

СЛОЖНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ

УДК 519.711.3

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ВЫБОРА СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ (РАЗВИТИЮ) РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ТИПА

© 2020 г. М. А. Алашеев^{а,*}, И. Б. Бреслер^а, В. Л. Лясковский^а

^аАО «Научно-исследовательский институт информационных технологий», Тверь, Россия

*e-mail: niit@niit.tver.ru

Поступила в редакцию 18.04.2018 г.

После доработки 31.10.2019 г.

Принята к публикации 25.11.2019 г.

Статья посвящена разработке и систематизации методов и моделей выбора системотехнических решений по созданию (развитию) распределенных информационно-управляющих систем организационного типа и является продолжением и развитием общих положений и результатов, ранее полученных и опубликованных авторами. Предложены усовершенствованная постановка задачи выбора системотехнических решений по созданию (развитию) распределенных информационно-управляющих систем организационного типа, а также подход к оценке эффективности реализации функциональных процессов в этих системах с использованием комплексного показателя, учитывающего полноту и качество реализации функциональных процессов на различных этапах жизненного цикла системы. Проведенный анализ алгоритмической сложности решения поставленной задачи показал невозможность применения точных методов, что привело к необходимости разработки приближенных методов поиска решения. Проанализированы методы и модели оценки временных и вероятностно-временных характеристик функционирования распределенных информационно-управляющих систем организационного типа, а также подходы к оценке технико-экономических параметров процесса их создания (развития). Итоговым результатом исследования, объединяющим все рассмотренные и предложенные методы и модели, является разработанный алгоритм выбора системотехнических решений по созданию (развитию) распределенных информационно-управляющих систем организационного типа.

DOI: 10.31857/S0002338820020031

Введение. Одним из основных путей повышения эффективности применения систем обработки информации и управления в многоуровневых иерархических системах организационного типа (к таким системам относятся министерства, агентства, различные ведомственные формирования, интегрированные структуры и корпорации) является комплексная автоматизация процессов обработки информации и управления, реализуемая в процессе создания (развития) соответствующих распределенных информационно-управляющих систем организационного типа (РИУС).

РИУС – это распределенные многоуровневые автоматизированные системы обработки информации и управления, состоящие из множества функциональных подсистем (ФПс), каждая из которых реализует ряд взаимоувязанных функциональных процессов (ФП). Функциональные процессы в свою очередь реализуются посредством выполнения взаимосвязанных функциональных задач (ФЗ), решаемых на различных уровнях управления.

Под созданием РИУС понимается комплекс работ, направленных на создание новой автоматизированной системы, не существовавшей ранее. Под развитием РИУС понимается комплекс работ, направленных на реализацию в существующей автоматизированной системе новых ФЗ, ФП и ФПс.

1. Описание типовой структурной схемы РИУС. Типовая структурная схема РИУС как объекта исследования приведена на рис. 1 и включает в свой состав подсистему обработки информации и управления, подсистему передачи информации, а также подсистему источников и потребите-

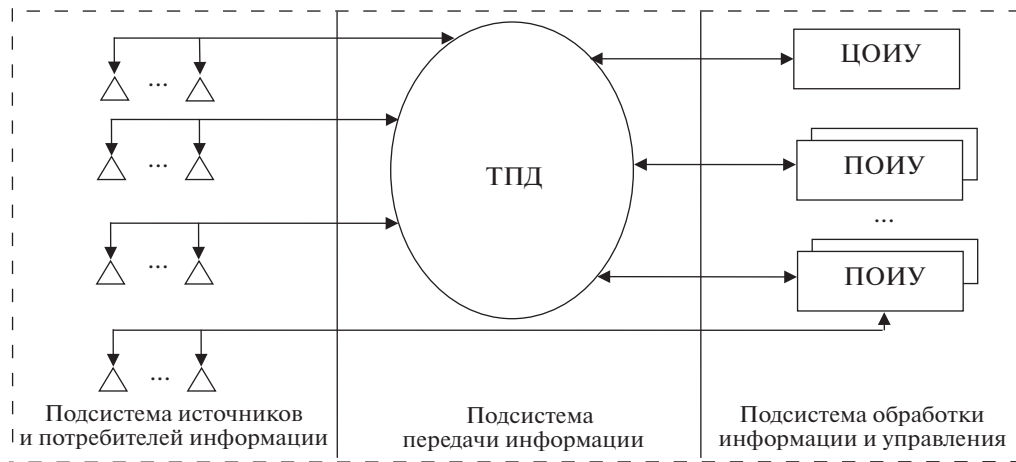


Рис. 1. Типовая схема РИУС: ЦОИУ – центр обработки информации и управления; ПОИУ – пункт обработки информации и управления; ТПД – тракты передачи данных

лей информации [1]. При этом подсистема обработки информации и управления РИУС состоит из органов и объектов управления (ОУ), которые, как правило, включают в свой состав центр обработки информации и управления, а также пункты обработки информации и управления различных иерархических уровней. Центр и пункты обработки информации являются объектами информатизации и могут быть реализованы в стационарном, перебазированном и подвижном (мобильном) исполнении. Основными подсистемами центра и пунктов обработки информации выступают подсистема автоматизации деятельности должностных лиц, которая реализуется на основе соответствующих комплексов средств автоматизации (КСА), а также обеспечивающие подсистемы: энергоснабжения, обеспечения жизнедеятельности должностных лиц и др.

Подсистема передачи информации состоит из трактов передачи данных и обеспечивает информационное взаимодействие всех элементов РИУС. Как правило, подсистема передачи данных включает собственные и арендуемые линии и узлы связи.

2. Вербальная постановка задачи. Создание РИУС предполагает проектирование (модернизацию) КСА для различных иерархических уровней системы (именно в них реализуется автоматизация соответствующих ФПс, ФП и ФЗ), изготовление серийных образцов КСА, а также оснащение ими ОУ из состава системы.

При этом, исходя из существующего порядка выполнения работ по автоматизации ОУ, при обосновании рационального варианта выбора системотехнических решений (СТР) по созданию (развитию) РИУС необходимо учитывать имеющиеся ограничения по выделяемым ассигнованиям на эксплуатацию существующих, производство серийных образцов и проектирование перспективных КСА.

Ряд теоретических исследований, связанных с вопросами выбора системотехнических, схмотехнических и организационных решений по созданию (развитию) автоматизированных систем управления, информационных систем организационного типа и оснащению ими соответствующих ОУ известны и описаны в литературе. Так, например, в [1–8] рассмотрены некоторые подходы к оценке эффективности функционирования РИУС, их подсистем и элементов, а также ряд частных постановок задач и соответствующих методов (научно-методических подходов) по выбору ряда системотехнических, схмотехнических и организационных решений для различных этапов жизненного цикла указанного класса систем.

Тем не менее, на сегодняшний момент времени вопросы обоснования, оценки и выбора СТР по созданию (развитию) РИУС недостаточно формализованы и преимущественно основаны на интуиции и опыте разработчиков систем, комплексов и средств автоматизации. При этом, как правило, не рассматриваются вопросы сбалансированной реализации межуровневых ФП, а оценки вероятностно-временных и временных характеристик (ВВХ и ВХ) функционирования РИУС проводятся эмпирически только на этапах испытаний.

