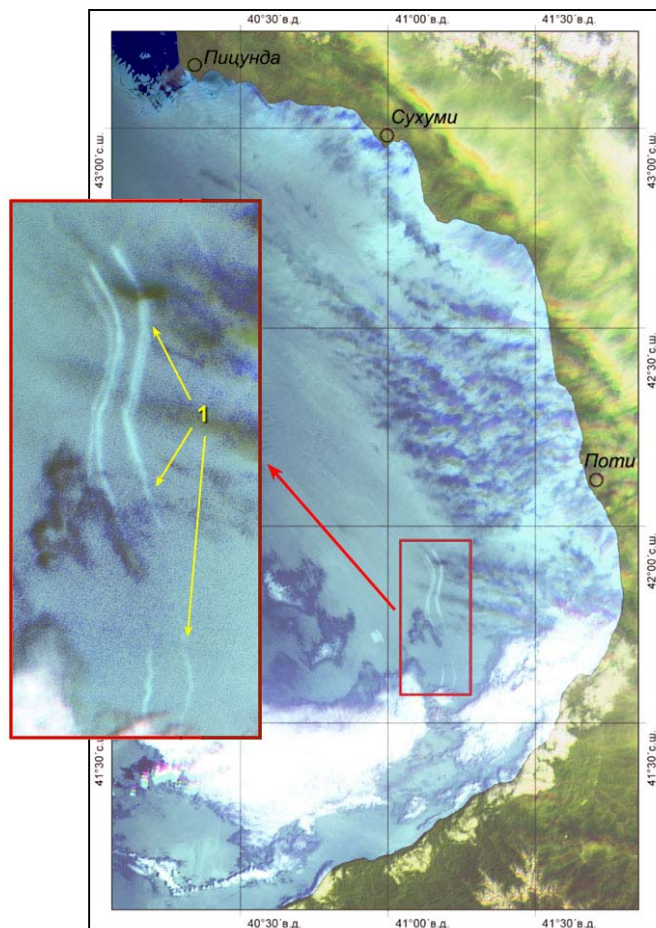
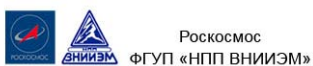
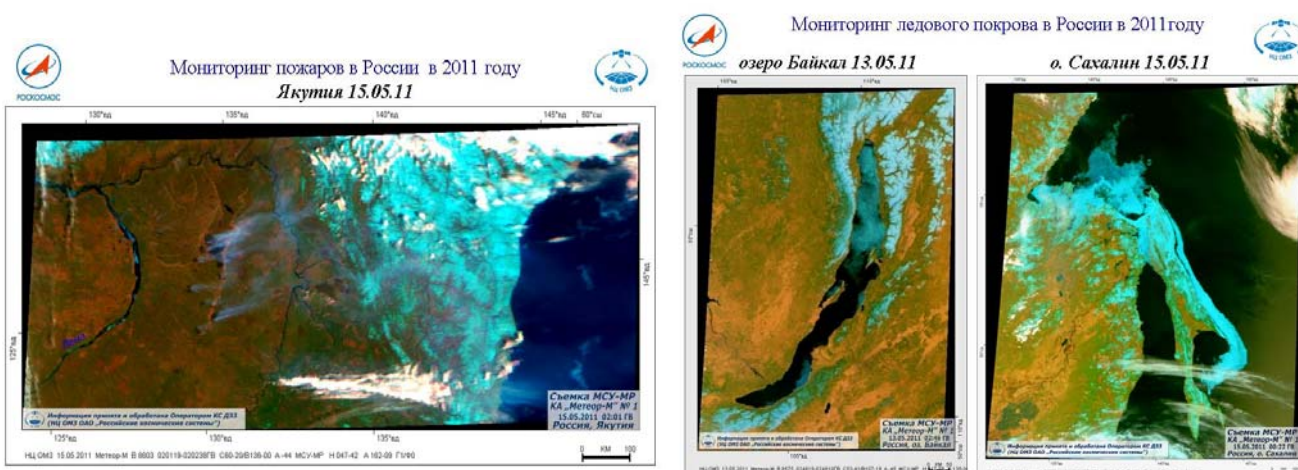
В связи с этим для определения индикатора полноты данных гидрометеорологического наблюдения на этапе эксплуатации предлагаем использовать тот же подход:

