Рассмотрение методологии построения космической группировки мониторинга для прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения

О.А. Алексеев, Н.В. Разумова, Е.И. Цадиковский, А.Д. Линьков

АО «Российские космические системы», Москва, 111250, Россия

E-mail: igmass@mail.ru

Рассматриваются методологические, научные и технико-экономические аспекты создания космической группировки мониторинга для прогнозирования чрезвычайных ситуаций (КГМП ЧС) природного и техногенного характера. КГМП ЧС представляется как основа создания интегрированных (наземных, воздушных и космических) систем предупреждения об угрозах стихийных бедствий (сильные землетрясения, лесные пожары, наводнения и другие ЧС), а также об угрозах ЧС на критически важных технических объектах.

Методология разработки КГМП ЧС представляет собой систему подходов, принципов, методов, правил и норм, обеспечивающих определение внешних и внутренних характеристик КГМП ЧС в соответствии с выбранными критериями. Определение внешних и внутренних характеристик КГМП ЧС при заданных показателях эффективности прогнозов ЧС является решением обратной задачи по отношению к решению прямой задачи – оценке эффективности прогнозов ЧС природного и техногенного происхождения при заданных внешних и внутренних характеристиках КГМП ЧС. Основным методом решения обратной задачи является синтез КГМП ЧС, основным методом решения прямой задачи – её анализ. Решения обратной и прямой задач в рамках методологической схемы выбора проектного облика КГМП ЧС сводятся к решению ряда частных взаимосвязанных обратных и прямых задач. Решение частных задач определения и оценки внутренних характеристик КГМП ЧС предполагает получение и интегрирование результатов решений по определению и оценке орбитальной и наземной составляющих КГМП ЧС. Выбор орбитальной составляющей КГМП ЧС предполагает синтез её орбитальной структуры, определение состава бортовой целевой аппаратуры (БЦА) для решения задач космического мониторинга предвестников ЧС и видов космических платформ, распределение аппаратуры по группировке КА. Выбор состава бортовой целевой аппаратуры для качественного решения целевых задач КГМП ЧС осуществляется на основе данных о существующих типах БЦА, требованиях к перспективной аппаратуре, результатов прогнозирования развития БЦА КА мониторинга. Выбор видов космических платформ производится с учетом усиливающейся тенденции использования малых и сверхмалых КА для решения задач мониторинга и нелинейного характера увеличения стоимости разработки КА при увеличении его массово-габаритных характеристик. Окупаемость создания КГМП ЧС с учётом дисконтирования поэтапно обеспечивается путём гибкой инвестиционной политики, а также реализации технологического задела в области мониторинга для прогнозирования ЧС.

Ключевые слова: космическая группировка мониторинга, чрезвычайные ситуации природного и техногенного происхождения

*Одобрена к печати: 11.07.2016
DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-29-38*

Введение

Важным фактором снижения отрицательного влияния чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера на здоровье людей и окружающую среду является своевременное и точное прогнозирование этих ситуаций.

Возникновению ЧС природного и техногенного характера предшествуют определённые процессы, происходящие в земной коре, на поверхности, в атмосфере (ионосфере) Земли, околоземном космическом пространстве, на критически важных технических объектах – предвестники ЧС.

Параметры предвестников ЧС природного и техногенного характера доступны наблюдению различными средствами наземного, воздушного и космического базирования. Состав и характеристики средств определяют полноту, своевременность и точность наблюдения параметров предвестников ЧС.

Особая роль в наблюдении предвестников ЧС принадлежит космическим системам. Производительность отдельного космического средства при высоте круговой орбиты 400–900 км (отношение площади наблюдаемой поверхности Земли на заданном временном интервале к площади элемента разрешения) приблизительно в тридцать раз выше производительности воздушного средства с аналогичными характеристиками и режимами работы целевой аппаратуры. Для тех же условий наблюдаемая космическим средством площадь поверхности Земли на четыре – пять порядков превосходит площадь поверхности, наблюдаемую воздушным средством. Поэтому космическая группировка мониторинга для прогнозирования чрезвычайных ситуаций (КГМП ЧС) является основным элементом при решении задач глобального и оперативного мониторинга ЧС.

