

Авиационная и ракетно-космическая техника

УДК 621.398

DOI 10.18698/0536-1044-2016-11-76-85

Ключевые свойства информационной устойчивости автоматизированной системы управления полетами космических аппаратов

А.Г. Андреев¹, Г.В. Казаков¹, В.В. Корянов²

¹ ФГБУ «4 ЦНИИ» Минобороны России, Российская Федерация, 141091, Королев, Московская обл., мкр. Юбилейный, М.К. Тихонравова ул., д. 29

² МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Key Properties of Information Stability of an Automated Flight Control System for Spacecraft

A.G. Andreev¹, G.V. Kazakov¹, V.V. Koryanov²

¹ Federal State Budgetary Educational Institution 4th Central Scientific Research Institute 4 TsNII, Ministry of Defense of the Russian Federation, 141091, Korolev, Moscow region, Russian Federation, Yubyleyny residential district, M.K. Tikhonravov St., Bldg. 29

² BMSTU, 105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1



e-mail: kgv.64@mail.ru, kgv.64@mail.ru, vkoryanov@mail.ru

i Степень детализации характеристик (свойств) автоматизированной системы управления полетами космических аппаратов, входящих в состав интегрального свойства информационной устойчивости, которое определяет качество системы, должна быть ограничена основными свойствами. Это связано с тем, что при подробной детализации число ее свойств будет выражено сотнями, что сделает задачу оценки показателя информационной устойчивости системы труднообозримой и не позволит получить практически важных результатов. Основные свойства информационной устойчивости автоматизированной системы управления определяют в процессе декомпозиции интегрального свойства в виде иерархии. Первый уровень составляют три ключевых свойства автоматизированной системы управления полетами космических аппаратов: оперативно-технический уровень, восстанавливаемость процесса подготовки выходных данных и информационная безопасность. Проведена декомпозиция ключевых свойств информационной устойчивости. Получены показатели, позволяющие количественно оценить степень достижения требуемых показателей перечисленных характеристик и интегрированное свойство информационной устойчивости автоматизированной системы управления полетами космических аппаратов.

Ключевые слова: база данных, информационная безопасность, информационная устойчивость, восстанавливаемость, оперативно-технический уровень, подготовка данных.



The level of detail in the characteristics of an automated flight control system for spacecraft, which constitute the integrated property of information stability and therefore determine

the system quality, has to be limited to the main properties. This is due to the fact that if the system is specified in great detail, the number of properties will run into hundreds. It will make the task of assessing the information stability indicator difficult to achieve, and important practical results will not be obtained. The main properties of the information stability of an automated control system are defined in the process of hierarchical decomposition of the integrated property. The first level includes three key properties of the automated flight control system for spacecraft: operating-technical level, restorability of the output data preparation process, and information security. The decomposition of the key properties of information stability is performed. The authors present the indicators that allow quantitative estimation of the degree to which the required indicators of the above-mentioned characteristics and the integrated property of information stability of the automated flight control system are achieved.

Keywords: database, information security, information stability, restorability, operating-technical level, data preparation.

Степень детализации характеристик (свойств) автоматизированной системы управления полетами космических аппаратов (АСУП КА), определяющих ее информационную устойчивость (ИУ), должна быть ограничена основными свойствами, поскольку при подробной детализации число ее характеристик будет выражено сотнями. Это сделает задачу оценки показателя ИУ АСУП КА труднообозримой и не позволит получить практически важных результатов.

Цель работы — определение структуры показателя информационной устойчивости АСУП КА основных свойств, входящих в состав интегрального свойства ИУ, и обоснование показателей этих свойств.

Для рассматриваемой задачи используем такой принцип системного подхода, как агрегирование, заключающийся в структуризации всей совокупности свойств, влияющих на ИУ АСУП КА и в учете только ключевых и основных свойств, на которые они декомпозируются [1, 2]. К ключевым отнесем свойства, определяющие оперативно-технический уровень (ОТУ) и информационную безопасность (ИБ) АСУП КА, а также восстанавливаемость штатного протекания процесса подготовки данных (ПД) полета КА.

В связи с этим необходимо определить структуру каждого из ключевых свойств АСУП КА и процесса ПД полета КА [1–8]. Сущность ключевых свойств, определяющих ИУ АСУП КА, заключается в следующем:

- свойства ОТУ определяют степень обеспечения заданного в техническом задании (ТЗ) качества функционирования АСУП КА без учета возможных угроз нарушения безопасности циркулирующей в ней информации;

- свойства ИБ определяют требуемую степень защищенности информационно-программных ресурсов АСУП КА от несанкционированного доступа (НСД), воздействий технических средств разведки (ТСР) и технических средств мощных электромагнитных излучений (ТСЭИ);

