УДК 519.711.3

DOI: 10.15827/0236-235X.118.165-171

Дата подачи статьи: 15.02.17

2017. Т. 30. № 2. С. 165–171

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ТИПА И АЛГОРИТМ ЕЕ РЕШЕНИЯ

В.А. Лясковский, д.т.н., профессор, советник генерального директора, niit@niit.tver.ru;

И.Б. Бреслер, к.в.н., доцент, генеральный директор, niit@niit.tver.ru;

М.А. Алашеев, к.т.н., специалист, niit@niit.tver.ru

*(Научно-исследовательский институт информационных технологий,
ул. Володарского, 3, г. Тверь, 170100, Россия)*

В статье рассматриваются постановка задачи формирования направлений развития автоматизированных систем обработки информации и управления организационного типа и алгоритм ее решения.

Необходимость решения данной задачи обусловлена тем, что многие автоматизированные системы создаются и эксплуатируются в течение десятилетий, при этом в процессе эксплуатации меняются требования, предъявляемые к этим системам, поэтому возникает потребность в периодическом формировании решений по приведению состояния автоматизированной системы в соответствие новым требованиям. В качестве основного показателя эффективности формируемых решений принят комплексный показатель, характеризующий степень автоматизации функциональных процессов, реализуемых в системе. В качестве ограничений выступают требования к обязательной автоматизации наиболее важных функциональных процессов и своевременности их выполнения, а также предельно допустимые финансовые и временные ресурсы процесса развития автоматизированной системы.

Проведенный анализ алгоритмической сложности решения задачи показывает невозможность ее решения путем рассмотрения всех возможных вариантов из-за экспоненциальной зависимости количества решений от размерности исходных данных. В связи с этим разработан эвристический алгоритм, позволяющий существенно сократить количество рассматриваемых вариантов и получить рациональное решение задачи при относительно небольшой вычислительной сложности.

Предложенный алгоритм позволяет обосновать решения по разработке и изготовлению комплексов средств автоматизации для оснащения органов управления из состава автоматизированных систем обработки информации и управления организационного типа, а также продления ресурса действующих в системе средств автоматизации. Предполагается реализовать алгоритм в автоматизированной системе поддержки принятия решений, представляющей собой программный комплекс, функционирующий на ПЭВМ потребительского класса.

Ключевые слова: автоматизированная система, проектирование систем управления, жизненный цикл систем управления, комплекс средств автоматизации.

Автоматизация процессов сбора, обработки, передачи информации и формирования управленческих решений в различных сферах человеческой деятельности, в том числе в деятельности силовых министерств и ведомств России, возможна с помощью автоматизированных систем обработки информации и управления организационного типа (АСОИУ ОТ). Они, как правило, представляют собой многоуровневые иерархические системы, состоящие из органов управления и каналов связи между ними.

Как показывает практика, АСОИУ ОТ создаются и эксплуатируются не одно десятилетие. Однако с течением времени меняются требования, предъявляемые к системам, возникают новые задачи и процессы, подлежащие автоматизации. Кроме того, устаревают и приходят в предельное состояние используемые комплексы средств автоматизации (КСА). Указанные факторы вызывают необходимость периодического решения задач по формированию управленческих решений, направленных на приведение АСОИУ ОТ в состояние, обеспечивающее выполнение актуальных требований.

Учитывая то, что АСОИУ ОТ состоят из большого количества разнотипных органов управления,

оснащенных различными средствами автоматизации, а также то, что процессы разработки, производства и поставки КСА реализуются в течение длительных промежутков времени в ходе выполнения соответствующих научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ и серийных поставок и при этом все работы выполняются различными субъектами в условиях ресурсных ограничений, интуитивное решение подобной задачи не представляется возможным. В связи с этим возникает необходимость использования строгой методики формирования указанных решений и соответствующих этой методике программно-инструментальных средств, позволяющих получать требуемое решение в короткие сроки с минимальными трудозатратами.

Анализ имеющихся публикаций в рассматриваемой предметной области показывает, что вопросы управления развитием АСОИУ ОТ в настоящее время раскрыты не полностью. В ряде работ рассматриваются отдельные задачи формирования решений в части технического, программного и информационного обеспечения АСОИУ ОТ [1–6]. В других публикациях затрагиваются проблемы программно-целевого планирования НИОКР без учета выполнения функциональных требований к

АСОИУ ОТ [7, 8]. В связи с этим задача разработки подходов к формированию решений по развитию АСОИУ ОТ представляется актуальной и востребованной.

