

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**В.П. Сугак, кандидат технических наук, доктор военных наук, профессор.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены основные проблемные вопросы, связанные с устойчивостью процесса решения задач управления в целях информационной безопасности, предложены возможные способы обеспечения устойчивости применительно к автоматизированным и информатизированным системам.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, социально-экономическая система, устойчивость

## SUSTAINABLE MANAGEMENT TASKS IN THE INTERESTS OF INFORMATIONAL SECURITY OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

V.P. Sugak. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Considered the main issues related to sustainable management tasks for the informational security, proposed possible ways to ensure sustainability in relation to automated and computerized systems.

*Keywords:* information security, socio-economic system, sustainability

В работе А.С. Артамонова, А.Ю. Иванова [1] отмечается, что проблема обеспечения информационной безопасности в социально-экономической сфере непосредственно связана как с исследованием технических систем, так и с учетом человеческого фактора и управлением людьми в конкретных экономических процессах.

Информационные процессы в таких системах определяют уровень совершенства и поведения системы, направления ее развития.

Безопасность информационных взаимодействий определяется защищенностью информации и поддерживающей инфраструктуры от случайных или преднамеренных воздействий естественного или искусственного характера, которые могут нанести неприемлемый ущерб.

При этом термин «безопасность информационных взаимодействий» подразумевает наличие моделей угроз вычислительной системе, ее программному обеспечению (ПО) и данным, сети передачи данных и соответствующих моделей защиты от этих угроз. Таким образом, информационная безопасность не может быть обеспечена повсеместно и в любых условиях, то есть имеются ограничения на область безопасности в рамках принятых моделей угроз и защиты от них [2].

Субъекты информационных отношений могут получить ущерб и от прекращения функционирования соответствующих систем в результате отказов и ошибок, что в лучшем случае будет приводить к перерывам в работе системы.

В настоящей статье освещены вопросы, возникающие при рассмотрении последствий аппаратных и программных ошибок, приводящих к нарушению целостности информации системы в результате неправильного и несвоевременного решения задач управления. Эти вопросы рассматриваются с позиции информационной устойчивости системы, под которой понимаются свойства системы автоматически возвращаться к нормальному

функционированию после прохождения информационных возмущений (искажений информации).

Повышение требований к устойчивости и оперативности информатизированных и автоматизированных систем управления – это современная концепция информационной безопасности.

Организационно-техническое обеспечение устойчивого и безопасного функционирования информационных систем представляет собой совокупность мероприятий, направленных на поддержание [3]:

- целостности системы как способности взаимодействия входящих в ее состав компонентов, при которой становится возможным выполнение функций по обработке информации;

- устойчивости функционирования системы как ее способности сохранять свою целостность при отказе части компонентов системы, а также в условиях внутренних и внешних деструктивных информационных воздействий и возвращаться в исходное состояние;

- безопасности системы как ее способности противостоять попыткам несанкционированного доступа к техническим и программным средствам системы и преднамеренным дестабилизирующим внутренним или внешним информационным воздействиям, следствием которых может быть нарушение ее функционирования.

Устойчивость функционирования информационной системы обеспечивается:

- разработкой мер при проектировании информационной системы, направленных на выполнение требований к показателям надежности;

- соблюдением условий эксплуатации, установленных в технической и эксплуатационной документации соответствующих технических и программных средств информационной системы;

- выполнением требований к информационной системе в части технического обслуживания ее технических и программных средств;

- выполнением требований к управлению информационной системой в части контроля функционирования и анализа технических неисправностей в информационной системе.

Учитывая то, что имеется связь между информационной и динамической устойчивостью и то, что информация, полученная на выходе системы и предоставляемая пользователям, проходит различные этапы содержательной переработки на основе широкого использования средств электронно-вычислительной техники и автоматизированных систем связи и обмена данными, объединенных в автоматизированные системы управления различных рангов, в настоящей статье рассматриваются вопросы устойчивости решения задач управления при выработке своевременных и правильных управляющих воздействий.

Процесс решения задач управления заключается в различных видах обработки информации, начиная со сбора исходных данных и заканчивая передачей результатов решения задачи потребителю.

В соответствии с этим можно выделить следующие основные этапы процесса обработки информации:

- сбор информации на человекочитаемых документах;

- перенос информации на машинные носители;

- передача информации по каналам связи от мест ее возникновения до мест обработки;

- ввод информации в ЭВМ;

- обработка информации в ЭВМ программами;

- вывод информации из ЭВМ в виде, необходимом для дальнейшего использования.