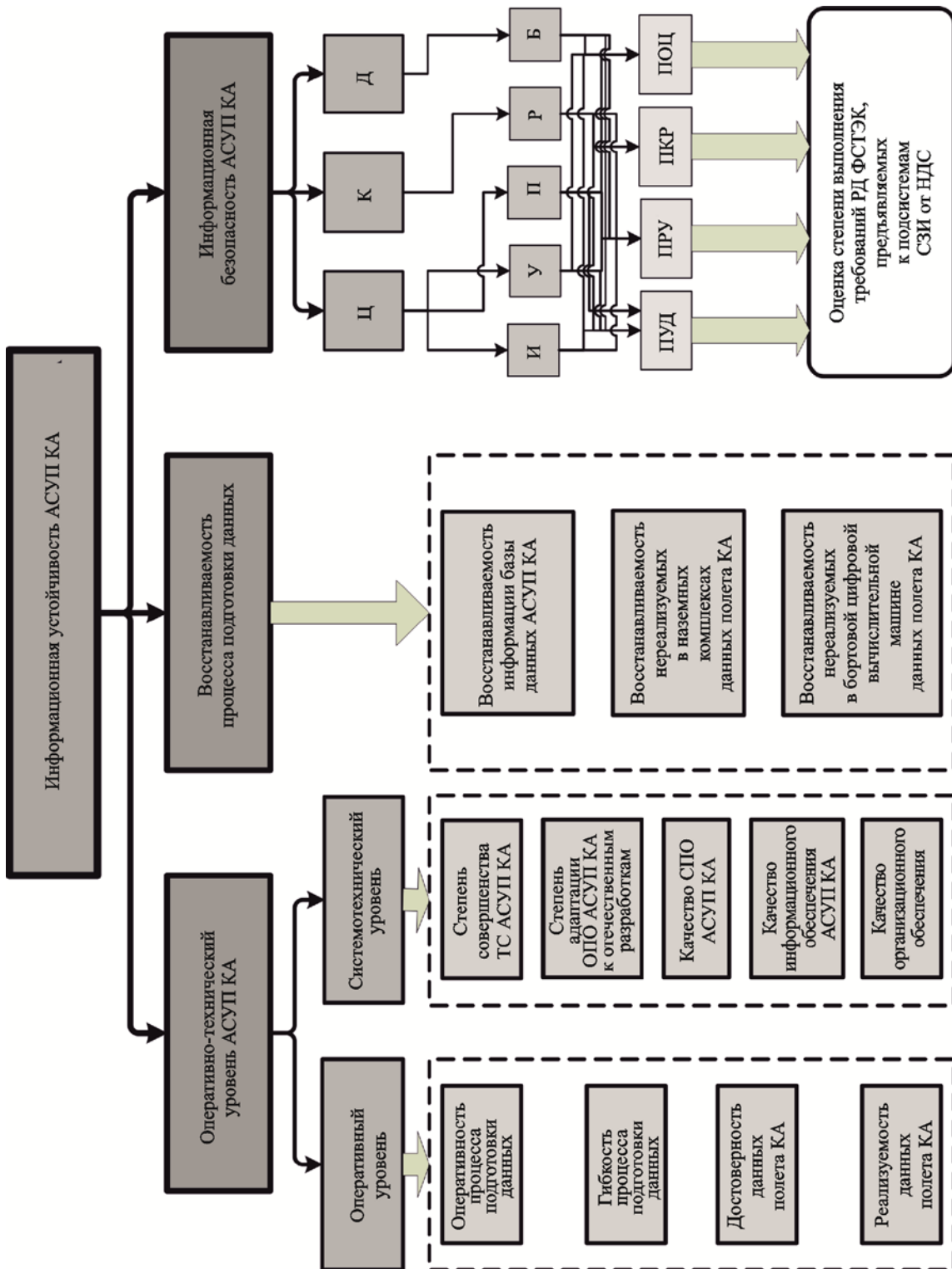
- свойства восстанавливаемости процесса ПД полета КА определяют степень поддержания непрерывности его штатного протекания средствами АСУП КА.

В настоящее время разработаны и нашли успешное применение эффективные средства защиты от угроз физического нападения на объекты АСУП КА, воздействий ТСР и ТСЭИ, а также от угроз утечки информации по техническим каналам. В связи с этим исключим их из рассмотрения, а к свойствам ИБ отнесем те, которые определяют степень защищенности АСУП КА от НСД.

Состав основных свойств АСУП КА и их взаимосвязи с ключевыми и интегральными свойствами приведены на рисунке.

Основные свойства, определяющие ОТУ АСУП КА

Определение 1. Оперативно-технический уровень АСУП КА — комплексное свойство, которое определяет степень соответствия оперативных и системотехнических характеристик АСУП КА требованиям, предъявляемым к решению функциональных задач по подготовке (формированию, контролю и доведению до потребителя) данных полета КА, а также выявленным тенденциям построения перспективной АСУП КА и возможностям использования в ней новейших средств вычислительной техники отечественной разработки и информационных технологий для их реализации в перспективной системе.



Структура информационной устойчивости АСУП КА:

Ц — целостность; К — конфиденциальность; Д — доступность; И — искажение; У — уничтожение; П — подмена; Р — раскрытие; Б — блокировка; ПУД — подсистема управления доступом; ПРУ — подсистема регистрации и учета; ПКР — подсистема криптографии; ПОЦ — подсистема обеспечения целостности; СЗИ — средства защиты информации

К основным свойствам ОТУ АСУП КА относятся те, которые существенно влияют на оперативность процесса ПД и качество данных полета КА — достоверность и реализуемость [5, 7]. Определение совокупности основных свойств, влияющих на ОТУ, является базой для получения количественной характеристики, позволяющей с единых позиций оценить степень ее соответствия современным требованиям по ПД и использованию средств вычислительной техники и информационных технологий в перспективном варианте построения АСУП КА. Из определения 1 следует, что структура ОТУ АСУП КА содержит свойства оперативного и системотехнического уровней.