Следует отметить, что разрешающая способность при наблюдении воздушным средством (без учёта турбулентности атмосферы Земли) на один–два порядка выше космического средства при одинаковых характеристиках целевой аппаратуры. Наземные средства способны наблюдать предвестники ЧС, не доступные космическим и воздушным средствам.

Вместе с тем повышение эффективности предупреждения об угрозах стихийных бедствий (сильные землетрясения, лесные пожары, наводнения, засухи, ураганы, оползни, сели, извержения вулканов и др.) и техногенных катастроф возможно только на пути рационального интегрирования информационных ресурсов средств различного базирования для наблюдения предвестников ЧС при определяющей роли КГМП ЧС.

В докладе рассматриваются научно-методические и технико-экономические аспекты создания КГМП ЧС.

Научно-методические аспекты создания КГМП ЧС

Методология разработки КГМП ЧС представляется в виде системы подходов, принципов, методов, правил и норм, обеспечивающих определение внешних и внутренних характеристик КГМП ЧС в соответствии с выбранными критериями.

К внешним характеристикам КГМП ЧС относятся её цели – $C = (c_i), i \in \overline{1, m_c}$, решаемые ею задачи – $Z = (z_i), i \in \overline{1, m_z}$ и показатели эффективности решения задач КГМП ЧС – $\mathcal{E} = (\mathcal{e}_{ki}), i \in \overline{1, m_{\mathcal{E}}}$.

К внутренним характеристикам КГМП ЧС относятся её состав и структура – $S = (s_i), i \in \overline{1, m_s}$, параметры – $P = (p_i), i \in \overline{1, m_p}$ и состояния – $X = (x_i), i \in \overline{1, m_x}$.

Обозначим внешние и внутренние характеристики КГМП ЧС кортежами $D_{\text{внеш}} = \langle C, Z, \mathcal{E} \rangle$, $D_{\text{внутр}} = \langle S, P, X \rangle$.

Выбор внутренних характеристик КГМП ЧС для определённых границ значений показателей её эффективности производится в соответствии с заданными правилами сравнения вариантов КГМП ЧС – критериями эффективности решения задач КГМП ЧС: $K_d = (\kappa_{dj}(\mathcal{E}_{kj})), j \in \overline{1, n_{kd}}$,

$$K_d : D_{внеш} \rightarrow D_{внутр}. \quad (1)$$

Исходные данные для решения задачи (1) формируются, исходя из требуемых значений показателей эффективности прогнозов ЧС – $\mathcal{E}_{nmp} = (d_{nimp}), i \in \overline{1, m_{эн}}$, в результате информационного преобразования:

$$\mathcal{E}_{nmp} \rightarrow D_{внеш}, \quad (2)$$

отражающего решение обратной по отношению к прямой задаче – оценке показателей эффективности прогнозов ЧС природного и техногенного происхождения $\tilde{\mathcal{E}}_n = (\tilde{\mathcal{E}}_{ni}), i \in \overline{1, m_{эн}}$ при известных внутренних характеристиках КГМП ЧС.

Решение прямой задачи отражает информационное преобразование:

$$D_{внутр} \rightarrow \tilde{\mathcal{E}}_n. \quad (3)$$

Сущность методологии разработки КГМП ЧС состоит в итерационном подходе, заключающемся (в рамках отдельной итерации) в синтезе структуры и оптимизации параметров КГМП ЧС по заданным показателям эффективности прогнозов ЧС природного и техногенного происхождения с последующим уточнением получаемых значений показателей эффективности прогнозов для выбранного варианта КГМП ЧС в ходе его анализа. Условием окончания итерационного процесса является достижение заданной близости $\|\tilde{\mathcal{E}}_n - \mathcal{E}_{nmp}\|$ оценок показателей эффективности прогнозов для выбранного варианта КГМП ЧС требуемым значениям при выполнении ограничений по времени, организационно-техническим и финансовым ресурсам решения задачи (рис. 1), где $\|\cdot\|$ – определённая норма разности $\tilde{\mathcal{E}}_n - \mathcal{E}_{nmp}$.