Суть выбора варианта решений по развитию АСОИУ ОТ [9–14] в том, что для каждого планового этапа прогнозирования должны быть выбраны системотехнические решения по автоматизации органов управления за счет оснащения (дооснащения) их серийными КСА (оснащение возможно в текущий момент времени) или разрабатываемыми КСА (оснащение возможно в будущем после окончания соответствующей опытно-конструкторской работы) с учетом допустимого (назначенного) ресурса использования КСА в составе АСОИУ ОТ. При этом при выборе варианта развития КСА должны быть также учтены требования по комплексной межуровневой автоматизации отдельных функциональных процессов, то есть выбор для реализации в органах управления таких функциональных задач, которые составляют рассматриваемый функциональный процесс.

С учетом изложенных требований в качестве целевой функции для решения рассматриваемой задачи целесообразно выбрать комплексный показатель [10, 11, 15–19], отражающий степень автоматизации требуемых функциональных процессов, при необходимости выполнения ряда из них в масштабе реального времени. Для этого в дальнейшем будем использовать два частных показателя:

- показатель оценки реализации функциональных процессов высшего приоритета;
- показатель оценки степени автоматизации остальных функциональных процессов.

Показатель оценки реализации функциональных процессов высшего приоритета (показатель 1) может быть записан как векторная дискретная булева функция, элементы которой принимают значение «1» при реализации функциональных процессов, «0» – в противном случае.

Показатель оценки степени автоматизации функциональных процессов (показатель 2) может быть записан как взвешенное по важности отношение реализованных процессов к сумме важностей функциональных процессов, требующих реализации.

При этом для показателей 1 и 2 под реализованным функциональным процессом будем понимать процесс, для которого реализованы все составляющие его функциональные задачи и выполняются требования к временным или вероятностно-временным характеристикам его выполнения (в случае, если такие требования для рассматриваемого процесса заданы).

В качестве исходных данных, используемых для решения рассматриваемой задачи, приняты следующие.

1. Организационная структура АСОИУ ОТ, описываемая как множество органов управления и

связей между ними. При этом каждый орган управления может быть оснащен не более чем одним КСА определенного типа.

2. Функциональная структура АСОИУ ОТ, описываемая как совокупность функциональных подсистем. Каждая из функциональных подсистем состоит из множества функциональных процессов, составными частями которых являются функциональные задачи.

В зависимости от предъявляемых требований к своевременности выполнения функциональные процессы подразделяются на функциональные процессы реального и нереального времени. Основное различие между указанными видами функциональных процессов состоит в том, что для функциональных процессов реального времени предъявляются требования к временным или вероятностно-временным характеристикам длительности их выполнения, а для функциональных процессов нереального времени такие требования не предъявляются.

В зависимости от важности, которая определяется степенью влияния реализуемого функционального процесса на общую эффективность применения АСОИУ ОТ по целевому назначению, все функциональные процессы подразделяются на функциональные процессы высшего приоритета и прочие функциональные процессы.

3. Типы органов управления, каждый из которых характеризуется множеством функциональных задач, подлежащих реализации в КСА.

4. Типы КСА, предназначенных для автоматизации органов управления. В зависимости от стадии жизненного цикла КСА разделяются на действующие (находящиеся на этапе эксплуатации в органах управления), серийные (находящиеся на этапе серийных поставок) и разрабатываемые (находящиеся на этапах выполнения соответствующих научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ).

5. Текущий вариант оснащения органов управления КСА, в том числе включающий сведения о типах КСА, эксплуатируемых в органах управления, и их остаточном ресурсе.

6. Требования к временным и вероятностно-временным характеристикам выполнения функциональных процессов в АСОИУ ОТ.

7. Перечень, организационные, производственные и финансовые характеристики предприятий, которые выполняют работы или могут принимать участие в процессах разработки, производства и поставки КСА.

8. Перечень этапов прогнозирования с указанием их продолжительности и объемов финансирования.