По этим причинам выбор в данной статье в качестве предмета исследования СТР по созданию (развитию) РИУС представляется актуальным. В [9] под СТР понимается проектное решение по созданию сложной технической или организационно-технической системы. В контексте насто-

Таблица 1. Соответствие групп системотехнических решений и стадий жизненного цикла процесса создания АСУ согласно ГОСТ 34.601-90

Стадия жизненного цикла АСУ по ГОСТ 34.601-90	Группы СТР
1. Формирование требований к АС 2. Разработка концепции АС 3. Техническое задание 4. Эскизный проект 5. Технический проект 6. Рабочая документация 7. Ввод в действие	Системотехнические решения по разработке КСА
8. Сопровождение АС	Системотехнические решения по изготовлению КСА и оснащению ОУ Системотехнические решения по продлению эксплуатации КСА

щей статьи предлагается конкретизировать это определение – под СТР по созданию (развитию) РИУС понимать решения по перечню, составу, структуре, характеристикам, последовательности создания КСА из состава РИУС и оснащения ими ОУ в условиях существующих ресурсных и технологических ограничений.

Системотехнические решения по созданию (развитию) РИУС подразделяются на три группы:

системотехнические решения по разработке КСА – комплекс решений, формируемых на предпроектной стадии (в ходе выполнения научно-исследовательских работ) и стадии проектирования КСА (в ходе выполнения опытно-конструкторских работ), определяющих перечень, состав, структуру и характеристики КСА, а также состав организаций, участвующих в разработке КСА;

системотехнические решения по изготовлению КСА и оснащению ОУ – комплекс решений, определяющих последовательность, сроки и стоимость изготовления КСА и их поставки на ОУ, а также состав организаций, участвующих в изготовлении КСА и оснащении ОУ;

системотехнические решения по продлению ресурса эксплуатации КСА – комплекс решений, определяющих последовательность, сроки и стоимость продления эксплуатации КСА на ОУ, а также состав организаций, участвующих в продлении ресурса эксплуатации КСА.

Подобный вариант разделения позволяет последовательно охватить все основные стадии жизненного цикла КСА из состава РИУС.

Предлагаемый подход к разделению системотехнических решений на группы соответствует модели жизненного цикла автоматизированных систем, принятой в ГОСТ 34-й серии. Соответствие предложенных групп системотехнических решений и стадий жизненного цикла процесса создания АСУ, согласно ГОСТ 34.601-90, представлено в таблице.

В настоящее время деятельность заказывающих министерств и ведомств РФ, в том числе в части создания (развития) РИУС, осуществляется в соответствии с принципами программного-целевого планирования. При этом, как правило, для какого-либо стратегического направления развития разрабатывается целевая программа на достаточно длительный срок (5–15 лет), которая ежегодно конкретизируется в рамках соответствующих годовых планов и программ.

Отметим, что ГОСТ 34-й серии не определяют динамику развития автоматизированных систем во времени в условиях финансовых и технологических ограничений и не определяют параметры целевых программ по созданию и развитию автоматизированных систем.

В связи с наличием указанного противоречия между положениями ГОСТ 34-й серии и реализуемой практикой программного-целевого планирования [10] при создании и развитии РИУС предлагается осуществлять формирование СТР по созданию (развитию) РИУС с привязкой к плановым этапам прогнозирования (ЭП). В качестве ЭП могут выступать соответствующие этапы реализации целевых программ длительностью 1 год как наиболее часто встречающийся в практике случай.

Ниже приводится наиболее общая формулировка задачи выбора СТР по созданию (развитию) РИУС с учетом ресурсных ограничений на отдельных ЭП, произведены формализация за-

дачи и оценка сложности решения, а также предложен научно-методический аппарат ее решения.

Сущность выбора варианта решений по созданию (развитию) РИУС [11–18] состоит в том, что для каждого ЭП должны быть выбраны СТР по автоматизации деятельности должностных лиц ОУ за счет оснащения ОУ серийными КСА (оснащение возможно в текущий момент времени) или разрабатываемыми КСА (оснащение возможно в будущем после момента окончания соответствующей опытно-конструкторской работы) с учетом допустимого (назначенного) ресурса использования КСА в составе РИУС. При этом в процессе выбора варианта развития КСА должны быть также учтены требования по комплексной межуровневой автоматизации отдельных ФП, т.е. выбор для реализации в отдельных ОУ таких ФЗ, которые составляют рассматриваемый ФП. При этом ФЗ из состава каждого ФП могут быть реализованы на различных уровнях РИУС.

Структура системы исходных данных, а также принятые для решения задачи условия и допущения изложены в [16].

3. Формализованная постановка задачи выбора системотехнических решений по созданию (развитию) РИУС. Необходимо определить вариант создания (развития) РИУС на основе выбора СТР $X^*(u)$, $Y^*(u)$, $Z^*(u)$ (где $X(u)$ – множество возможных решений по разработке КСА, $Y(u)$ – множество возможных решений по изготовлению КСА и оснащению ОУ, $Z(u)$ – множество возможных решений по продлению эксплуатации КСА, символ * означает множество выбранных решений). Данный выбор обеспечивает максимизацию эффективности реализации ФП $\mathcal{E}(X(u), Y(u), Z(u))$ при обязательной реализации функциональных процессов высшего приоритета (ФПв), заданных предельно допустимых ВВХ и ВХ реализации ФП, при выполнении заданных требований к защите информации $\mathfrak{U}_{\text{тр}}^{3.и}$, конструктивным $\mathfrak{U}_{\text{тр}}^{\text{к}}$ и надежностным характеристикам КСА $\mathfrak{U}_{\text{тр}}^{\text{н}}$, а также при выполнении ограничений на временные $T_{\text{доп}}$ и стоимостные $C_{\text{доп}}$ параметры процесса создания (развития) РИУС:

$$\langle X^*(u), Y^*(u), Z^*(u) \rangle = \arg \max_{X(u), Y(u), Z(u)} \mathcal{E}(X(u), Y(u), Z(u)), \quad (3.1)$$

а также следующих ограничениях:

$$\begin{aligned} \Omega(X(u), Y(u)) \cap \Omega_{\text{в}} &= \Omega_{\text{в}}; \\ \Omega'_{\text{р.в}} \cup \Omega''_{\text{р.в}} &= \Omega_{\text{р.в}}; \\ \Omega'_{\text{р.в}} \cap \Omega''_{\text{р.в}} &= \emptyset; \\ \forall i, i \in \Omega'_{\text{р.в}} : P_i(t_i(X(u), Y(u), Z(u)) \leq t_i^{\text{тп}}) &\geq P_i^{\text{тп}}; \\ \forall i, i \in \Omega''_{\text{р.в}} : \tau_i(X(u), Y(u), Z(u)) &\leq \tau_i^{\text{тп}}; \\ \mathfrak{U}^{3.и}(X(u), Y(u), Z(u)) &\subseteq \mathfrak{U}_{\text{тр}}^{3.и}; \\ \mathfrak{U}^{\text{к}}(X(u), Y(u), Z(u)) &\subseteq \mathfrak{U}_{\text{тр}}^{\text{к}}; \\ \mathfrak{U}^{\text{н}}(X(u), Y(u), Z(u)) &\subseteq \mathfrak{U}_{\text{тр}}^{\text{н}}; \\ C(X(u), Y(u), Z(u)) &\leq C_{\text{доп}}(u); \\ T(X(u), Y(u), Z(u)) &\leq T_{\text{доп}}(u). \end{aligned}$$