На каждом из указанных этапов имеют место причины, вызывающие возмущения в процессе обработки информации, которые могут привести к ошибкам в решении задачи.

Характер возмущений, действующих в процессе обработки информации, существенно зависит от формы представления обрабатываемой информации, технических средств, на которых она обрабатывается, и степени участия операторов в этом процессе.

Рассмотренные этапы обработки информации и причины, приводящие к уменьшению достоверности информации в системе на разных этапах ее обработки, позволяют сделать следующие выводы:

- причины, приводящие к уменьшению достоверности информации в системе, многообразны, многочисленны и имеют место на всех этапах обработки;
- для обеспечения нужного уровня достоверности обработки информации в системе необходимы специальные меры борьбы с ошибками, возникающими на каждом из этапов обработки, иными словами, необходима работа, направленная на повышение надежности программного обеспечения и устойчивости процесса решения задач управления.

Для успешного выполнения задач управления существенный интерес представляет не столько правильность программ, сколько устойчивость процесса решения этих задач.

Процесс решения задач управления является устойчивым, если программа обеспечивает получение желаемого результата за заданное время в условиях влияния на нее окружающей среды, включая некачественные входные данные, ошибки в программе и неисправность в аппаратуре.

Таким образом, в общем случае необходимо говорить не только о надежности ПО, но и об устойчивости всего процесса решения задач управления, который учитывает правильность программ, надежность технических средств, ошибки в исходных данных, а также воздействие среды.

При рассмотрении вопросов устойчивости процесса решения задач управления (ЗУ) необходимо:

- условиться, что следует понимать под устойчивостью;
- ввести условия устойчивости;
- выбрать количественные характеристики, связанные с устойчивостью;
- провести анализ и обоснование методов и способов обеспечения устойчивости.

Начиная с классических работ А.М. Ляпунова [4] до современных работ отечественных [5] и зарубежных [6] ученых в этой области проблема устойчивости является одной из центральных проблем теории динамических систем. В настоящее время сложилась теория устойчивости математических, экономических и технических систем. Здесь получены определенные результаты и выведены соответствующие критерии устойчивости. Основные идеи и богатые возможности классической теории устойчивости можно применить и к анализу устойчивости процесса решения ЗУ.

Для описания и изучения любого процесса наиболее существенным является понятие «состояние» этого процесса.

От того, как выбрано состояние, во многом зависит удобство и возможность формализации и исследования процесса. В качестве состояния процесса решения ЗУ в принципе могут быть выбраны самые различные параметры. Так, для расчетных задач наиболее важным параметром является точность решения задачи. Поэтому в дальнейшем под состоянием процесса будем понимать точность решения задачи управления. Состояние процесса решения ЗУ, стоящих перед системой, определяется вектором:

$$\varepsilon \in \Omega_\varepsilon,$$

где  $\Omega_\varepsilon$  – множество возможных состояний, составляющие  $\varepsilon_j$  которого связаны с точностью решения ЗУ.

Величина  $\varepsilon_j = (|I_j^A - I_j^*|) / I_j^*$  определяет относительное отклонение значения  $I_j^A$  – результата решения  $j$  ЗУ в случае применения алгоритма А от абсолютно точного значения  $I_j^*$ .

Считается, что процесс решения ЗУ системой устойчив, если:

$$\varepsilon \in \pi = \{ \varepsilon: \varepsilon_j \leq \varepsilon_j^*, j=1,2,\dots,n \},$$

где  $\varepsilon_j^*$  – допустимое значение относительного отклонения для  $j$  ЗУ;  $\pi$  – множество, характеризующее некоторую целевую программу, стоящую перед системой и задаваемую множеством векторов  $\varepsilon$ , составляющие которых (точность решения  $\varepsilon_j$  каждой ЗУ) удовлетворяют требованиям  $\varepsilon_j \leq \varepsilon_j^*$  по точности решения.

Реальный процесс решения ЗУ протекает в условиях различного рода возмущающих воздействий. Введем в рассмотрение вектор  $Z$  состояния среды, состоящий из случайных  $V$  и целенаправленных  $\Gamma$  воздействий среды на систему.

Изменение состояния  $j$  ЗУ (скорость уменьшения значения  $\varepsilon_j$ ) при ее решении определяется расходом производительности  $u_j \in U$  выделенного на ее решение комплекса технических средств (КТС) системы.