$$I_{п.м} = \frac{n}{N} K_1 (1 - K_3),$$

где N – планируемое количество КА в группировке; n – действующие КА; K_1 – доля заказанной Росгидрометом национальной космической информации; K_3 – доля гидрометеорологической информации, которую невозможно получить из-за дефектов спутника.

Оценивая информационные возможности национальной метеорологической системы, даже в случае формирования полной орбитальной группировки, численное значение этого индикатора в ближайшие три-четыре года не достигнет единицы.

Индикатор соответствия данных мировому уровню. Одним из важнейших параметров, определяющим конкурентоспособность продукции российских КА в России и на международном рынке



ИСЗ «МЕТЕОР-М» №1, КМСС, разрешение 50 м,
30.05.2011 г. 07:17 GMT

Дешифрирование нефтяных пленок на морской поверхности
в юго-восточной части Черного моря

1 - нефтяные пленки естественного происхождения

Снимки с КА «Метеор-М» № 1

Таблица 3

Полезная нагрузка основных полярно-орбитальных метеорологических систем

| Назначение | Полярно-орбитальные метеорологические системы (LEO) | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|--|--|
| | Россия | | | США | | Европа | |
| | Метеор-М.№1, №2 | Метеор-М.№3 | NOAA | NPP(NPOEES) | DMSP | Meteor | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Основная метеорологическая аппаратура | | | | | | | |
| Глобальное и региональное картирование облачности | МСУ-МР. Многоканальное сканирующее устройство малого разрешения ≤1 км в полосе 2800 км (4-видимый + 2-ИК) | Сканер цвета морской воды разрешения ≤1 км, в полосе 1800 км (13 спектральных каналов) | AVHRR/3 (Advanced Very High Resolution Radiometer). Усовершенствованный радиометр высокого разрешения для сканирования поверхности Земли (6 каналов видимого и ИК-диапазона) | VIRS (Visible/Infrared Imager/Radiometer Suite). Радиометр для съёмки земной поверхности (16 каналов видимого и ИК-диапазона) | OLS (Operational Line-scan System). Сканирующая система подстилающей поверхности и облачного покрова для проведения съёмки в полосе шириной 3000 км, разрешение ~0,5 км (видимый и ИК-диапазон) | AVHRR/3 (Advanced Very High Resolution Radiometer). Усовершенствованный радиометр высокого разрешения для сканирования поверхности Земли (6 каналов видимого и ИК-диапазона) | |
| | Мониторинг земной поверхности | КМСС. Комплекс многоканальной спутниковой съёмки (разрешение 50 и 100 м, полоса 450 и 900 км) | Сканер береговой зоны разрешением 80 м в полосе 800 км (6 спектральных каналов) | AMSU-A (Advanced Microwave Sounding Unit-A). Усовершенствованный микроволновой зондирующий (15-канальный микроволновой радиометр) для измерения вертикальных профилей температуры и получения данных о содержании воды в атмосфере | ATMS (Advanced Technology Microwave Sounding). Микроволновой зондирующий для замера атмосферной энергии | SSMIS (Spectral Sensor Microwave Imager/Sounder). СВЧ-зондирующий для наблюдения в полосе шириной 1700 км (восстановление профилей температуры, давления и влажности в атмосфере и т. д.) | AMSU-A1 и -A2 (Advanced Microwave Sounding Unit). Микроволновые зондирующие для измерения излучения в 15 каналах |
| | | МТВЗА-ГЯ (СВЧ-радиометр). Модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы. 29 каналов, полоса обзора 1500 км | | AMSU-B (Advanced Microwave Sounding Unit-B). 5-канальный микроволновой радиометр для измерения профиля влажности в атмосфере | | | MHS (Microwave Humidity Sounder). Пятиканальный микроволновой измеритель профиля влажности атмосферы |