Здесь $u \in \{1, \dots, U\}$, U – количество плановых ЭП создания (развития) РИУС; Ω – множество реализованных ФП; $\Omega_{\text{в}}$ – множество ФПв; $\Omega_{\text{р.в}}$ – множество ФП реального времени; $\Omega'_{\text{р.в}}$ – множество ФП реального времени, для которых предъявляются требования к ВВХ их реализации; $\Omega''_{\text{р.в}}$ – множество ФП реального времени, для которых предъявляются требования к ВХ их реализации; P_i – вероятность своевременного выполнения i -го ФП; t_i – время выполнения i -го ФП; $t_i^{\text{тп}}$ – требуемое (директивное) время выполнения i -го ФП; $P_i^{\text{тп}}$ – требуемая вероятность своевременного выполнения i -го ФП; τ_i – среднее время выполнения i -го ФП; $\tau_i^{\text{тп}}$ – требуемое среднее время выполнения i -го ФП; $\mathfrak{U}^{3.и}$ – множество реализуемых требований к защите информации; $\mathfrak{U}_{\text{тр}}^{3.и}$ – множество заданных требований к защите информации; $\mathfrak{U}^{\text{к}}$ – множество реализуемых

требований к конструктивным характеристикам КСА; $\mathcal{U}_{\text{тр}}^k$ – множество заданных требований к конструктивным характеристикам КСА; \mathcal{U}^h – множество реализуемых требований к надежностным характеристикам КСА; $\mathcal{U}_{\text{тр}}^h$ – множество заданных требований к надежностным характеристикам КСА; C – стоимость реализации решений по созданию (развитию) РИУС; $C_{\text{доп}}(u)$ – финансовые ограничения на создание (развитие) РИУС; T – продолжительность выполнения работ по созданию (развитию) РИУС; $T_{\text{доп}}(u)$ – длительность ЭП.

Оценка алгоритмической сложности поставленной задачи и обоснование выбора метода решения аналогичны приведенным в [16].

4. Сущность оценки эффективности реализации функциональных процессов в РИУС. С точки зрения целевого назначения в РИУС могут быть реализованы различные ФП: управления, сбора, контроля, обработки информации, учета, мониторинга, планирования, обмена данными, обучения и др. В связи с этим для оценки эффективности создания и функционирования этих систем в настоящее время используются различные показатели метасистемы, отражающие специфику реализуемых в них ФП. Однако определить вклад отдельных параметров КСА из состава РИУС в показатели эффективности метасистемы практически невозможно из-за необходимости проведения достаточно точной и взаимоувязанной оценки совокупности сложных процессов функционирования систем обработки информации и управления (в том числе моделирования деятельности должностных лиц соответствующих органов и объектов автоматизации в экстремальных условиях), а также характеристик функционирования внешних взаимодействующих систем. Кроме того, оценку эффективности РИУС следует производить на ранних этапах исследования и проектирования, когда разработать достаточно точную модель динамики функционирования метасистемы, как правило, не представляется возможным. Поэтому на сегодня не существует универсальных показателей оценки эффективности РИУС и основанных на них универсальных подходов к решению задач анализа и синтеза РИУС, их подсистем и элементов [13, 19].

Для выбора универсального показателя оценки эффективности РИУС, не зависящего от специфики автоматизируемых ФП (ФЗ) и особенностей их организации, следует выделить ряд общих постулатов, отражающих сущность процессов создания (развития) РИУС, в том числе процессов проведения опытно-конструкторских работ по созданию новых (модернизации существующих) КСА, серийного изготовления образцов КСА, а также оснащения ими ОУ из состава соответствующих систем [15]:

любые РИУС независимо от их функциональной специфики предназначены для автоматизированного выполнения заранее заданного перечня ФП (ФЗ), реализуемых в КСА различных иерархических уровней системы;

автоматизируемые ФП (ФЗ), реализуемые в КСА различных иерархических уровней системы, формализуются в процессе разработки новых (модернизации существующих) КСА в виде перечней ФП (ФЗ) и соответствующих постановок задач;

организация процессов выполнения ФП (ФЗ) в РИУС тем лучше, чем выше показатели точности, своевременности и достоверности их реализации как в КСА различных иерархических уровней (для ФЗ), так и в системе в целом (для ФП);

так как РИУС любого функционального назначения включают множество ОУ, то показатель эффективности РИУС тем выше, чем выше степень оснащения ОУ из состава РИУС серийными образцами КСА (в идеальном случае все ОУ из состава РИУС должны быть оснащены КСА);

в условиях ограниченности сроков и финансирования на разработку (модернизацию) КСА из состава РИУС, данные комплексы целесообразно создавать очередями с приоритетной реализацией наиболее важных (первоочередных) ФП (ФЗ);

в условиях ограниченных сроков и стоимости оснащения ОУ системы целесообразно поэтапное оснащение объектов автоматизации серийными образцами КСА с приоритетным оснащением наиболее важных (первоочередных) ОУ.

Следует отметить, что требования обеспечения точности, своевременности и достоверности реализации ФП (ФЗ) в КСА различных иерархических уровней системы являются противоречивыми (размениваемыми) и не всегда могут быть адекватно заданы (как правило, для систем реального времени в явном виде задаются только требования к ВВХ и ВХ для ряда ФП или отдельных ФЗ).

Кроме того, при создании (развитии) РИУС в условиях ограниченных сроков и стоимости выполнения работ на полном жизненном цикле РИУС весьма сложно разрешимыми являются следующие дилеммы [13, 19]:

что более целесообразно в процессе создания (развития) РИУС – реализация большего количества ФП (ФЗ) с более низкими показателями точности, своевременности и достоверности или же реализация меньшего количества ФП (ФЗ) с более высокими показателями точности, своевременности и достоверности;

что важнее в процессе проведения опытно-конструкторских работ по созданию новых (модернизации существующих) КСА, изготовления серийных образцов КСА, а также оснащения ими соответствующих ОУ из состава РИУС – реализовать более эффективные КСА (в смысле параметров полноты, точности, своевременности и достоверности реализации ФП (ФЗ)), но при этом оснастить КСА меньшее количество необходимых ОУ, или же реализовать менее эффективные КСА, но при этом оснастить КСА большее количество ОУ.

Исходя из приведенных соображений универсальный показатель оценки эффективности РИУС должен обеспечивать комплексный учет количества реализуемых в РИУС ФП (ФЗ), параметров полноты, точности, своевременности и достоверности их реализации в КСА различных иерархических уровней системы; степени оснащения КСА необходимых ОУ из состава РИУС.

Следует отметить, что ФП имеют различную степень важности (значимости), которая определяется влиянием реализуемого ФП на общую эффективность применения РИУС по целевому назначению. При этом существует подмножество таких ФП, которые должны быть обязательно реализованы в РИУС – ФП высшего приоритета.

С учетом изложенных положений в качестве целевой функции для решения рассматриваемой задачи (3.1) целесообразно выбрать комплексный показатель, учитывающий необходимость обязательной реализации ФПв, степень автоматизации требуемых ФП, при необходимости выполнения ряда ФП в масштабе реального времени. Для этого ниже будем использовать два частных показателя:

- 1) оценку реализации ФП высшего приоритета (ФПв) – Θ_1 ;
- 2) оценку степени автоматизации всех ФП – Θ_2 .

Показатель оценки реализации ФПв (показатель Θ_1) может быть записан как векторная дискретная булева функция, которая принимает значение “1” при реализации всех ФПв, “0” – в противном случае:

$$\Theta_1(X(u), Y(u), Z(u)) = \begin{cases} 1, & \text{если реализованы все ФПв на } u\text{-м плановом этапе,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

При этом под реализованным ФПв будем понимать ФПв, для которого в соответствующих КСА реализованы все составляющие его ФЗ и удовлетворяются требования к ВВХ или ВХ его выполнения (в случае, если такие требования для рассматриваемого ФП заданы).