Свойства оперативного уровня АСУП КА включают в себя оперативность и гибкость процесса ПД, достоверность и реализуемость данных полета КА.

Определение 2. Оперативность АСУП КА — свойство системы подготавливать качественные данные полета КА требуемого объема в установленные сроки. Показатель оперативности АСУП КА определяется временем $T_{ПД}^{ТР}$, требуемым для выполнения всех технологических операций по ПД полета для заданного числа КА $N_{КА}$ на данный период времени.

Определение 3. Гибкость процесса ПД — свойство системы подготавливать в требуемом объеме качественные данные полета КА за отведенное время в разных условиях функционирования.

Определение 4. Достоверность данных полета КА — характеристика их безопасности (целостность), связанная с сохранением их структурно-формальных показателей (значений и мест расположения элементов в массиве данных) в процессе их формирования и обработки.

Определение 5. Реализуемость данных полета КА — их свойство соответствовать поставленной задаче с учетом ограничений, накладываемых конструктивными и энергетическими возможностями КА и АСУП.

Свойства системотехнического уровня содержат: степень совершенства технических средств (ТС) АСУП КА, степень адаптации общесистемного программного обеспечения (ОПО) к отечественным разработкам, качество специального программного обеспечения (СПО), качество информационного обеспечения, качество организационного обеспечения АСУП КА. К ОПО относятся система управления базой данных (БД) и операционная система.

Определение 6. Степень совершенства ТС АСУП КА — соответствие используемых в системе ТС новым отечественным разработкам, прошедших сертификационный контроль и имеющих более высокие характеристики для реализации необходимых функций процесса ПД полета КА.

Показатель степени технического совершенства АСУП КА определяется двумя характеристиками: временем ПД для N КА и показателем надежности ТС существующего и перспективного вариантов построения системы. Следовательно, показатель совершенства ТС, используемого в АСУП КА для j -го режима ее функционирования, можно оценить отношением

$$\Theta_{ТСj} = \frac{(\Delta T_{ПД}^{пТС})_j P_{н}^{пТС}}{(\Delta T_{ПД}^{ТС})_j P_{н}^{ТС}},$$

где $(\Delta T_{ПД}^{пТС})_j$ — паспортное (заявленное разработчиком) время ПД для N КА на перспективных ТС; $(\Delta T_{ПД}^{ТС})_j$ — время ПД для N КА на существующих ТС, полученное путем хронометража; $P_{н}^{ТС}$ — значение показателя надежности существующих ТС, полученное по результатам его эксплуатации; $P_{н}^{пТС}$ — значение показателя надежности перспективных ТС, предполагаемых к использованию в АСУП КА, полученное при испытаниях в тестовых вариантах разработчика.

Определение 7. Степень адаптации ОПО АСУП КА к отечественным разработкам — соответствие используемого ОПО новым российским программным продуктам, прошедшим сертификационный контроль и имеющим более высокие характеристики для реализации необходимых функций процесса ПД полета КА.

Общесистемное программное обеспечение, имеющее высокое качество, создано в основном зарубежными фирмами. Для применения таких программных продуктов в составе ОПО их необходимо адаптировать к специфике функционирования АСУП, используя отечественные разработки этих систем.

Степень совершенства ОПО для j -го режима функционирования АСУП КА можно оценить отношением

$$(\Theta_{ОПО})_j = \frac{(\Delta T_{ПД}^{МОПО})_j P_{н}^{МОПО}}{(\Delta T_{ПД}^{ОПО})_j P_{н}^{ОПО}},$$

где $(\Delta T_{ПД}^{МОПО})_j$ — паспортное (заявленное разработчиком) время ПД для N КА при использовании модифицированного ОПО, предполагаемого к применению в АСУП КА; $(\Delta T_{ПД}^{ОПО})_j$ —

время ПД для N КА для существующего ОПО АСУП КА, полученное путем хронометража; $P_n^{\text{ОПО}}$ — значение показателя надежности существующего ОПО АСУП КА, полученное по результатам тестирования на этапе проведения межведомственных испытаний (МВИ) и уточнения в процессе его эксплуатации; $P_n^{\text{МОПО}}$ — значение показателя надежности модифицированного ОПО, предполагаемого к использованию в АСУП КА, полученное при его испытаниях в тестовых вариантах разработчика.

Определение 8. Качество СПО АСУП КА — свойство специального программного обеспечения обеспечивать требуемую синтаксическую и семантическую достоверность в процессе формирования, контроля и ПД в БД и системе управления КА.