Продолжение табл. 3 на с. 24

Продолжение табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|--|--|---|---|
| Мониторинг земной поверхности | ИКФС-2 . Инфракрасный Фурье-спектрометр (усовершенствованный ИК-зондировщик) | | HIRS/3 (High Resolution Infrared Radiation Sounder). Инфракрасный зондировщик для получения вертикального профиля температуры | CRIS (Crosstrack Infrared Sounder). ИК-зондировщик поперечного сканирования для измерения излучения Земли и вертикального распределения температуры, влажности и давления в атмосфере | | IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer). ИК-атмосферный зондирующий интерферометр, обеспечивающий сбор данных о температуре в тропосфере и нижней атмосфере, уровне влажности в тропосфере и т. д. |
| Аппаратура для измерения параметров околоземного космического пространства (ОКП) | | | | | | |
| Измерение заряженных космических частиц в радиационных поясах Земли и параметров солнечного ветра | ГТАК-М . Гелиогеофизический аппаратный комплекс | | SEM-2 (Space Environment Monitor). Спектрометр для измерения мощности радиационных поясов Земли, потока заряженных частиц и параметров солнечного ветра | | SSJ/5 (Special Sensor Electron/Proton Spectrometer). Спектрометр электронов и протонов для получения пространственно-временного распределения авроральных частиц | SEM-2 (Space Environment Monitor). Спектрометр для измерения мощности радиационных поясов Земли, потока заряженных частиц и параметров солнечного ветра |
| Мониторинг параметров ионосферы и атмосферы | | Аппаратура радиопросвечивания атмосферы | | | SSI/ES-3 (Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Meter). Комплекс датчиков заряженных частиц для измерения плотности, температуры, состава и скорости дрейфа ионосферной плазмы | GRAS (GPS Receiver for Atmospheric Sounding). Для зондирования атмосферы путём приёма сигналов GPS |

Продолжение табл. 3 на с. 25

Продолжение табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|---|---|---|---|--|--|
| Мониторинг параметров ионосферы и атмосферы | | | | | SSULI (Special sensor Ultraviolet Limb Imager). УФ-датчик лимба Земли для построения профилей естественного УФ-свечения частиц в верхних слоях атмосферы на высотах от 50 до 750 км | |
| Ледовый мониторинг, наблюдение водной поверхности, определение направления и скорости ветра над поверхностью мирового океана | Бортовой радиолокационный комплекс (БРЛК) «Северянин» , разрешение 0,5 км и 1 км, полуса 600 км. | БРЛК для многорежимной радиолокационной съёмки районов земной поверхности в X-диапазоне с различными поляризациями (разрешение 3 – 500 м в зависимости от режима съёмки) | | | SSUSI (Special Sensor Ultraviolet Spectrographic Imager). Спектроскопический УФ-датчик для изучения ионосферы | |
| Океанографическая аппаратура | | | | | | |
| | | Скаттерометр Кп-диапазона (14 ГГц) (разрешение 25 км в полесе 1800 км) | | | | ASCAT (Advanced Scatterometer). Усовершенствованный скаттерометр для определения направления и скорости ветра |
| Другая аппаратура | | | | | | |
| Измерение флуктуаций геомагнитного поля | | | | | SSM-Boom . Магнитометр для измерения флуктуаций геомагнитного поля | |