Задача решается с учетом следующих условий и допущений:

- функциональный процесс в АСОИУ ОТ считается реализованным в том случае, когда реализо-

ваны все функциональные задачи, составляющие данный функциональный процесс, а также удовлетворены требования к временным и вероятностно-временным характеристикам его выполнения (если такие требования для рассматриваемого функционального процесса заданы);

- КСА для автоматизации органов управления представляются как неделимые элементы, в связи с чем выбор отдельных схмотехнических решений из состава КСА для оснащения органов управления не рассматривается;

- в рамках допустимого ресурса использования КСА всех типов, а также при принятии решения о продлении эксплуатации КСА надежные характеристики реализации функциональных процессов (функциональных задач) остаются неизменными и удовлетворяют заданным требованиям;

- помещения (сооружения) и объекты, в которых размещены (планируется разместить) средства автоматизации из состава АСОИУ ОТ, удовлетворяют требованиям по массогабаритным, климатическим и энергетическим показателям для размещения соответствующих типов КСА (если для ряда помещений и объектов требования по массогабаритным, климатическим и энергетическим показателям не выполняются, то к таким объектам предъявляются соответствующие требования, которые должны быть реализованы до момента постановки КСА на объекты автоматизации);

- каналы и сети передачи данных удовлетворяют информационным потребностям по обмену данными для реализации всех функциональных процессов и функциональных задач (если для ряда направлений обмена указанные информационные потребности не выполняются, то к элементам подсистемы передачи информации (объектам телекоммуникационной инфраструктуры) предъявляются соответствующие требования, которые должны быть реализованы до момента постановки КСА на объекты автоматизации);

- должностные лица органов управления имеют требуемый уровень квалификации (то есть при выполнении автоматизируемых функциональных задач и функциональных процессов время выполнения соответствующих функций управления должностными лицами органов управления не превышает заданное);

- объекты управления, которыми должна управлять АСОИУ ОТ, оснащены соответствующим окончательным оборудованием, обеспечивающим интеграцию КСА в контур управления без каких-либо доработок.

С учетом указанных исходных данных, допущений и ограничений формализованная постановка задачи формирования решений по развитию АСИОУ ОТ в условиях ресурсных ограничений может быть записана в следующем виде.

На каждом этапе прогнозирования необходимо определить вариант развития АСОИУ ОТ на ос-

нове выбора системотехнических решений $X^*(u)$, $Y^*(u)$, $Z^*(u)$, обеспечивающий максимизацию эффективности реализации функциональных процессов $\mathcal{E}(X(u), Y(u), Z(u))$, при обязательной реализации функциональных процессов высшего приоритета, при заданных предельно-допустимых временных и вероятностно-временных характеристиках реализации функциональных процессов, при выполнении ограничений на временные $T_{\text{доп}}$ и стоимостные $C_{\text{доп}}$ параметры процесса развития АСОИУ ОТ:

$$\langle X^*(u), Y^*(u), Z^*(u) \rangle = \underset{X(u), Y(u), Z(u)}{\text{Argmax}} \mathcal{E}(X(u), Y(u), Z(u))$$

при выполнении ограничений

$\Omega(X(u), Y(u)) \cap \Omega_b = \Omega_b$; $P_i(X(u), Y(u)) \geq P^{\text{пр}}_i(u)$; $\tau_i(X(u), Y(u)) \leq \tau^{\text{пр}}_i(u)$; $C(X(u), Y(u), Z(u)) \leq C_{\text{доп}}(u)$; $T(X(u), Y(u), Z(u)) \leq T_{\text{доп}}(u)$, где $u \in \{1, \dots, U\}$, U – количество плановых этапов прогнозирования развития АСОИУ ОТ; $X(u)$ – решения по разработке КСА; $Y(u)$ – решения по изготовлению КСА и оснащению органов управления; $Z(u)$ – решения по продлению эксплуатации КСА; $\Omega(X(u), Y(u))$ – множество реализованных функциональных процессов; Ω_b – множество функциональных процессов высшего приоритета; $P_i(X(u), Y(u))$ – вероятность своевременного выполнения i -го функционального процесса; $P^{\text{пр}}_i(u)$ – требуемая вероятность своевременного выполнения i -го функционального процесса; $\tau_i(X(u), Y(u))$ – среднее время выполнения i -го функционального процесса; $\tau^{\text{пр}}_i(u)$ – требуемое среднее время выполнения i -го функционального процесса; $C(X(u), Y(u), Z(u))$ – стоимость реализации решений по развитию АСОИУ ОТ [17]; $C_{\text{доп}}(u)$ – финансовые ограничения на развитие АСОИУ ОТ; $T(X(u), Y(u), Z(u))$ – продолжительность выполнения работ по развитию АСОИУ ОТ [20]; $T_{\text{доп}}(u)$ – длительность этапа прогнозирования.