Показатель надежности СПО системы, прошедшего испытания при 300 вариантах тестовых данных с положительными исходами на этапе проведения МВИ, с доверительной вероятностью 0,95 будет равен 0,99. Однако этой величиной нельзя оценивать степень совершенства СПО, поскольку оно может быть достаточно надежным, но потребует много времени на подготовку требуемого объема данных полета КА. В связи с этим степень совершенства СПО для j -го режима функционирования АСУП КА предложено определять по выражению

$$(\Theta_{\text{СПО}})_j = \frac{(\Delta T_{\text{ПД}}^{\text{нСПО}})_j P_n^{\text{нСПО}}}{(\Delta T_{\text{ПД}}^{\text{СПО}})_j P_n^{\text{СПО}}},$$

где $(\Delta T_{\text{ПД}}^{\text{нСПО}})_j$ — паспортное (заявленное разработчиком) время ПД для N КА при использовании перспективного СПО, предполагаемого к применению в АСУП КА; $(\Delta T_{\text{ПД}}^{\text{СПО}})_j$ — время ПД для N КА для существующего СПО АСУП КА, полученное путем хронометража; $P_n^{\text{нСПО}}$ — значение показателя надежности существующего СПО АСУП КА, полученное по результатам тестирования на этапе проведения МВИ и уточнения в процессе его эксплуатации; $P_n^{\text{СПО}}$ — значение показателя надежности перспективного СПО, предполагаемого к использованию в АСУП КА, полученное при его испытаниях в тестовых вариантах разработчика в виде доверительных границ.

Определение 9. Качество информационного обеспечения АСУП КА — его свойство быть достоверным и полным на всех этапах процесса ПД. Качество информационного обеспечения оценивают степенью его соответствия используемой в АСУП КА информационной техноло-

гии с показателем $K_{\text{и.о.}}$. Последний учитывает состав избыточных операций, которые необходимо проводить на каждом технологическом участке, состав информации, вводимый, например, в БД АСУП КА. Этот коэффициент, оцениваемый экспертным путем, отражает технологические изъёмы при ПД полета КА средствами АСУП КА.

Определение 10. Качество организационного обеспечения АСУП КА — его свойство соответствовать утвержденным нормативно-правовым документам, определяющим штатный состав оперативного персонала, порядок действий разработчика и заказчика в процессе разработки, проведения межведомственных испытаний и эксплуатации программного, технического и информационного обеспечения, а также мерам и средствам обеспечения ИБ АСУП КА.

Исходя из определения качества организационного обеспечения, следует учитывать следующие виды соответствий λ , μ , θ и σ .

Первый вид соответствия λ определяет степень выполнения требований используемой нормативно-правовой базы (НПБ) при разработке и эксплуатации АСУП КА (НПБ_{АСУП}) относительно требований НПБ_ф, утвержденных Федеральной службой по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК):

$$\lambda : \text{НПБ}_{\text{АСУП}} \Rightarrow \text{НПБ}_{\text{ф}}.$$

Показателем этого соответствия является полнота $\Pi_{\text{АСУП}}$ учета требований НПБ_{АСУП} в требованиях НПБ_ф:

$$\Pi_{\text{АСУП}} = \frac{N_{\text{АСУП}}}{N_{\text{ф}}},$$

где $N_{\text{АСУП}}$ — количество требований, учтенных в АСУП КА; $N_{\text{ф}}$ — количество требований нормативных документов ФСТЭК, учтенных в АСУП КА.

Второй вид соответствия μ определяет степень отражения требований руководящих документов, утвержденных ФСТЭК при разработке и эксплуатации АСУП КА, относительно требований международных стандартов НПБ_{м.с}:

$$\mu : \text{НПБ}_{\text{ф}} \Rightarrow \text{НПБ}_{\text{м.с}}.$$

Показателем μ является полнота $\Pi_{\text{м.с}}$ учета требований НПБ_ф в ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-3-2013 [9], который соответствует международным стандартам НПБ_{м.с}:

$$\Pi_{м.с} = \frac{N_{\phi}}{N_{м.с}},$$

где $N_{м.с}$ — количество требований нормативных документов международного стандарта [9].

Третий вид соответствия θ определяет степень близости фактического состава оперативного персонала (штата) $N_{ш.ф}$ по ПД полета КА к требуемому $N_{ш.тр}$, обеспечивающему необходимый уровень оперативности процесса ПД в различных условиях функционирования АСУП КА:

$$\theta: N_{ш.ф} \Rightarrow N_{ш.тр}.$$

Показатель этого соответствия

$$\Pi_{ш} = \frac{N_{ш.ф}}{N_{ш.тр}}.$$

Четвертый вид соответствия σ определяет степень выполнения разработчиком требований ТЗ на разработку программного обеспечения АСУП КА:

$$\sigma: N_{ТЗ} \Rightarrow N_{в.р},$$

где $N_{ТЗ}$ — количество пунктов ТЗ; $N_{в.р}$ — количество пунктов ТЗ, выполненных разработчиком.

Показатель этого соответствия

$$\Pi_{ТЗ} = \frac{N_{ТЗ}}{N_{в.р}}.$$

Тогда качество организационного обеспечения АСУП КА определяется выражением

$$K_{о.о} = d_1 \Pi_{АСУП} + d_2 \Pi_{м.с} + d_3 \Pi_{ш} + d_4 \Pi_{ТЗ},$$

где d_1, d_2, d_3, d_4 — весовые коэффициенты, отражающие степень важности одного соответствия относительно другого. Значения коэффициентов d_1, d_2, d_3, d_4 в виде вектора приоритетов $W_{о.о} = [d_1, d_2, d_3, d_4]$ определяют с использованием матрицы парных сравнений $M_{о.о}$ по степени важности каждого из соответствий относительно показателя ИУ АСУП КА.