Показатель оценки степени автоматизации всех ФП (показатель Θ_2) может быть рассчитан на основе изложенного в [13, 20] подхода, позволяющего определить функциональную эффективность РИУС как в процессе разработки новых (модернизации существующих) КСА, так и в процессе серийного изготовления образцов КСА и оснащения ими ОУ.

Рассмотрим математическую интерпретацию описанного вербального подхода оценки показателя Θ_2 .

1. Показатель функциональной эффективности КСА для i -го типа автоматизируемого ОУ в процессе создания нового (модернизации существующего) КСА характеризует качество решения задач специального программного обеспечения (СПО) по реализации соответствующих ФЗ в разработанном (модифицированном) КСА и может быть записан следующим образом:

$$\Theta_i^{(c)}(X(u)) = \sum_{j=1}^{J_i} \left(a_{ij} \lambda_{ij} p_{ij} \sum_{k=1}^{K_{ij}} w_{ijk} r_{ijk} (X(u)) \right) / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} a_{ij} \lambda_{ij},$$

где J_i – количество задач СПО по реализации соответствующих ФЗ при создании РИУС для каждого типа автоматизируемого ОУ, $i = \overline{1, I}$; a_{ij} – важность j -й задачи СПО автоматизируемого ОУ i -го типа, $j = \overline{1, J_i}$; λ_{ij} – интенсивность потока заявок на выполнение j -й задачи СПО автоматизируемого ОУ i -го типа; p_{ij} – вероятность своевременного и достоверного решения j -й задачи

СПО автоматизируемого ОУ i -го типа; K_{ij} – количество возможных алгоритмов реализации j -й задачи СПО автоматизируемого ОУ i -го типа; w_{ijk} – коэффициент, характеризующий эффективность k -го алгоритма реализации j -й задачи СПО автоматизируемого ОУ i -го типа, $w_{ijk} \in (0;1]$;

$$r_{ijk}(X(u)) = \begin{cases} 1, & \text{если } k\text{-й алгоритм применяется для решения } j\text{-й задачи } i\text{-го} \\ & \text{автоматизируемого ОУ,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

для

$$\forall i, j \sum_{k=1}^{K_{ij}} r_{ijk} \leq 1.$$

Показатель функциональной эффективности РИУС в процессе разработке новых (модернизации существующих) КСА рассчитывается по формуле

$$\Theta^{(c)}(X(u)) = \sum_{i=1}^I \Theta_i^{(c)}(X(u)),$$

где I – количество типов автоматизируемых ОУ в составе РИУС.

2. Показатель функциональной эффективности РИУС, характеризующий процесс серийного изготовления и оснащения КСА для ОУ из состава РИУС, может быть формализовано записан для случаев:

- одинаковой важности автоматизируемых ОУ;
- неодинаковой важности автоматизируемых ОУ.

2.1. При одинаковой важности автоматизируемых ОУ показатель функциональной эффективности автоматизируемых ОУ i -го типа из состава РИУС в процессе изготовления КСА и оснащения РИУС рассчитывается следующим образом:

$$\Theta_i^{(оч)}(Y(u), Z(u)) = \sum_{n=1}^{N_i} s_{in}(Y(u), Z(u)) / N_i,$$

где N_i – общее количество ОУ i -го типа, подлежащих оснащению средствами автоматизации, $i = 1, I$;

$$s_{in}(Y(u), Z(u)) = \begin{cases} 1, & \text{если } n\text{-й ОУ } i\text{-го типа оснащается средствами автоматизации,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Показатель функциональной эффективности РИУС в процессе изготовления КСА и оснащения РИУС оценивается по формуле:

$$\Theta^{(оч)}(Y(u), Z(u)) = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{N_i} s_{in}(Y(u), Z(u)) / \sum_{i=1}^I N_i.$$

2.2. При неодинаковой важности автоматизируемых ОУ показатель функциональной эффективности автоматизируемых ОУ i -го типа из состава РИУС в процессе изготовления КСА и оснащения РИУС может быть записан следующим образом:

$$\Theta_i^{(оч)}(Y(u), Z(u)) = \sum_{n=1}^{N_i} \alpha_{in} s_{in}(Y(u), Z(u)) / \sum_{n=1}^{N_i} \alpha_{in},$$

где α_{in} – важность оснащения n -го ОУ i -го типа.

Показатель функциональной эффективности РИУС в процессе изготовления КСА и оснащения РИУС может быть рассчитан с использованием формулы:

$$\Theta^{(оч)}(Y(u), Z(u)) = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{N_i} \alpha_{in} s_{in}(Y(u), Z(u)) / \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{N_i} \alpha_{in}.$$

С учетом приведенных частных показателей обобщенный показатель оценки степени автоматизации всех ФП (показатель Θ_2) приобретает вид следующей аддитивно-мультипликативной свертки:

$$\Theta_2(X(u), Y(u), Z(u)) = \sum_{i=1}^I \Theta_i^{(c)}(X(u)) \Theta_i^{(оч)}(Y(u), Z(u)).$$

Тогда комплексный показатель эффективности реализации ФП в РИУС может быть представлен как произведение показателей Θ_1 и Θ_2 :

$$\Theta(X(u), Y(u), Z(u)) = \Theta_1(X(u), Y(u), Z(u)) \Theta_2(X(u), Y(u), Z(u)).$$

Предложенный подход к оценке эффективности РИУС позволяет комплексно учитывать и оценивать основные СТР, принимаемые в процессе разработки новых (модернизации существующих) КСА, а также в процессе серийного изготовления образцов КСА и оснащения ими ОУ из состава РИУС. При этом показатели оценки эффективности реализации ФП (Φ_3) учитывают параметры полноты, своевременности, достоверности и точности выполнения ФП (Φ_3) в РИУС.

Прикладной смысл предложенного подхода состоит в необходимости достижения требуемого конечного результата — полномасштабного оснащения ОУ из состава РИУС наиболее эффективными КСА, реализующими необходимый (или максимально возможный в условиях ресурсных ограничений) перечень ФП (Φ_3).

Предложенный показатель эффективности реализации ФП в РИУС является более общим по сравнению с показателем, принятым в [12, 13].

5. Сущность оценки временных и вероятностно-временных характеристик функционирования РИУС. Наиболее распространенными и применяемыми на практике для оценки ВВХ и ВХ функционирования РИУС, их подсистем и элементов, являются следующие типы моделей [13]:

- аналитические;
- имитационные (монтекарловские);
- комбинированные аналитико-имитационные;
- метамоделли;
- полунатурные и натурные.

На ранних этапах проектирования РИУС особую ценность для оценки и выбора эффективных проектных решений представляют аналитические, имитационные и комбинированные аналитико-имитационные модели.

В интересах сценки характеристик и параметров функционирования РИУС на основе аналитических моделей элементы подсистем обработки и передачи информации могут быть представлены в виде систем и сетей массового обслуживания (ССМО). Основными формализуемыми параметрами типовых ССМО являются: входящий поток заявок, очередь заявок, каналы обслуживания, выходящий поток заявок (включая потоки обслуженных и потерянных заявок). Порядок постановки заявок в очередь определяется дисциплиной ожидания, а порядок выбора заявок из очереди для назначения на обслуживание — дисциплиной обслуживания.