При этом имеет место следующее условие:

$$U_j = \begin{cases} (0, U_j^+ ] ; \\ 0, \text{ если решение ЗУ } j\text{-го типа не производится,} \end{cases}$$

где  $U_j^+$  – номинальная производительность КТС при решении  $j$  ЗУ.

Процесс решения ЗУ в условиях возмущающих воздействий можно представить с помощью динамической системы:

$$\dot{\varepsilon} = f(\varepsilon, U, Z, t), \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  –  $n$ -мерный вектор //  $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n$  // обобщенных координат системы;  $f$  – вектор-функции //  $f_1 f_2 \dots f_n$  // (функции  $f_i$  непрерывны по всем аргументам и удовлетворяют условиям Липшица по переменным  $\varepsilon_j$  в некоторой заданной области  $G$ );  $Z$  – случайная функция времени.

Для данной системы приведем определение, которое обобщает известное определение устойчивости по А.М. Ляпунову [4].

Решение системы (1) будем называть устойчивым по вероятности, если для сколь угодно малых чисел  $\gamma > 0$  можно указать такое  $\delta > 0$ , что для всякого решения системы (1), которое в момент времени  $t=t_0$  удовлетворяет неравенству:

$$\|\varepsilon(t_0) - \varepsilon^*(t_0)\| \leq \delta,$$

будет при всех  $t \geq t_0$  выполняться условие:

$$P_t(\|\varepsilon(\varepsilon_0, t_0, z_0, t) - \varepsilon^*(\varepsilon_0, t_0, z_0, t)\| < \gamma) > 1 - p,$$

где  $P_t(\|\dots\| < \gamma)$  – вероятность того, что в момент времени  $t > t_0$  выполняется неравенство:

$$\|\varepsilon(\varepsilon_0, t_0, z_0, t) - \varepsilon^*(\varepsilon_0, t_0, z_0, t)\| < \gamma \text{ при } z_0 \in \Omega_z.$$

Следует заметить, что анализ устойчивости является важной составной частью более общей задачи – задачи оценивания эффективности функционирования системы при решении ЗУ. С помощью условий устойчивости определяют значения параметров, при которых система является работоспособной и может выполнять свое функциональное назначение. Кроме того, условия устойчивости помогают получить предварительные, самые грубые оценки качества и тем самым облегчают дальнейшие исследования характеристик качества изучаемого процесса.

В настоящее время исследования по анализу устойчивости ведутся в двух направлениях: с использованием обобщенных функций Ляпунова [7] и с помощью метода пробных функций [8], являющегося дальнейшим развитием прямого метода Ляпунова.

В первом случае на основе анализа свойств специальным образом построенной обобщенной функции Ляпунова определяется условие устойчивости процесса.

Как было отмечено ранее, для практических целей необходимо уметь количественно оценить устойчивость. Такими количественными характеристиками, связанными с понятием устойчивости, могут быть, например [9], момент первого выхода, степень устойчивости, запас и область устойчивости.

Момент первого выхода, применительно к рассматриваемой системе, определяет момент времени, когда впервые после возникновения возмущений нарушается условие устойчивости  $\varepsilon \in \pi$ .

Степень устойчивости, по сути дела, является мерой быстроты затухания процесса. Ее связывают с длительностью переходных процессов и считают тем большей, чем меньше эта длительность.

Запас устойчивости связывают с понятием перерегулирования и считают тем большим, чем меньше перерегулирование. Запас устойчивости определяет отдаленность процесса от границы устойчивости.

Область устойчивости определяет множество значений невозмущаемых параметров, при которых соблюдается свойство устойчивости.

Отмеченные количественные характеристики используются не только для оценивания устойчивости, но и для принятия мер по ее обеспечению.

Проблема обеспечения устойчивости процесса решения ЗУ является наиболее существенной в практическом и научном отношении. Эта проблема заключается в выявлении и реализации рациональных методов и способов, обеспечивающих устойчивость процесса решения ЗУ, а, следовательно, и устойчивое выполнение системой целевых задач в условиях возмущающих воздействий на заданном временном интервале.

В настоящее время известны технические, структурные, организационные, эргономические, программные и алгоритмические методы обеспечения устойчивости. Применительно к процессу решения ЗУ наиболее характерными являются алгоритмические и программные методы.