Основные свойства, определяющие ИБ АСУП КА

Определение 11. Информационная безопасность АСУП КА — комплексное свойство системы, определяющее степень защищенности ее информационных ресурсов от воздействия угроз НСД на защищаемые активы, способных нарушить установленные характеристики их безопасности [4, 8].

Ключевыми свойствами, определяющими ИБ защищаемых активов АСУП КА, являются три основных свойства: конфиденциальность, целостность и доступность.

Определение 12. Конфиденциальность — характеристика безопасности защищаемых активов АСУП КА, связанная с их защищенностью от НСД в целях раскрытия их содержания неуполномоченным лицам, объектам или процессам.

Конфиденциальная информация должна быть снабжена специальными атрибутами, которые определим преобразованием F трех параметров $\langle I_k, \mathcal{S}_{у.д}, N_{сч} \rangle$, где I_k — конфиденциальная информация; $\mathcal{S}_{у.д}$ — индикатор функционирования механизма управления доступом при попытке входа в систему и доступа к информации I_k ; $N_{сч}$ — счетчик числа считывания информации I_k . Показателем защиты информации I_k могут служить условия:

- защищенности конфиденциальной информации

$$\begin{aligned} & \{F(I_k, \mathcal{S}_{у.д}, N_{сч}) = 1\} \rightarrow \\ & \rightarrow \left\{ \left[N_{сч}(t) = N_{сч}^{тп}(t) \right] \& \left[\mathcal{S}_{у.д} = 1 \right] \right\}, \end{aligned}$$

где $N_{сч}^{тп}$ — требуемое число считывания информации I_k на данный момент времени t ; $N_{сч}(t)$ — число считывания информации I_k на данный момент времени t ; $\mathcal{S}_{у.д} = 1$ — соответствует доступу к информации I_k уполномоченного пользователя (например, пароль набран допустимое число раз);

- незащищенности конфиденциальной информации

$$\begin{aligned} & \{F(I_k, \mathcal{S}_{у.д}, N_{сч}) = 1\} \rightarrow \\ & \rightarrow \left\{ \left[N_{сч}(t) = N_{сч}^{тп}(t) \right] \& \left[\mathcal{S}_{у.д} = 0 \right] \right\}, \end{aligned}$$

где $\mathcal{S}_{у.д} = 0$ — соответствует доступу к информации I_k неуполномоченного пользователя (например, пароль набран число раз больше допустимого).

Определение 13. Целостность — характеристика безопасности защищаемых активов АСУП КА, связанная с их защищенностью от несанкционированного разрушения (уничтожения) или изменения (модификации, подмены).

Условие целостности информации:

$$\begin{aligned} & (\forall t \in \Delta T) [I(t_0 + \Delta t) = I(t_0)] \rightarrow \\ & \rightarrow [ВКС(t_0) = ВКС(t + \Delta t)], \end{aligned} \quad (1)$$

где $\Delta T = (t_0 + \Delta t)$; t_0 — начальный момент времени закрытия информации взвешенной

контрольной суммой (ВКС); $\Delta t \subseteq \Delta T$ — интервал времени хранения и передачи информации I ; $I(t_0 + \Delta t)$ и $I(t_0)$ — состояние информации в моменты времени $(t_0 + \Delta t)$ и t_0 .

Условия нарушения целостности информации:

$$(\exists t \in \Delta T)[I(t + \Delta t) \neq I(t)] \rightarrow \\ \rightarrow [\text{ВКС}(t_0) \neq \text{ВКС}(t + \Delta t)];$$

$$(\exists t \in \Delta T)[I(t + \Delta t) \neq I(t)] \rightarrow \\ \rightarrow [\text{ВКС}(t_0) = \text{ВКС}(t + \Delta t)],$$

где $I(t)$ — состояние информации в момент времени t .

Очевидно, что при изменении информации с сохранением значения ВКС условие (1) все равно определяет факт нарушения целостности информации, поскольку условие $[I(t + \Delta t) \neq I(t_0)]$ будет иметь место даже при $\text{ВКС}(t_0) = \text{ВКС}(t + \Delta t)$. Это условие реализуют побитовой сверкой копии информации, зафиксированной в момент времени t_0 , с текущим состоянием информации в момент времени ΔT , и используют при конструировании восстанавливаемой БД АСУП КА.

Определение 14. Доступность — характеристика безопасности защищаемых активов АСУП КА, связанная с их постоянной готовностью к использованию по запросу уполномоченного пользователя из числа оперативного персонала.

Формальное условие доступности информации:

$$\Delta T_d [I(t_0)] \leq \Delta T_d^{\text{доп}},$$

где ΔT_d — время ожидания доступа уполномоченного пользователя к информации $I(t_0)$ в момент t_0 ; $\Delta T_d^{\text{доп}}$ — допустимое время, в течение которого должен быть предоставлен доступ уполномоченному пользователю к информации $I(t_0)$ в момент запроса t_0 .

Формальное условие недоступности информации:

$$\Delta T_d [I(t_0)] > \Delta T_d^{\text{доп}}.$$

Нарушение указанных характеристик ИБ АСУП КА может привести к следующим видам разрушающего информационного воздействия (РИВ): искажению, уничтожению, подмене, раскрытию и блокировке данных полета КА.