Рис. 1. Методологическая схема разработки КГМП ЧС

Решения обратной (2) и прямой (3) задач в рамках методологической схемы выбора проектного облика КГМП ЧС сводятся к решению следующих частных (обратных и прямых) задач:

– частные обратные задачи:

а) выбор состава и определение граничных значений параметров ЧС – $\Pi = (n_i), i \in \overline{1, m_n}$, выбор состава и определение требуемых значений показателей эффективности прогнозов ЧС – $\mathcal{E}_{nmp}(\tilde{\Pi} - \Pi)$, где $\tilde{\Pi}$ – оценки параметров ЧС (прогнозы чрезвычайных ситуаций);

б) выбор состава и определение граничных значений параметров предвестников ЧС – $B = (b_i), i \in \overline{1, m_b}$, выбор состава и определение требуемых значений показателей эффективности наблюдения предвестников ЧС – $\mathcal{E}_{втр}(\tilde{B} - B)$, обеспечивающих требуемые значения показателей эффективности прогнозов ЧС $\mathcal{E}_{nmp}$, ($\tilde{B}$ – оценки параметров предвестников ЧС);

в) формирование целей C , задач Z , выбор состава и определение требований к показателям эффективности решения задач КГМП ЧС $\mathcal{E}_{кзтр}$, обеспечивающих требуемые значения показателей эффективности наблюдения предвестников ЧС $\mathcal{E}_{втр}$, формирование критериев эффективности КГМП ЧС K_d ;

г) синтез структуры S и оптимизация параметров P КГМП ЧС, обеспечивающих требуемые значения показателей эффективности решения задач КГМП ЧС $\mathcal{E}_{кзтр}$ с использованием критериев K_d ;

– частные прямые задачи:

а) оценивание показателей эффективности решения задач КГМП ЧС $\tilde{\mathcal{E}}_{кз}^{(j)}, j \in \overline{1, m_{вар}}$ по выбранному варианту структуры $S^{(j)}$ и рассчитанным значениям параметров $P^{(j)}$ КГМП ЧС в результате решения частной обратной задачи (г);

б) оценивание показателей эффективности наблюдения предвестников ЧС $\tilde{\mathcal{E}}_в^{(j)}$, соответствующих показателям эффективности $\tilde{\mathcal{E}}_{кз}^{(j)}$ (для j-го варианта КГМП ЧС), полученным в ходе решения частной обратной задачи (в);

в) оценивание показателей эффективности прогнозов ЧС $\tilde{\mathcal{E}}_н^{(j)}$, соответствующих показателям эффективности $\tilde{\mathcal{E}}_в^{(j)}$ (для j-го варианта КГМП ЧС), полученным в ходе решения частной обратной задачи (б);

г) сравнение оценок показателей эффективности прогнозов ЧС $\tilde{\mathcal{E}}_н^{(j)}$ с требуемыми значениями $\mathcal{E}_{nmp}$ в соответствии с нормой $\|\tilde{\mathcal{E}}_н - \mathcal{E}_{nmp}\|$ и принятие решения о соответствии j-го варианта КГМП ЧС требованиям по прогнозированию ЧС.

Исходя из перечисленных частных задач, информационные преобразования (2) и (1), а также информационное преобразование (3) представим в следующем развёрнутом виде:

$$\mathcal{E}_{nmp} \rightarrow \mathcal{E}_{втр} \rightarrow \mathcal{E}_{кзтр} \rightarrow \langle S, P \rangle; \quad (4)$$

$$\langle S, P \rangle \rightarrow \tilde{\mathcal{E}}_{кз} \rightarrow \tilde{\mathcal{E}}_в \rightarrow \tilde{\mathcal{E}}_н. \quad (5)$$

Основу информационных преобразований $\langle S, P \rangle \rightarrow \tilde{\mathcal{E}}_{кз}$, $\mathcal{E}_{кзтр} \rightarrow \langle S, P \rangle$ составляет модель КГМП ЧС. В основе информационных преобразований $\tilde{\mathcal{E}}_{кз} \rightarrow \tilde{\mathcal{E}}_в$, $\mathcal{E}_{втр} \rightarrow \mathcal{E}_{кзтр}$

лежат модели измерений и оценивания параметров предвестников ЧС средствами КГМП ЧС. Для получения информационных преобразований $\tilde{\mathcal{E}}_e \rightarrow \tilde{\mathcal{E}}_n$, $\mathcal{E}_{nmp} \rightarrow \mathcal{E}_{vmp}$ необходимы модели процессов, описывающих возникновение ЧС. В частности, для землетрясений весьма продуктивна имеющая междисциплинарный характер, развивающаяся и достигшая относительно недавно определённого уровня полноты комплексная модель взаимосвязей геоэффективных явлений в литосфере, атмосфере и ионосфере Земли (Пулинец и др., 2014).