Следует отметить, что программные методы применимы к любым алгоритмам. Они могут быть реализованы, как правило, на уровне операционной системы, хотя их особенности учитываются и в отдельных прикладных программах.

При программных методах обеспечение устойчивости процесса решения задач предусматривает следующие основные направления:

- борьбу с ошибками в программах, не устранимыми на этапе отладки ПО;
- борьбу с ошибками в исходных данных;
- борьбу с отказами и сбоями в технических средствах.

Алгоритмические методы заключаются в построении особым образом алгоритмов прикладных задач и требуют различных, а иногда и существенных изменений в этих алгоритмах. В дальнейшем эти изменения реализуются в виде специальных программных модулей на уровне прикладных программ.

Наличие в составе автоматизированных систем управления (АСУ) комплекса алгоритмов специального математического обеспечения позволяет по-новому подойти к решению проблемы устойчивости. Известно, что алгоритмы, их структура и характеристики оказывают существенное влияние на качество функционирования системы. В этой связи возникает возможность обеспечения устойчивости процессов в системе путем выбора соответствующего комплекса алгоритмов и их характеристик. При этом не отрицаются традиционные методы обеспечения устойчивости. Алгоритмические методы существенно их дополняют на современном этапе комплексной автоматизации управления на базе ЭВМ и соответствующего программного обеспечения.

Данные методы заключаются в принятии в системе такого комплекса алгоритмов управления, который обеспечивает не только оптимальность выполнения целевых задач системой в условиях возмущающих воздействий, но и устойчивость этого процесса. Если

технические методы обеспечения устойчивости должны закладываться в самой системе на этапе ее проектирования, то алгоритмические методы в силу «гибкости» программного обеспечения могут изменяться и на этапе ее штатной эксплуатации.

Выбор алгоритмов управления предусматривает выявление класса алгоритма, к которому должен относиться искомый алгоритм управления и определение конкретного вида алгоритма управления, включая и численные методы решения задач управления.

Определение комплекса алгоритмов управления для реальных условий функционирования системы является одной из актуальных проблем, связанных с алгоритмическими методами обеспечения устойчивости, а также с обоснованием требований к разработке специального математического обеспечения.

В общем случае одни и те же задачи управления можно решать различными комплексами алгоритмов. Эти комплексы могут различаться друг от друга точностью, оперативностью, затратами ресурсов на их реализацию, в том числе и стоимостью разработки и эксплуатации. Учитывая, что функционирование системы происходит в условиях как случайных, так и целенаправленных воздействий среды, может оказаться выгодным перейти к алгоритмам, которые позволят улучшить оперативность решения при снижении точности. Необходимо также отметить, что возмущающие воздействия по-разному влияют на характеристики алгоритмов. Поэтому в одних условиях оказывается выгоднее использовать один алгоритм, а в других – другой.

При обеспечении условия устойчивости процесса функционирования системы возникает проблема существенного сокращения времени поиска оптимального решения задач управления. Особое значение этот вопрос приобретает в экстремальных условиях функционирования системы. При этом сокращение времени на процесс выбора оптимального решения жизненно необходимо, так как задержка с решением может привести к потере смысла выполнять целевые задачи.

Таким образом, «сокращенные» алгоритмы, которые позволяют менее точно, но более оперативно решать задачу управления, могут способствовать повышению устойчивости управления.

Следует заметить, что противоречие между необходимым качеством решения задачи и длительностью процесса поиска оптимального решения является присущим практически для всех АСУ.

Рассмотрим возможную постановку задачи построения «сокращенных» алгоритмов, которые обеспечивают устойчивость решения задач управления в экстремальных условиях.

Введем в рассмотрение множество  $\Omega_1^+$  алгоритмов, входящих в специальное математическое обеспечение АСУ. Каждый алгоритм  $L_j \in \Omega_1^+$ ,  $j=1, 2, \dots, n$  характеризуется определенным временем решения  $\tau$ , от которого зависит точность и достоверность получаемых результатов. Будем считать момент выполнения целевых задач равным  $t_n + \tau$ , где  $t_n$  – момент начала расчетов по алгоритму. При этом для большинства расчетных алгоритмов точность и достоверность результатов увеличивается с ростом этого времени, то есть чем больше времени решается задача, тем достовернее будут результаты. В реальных условиях функционирования системы при выполнении целевой задачи необходимо добиваться сокращения времени, затраченного на решение, обеспечивая при этом требуемую достоверность.