Определение 15. Искажение — вид РИВ, связанного со случайным нарушением формально-структурных характеристик информации.

Определение 16. Уничтожение — вид РИВ, связанного со случайным или преднамеренным стиранием информации с носителя.

Определение 17. Подмена — вид РИВ, связанного с таким преднамеренным изменением состава информации, при котором средства защиты не обнаруживают изменения информации, что позволит злоумышленнику беспрепятственно использовать ее в своих целях.

Определение 18. Раскрытие — вид РИВ, связанного со случайным или преднамеренным получением конфиденциальной информации неуполномоченными лицами.

Определение 19. Блокировка — вид РИВ, связанного со случайной или преднамеренной задержкой доступа к информационно-программным ресурсам АСУП КА по запросу уполномоченного пользователя на период времени, превышающий допустимое время доступа.

Для нейтрализации указанных видов РИВ, согласно руководящему документу (РД) ФСТЭК [10], используют следующие подсистемы защиты от НСД: управления доступом, регистрации и учета, криптографическую и обеспечения целостности данных полета КА. К каждой из этих подсистем предъявляют определенные требования, которые изложены в РД [10].

Основные свойства, определяющие восстанавливаемость процесса ПД полета КА

Определение 20. Восстанавливаемость процесса ПД полета КА — комплексное свойство АСУП КА, определяющее ее способность предотвращать прерывание процесса ПД или обеспечивать его восстановление за минимальное время.

Восстанавливаемость штатного протекания процесса ПД полета КА определяется следующими основными свойствами.

• **Восстанавливаемость информации БД АСУП КА.** Это свойство связано с наличием таких факторов риска, как искажение информации БД системы из-за сбоев ТС, скачков напряжения, ошибок оператора и дефектов носителя, на котором размещена БД.

Как показала практика, такие факторы риска имеют средний уровень их проявления в качественной шкале «низкий — средний — высокий». В зависимости от вида фактора риска и его интенсивности время восстановления информации БД весьма значительно (может занимать до нескольких часов).

Восстанавливаемость информации характеризуется свойствами ИБ $P_{БД}^{ИБ}$: целостности $P_{БД}^ц$ и доступности $P_{БД}^д$, а также показателем времени восстановления искаженной части БД $\Theta_{БД}^в$. Поэтому показатель восстанавливаемости информации БД определяется выражением

$$P_{БД}^в = g_1 P_{БД}^{ИБ} + g_2 \Theta_{БД}^в,$$

где g_1, g_2 — коэффициенты, отражающие степень важности показателя $P_{БД}^{ИБ}$ относительно показателя $\Theta_{БД}^в$; $P_{БД}^{ИБ} = P_{БД}^ц + P_{БД}^д - (P_{БД}^ц)(P_{БД}^д)$;

$$\Theta_{БД}^в = \begin{cases} \frac{(\Delta T_{БД}^в)^{доп}}{(\Delta T_{БД}^в)^{АСУП}} & \text{при } (\Delta T_{БД}^в)^{ТР} < (\Delta T_{БД}^в)^{АСУП}; \\ 1 & \text{при } (\Delta T_{БД}^в)^{ТР} \geq (\Delta T_{БД}^в)^{АСУП}, \end{cases}$$

где $(\Delta T_{БД}^в)^{доп}$ — допустимое время, отпущенное на коррекцию нереализуемых данных полета КА; $(\Delta T_{БД}^в)^{АСУП}$ — реальное время, затрачиваемое на коррекцию нереализуемых данных полета КА.

• Восстанавливаемость нереализуемых в наземных комплексах (НК) данных полета КА. Если один или несколько наборов данных (НД) $N_{НД}$ не прошли контроль соответствующими средствами, то проводят корректировку этих НД. В соответствии с требованиями метрологии время на исправление ошибок составляет 10 %. Корректировка НД требуется как НК, так и КА, поэтому вводят два коэффициента v_1 и v_2 , которые распределяют время корректировки НД соответственно для НК и КА. У НК время корректировки НД меньше, чем у КА, поэтому примем $v_1 = 0,3$, а $v_2 = 0,7$. Тогда с учетом времени на исправление ошибок $v_1 = 0,03$, $v_2 = 0,07$. Показатель восстанавливаемости процесса ПД определяется выражением

$$(\Theta_{НД}^в)^{НК} = \begin{cases} \frac{(v_1 \Delta T_{НД}^{ТР})_j}{(\Delta T_{НД}^{АСУП})_j} & \text{при } (\Delta T_{НД}^{ТР})_j < (\Delta T_{НД}^{АСУП})_j; \\ 1 & \text{при } (\Delta T_{НД}^{ТР})_j \geq (\Delta T_{НД}^{АСУП})_j, \end{cases}$$

где $(\Delta T_{НД}^{ТР})_j$ — требуемое время, которое допустимо затратить на корректировку НД; $(\Delta T_{НД}^{АСУП})_j$ — реальное время коррекции НД.