Технико-экономические аспекты создания КГМП ЧС

Задача выбора проектного облика КГМП ЧС (информационные преобразования $\langle S, P \rangle \rightarrow \tilde{\mathcal{E}}_{кз}$, $\mathcal{E}_{кзmp} \rightarrow \langle S, P \rangle$) представляет собой совокупность четырёх видов задач, обусловленных четырьмя видами прогнозируемых с использованием КГМП чрезвычайных ситуаций: сильные землетрясения, наводнения, лесные пожары и ЧС техногенного происхождения.

Результаты решения задач выбора проектного облика КГМП ЧС по каждому из четырёх видов ЧС интегрируются для получения общего результата.

Решение частных задач определения и оценки внутренних характеристик КГМП ЧС предполагает решение и интегрирование результатов решений таких составных частей этих задач, как определение и оценка орбитальной и наземной составляющих КГМП ЧС, включая:

- распределение задач КГМП ЧС между её орбитальной и наземной составляющими;
- выбор состава КА группировки, распределение задач по каждому из четырёх видов ЧС по КА;
- синтез орбитальной структуры КГМП ЧС (Меньшиков и др., 2014);
- выбор состава и определение характеристик бортовой целевой аппаратуры КА группировки (аппаратура мониторинга и передачи данных) и бортовой служебной аппаратуры с учётом характеристик платформ КА;
- распределение бортовой целевой аппаратуры по КА группировки;
- выбор состава и характеристик наземного комплекса приёма, обработки и распространения (НКПОР) данных космического мониторинга и наземного комплекса управления (НКУ) орбитальной группировкой КА;
- интеграция информационных ресурсов орбитальных и наземных средств КГМП ЧС при решении четырёх видов задач космического мониторинга.

Выбор проектного облика КГМП ЧС должен учитывать наличие уже действующих отечественных спутниковых систем на основе:

- КА дистанционного зондирования Земли – «Ресурс-П», «Канопус-В»;
- метеорологических и гидрометеорологических КА – «Метеор-М», «Электро-Л»;
- навигационных КА – «Глонасс-М», «Глонасс-К», «Глонасс-К1»;
- ретрансляционных КА – «Луч-5» и других КА.

Мониторинговую функцию в интересах прогнозирования ЧС могут выполнять КА первой и второй группы (КА «Канопус-В» непосредственно решают задачи мониторинга техногенных и природных ЧС). КА третьей и четвёртой групп целесообразно привлекать для координатно-временной привязки мониторинговой информации и её оперативной доставки потребителю.

На КА орбитальной составляющей КГМП ЧС предполагается размещать разнообразные типы целевой мониторинговой аппаратуры, предназначенной для сбора многочисленных информационных параметров. В частности, для решения только задачи краткосрочного сейсмопрогнозирования необходимо обеспечить комплексное использование целого ряда геофизических инструментов (Пулинец и др., 2014):

- для измерения вертикального профиля концентрации электронного компонента ионосферы и его неоднородностей;
- для определения состава и измерения интенсивности потоков радиации различного происхождения;
- для измерения вариаций электрических и магнитных полей;
- для измерения параметров электромагнитных излучений (особенно в диапазонах УНЧ, ОНЧ и КНЧ).

Кроме того, целесообразно фиксировать свечения верхней атмосферы, аномальные повышения температуры подстилающей поверхности сейсмоопасных районов, концентрации радона и некоторых специфических металлизированных аэрозолей в нижней атмосфере, наблюдать выстраивание цепочек облаков вдоль известных разломов земной коры.