В общем случае источниками входных заявок выступают подсистемы внешних объектов, а также элементы подсистем обработки и передачи информации (например, информационные запросы должностных лиц ОУ, заявки на включение периодических задач в КСА).

При разработке аналитических моделей оценки ВВХ и ВХ функционирования РИУС каждому элементу подсистем обработки и передачи информации ставится в соответствие ССМО, при этом формализуемые параметры ССМО подбираются, исходя из реально существующих физических процессов, происходящих в соответствующих элементах РИУС (интенсивности входящих потоков, емкость буферных накопителей информации, тип и параметры дисциплин обслуживания, быстродействие каналов обслуживания и др.).

При построении имитационных моделей оценки ВВХ и ВХ функционирования РИУС, как правило, применяется принцип продвижения модельного времени до особых событий (“принцип особых состояний”), а формализуемые подсистемы, элементы и процессы функционирования также подбираются исходя из реально существующих физических процессов, происходящих в РИУС.

К основным выходным данным аналитических, имитационных и комбинированных аналитико-имитационных моделей оценки ВВХ функционирования РИУС относятся следующие вероятности:

- своевременного выполнения заявок;
- передачи сообщения заданного объема между двумя ОУ из состава РИУС за требуемое время;
- превышения допустимого отклонения времени передачи от своего наиболее вероятного значения;
- приема сообщения с ошибкой (вероятность обнаружения ошибки) для сообщений различных типов;
- необнаруженной ошибки для сообщений различных типов;
- искажения сообщений различных типов.

К основным выходным данным аналитических, имитационных и комбинированных аналитико-имитационных моделей оценки ВХ функционирования РИУС относятся следующие:

- среднее время задержки информации (время исполнения заявок);
- параметры загрузки всех вычислительных модулей, технических средств и устройств РИУС (загрузка в секундах, загрузка в процентах, количество включений);
- суммарное время наработки каждым алгоритмом за цикл, количество включений, максимальная длина очереди, период включения;
- среднее количество заявок на входе вычислительных модулей и устройств из состава КСА;
- количество необслуженных заявок различных типов;
- среднее время ожидания заявки на выполнение ФЗ;
- среднее время ожидания на общей шине обмена;
- относительный показатель потерь заявок в буферных накопителях;
- относительный показатель потерь заявок различного типа из-за превышения директивного срока их нахождения в очереди на обработку и передачу (обесценивания информации);
- относительный показатель потерь заявок различного типа из-за ограниченной надежности математического и программного обеспечения КСА;
- относительный показатель потерь заявок различного типа из-за ограниченной надежности аппаратуры РИУС.

6. Сущность оценки технико-экономических параметров процесса создания (развития) РИУС.

При получении оценок стоимостных и временных показателей на начальных этапах разработки КСА могут быть применены методы экспертной оценки, нормативно-калькуляционный и аналого-сопоставительные методы. Наиболее целесообразным представляется совместное использование данных методов [20]. Ниже будем предполагать, что у проектируемого КСА существует КСА-аналог, разработанный и изготовленный для одного из ОУ из состава РИУС, с близкими характеристиками по реализуемым ФЗ. Это условие обычно выполняется в практике создания (развития) РИУС. При этом все оценки стоимостных и временных показателей по разработке типового образца КСА будем проводить для предприятия – разработчика КСА-аналога. Пересчет для других предприятий, имеющих отличия в основных экономических нормативах на выполнение проектных работ, не представляет труда.

Для получения прогнозных оценок стоимостных и временных показателей по разработке комплексов технических средств (КТС) использование расчетного нормативно-калькуляционного метода обычно не вызывает трудностей. Это связано с тем, что, как правило, элементы КТС (электронно-вычислительная техника для комплектования вычислительного комплекса и автоматизированных рабочих мест, сетевое и серверное оборудование, аппаратура отображения информации коллективного пользования, аппаратура документирования и т.д.) являются стандартизованными, серийно изготавливаемыми изделиями. В связи с этим основной перечень КТС может быть представлен как типовые проектные решения. Количество и характеристики технических средств определяются в основном требуемыми ВВХ и ВХ реализации ФЗ, максимальным количеством управляемых и обслуживаемых объектов, количеством должностных лиц соответствующего ОУ, деятельность которых автоматизируется (т.е. количеством и параметрами автоматизированных рабочих мест из состава КСА).

Для получения прогнозных оценок стоимостных и временных показателей разработки необходимого комплекта рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца КСА также может быть использован расчетный нормативно-калькуляционный метод. При

этом для формирования нормативов целесообразно производить сравнительную оценку с существующими разработанными КСА, наиболее близкими по параметрам реализуемых ФЗ и структуре КТС.

Наиболее сложным и трудоемким при проектировании КСА является процесс разработки СПО, реализующего требуемый перечень ФЗ, и соответствующей программной документации. При этом, как правило, на ранних этапах проектирования (на этапе разработки эскизного или технического проекта) выполняются начальные работы по разбиению ФП на отдельные далее неделимые ФЗ, а также на ранних этапах опытно-конструкторских работ создаются перечни и постановки задач, соответствующие ФЗ.

В связи с указанным для получения прогнозных оценок стоимостных и временных показателей по разработке отдельных ФЗ необходимо учитывать весь комплекс работ по формированию перечня и постановок ФЗ. Далее на основе экспертного метода для каждой ФЗ возможно получить оценку стоимости и времени ее реализации путем сравнения с существующими разработанными КСА, наиболее близкими по параметрам реализуемых ФЗ.

С учетом вышесказанного предлагается следующая процедура экспресс-оценки стоимостных и временных параметров разработки КСА [20].

1. Формирование оценок при наличии КСА-аналога для того же типа ОУ.

1.1. Все множество ФЗ рассматриваемого КСА разделяется на два подмножества: разработанные ФЗ, к которым относятся все ФЗ, реализованные в КСА-аналоге; новые ФЗ, к которым относятся все ФЗ, не реализованные в КСА-аналоге.

1.2. С использованием экспертных методов задаются следующие параметры:

доля (D) в стоимости разработки КСА-аналога, приходящаяся на реализацию СПО (вещественное число в диапазоне от 0 до 1);

коэффициент научно-технического задела (K), характеризующий степень заимствования типовых решений от КСА-аналога (вещественное число в диапазоне от 0 до 1).

1.3. Стоимость разработки рассматриваемого КСА оценивается равной стоимости разработки КСА-аналога, умноженной на величину $(1 - K)$:

$$C_{\text{КСА}} = C_{\text{КСА-А}}(1 - K),$$

где $C_{\text{КСА-А}}$ – стоимость разработки КСА-аналога.

1.4. Продолжительность разработки рассматриваемого КСА оценивается равным времени разработки КСА-аналога, умноженному на величину $(1 - K)$:

$$T_{\text{КСА}} = T_{\text{КСА-А}}(1 - K),$$

где $T_{\text{КСА-А}}$ – стоимость разработки КСА-аналога.

1.5. Стоимость разработки каждой i -й новой ФЗ оценивается по формуле:

$$C_{\text{ФЗ}i} = C_{\text{КСА-А}}D/N, \quad (6.1)$$

где $i = \overline{1, N}$; N – количество ФЗ КСА-аналога.

1.6. Продолжительность разработки каждой i -й новой ФЗ оценивается аналогично стоимости разработки:

$$T_{\text{ФЗ}i} = T_{\text{КСА-А}}D/N. \quad (6.2)$$

2. Формирование оценок при наличии КСА-аналога для других типов ОУ.