Окончание табл. 3 на с. 26

Окончание табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------------------|---|---|---|--|---|--|
| Мониторинг озонового слоя | | | SBUV/2 (Solar Backscatter Ultraviolet Spectral Radiometer). Спектрорадиометр солнечного рассеяного ультрафиолета для определения глобального и вертикального распределения озона | OMPS (Ozone Mapping and Profile Suite). Комплект приборов мониторинга озонового слоя | | GOME-2 (Global Ozone Monitoring Experiment). Спектрометр отраженного излучения и УФ-излучения для определения содержания озона и др |
| Защита от уничтожения с Земли | | | | CERES (Cloud and the Earth's radiant Energy System). Прибор для измерения излучения Земли и облаков | SSF . Датчик предупреждения о лазерном облучении | |

Таблица 4

Полезная нагрузка основных геостационарных метеорологических систем

| | | Геостационарные метеорологические системы (GEO) | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|-----|--|
| Назначение | Россия | | США | Европа | | MTG | |
| | Электро-Л № 1, № 2 | Электро-М | GOES | Meteosat (MSG) | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| Основная метеорологическая аппаратура | | | | | | | |
| Глобальное и региональное картографирование облачности | МСУ-ГС. Многоспектральное сканирующее устройство (10-канальное) разрешение 1 км в видимом диапазоне, 4 км в ИК-диапазоне) для получения многоспектральных изображений облачности и поверхности Земли в пределах видимого диска Земли | МСУ-ГСМ. Многоспектральное сканирующее устройство (20-канальное, разрешение 0,5 – 1 км в видимом диапазоне и БИК-диапазонах, 1 – 2 км в ИК-диапазоне) для получения многоспектральных изображений облачности и поверхности Земли в пределах видимого диска Земли | GOES Imager. радиометр (5-канальный) для получения изображений облачного покрова и поверхности Земли (разрешение 1 км в видимом диапазоне, 4 км в среднем и дальнем участках ИК-диапазона) | SEVIRI (Spinning Enhanced Visible & Infrared Imager). Радиометр (12-канальный) в видимом и ИК-диапазонах с улучшенным разрешением | FCI (Flexible Combined Imager). Радиометр (16 каналов) в видимом и ИК-диапазонах | | |
| | Мониторинг земной поверхности | Гиперспектральный ИК-зондировщик (или Фурье-спектрометр) для измерения вертикальных профилей температуры и влажности атмосферы в видимом и ИК-диапазонах и круглозучного получения изображения облачного покрова и поверхности Земли | Гиперспектральный ИК-зондировщик (19-канальный) для построения профилей температуры и влажности атмосферы, температуры земной поверхности и облачного покрова, распределения озона в атмосфере | GOES Sounder. Зондировщик (19-канальный) для построения профилей температуры и влажности атмосферы, температуры земной поверхности и облачного покрова, распределения озона в атмосфере | IRS (Infrared Sounder). Инфракрасный зондировщик высокого разрешения для построения профилей температуры и влажности атмосферы | | |
| | | | ABI (Advanced Baseline Imager) (12-канальный). Сканирующий радиометр для получения изображения облачного покрова и поверхности Земли (до 0,5 км) | UVN (Ultraviolet Sounder). Стрелометр для проведения измерений в УФ-диапазоне (305 – 400 нм), в видимом диапазоне (400 – 500 нм), в ближнем ИК-диапазоне (755 – 775 нм) | | | |
| | | | HES. Гиперспектральный зондировщик для построения профилей температуры и влажности атмосферы | | | | |