Для анализа алгоритмической сложности задачи дополнительно введем обозначения: N – количество органов управления (объектов автоматизации) из состава АСОИУ ОТ; K_n – количество типов КСА для каждого органа управления, $n \in \{1, \dots, N\}$; M_n – количество функциональных задач каждого органа управления, $n \in \{1, \dots, N\}$.

Тогда общее количество вариантов разработки КСА, которое необходимо сформировать и оценить в процессе решения, будет рассчитываться в соответствии со следующим выражением:

$$Q_1 = \left(\prod_{n=1}^N (K_n + 1) 2^{M_n} \right)^U.$$

Общее количество вариантов изготовления КСА и оснащения органов управления будет рассчитываться в соответствии с формулой

$$Q_2 = \left(\prod_{n=1}^N (K_n + 1) \right)^U.$$

Общее количество вариантов продления эксплуатации КСА будет рассчитываться в соответствии с выражением $Q_3 = 2^{NU}$.

Общее количество вариантов решения задачи будет равно произведению трех вышеуказанных выражений: $Q = Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3$.

Проведенный анализ алгоритмической сложности решения поставленной задачи показал, что данная задача является NP-трудной. При этом, как

показано в известных работах [5, 9, 10], даже с использованием высокопроизводительной вычислительной техники получить точное решение такой задачи возможно только для относительно небольших размерностей исходных данных. В связи с этим был предложен эвристический алгоритм решения (рис. 1), основанный на итеративно-последовательном формировании решения, начиная с реализации в АСОИУ ОТ наиболее важных функциональных процессов.

Сущность решения задачи с использованием предложенного алгоритма заключается в выполнении следующих действий:

1. Формирование базового варианта решения для каждого этапа прогнозирования.

1.1. Последовательное рассмотрение всех функциональных подсистем в порядке убывания их важности.

1.2. Последовательное рассмотрение всех функциональных процессов высшего приоритета в порядке убывания их важности для выбранной функциональной подсистемы.

1.3. Последовательное рассмотрение всех органов управления, функциональные задачи которых входят в выбранный функциональный процесс высшего приоритета, в порядке уменьшения суммарной важности функциональных задач.

1.4. Для выбранного органа управления осуществляется последовательное рассмотрение всех этапов прогнозирования.

1.5. Для выбранного этапа прогнозирования осуществляется следующее.

1.5.1. Оценка полноты реализации всех функциональных задач выбранного функционального процесса высшего приоритета. Если реализованы не все функциональные задачи выбранного функционального процесса высшего приоритета, осуществляется переход к процедуре создания решения на оснащение объектов управления новым КСА на этапе прогнозирования, а затем переход к очередному этапу прогнозирования (п. 1.5). Процедура создания решения на оснащение органов управления новым КСА обеспечивает формирование планов работ по разработке и изготовлению КСА с

учетом выполнения ограничений на временные и стоимостные параметры процесса развития АСОИУ ОТ на каждом плановом этапе.

1.5.2. Оценка удовлетворения требований к своевременности решения (на основе оценки временных и вероятностно-временных характеристик) всех функциональных задач выбранного функционального процесса высшего приоритета в КСА. Если требования к своевременности выполняются не для всех функциональных задач выбранного функционального процесса высшего приоритета, то осуществляется переход к процедуре создания решения на оснащение органов управления новым КСА на этапе прог-

нозирования, а затем переход к очередному этапу прогнозирования (п. 1.5).

1.5.3. Оценка остаточного ресурса КСА на органах управления. Если остаточный ресурс КСА меньше продолжительности этапа прогнозирования и стоимость продления эксплуатации не превышает остаточный объем финансирования этапа прогнозирования, создается решение на продление эксплуатации КСА. Затем осуществляется переход к очередному этапу прогнозирования (п. 1.5).