Часть наблюдений параметров предвестников землетрясений может быть реализована с помощью действующих спутниковых систем. Вместе с тем для наблюдения ряда параметров, например, концентрации электронного компонента ионосферы и его неоднородностей необходима реализация дополнительных спутниковых наблюдений.

Широкий набор измерений параметров многочисленных предвестников землетрясений (по разным оценкам, количество предвестников землетрясений доходит до 300 (Пулинец и др., 2014) вместе с координатно-временной информацией их проявления позволяет повысить качество определения статистической связи параметров землетрясений (магнитуды, координат эпицентра и времени начала) с параметрами их предвестников. Это, в свою очередь, приводит к повышению эффективности краткосрочных прогнозов землетрясений – повышению их оправдываемости и точности, обеспечению заблаговременности предупреждения.

Для мониторинга природных (лесных) пожаров и речных наводнений потребуются различные виды съёмочной аппаратуры (оптико-электронной, радиометрической, микроволновой, радиолокационной, лидарной).

Контрольный мониторинг критически важных и потенциально опасных технических объектов для прогнозирования ЧС техногенного характера возможно обеспечить путём размещения на КА КГМП ЧС радиотехнической аппаратуры, предназначенной

для сбора (по радиоканалам) данных, поступающих с наземных датчиков, расположенных на этих объектах. Полученная таким образом контрольная информация оперативно передаётся на наземные информационно-аналитические центры заинтересованных ведомств.

Столь разнообразный и разнотипный состав бортовых целевых приборов затруднительно разместить на одном КА. Следовательно, в состав орбитальной составляющей КГМП ЧС должен войти ряд КА, объединяемых в несколько отдельных орбитальных группировок (КА-кластеров). При этом каждая из таких группировок (хотя и в различной степени) может привлекаться к решению всех четырёх прогнозно-контрольных задач КГМП ЧС. Например, относительно маломассогабаритную аппаратуру сбора данных от сети измерительных средств критически важных технических объектов возможно разместить на большинстве КА КГМП ЧС.

Ориентировочно число КА N в орбитальной группировке для заданных значений высот круговых орбит h с наклонением i , угла обзора α , нижнего значения широты наблюдаемой области поверхности Земли φ_n и периодичности обзора $T_{обз}$ определим следующим образом:

$$N = \left\lceil (4\pi^2 R_3 \cos \varphi_n \sin i \sqrt{(R_3 + h)^3 / \mu}) / 2hT_{обз} \operatorname{tg}(\alpha/2) \right\rceil, \quad (6)$$

где R_3 и μ – радиус сферической модели Земли и её геоцентрическая гравитационная постоянная; $\lceil \cdot \rceil$ – операция округления вверх до целого числа.

Определение параметров ряда предвестников ЧС, например, предвестников землетрясений в виде различных тепловых аномалий приемлемо при периодичности обзора $T_{обз} = 6$ ч. Тогда с учётом (6) наблюдение этих процессов на восходящей ветви орбиты, начиная с широты $\varphi_n = 41^\circ$, при угле обзора $\alpha = 60^\circ$ потребует от 17 до 9 КА на солнечно-синхронных орбитах с высотами 400–900 км. Уменьшение периодичности обзора до одного часа потребует для решения той же задачи от 100 до 50 КА. Наблюдения на восходящей и нисходящей ветвях орбиты позволяют уменьшить число КА в два раза.

Периодичность обзора $T_{обз} = 1$ час и меньше необходима для наблюдения предвестников землетрясений в виде вариаций полного электронного содержания ионосферы над эпицентрами землетрясений. Один из основных методов оперативного построения зависимости плотности электронной концентрации в ионосфере от пространственных координат и времени состоит в её радиозондировании с использованием космических средств. Применение только низкоорбитальных КА для решения этой задачи может привести к неприемлемому по экономическим соображениям числу КА. В этом случае целесообразно комбинированное использование низкоорбитальных и наземных средств КГМП ЧС, а также привлечение систем ГЛОНАСС и GPS.

Анализ существующей КГМП ЧС показывает, что её характеристики требуют улучшения по периодичности наблюдения, по полноте и точности получаемой мониторинговой информации, и, в первую очередь, для формирования краткосрочных прогнозов землетрясений.