Существо задачи заключается в выборе такого времени решения, при котором будет достигать максимума вероятность выполнения целевой задачи (ЦЗ).

Пусть момент времени выполнения ЦЗ  $t_b = t_n + \tau$  должен находиться в пределах  $t^- \leq t_b \leq t^+$ . В качестве решения задачи построения «сокращенных» алгоритмов будем рассматривать вектор  $T^*$ , компоненты которого  $\tau_j$ ,  $j=1, 2, \dots, n$  характеризуют время поиска оптимального решения по  $j$  алгоритму. При этом  $T = \{\tau_k > 0, \tau_j = 0, j \neq k\}$ .

Математическая постановка задачи заключается в следующем. Необходимо определить оптимальный вектор  $T^*$  из условия:

$$T^* = \arg \max_{T \in \Omega_T} \int_{t_n} [P(Z, Y), T] dz,$$

где  $\Omega = \{Z: Q(Z) \in \pi\}$ .

Рассмотрим иллюстративный пример построения «сокращенных» алгоритмов. Предполагается, что поиск решения осуществляется итеративным способом. Дело в том, что в настоящее время большинство расчетных задач построено на основе итеративных алгоритмов, что представляет большие возможности с точки зрения использования ограниченных ресурсов технических средств современных АСУ.

Пусть вероятность получения точного решения описывается зависимостью:

$$P_p = 1 - e^{-\alpha\tau},$$

где  $1/\alpha$  – среднее время решения.

Полагаем, что ЦЗ будет выполнена при соблюдении условия:

$$\tau < \tau_T,$$

при этом  $t_n = 0$ , то есть задача управления должна быть решена не позднее  $\tau_T$ .

Учитывая случайный характер среды, последнее условие является вероятностным и имеет вид:

$$P(\tau < \tau_T) = e^{-\varphi\tau},$$

где  $\varphi$  – средний момент времени, к которому должна быть выполнена ЦЗ.

В силу указанного вероятностность  $P$  выполнения ЦЗ имеет вид:

$$P = P_p(\tau < \tau_T) = (1 - e^{-\alpha\tau}) e^{-\varphi\tau}.$$

Таким образом, задача выбора оптимального  $\tau^*$  будет записана в виде:

$$\tau^* = \arg \max_{\tau \in \Omega_T} P_p(\tau < \tau_T),$$

Решение этой задачи получается аналитически и имеет вид:

$$\tau^* = \ln\left(1 + \frac{\alpha}{\varphi}\right).$$

Анализ даже такого простого примера для конкретных значений  $\alpha$  и  $\varphi$  указывает на важность применения «сокращенных» алгоритмов.

Таким образом, в статье рассмотрены основные проблемные вопросы, связанные с информационной безопасностью социально-экономических систем. Более подробно изложены понятия устойчивости процесса решения задач управления в интересах информационной безопасности, предложены возможные способы обеспечения устойчивости применительно к автоматизированным и информатизированным системам.

### Литература

1. Артамонов А.С., Иванов А.Ю. Проблемные вопросы обеспечения информационной безопасности социально-экономических систем // Науч.-аналит. журн. «Вестн. С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2013. № 4. С. 59–65.
2. Аншаков Г.П., Мостовой Я.А., Соллогуб А.В. Устойчивость информационного взаимодействия в сложных технических системах: сб. трудов. 2011. № 32. С. 425–430.

3. Об утверждении Требований по обеспечению целостности, устойчивости функционирования и безопасности информационных систем общего пользования: Приказ Министерства связи и массовых коммуникаций Рос. Федерации от 25 авг. 2009 г. № 104. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. М.: Гостехиздат, 1950.

5. Бакурадзе Д.В. Устойчивость автоматизированного управления. М.: МО СССР, 1980.

6. Ла-салль Ж., Лефшец С. Исследование устойчивости прямым методом Ляпунова. М.: Мир, 1964.

7. Кунцевич В.М., Лычак М.М. Синтез систем автоматического управления с помощью функций Ляпунова. М.: Наука, 1977.

8. Калашников В.В. Качественный анализ поведения сложных систем методом пробных функций. М.: Наука, 1978.

9. Сугак В.П. Применение математических моделей для обеспечения требуемого уровня устойчивости автоматизированных систем управления потенциально опасных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2007. № 3–4. С. 119–125.