1.6. Если рассмотрены все этапы прогнозирования, осуществляется переход к очередному органу управления (п. 1.4).

1.7. Если рассмотрены все органы управления, осуществляется переход к очередному функциональному процессу высшего приоритета (п. 1.3).

1.8. Если рассмотрены все функциональные процессы высшего приоритета, осуществляется переход к очередной функциональной подсистеме (п. 1.2).

1.9. Если рассмотрены все функциональные подсистемы, базовый вариант решения сформирован и осуществляется переход к п. 2.

2. Формирование рационального варианта для каждого этапа прогнозирования.

Выполняются действия по п. 1.1–1.9, при этом все функциональные процессы высшего приоритета считаются реализованными, и последовательно (в соответствии со значением параметра важности) рассматриваются функциональные процессы не из состава функционального процесса высшего приоритета, задача решается в условиях оставшихся ресурсов.

Данный алгоритм предполагается реализовать в разрабатываемой автоматизированной системе поддержки принятия решений, что позволит упростить процедуры задания исходных данных, проведения расчетов и отображения результатов решения. Обобщенная схема решения поставленной задачи с использованием предлагаемой автоматизированной системы поддержки принятия решений представлена на рисунке 2.

Для программной реализации предлагаемой автоматизированной системы поддержки принятия решений выбран следующий технологический стек: операционная система Astra Linux Special Edition 1.4, библиотеки программных компонентов Qt 4.8.6, система управления БД PostgreSQL 9.3.

Таким образом, в настоящей статье рассмотрены постановка задачи формирования направлений развития АСОИУ ОТ и алгоритм ее решения, применение которого позволит обосновать решения по разработке и изготовлению КСА для оснащения органов управления из состава АСОИУ ОТ, а также продления ресурса действующих в системе КСА.

Литература

1. Бушуев С.Н., Осадчий А.С., Фролов В.М. Теоретические основы создания информационно-технических систем. СПб: ВАС, 1998. 382 с.
2. Шпак В.Ф., Директоров Н.Ф., Мирошников В.И. [и др.]. Информационные технологии в системе управления ВМФ. СПб: Элмор, 2005. 832 с.
3. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем. М.: СИНТЕГ, 2002. 268 с.
4. Бородакий Ю.В., Боговик А.В., Курносое В.И. и др. Основы теории управления в системах специального назначения. М., 2008. 400 с.
5. Ляковский В.Л. Системотехнические основы автоматизации процессов обработки информации и управления в иерархических системах военного назначения. Тверь: Изд-во ВА ВКО, 2014. 244 с.
6. Khaled M. Khan, Yan Zhang. Managing Corporate information systems evolution and maintenance. IGI Publ., 2005, 376 p.
7. Буренок М.В., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения: монография. М.: Вооружение, политика, конверсия, 2004. 418 с.
8. Буренок В.М., Ивлеев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения: монография. М.: Граница, 2007. 408 с.
9. Пильщиков Д.Е. Методы и методики создания перспективных КСА для пунктов (органов) управления ВВС на основе применения типовых проектных решений и процедур. Тверь: Изд-во ВА ВКО, 2005. 200 с.
10. Ляковский В.Л., Алашеев М.А., Пильщиков Д.Е. и др. Методика выбора состава задач и комплексов средств автоматизации для многоуровневой системы управления РЭС // Радиотехника. 2004. № 10. С. 75–78.
11. Ляковский В.Л. Методологические основы создания (развития) и оснащения иерархических автоматизированных систем специального назначения. Тверь: Изд-во ВА ВКО, 2010. 284 с.
12. Ляковский В.Л., Алашеев М.А., Морозов О.Г., Потапов В.Н. Вопросы создания интегрированных автоматизированных систем организационного управления // Инфокоммуникационные технологии. 2007. № 2. С. 62–64.
13. Лепешкин О.М., Корсунский А.С. Оптимизация структуры комплекса информационно-технических средств в автоматизированных системах управления // Автоматизация процессов управления. 2011. № 4. С. 76–81.
14. Арепин Ю.И., Допира Р.В., Смоляков А.А. Военная кибернетика: методология создания автоматизированных систем управления техническим обеспечением. Тверь: Изд-во НИИ ЦПС, 2006. 203 с.
15. Зальмарсон А.Ф., Юдин А.Ж. Комплексный подход к оценке эффективности программно-аппаратного комплекса автоматизации деятельности органов военного управления ВМФ // Автоматизация процессов управления. 2015. № 3. С. 4–11.
16. Митрушкин Е.И. Комплекс приближенных оценок характеристик системы массового обслуживания // Научн. вестн. МИРЭА. 2013. № 1 (13). С. 59–65.
17. Костокрызов А.И., Липаев В.В. Сертификация качества функционирования автоматизированных информационных систем. М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 1996. 279 с.
18. Krogstie J. Model-based development and evolution of information systems: a quality approach. Springer Science & Business Media, 2012, 442 p.
19. Gorla N., Somers T.M., Wong B. Organizational impact of system quality, information quality, and service quality. Jour. Strategic Information Systems, 2010, no. 19, pp. 207–228.
20. Липаев В.В. Технико-экономическое обоснование проектов сложных программных средств. М.: СИНТЕГ, 2004. 284 с.