Окончание табл. 4 на с. 28

Окончание табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|--|--|--|---|
| Аппаратура для измерения параметров околоземного космического пространства (ОКП) | | | | | |
| Измерение заряженных космических частиц в радиационных поясах Земли и параметров солнечного ветра | ГТАК-Э, Гелиогеофизический аппаратурный комплекс (спектрометры и детекторы электронов и протонов с энергиями 0,05 – 600 МэВ) для глобального мониторинга геофизических параметров контроля и прогноза активности Солнца, радиационной обстановки в околоземном пространстве и состояния магнитного поля, диагностики и контроля состояния магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы | ГТАК-Э/М, Гелиогеофизический аппаратурный комплекс для глобального мониторинга геофизических параметров с целью контроля и прогноза вспышечной активности Солнца, радиационной обстановки в околоземном пространстве и состояния магнитного поля, диагностики и контроля состояния магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы | SEM (Space Environment Monitor). Комплекс датчиков для измерения параметров магнитного поля, потоков заряженных частиц, рентгеновского и УФ-излучения Солнца | GEORAD (Geostationary Earth Radiation Budget). Прибор для наблюдения за балансом падающей, отражённой и излученной Земли энергии | |
| | | Радиометр для определения радиационного баланса для измерения излучения, испускаемого и отражённого от земной поверхности, облаков и верхней атмосферы в длинноволновом и коротковолновом диапазонах | Solar X-Ray Imager. Рентгеновский солнечный телескоп для регистрации солнечных вспышек и предреказания электромагнитных бурь | | |
| Другая аппаратура | | | | | |
| Регистрация молний | | Детектор молний для обеспечения регистрации молний в реальном масштабе времени | GLM (Geostationary Lightning Mapper). Прибор для регистрации молний | | Регистратор молний, измеряющий также интенсивность их излучения |
| Система для сбора данных с буйв и платформ | БРТК. Система сбора данных с буйв и автоматических станций – бортовой радиотехнический комплекс | БРТК-М система сбора данных с буйв и автоматических станций – бортовой радиотехнический комплекс | | MCP (Mission Communication Payload). Система для сбора и ретрансляции метеоданных с платформ DCP | |

ДЗЗ, является индикатор соответствия российских КА ДЗЗ мировому уровню. Как отмечается в отчёте Счетной палаты РФ «Количество КА, соответствующих мировому уровню, увеличилось с 17 на 1 января 2006 г. до 30 на 1 июля 2009 г., однако следует отметить, что программа не предусматривает критерии, по которым КА признается соответствующим мировому уровню» [9].

Здесь следует отметить, что потребителю всё равно по какой технологии сделан КА, и какая аппаратура на нём размещена. Потребителю важен конечный результат – интересующая его информация ДЗЗ. В связи с этим, по нашему мнению, одним из критериев для определения соответствия мировому уровню российских КА может быть эксплуатационное отношение суммарного объёма получаемой российскими пользователями информации с отечественных спутников к объёму информации с зарубежных спутников. Сразу становится ясно, что на этот индикатор влияет доступность данных или эффективность работы оператора данных ДЗЗ:

$$I_{\text{мир}} = \frac{V_{\text{нац}}}{V_{\text{заруб}}} I_{\text{опер}},$$

где $V_{\text{нац}}$ – объём информации, получаемой с российских спутников; $V_{\text{заруб}}$ – объём информации, получаемой с зарубежных спутников; $I_{\text{опер}}$ – индикатор эффективности работы оператора (представлен ниже).

Индикатор эффективности работы оператора. В настоящее время в России функционируют два государственных оператора космических систем: НЦ ОМЗ и ФГБУ «НИЦ «Планета» и не менее шести коммерческих операторов и дилеров зарубежных КА ЗАО «Сканэкс», ЗАО «Совзонд» и др. От содержания работ оператора во многом зависит спрос на информацию действующих космических систем и облик перспективной космической аппаратуры.

Для оценки эффективности работы оператора может быть предложен следующий индикатор:

$$I_{\text{опер}} = \frac{V_1}{V} \left(1 - \frac{z_1}{z} \right),$$

где V_1/V – доля рынка ДЗЗ в РФ, занятая оператором; z_1/z – доля невыполненных заявок на съёмку и обработку от общего количества поступивших заявок.