Особенностью данной части процедуры является то, что доля в стоимости разработки рассматриваемого КСА, не приходящаяся на разработку СПО, принимается равной аналогичной доле в стоимости КСА-аналога. При этом стоимость разработки каждой ФЗ рассматриваемого КСА оценивается как среднее значение стоимости разработки ФЗ для КСА-аналога.

2.1. Все множество ФЗ рассматриваемого КСА рассматривается как новые ФЗ.

2.2. С использованием экспертных методов задается доля (D) в стоимости разработки КСА-аналога, приходящаяся на реализацию СПО (вещественное число в диапазоне от 0 до 1).

2.3. Стоимость разработки рассматриваемого КСА оценивается по формуле

$$C_{\text{КСА}} = C_{\text{КСА-А}}(1 - D).$$

2.4. Продолжительность разработки рассматриваемого КСА оценивается аналогично стоимости разработки:

$$T_{\text{КСА}} = T_{\text{КСА-А}} (1 - D).$$

2.5. Стоимость разработки каждой ФЗ оценивается по формуле (6.1).

2.6. Продолжительность разработки каждой ФЗ оценивается аналогично стоимости разработки по формуле (6.2).

При этом прогнозные оценки по трудоемкости разработки ФЗ могут быть скорректированы на основе учета следующих групп показателей качества организации процесса разработки в подразделениях разработчиков СПО [3, 13, 20]:

показателей квалификации разработчиков СПО;

показателей взаимодействия разработчиков СПО;

показателей обеспеченности разработчиков СПО необходимыми ресурсами.

Для каждой из указанных групп в [3, 13, 20] предложены корректирующие коэффициенты, показывающие, насколько увеличится (или уменьшится) трудоемкость разработки ФЗ по сравнению с предприятием-аналогом. При этом итоговый корректирующий коэффициент трудоемкости разработки КСА будет рассчитываться по формуле:

$$K_{\text{ТР}} = K_{\text{ТР,КСА}} / K_{\text{ТР,КСА-А}},$$

где $K_{\text{ТР,КСА}}$ – мультипликативная свертка корректирующих коэффициентов, характеризующая общее качество организации процесса разработки СПО на предприятии-разработчике КСА; $K_{\text{ТР,КСА-А}}$ – мультипликативная свертка корректирующих коэффициентов, характеризующая качество организации процесса разработки СПО на предприятии-разработчике КСА-аналога.

7. Алгоритм выбора системотехнических решений по созданию (развитию) РИУС. С учетом показанной в [16] возможности и целесообразности применения приближенных методов оптимизации для решения задачи, аналогичной (3.1), предложен эвристический алгоритм решения (рис. 2), основанный на итеративно-последовательном формировании решения, начиная с реализации в РИУС наиболее важных ФП.

Сущность решения задачи (3.1) с использованием предложенного жадного алгоритма заключается в выполнении следующих действий.

1. Формирование базового варианта решения для каждого ЭП.

1.1. Последовательное рассмотрение всех ФПс в порядке убывания их важности.

1.2. Для выбранной ФПс осуществляется последовательное рассмотрение всех ФПв в порядке убывания их важности.

1.3. Для выбранного ФПв осуществляется последовательный перебор всех ОУ, ФЗ которых входят в рассматриваемый ФПв, в порядке уменьшения суммарной важности ФЗ.

1.4. Для выбранного ОУ осуществляется последовательный перебор всех ЭП.

1.5. Для выбранного ЭП осуществляются следующие оценки:

1.5.1. Оценка полноты реализации всех ФЗ выбранного ФПв. Если реализованы не все ФЗ выбранного ФПв, то происходит переход к процедуре создания решения на оснащение ОУ новым КСА на ЭП, затем – переход к очередному ЭП (п. 1.5).

1.5.2. Оценка удовлетворения требований к своевременности решения (на основе оценки ВВХ и ВХ) всех ФЗ выбранного ФПв в КСА. Если требования к своевременности выполняются не для всех ФЗ выбранного ФПв, то осуществляется переход к процедуре создания решения на оснащение ОУ новым КСА на ЭП с учетом типовых проектных решений. Если решение создано, то происходит переход к очередному ЭП (п. 1.5).

1.5.3. Оценка удовлетворения требований к защите информации, конструктивным и надежным характеристикам КСА. Если требования не выполняются, то осуществляется переход к процедуре создания решения на оснащение ОУ новым КСА на ЭП с учетом типовых проектных решений. Если решение создано, то происходит переход к очередному ЭП (п. 1.5).

1.5.4. Оценка остаточного ресурса КСА на ОУ. Если остаточный ресурс КСА меньше продолжительности ЭП и стоимость продления эксплуатации не превышает остаточный объем финансирования ЭП, то продлевается эксплуатация КСА. Затем осуществляется переход к очередному ЭП (п. 1.5).

1.6. Если рассмотрены все ЭП, то происходит переход к очередному ОУ (п. 1.4).