Таким образом, орбитальный сегмент КГМП ЧС должен состоять из КА следующих типов:

- существующих и разрабатываемых КА мониторинга техногенных и природных ЧС;
- существующих и разрабатываемых КА гидрометеорологического и природно-ресурсного назначения, привлекаемых функционально для решения широкого круга задач прогнозирования ЧС;
- перспективных специализированных КА для решения отдельных задач прогнозирования ЧС, например, мониторинга ионосферы с целью формирования краткосрочных прогнозов землетрясений;
- существующих и разрабатываемых навигационных и ретрансляционных КА, привлекаемых функционально для решения задач координатно-временной привязки мониторинговой информации и её оперативной доставки потребителю.

Выбор видов космических платформ необходимо производить с учетом усиливающейся тенденции использования малых и сверхмалых КА для решения задач мониторинга, а также нелинейного характера увеличения стоимости разработки КА при увеличении его массово-габаритных характеристик.

При разработке КГМП ЧС необходимо учитывать, что мониторинговая информация предназначена для различных служб, призванных предупреждать, ликвидировать ЧС и парировать их последствия. Данные службы заинтересованы в получении информации, которая могла бы оптимизировать принимаемые управленческие решения, повышала бы их эффективность и понижала бы расходы на ликвидацию ЧС и их последствий. Поэтому форматы предоставляемой КГМП ЧС мониторинговой информации должны быть согласованы с форматами информации, предоставляемой воздушными и наземными средствами интегрированной системы предупреждения об угрозах стихийных бедствий.

Наземный сегмент КГМП ЧС в части НКПОР целесообразно разрабатывать на трёх иерархических уровнях:

- верхний уровень – федеральный центр мониторинга для прогнозирования ЧС в структуре центрального аппарата Роскосмоса с функцией координации деятельности центров нижних уровней и ведения главного каталога продукции и услуг мониторинга для прогнозирования ЧС;
- средний уровень – региональные центры мониторинга для прогнозирования ЧС, категоризованные либо по территориально-административному критерию (с учётом степени риска ЧС природного и техногенного характера), либо исходя из отдельных задач мониторинга для прогнозирования ЧС;
- нижний уровень – пользовательские центры мониторинга для прогнозирования ЧС, обеспечивающие обслуживание ведомственных (МЧС, РАН, Минприроды и др.) и коммерческих категорий потребителей продуктов (сервисов) мониторинга для прогнозирования ЧС.

Окупаемость создания КГМП ЧС с учётом дисконтирования может быть поэтапно обеспечена на основе гибкой инвестиционной политики, а также путём рационального использования технологического задела в области мониторинга для прогнозирования ЧС (Жодзишский и др., 2014).

Заключение

Создание перспективной космической группировки мониторинга для прогнозирования чрезвычайных ситуаций (КГМП ЧС) природного и техногенного происхождения как основы создания интегрированных систем предупреждения об угрозах стихийных бедствий состоит в комплексном решении широкого круга научно-методических, технико-экономических и других задач междисциплинарного характера. Конечной целью решения этих задач является выбор и реализация такого состава, структуры и параметров КГМП ЧС, которые обеспечивают требуемые значения полноты, точности, достоверности и своевременности прогнозирования ЧС при фиксированных затратах на создание КГМП ЧС.

Научно-методическая составляющая разработки КГМП ЧС определяется установлением связей между характеристиками КГМП ЧС и показателями эффективности прогнозирования ЧС.

Технико-экономическая составляющая разработки КГМП ЧС основывается на установлении связей между её внутренними и внешними характеристиками.

Перспективный орбитальный сегмент КГМП ЧС представляется в виде кластеров специализированных КА для решения частных задач мониторинга отдельных предвестников ЧС и функционально привлекаемых группировок КА широкого назначения для решения большинства задач прогнозирования ЧС природного и техногенного характера.

Разработку наземного сегмента КГМП ЧС в части НКПОР целесообразно вести на трёх иерархических уровнях: федеральном, региональном и местном.