Заключение

Расширение масштабов практического использования результатов космической деятельности обусловлено необходимостью использования ресурсов и резервов, способных придать дополнительный импульс современному динамичному развитию экономики. В этих условиях разработка индикаторов эффективности космической деятельности своевременна и актуальна. И при увеличении объёмов и сферы использования космической информации в проектах конкретных работ государственных и коммерческих структур Российской Федерации роль этих индикаторов будет возрастать.

В данной работе мы предлагаем индикаторы эффективности космической деятельности на этапе проектирования и эксплуатации национальных космических систем на примере метеорологических КА. Наше исследование ограничилось пока введением индикаторов полноты данных гидрометеорологического наблюдения, соответствия данных мировому уровню и эффективности работы оператора. Но существуют и другие важные критерии, отражение которых может быть, например, в индикаторах бюджетной эффективности проекта и риска коммерческого инвестора проекта. Следует также распространить пример использования данных индикаторов, например, ко всем КА ДЗЗ. Очевидно, что экспериментальная отработка предложенных индикаторов внесёт определенные коррективы в их содержание и в то же время позволит повысить качество перспективных космических систем.

Данная работа выполнена в рамках проекта «Космическая деятельность России» [10], целью которой является уточнение содержания используемых индикаторов и расширение их перечня для повышения качества информационной продукции, создаваемых с использованием средств национальной космической системы.

Литература

1. Концепция развития космических средств дистанционного зондирования Земли до 2040 года / А. А. Асташкин, Ф. Н. Любченко, А. Н. Мальченко [и др.] // Космонавтика и ракетостроение. – 2010. – № 4 (61). – С. 118 – 124.
2. Status of current and future CGMS Members' satellites. Information maintained by WMO Space Programme on behalf of CGMS. (Updated on 9 May 2012) <http://www.wmo.int/pages/prog/sat/satellitestatus.php>.
3. Космические аппараты оперативного метеорологического и природо-ресурсного назначения. Проблемы. Технические решения. Международная интеграция / В. И. Ададько, А. Г. Иосифьян, Ю. В. Трифонов [и др.] // Электротехника. – 1991. – № 9.

4. Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» с космическим аппаратом «Метеор-М» № 1: справочные материалы / под ред. Л. А. Макриденко, С. Н. Волкова, Ю. В. Трифонова [и др.]. – М. : ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2008. – 142 с.
5. Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» со спутником «Метеор-М» / А. Л. Чуркин // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 79 – 85.
6. Метеорологические космические комплексы нового направления / Г. М. Полищук, К. М. Пичхадзе, В. В. Ефанов // Научные чтения памяти К. Э. Циолковского. – 2009.
7. Автоматические космические аппараты для фундаментальных и прикладных научных исследований / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Г. М. Полищука и д-ра техн. наук, проф. К. М. Пичхадзе. – М. : Издательство МАИ-ПРИНТ, 2010. – 660 с.: ил.
8. Гидрометеорологический и океанографический космический комплекс мониторинга Земли четвертого поколения «Метеор-МП». Пояснительная записка: эскизный проект. – М. : ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2010 – 117 с.
9. Отчёт о результатах контрольного мероприятия «Проверка целевого и эффективного использования средств федерального бюджета, выделенных в 2006 – 2008 годах и истекший период 2009 года на реализацию Федеральной космической программы России на 2006 – 2015 годы» // бюллетень Счётной палаты Российской Федерации. – 2010. – № 6 (150).
10. Научно-технический отчёт «Разработка предложений по уточнению карты проекта «Космическая деятельность России», определение и оценка индикаторов данного проекта в части подготовки исходных данных по КА ДЗЗ» НИР «Магистраль-2». – 60 с.

Поступила в редакцию 15.06.2012

*Леонид Алексеевич Макриденко, д-р техн. наук, генеральный директор,
e-mail: vniiem@vniiem.ru, т. (495) 608-84-67.*

*Ирина Юрьевна Ильина, аспирант, зам. начальника научно-производственного комплекса,
e-mail: ntk.vniiem@bk.ru, т. (495) 623-57-74.*