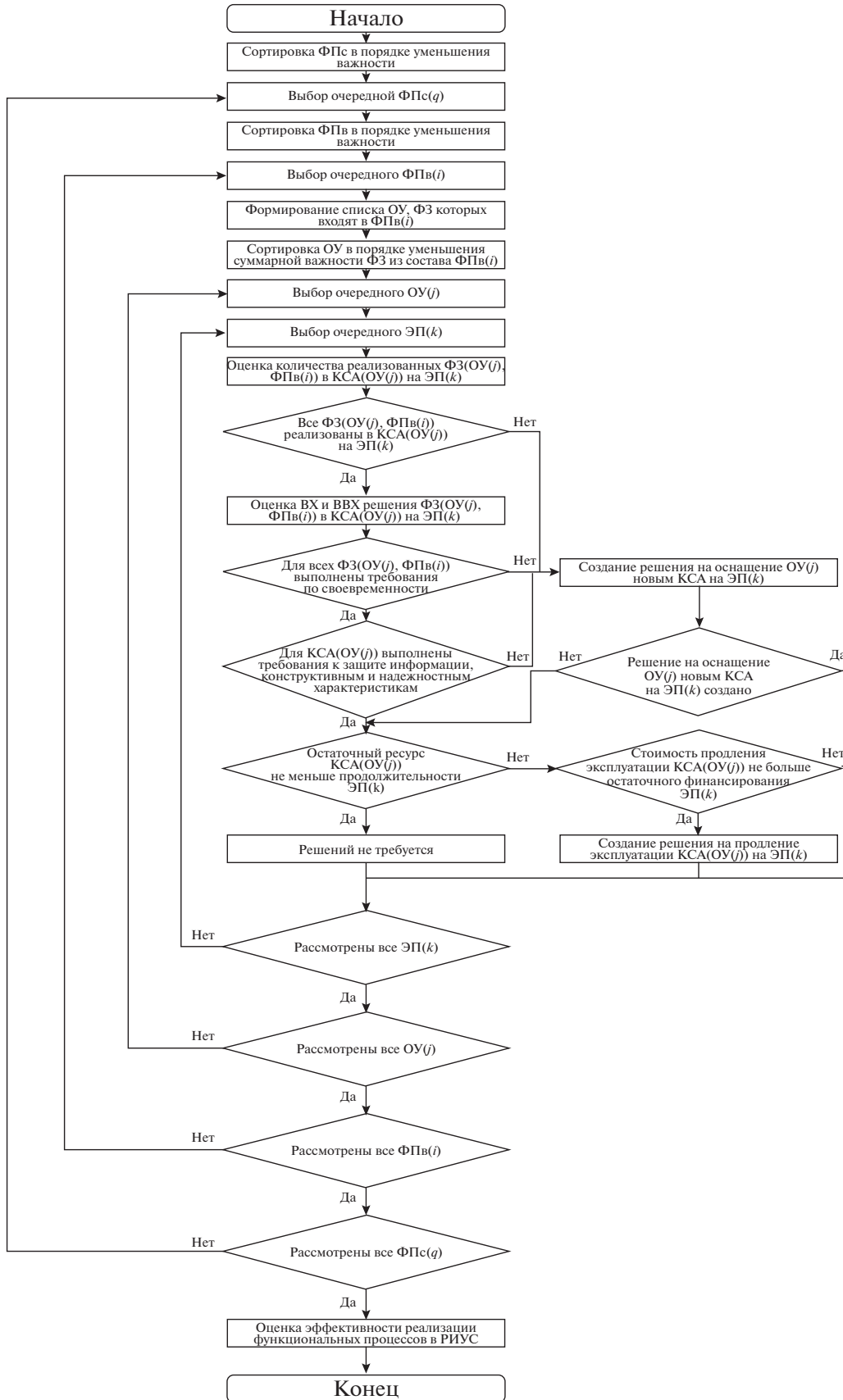


Рис. 2. Алгоритм решения задачи формирования решения по созданию (развитию) РИУС

- 1.7. Если рассмотрены все ОУ, то выполняется переход к очередному ФПв (п. 1.3).
- 1.8. Если рассмотрены все ФПв, то осуществляется переход к очередной ФПс (п. 1.2).
- 1.9. Если рассмотрены все ФПс, то базовый вариант решения сформирован и производится оценка эффективности реализации функциональных процессов в РИУС. При этом если базовый вариант решения предполагает реализацию всех ФЗ всех ФПв, то происходит переход к п. 2. Если же базовый вариант решения не предполагает реализацию хотя бы одной ФЗ из состава ФПв, то задача решения не имеет.
2. Формирование рационального варианта для каждого ЭП.
Выполняются действия по п. 1.1-1.9, при этом все ФПв считаются реализованными, и последовательно (в соответствии со значением параметра важности) рассматриваются ФП не из состава ФПв, задача решается в условиях оставшихся ресурсов.
В п. 1.5.2 предлагаемого алгоритма упомянута процедура создания решения на оснащение ОУ новым КСА на ЭП, сущность которой заключается в выполнении следующих действий.
 1. Из всего множества типов КСА рассматриваются те, которые предназначены для оснащения ОУ данного типа.
 2. Выбирается очередной тип КСА.
 3. Оценивается возможность реализации в КСА всех ФЗ из состава данного ФП для данного типа ОУ. Положительный результат оценки формируется в том случае, если каждая ФЗ входит либо в список реализованных в КСА задач, либо в список новых задач КСА. Отрицательный результат оценки формируется в противном случае. Если результат отрицательный, то осуществляется переход к п. 17.
 4. Оценивается состояние разработки КСА (“КСА разработан”). Положительный результат оценки формируется в одном из следующих случаев:
 - а) стадия жизненного цикла КСА – “серийный”;
 - б) стадия жизненного цикла КСА – “разрабатываемый”, запланирована разработка данного КСА с завершением не позднее окончания данного ЭП.Отрицательный результат оценки формируется в противном случае. Если результат отрицательный, то осуществляется переход к п. 8.
 5. Оценивается реализация в КСА всех ФЗ из состава данного ФП для данного типа ОУ. Положительный результат оценки формируется в том случае, если каждая ФЗ входит либо в список реализованных в КСА задач, либо в список реализуемых новых ФЗ при разработке КСА. Отрицательный результат оценки формируется в противном случае. Если результат отрицательный, то происходит переход к п. 12.
 6. Оценивается возможность изготовления КСА до окончания данного ЭП. При получении отрицательного результата оценки осуществляется переход к п. 17.
 7. Создается работа на изготовление КСА на основе распределения финансовых и временных ресурсов, полученного при оценке в п. 6. Происходит переход к п. 16.
 8. Оценивается возможность разработки КСА до окончания данного ЭП. В случае отрицательного результата осуществляется переход к п. 17.
 9. Оценивается возможность изготовления КСА до окончания данного ЭП. При отрицательном результате оценки происходит переход к п. 17.
 10. Разрабатывается КСА с учетом типовых проектных решений на основе распределения финансовых и временных ресурсов, полученного при оценке в п. 5.
 11. Создается работа по изготовлению КСА на основе распределения финансовых и временных ресурсов, полученного при оценке в п. 6. Осуществляется переход к п. 16.
 12. Оценивается возможность корректировки планов по разработке КСА для реализации всех ФЗ из состава данного ФП. В случае отрицательного результата оценки происходит переход к п. 17.
 13. Оценивается возможность изготовления КСА до окончания данного ЭП. При отрицательном результате оценки осуществляется переход к п. 17.
 14. Корректируется разработка КСА на основе распределения финансовых и временных ресурсов, полученного при оценке в п. 12.
 15. Создается работа по изготовлению КСА на основе распределения финансовых и временных ресурсов, найденного при оценке в п. 13. Осуществляется переход к п. 16.
 16. Если стоимость созданных работ по изготовлению (корректировок работ) и разработке данного типа КСА больше нуля и меньше, чем стоимость созданных работ по изготовлению (корректировок работ) и разработке ранее рассмотренных типов КСА, то работы по изготовлению (корректировки работ) и разработке ранее рассмотренных типов КСА удаляются. В противном случае удаляются работы по изготовлению (корректировки работ) и разработке данного типа КСА.
 17. Если рассмотрены не все типы КСА, то происходит переход к п. 2.
 18. Конец выполнения процедуры.