• Восстанавливаемость нереализуемых в бортовой цифровой вычислительной машине

данных полета КА. Свойство восстанавливаемости нереализуемых НД в НК или КА определяется временем, затрачиваемым на процесс корректировки НД. Для расчета показателя восстанавливаемости процесса ПД $(\Theta_{НД}^в)^{КА}_j$ необходимо иметь значения требуемого времени $(\Delta T_{НД}^{ТР})_j$, которые допустимо затратить на корректировку n НД ($n = 1, 2, \dots, N$). Этот показатель находят исходя из эффективности работы КА для всех режимов функционирования АСУП КА. Тогда, зная из опыта эксплуатации реальное время коррекции НД $(\Delta T_{НД}^{АСУП})_j$, показатель восстанавливаемости процесса ПД при коррекции N НД можно определить по выражению

$$(\Theta_{НД}^в)^{КА} = \begin{cases} \frac{(v_2 \Delta T_{НД}^{ТР})_j}{(\Delta T_{НД}^{АСУП})_j} & \text{при } (\Delta T_{НД}^{ТР})_j < (\Delta T_{НД}^{АСУП})_j; \\ 1 & \text{при } (\Delta T_{НД}^{ТР})_j \geq (\Delta T_{НД}^{АСУП})_j. \end{cases}$$

Здесь коэффициенты v_1 и v_2 распределяют время коррекции НД в НК и КА, поскольку вероятность обеспечения правильности восстановления НД с точностью до методических ошибок СПО контроля равна единице.

Выводы

1. Определена структура показателя информационной устойчивости АСУП КА, включающая в себя комплексные свойства второго уровня декомпозиции интегрального свойства ИУ, определяющие полный состав аспектов, в которых целесообразно рассматривать качество АСУП КА как сложной организационно-технической информационной системы.

2. Выявлены основные свойства, присущие каждой из составляющих второго уровня декомпозиции интегрального свойства информационной устойчивости АСУП КА и определяющие качество оперативно-технического уровня АСУП КА, уровень восстанавливаемости процесса подготовки данных полета КА и уровень информационной безопасности АСУП КА. Даны определения перечисленных свойств и обоснованы их показатели, что позволит вычислить числовой показатель свойства информационной устойчивости АСУП КА.

Литература

- [1] Саати Т.Л. *Принятие решений. Метод анализа иерархий*. Москва, Радио и связь, 1993. 278 с.
- [2] Омельченко И.Н., Пилюгина А.В., Иванов А.Г. Принятие решений о выборе рациональной структуры капитала предприятия на основе метода анализа иерархий. *Наука*

- и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011, № 9. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/223554.html> (дата обращения 15 марта 2016).
- [3] Ключарёв П.Г. Об устойчивости обобщенных клеточных автоматов к некоторым типам коллизий. *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2014, № 9, с. 194–202. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/727086.html> (дата обращения 1 апреля 2016).
- [4] Климов С.М., Котяшев Н.Н. Метод регулирования рисков комплексов средств автоматизации в условиях компьютерных атак. *Надежность*, 2013, № 2, с. 93–100.
- [5] Василенко В.В., Казаков Г.В., Котяшев Н.Н. Оценка функциональной устойчивости группировки межконтинентальных баллистических ракет и обеспечение выполнения поставленных перед ней задач. *Космонавтика и ракетостроение*, 2011, № 1, с. 139–147.
- [6] Степанов А.В. Развитие прямого метода Ляпунова для анализа динамической устойчивости системы синхронных генераторов на основе определения неустойчивых положений равновесия на многомерной сфере. *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2014, № 5. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/712062.html> (дата обращения 2 апреля 2016).
- [7] Белый А.Ф., Климов С.М., Котяшев Н.Н. Модель формирования игровой обстановки для оценки функциональной устойчивости средств автоматизации. *Информационное противодействие угрозам терроризма*, 2011, № 16, с. 105–108.
- [8] Василенко В.В., Глухов А.П., Котяшев Н.Н. Управление рисками применения проектируемых систем в условиях воздействий. *Стратегическая стабильность*, 2008, № 1, с. 39–45.
- [9] ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-3-2013. *Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Ч. 3. Компоненты доверия к безопасности*. Москва, Стандартинформ, 2014. 267 с.
- [10] Руководящий документ ФСТЭК. *Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации*. URL: <http://fstec.ru/normotvorcheskaya/poisk-po-dokumentam/114-tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/384-rukovodyashchij-dokument-reshenie-predsedatelya-gostekhkommisii-rossii-ot-30-marta-1992-g> (дата обращения 10 мая 2016).