STATEMENT OF THE PROBLEM OF FORMATION OF DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL AUTOMATED SYSTEMS AND ITS SOLUTION ALGORITHM

V.L. Lyaskovsky¹, Dr.Sc. (Engineering), Professor, niiit@niiit.tver.ru

I.B. Bresler¹, Ph.D. (Military Science), Associate Professor, niiit@niiit.tver.ru

M.A. Alasheev¹, Ph.D. (Engineering), niiit@niiit.tver.ru

¹ Research Institute of Information Technologies, Volodarskogo St. 4, Tver, 170100, Russian Federation

Abstract. The article discusses the statement of the problem of formation of directions for the development of organizational automated information processing and control systems and its solution algorithm.

It is necessary to solve this problem due to the fact that many automated systems are created and operated for decades, while the requirements for these systems change over time. Therefore, there is a need to form solutions in order to bring an automated system in compliance with new requirements from time to time. The main performance indicator of generated solutions is a complex index of the degree of automation of functional processes implemented in the system. The constraints are mandatory requirements for automation of the most important functional processes and timeliness of their implementation, as well as the maximum permissible financial and time resources for development of an automated system.

The analysis of the algorithmic complexity of the problem solution shows the impossibility of its solution by considering all possible options due to exponential dependence of the number of decisions on the dimension on the source data. Therefore, the authors have developed a heuristic algorithm to reduce the number of options under consideration and rational solution to obtain a relatively small computational complexity.

The proposed algorithm allows getting the decision on the development and production of complex automation equipment for an automated control system, as well as extending the life of existing automation. This algorithm is expected to be implemented in an automated decision support system, which functions as software on a consumer-grade personal computer.

Keywords: automated system, automated control system design, life cycle of automated control systems, complex automation equipment.