Литература

1. Жодзишский А.И., Разумов В.В., Дудкин С.А., Гавриш С.А., Гузовский С.Л., Цадиковский Е.И., Линьков А.Д., Краснов М.И., Любавкин И.А., Тарасенко Т.Е., Шебанов Е.А. Перспективы создания пилотной версии проекта «Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга» в России. РМ.: «Тривант», 2014. 200 с.
2. Меньшиков В.А., Перминов А.Н., Рембеза А.И., Урличич Ю.М. Основы анализа и проектирования космических систем мониторинга и прогнозирования природных и техногенных катастроф. М.: Машиностроение, 2014. 736 с.
3. Пулинец С.А., Узунов Д.П., Давиденко Д.В., Дудкин С.А., Цадиковский Е.И. Прогноз землетрясений возможен?! РМ.: «Тривант», 2014. 144 с.

Considering the methodology of building space monitoring constellation for forecasting natural and anthropogenic emergencies

O.A. Alexeev, N.V. Razumova, E.I. Tsadikovskiy, A.D. Linkov

JSC "Russian Space Systems", Moscow 111250, Russia

E-mail: igmass@mail.ru

The article presents methodological, scientific, technical and economic aspects of creating space monitoring constellation for forecasting emergencies (SMCFE). This constellation represents a base to create integrated (ground, air and space) systems of warning about disasters (powerful earthquakes, forest fires and floods), and also about threats to the critically important technical objects.

SMCFE development methodology represents a system of approaches, principles, methods, rules and standards providing definition of SMCFE characteristics according to chosen criteria. Definition of outside and inside SMCFE characteristics in terms of effectiveness goals consists in a solution of reverse task against the solution of direct task – estimation of natural and man-made disasters forecast effectiveness in terms of stated inside and outside SMCFE characteristics. Main method to solve the reverse task is SMCFE syntheses, main method to solve direct task is its analysis. Solutions of the reverse and direct tasks in the methodological scheme of the SMCFE project design come down to solution of a number of interconnected private inverse and direct problems. Solution of particular problems of definition and assessment of internal characteristics of SMCFE is to receive and integrate results of solutions on definition and assessment of orbital and ground SMCFE components. Selecting orbital component of SMCFE involves synthesis of its orbital structure, determining composition of onboard specific facilities (OSF) to solve problems of space monitoring of emergency precursors and types of space platforms, as well as equipment distribution on the spacecraft constellation. Choosing the composition of onboard specific facilities for high-quality SMCFE solution targets is carried out on the basis of the existing types of OSF, requirements for perspective hardware, and results in forecasting development of OSF on forecasting monitoring satellite vehicle (SV). Choice of space platforms is made taking into account increasing trend of using small and micro satellites to meet challenges of monitoring and forecast of the nonlinear nature, of increase in the cost of spacecraft development by improving its mass-dimensional characteristics. Payback period of SMCFE, seeing discounting is gradually ensured by flexible investment policy, as well as implementation of technological reserve in the field of monitoring for emergencies forecast.

Keywords: space monitoring constellation, natural and man-caused emergencies

Accepted: 11.07.2016

DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-29-38

References

1. Zhodzishskij A.I., Razumov V.V., Dudkin S.A., Gavrish S.A., Guzovskij S.L., Cadikovskij E.I., Lin'kov A.D., Krasnov M.I., Ljubavkin I.A., Tarasenko T.E., Shebanov E.A., *Perspektivy sozdaniya pilotnoj versii proekta "Mezhdunarodnaja ajerokosmicheskaja sistema global'nogo monitoring" v Rossii* (Perspectives of creating "International aerospace monitoring system" project pilot version in Russia), Moscow: "Trovant", 2014, 200 p.
2. Men'shikov V.A., Perminov A.N., Rembeza A.I., Urlichich Ju.M., *Osnovy analiza i proektirovanija kosmicheskikh sistem monitoringa i prognozirovaniya prirodnyh i tehnogennyh katastrof* (Basic principles of analysis and designing of space systems for monitoring and forecasting of natural and man-caused emergencies), Moscow: Mashinostroenie, 2014, 736 p.
3. Pulinec S.A., Uzunov D.P., Davidenko D.V., Dudkin S.A., Cadikovskij E.I., *Prognoz zemletrjasenij vozmozen?!* (May earthquakes be forecasted?), Moscow: "Trovant", 2014, 144 p.