References

- [1] Caati T.L. *Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii* [Making decisions. The method of analysis of hierarchies]. Moscow, Radio i sviaz' publ., 1993. 278 p.
- [2] Omel'chenko I.N., Piliugina A.V., Ivanov A.G. Priniatie reshenii o vybere ratsional'noi struktury kapitala predpriiatiia na osnove metoda analiza ierarkhii [Making decisions about the choice of rational structure of the company's capital on the basis of the analytic hierarchy process]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education. Bauman MSTU]. 2011, no. 9. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/223554.html> (accessed 15 March 2016).
- [3] Kliucharev P.G. Ob ustoichivosti obobshchennykh kletochnykh avtomatov k nekotorym tipam kollizii [On Collision Resistance of Generalized Cellular Automata]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education. Bauman MSTU]. 2014, no. 9, pp. 194–202. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/727086.html> (accessed 1 April 2016).
- [4] Klimov S.M., Kotiashev N.N. Metod regulirovaniia riskov kompleksov sredstv avtomatizatsii v usloviakh komp'uternykh atak [Method of risk management for automated systems under conditions of cyber-attacks]. *Nadezhnost'* [Dependability]. 2013, no. 2, pp. 93–100.
- [5] Vasilenko V.V., Kazakov G.V., Kotiashev N.N. Otsenka funktsional'noi ustoichivosti gruppirovki mezhkontinental'nykh ballisticheskikh raket i obespechenie vypolneniia postavlenykh pered nei zadach [Assessment of functional stability group of intercontinental ballistic missiles and the enforcement of its tasks]. *Kosmonavtika i raketostroenie* [Cosmonautics and Rocket Engineering]. 2011, no. 1, pp. 139–147.
- [6] Stepanov A.V. Razvitie priamogo metoda Liapunova dlia analiza dinamicheskoi ustoichivosti sistemy sinkhronnykh generatorov na osnove opredeleniia neustoichivykh polozhenii

- равновесии на многомерной сфере [A Development of the Direct Lyapunov Method for the Analysis of Transient Stability of a System of Synchronous Generators Based on the Determination of Non- Stable Equilibria on a Multidimensional Sphere]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education. Bauman MSTU]. 2014, no. 5. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/712062.html> (accessed 2 April 2016).
- [7] Belyi A.F., Klimov S.M., Kotiashev N.N. Model' formirovaniia igrovoi obstanovki dlia otsenki funktsional'noi ustoichivosti sredstv avtomatizatsii [The model of formation of a gaming environment for the evaluation of the functional stability of the automation equipment]. *Informatsionnoe protivodeistvie ugrozam terrorizma* [Information counter the threats of terrorism]. 2011, no. 16, pp. 105–108.
- [8] Vasilenko V.V., Glukhov A.P., Kotiashev N.N. Upravlenie riskami primeneniia proektiruemyykh sistem v usloviakh vozdeistvii [Risk Management application designed systems under influences]. *Strategicheskaya stabil'nost'* [Strategic stability]. 2008, no. 1, pp. 39–45.
- [9] GOST R ISO/MEK 15408-3-2013. *Informatsionnaya tekhnologiya. Metody i sredstva obespecheniia bezopasnosti. Kriterii otsenki bezopasnosti informatsionnykh tekhnologii. Chast' 3. Komponenty doveriia k bezopasnosti* [State Standard R ISO/IEC 15408-3-2013. Information technology. Security techniques. Evaluation criteria for IT security. Part 3. Security assurance requirements]. Moscow, Standartinform publ., 2014. 267 p.
- [10] *Rukovodiashchii dokument FSTEC. Avtomatizirovannye sistemy. Zashchita ot nesanktsionirovannogo dostupa k informatsii. Klassifikatsiia avtomatizirovannykh sistem i trebovaniia po zashchite informatsii* [Guidance document FSTEC. Automated systems. Protection against unauthorized access to information. Classification of automated systems and the requirements for data protection]. Available at: <http://fstec.ru/normotvorcheskaya/poisk-po-dokumentam/114-tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/384-rukovodyashchij-dokument-reshenie-predsedatelya-gostekhkommisii-rossii-ot-30-marta-1992-g> (accessed 10 May 2016).

Статья поступила в редакцию 25.05.2016

Информация об авторах

АНДРЕЕВ Анатолий Георгиевич (Королев) — кандидат технических наук, старший научный сотрудник. ФГБУ «4 ЦНИИ» Минобороны России (141091, Королев, Московская обл., Российская Федерация, мкр. Юбилейный, М.К. Тихонравова ул., д. 29, e-mail: kgv.64@mail.ru).

КАЗАКОВ Геннадий Викторович (Королев) — кандидат технических наук, доцент, начальник управления. ФГБУ «4 ЦНИИ» Минобороны России (141091, Королев, Московская обл., Российская Федерация, Юбилейный мкр., М.К. Тихонравова ул., д.29, e-mail: kgv.64@mail.ru).

КОРЯНОВ Всеволод Владимирович (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: vkoryanov@mail.ru).

Information about the authors

ANDREEV Anatoliy Georgievich (Korolev) — Candidate of Science (Eng.), Senior Research Associate. Federal State Budgetary Educational Institution 4th Central Scientific Research Institute 4 TsNII, Ministry of Defense of the Russian Federation (141091, Korolev, Moscow region, Russian Federation, Yubileyny residential district, M.K. Tikhonravov St., Bldg. 29, e-mail: kgv.64@mail.ru).

KAZAKOV Gennadiy Viktorovich (Korolev) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Head of Department. Federal State Budgetary Educational Institution 4th Central Scientific Research Institute 4 TsNII, Ministry of Defense of the Russian Federation (141091, Korolev, Moscow region, Russian Federation, Yubileyny residential district, M.K. Tikhonravov St., Bldg. 29, e-mail: kgv.64@mail.ru).

KORYANOV Vsevolod Vladimirovich (Moscow) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Dynamics and Flight Control of Rockets and Spacecraft. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: vkoryanov@mail.ru).