References

1. Bushuev S.N., Osadchy A.S., Frolov V.M. *Teoreticheskie osnovy sozdaniya informatsionno-tehnicheskikh sistem* [Theoretical Basics of Information Technology System Creating]. St. Petersburg, VAS Publ., 1998, 382 p.
2. Shpak V.F., Direktorov N.F., Miroshnikov V.I. *Informatsionnye tekhnologii v sisteme upravleniya VMF* [Information Technologies in the Navy Control System]. St. Petersburg, Elmor Publ., 2005, 832 p.
3. Lipaev V.V. *Sistemnoe projektirovanie slozhnykh programmykh sredstv dlya informatsionnykh sistem* [System Design of Complex Software for Information Systems]. Moscow, SINTEG Publ., 2002, 268 p.
4. Borodaky Yu.V., Bogovik A.V., Kurnosov V.I. *Osnovy teorii upravleniya v sistemakh spetsialnogo naznacheniya* [Fundamentals of the Control Theory in Special-Purpose Systems]. Moscow, 2008, 400 p.
5. Lyaskovsky V.L. *Sistemotekhnicheskie osnovy avtomatizatsii protsessov obrabotki informatsii i upravleniya v ierarkhicheskikh sistemakh voennogo naznacheniya* [System Basics of Automation of Information Processing and Management in Hierarchical Systems for Military Use]. Tver, VA VKO Publ., 2014, 244 p.
6. Khaled M. Khan, Yan Zhang. *Managing Corporate Information Systems Evolution and Maintenance*. IGI Publ., 2005, 376 p.
7. Burenok M.V., Lyapunov V.M., Mudrov V.I. *Teoriya i praktika planirovaniya i upravleniya razvitiem vooruzheniya* [Theory and Practice of Planning and Management of Weapons Development]. Moscow, Vooruzhenie, politika, konversiya Publ., 2004, 418 p.
8. Burenok V.M., Ivlev A.A., Korchak V.Yu. *Programno-tselevoe planirovanie i upravlenie sozdaniem nauchno-tehnicheskogo zadela dlya perspektivnogo i netraditsionnogo vooruzheniya* [Program-Oriented Planning and Management of Creating a Scientific and Technical Basis for Long-Term and Non-Conventional Weapons]. Moscow, Granitsa Publ., 2007, 408 p.
9. Pilshchikov D.E. *Metody i metodiki sozdaniya perspektivnykh KSA dlya punktov (organov) upravleniya VVS na osnove primeneniya tipovykh proyektnykh resheniy i protsedur* [Methods and Techniques for Creating Advanced Air Force Complex Automated Control Systems on the Basis of Standard Design Solutions and Procedures]. Tver, 2005, 200 p.
10. Lyaskovsky V.L., Alasheev M.A., Pilshchikov D.E. Method of selection of Φ composition of tasks and a complex of automation means for a multi-level radio-electronic control system. *Radiotekhnika* [Radio Engineering]. 2004, no. 10, pp. 75–78 (in Russ.).
11. Lyaskovsky V.L. *Metodologicheskie osnovy sozdaniya (razvitiya) i osnashcheniya ierarkhicheskikh avtomatizirovannykh sistem spetsialnogo naznacheniya* [Methodological Basics of Creation (Development) and Equipment of the Hierarchical Special Purpose Automated Systems]. Tver, 2010, 284 p.
12. Lyaskovsky V.L., Alasheev M.A., Morozov O.G., Potapov V.N. Issues of development organizational management integrated automated systems. *Infokommunikatsionnye tekhnologii* [Infocommunication technologies]. 2007, no. 2, pp. 62–64 (in Russ.).
13. Lepeshkin O.M., Korsunsky A.S. Structure optimization for software and hardware facilities in computer-aided control systems. *Avtomatizatsiya protsessov upravleniya* [Automation of Control Processes]. 2011, no. 4 (26), pp. 76–81 (in Russ.).
14. Arepin Yu.I., Dopira R.V., Smolyakov A.A. *Voennaya kibernetika: metodologiya sozdaniya avtomatizirovannykh sistem upravleniya tekhnicheskimi obespecheniyami* [Military Cybernetics: Methodology of Creation of Automated Technical Support Control Systems]. ZAO NII CPS Publ., Tver, 2006, 203 p.
15. Zalmanson A.F., Yudin A.G. A comprehensive approach to the assessment of the effectiveness of software-hardware complex of the naval authorities functional activity automation. *Avtomatizatsiya protsessov upravleniya* [Automation of Control Processes]. 2015, no. 3 (41), pp. 4–11 (in Russ.).
16. Mitrushkin E.I. A set of approximate estimates of queuing system characteristics. *Nauchn. vestn. MIREA* [Scientific Herald of MIREA]. Moscow, 2013, no. 1 (13), pp. 59–65 (in Russ.).
17. Kostogryzov A.I. *Sertifikatsiya kachestva funktsionirovaniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem* [Quality Certification of Automated Information Systems Functioning]. Moscow, Vooruzhenie, politika, konversiya Publ., 1996, 275 p.
18. Krogstie J. *Model-Based Development and Evolution of Information Systems: A Quality Approach*. Springer Science & Business Media Publ., 2012, 442 p.
19. Gorla N., Somers T.M., Wong B. Organizational impact of system quality, information quality, and service quality. *Jour. of Strategic Information Systems*. 2010, no. 19 (3), pp. 207–228.
20. Lipaev V.V. *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie projektov slozhnykh programmykh sredstv* [Feasibility Study of Complex Software Projects]. Moscow, SINTEG Publ., 2004, 284 p.