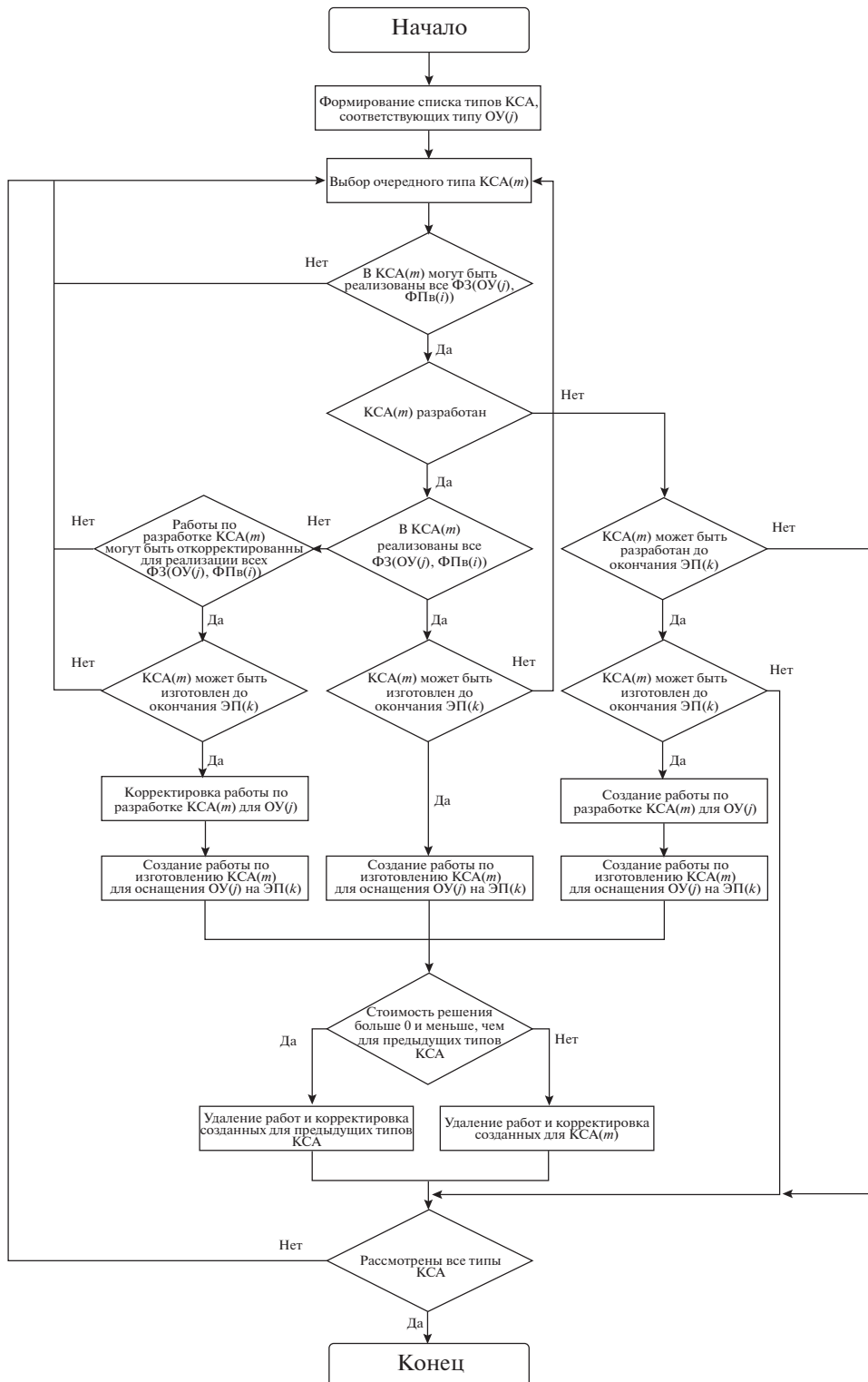
Создание решения на оснащение ОУ(j) новым КСА на ЭП(k)

Рис. 3. Процедура создания решения на оснащение ОУ новым КСА на ЭП

Блок-схема данной процедуры приведена на рис. 3.

8. Система поддержки принятия решений по созданию и развитию РИУС. Для решения поставленной задачи с использованием вышеописанного научно-методического аппарата в настоящее

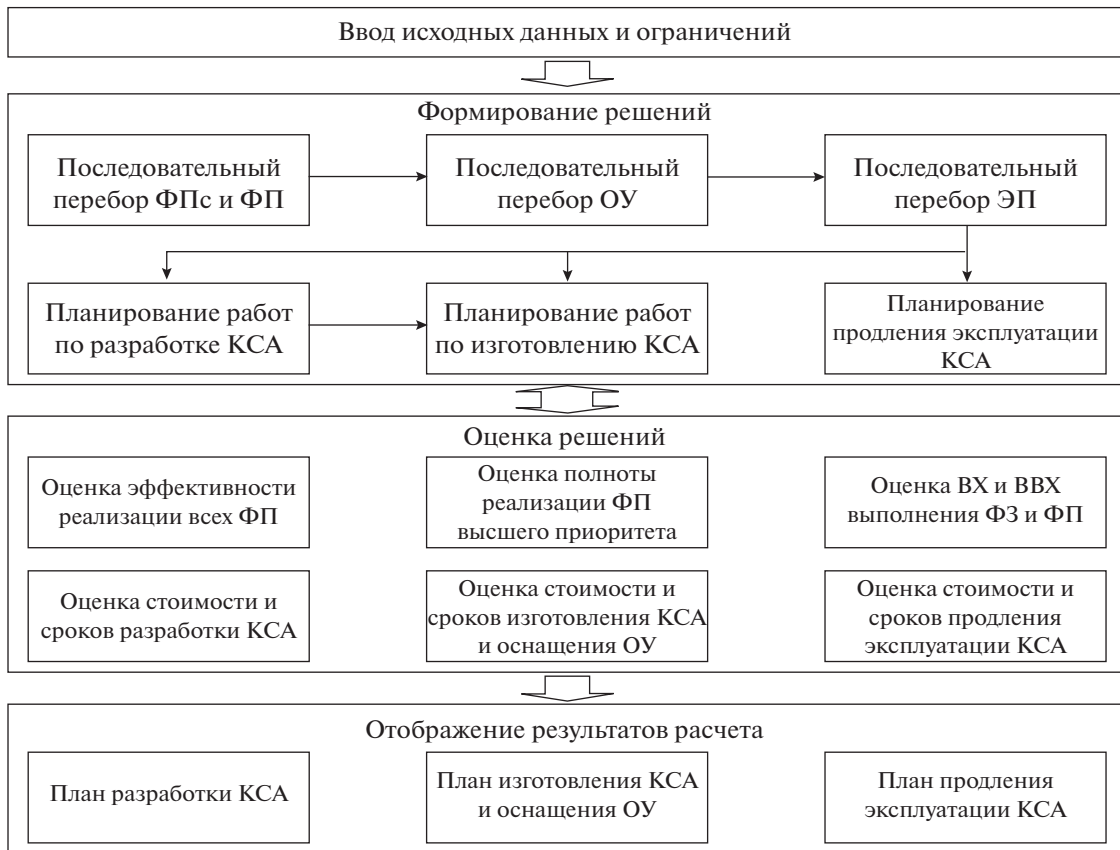


Рис. 4. Обобщенная схема решения задачи формирования решений по развитию РИУС с использованием системы поддержки принятия решений

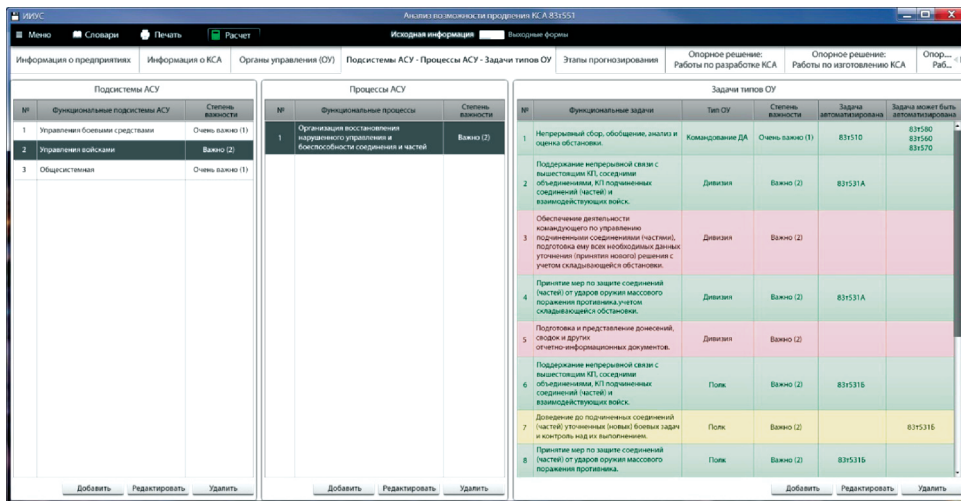


Рис. 5. Экранная форма ввода информации о функциональных подсистемах, процессах и задачах

время разрабатывается автоматизированная система 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 рис. 4. Ряд основных

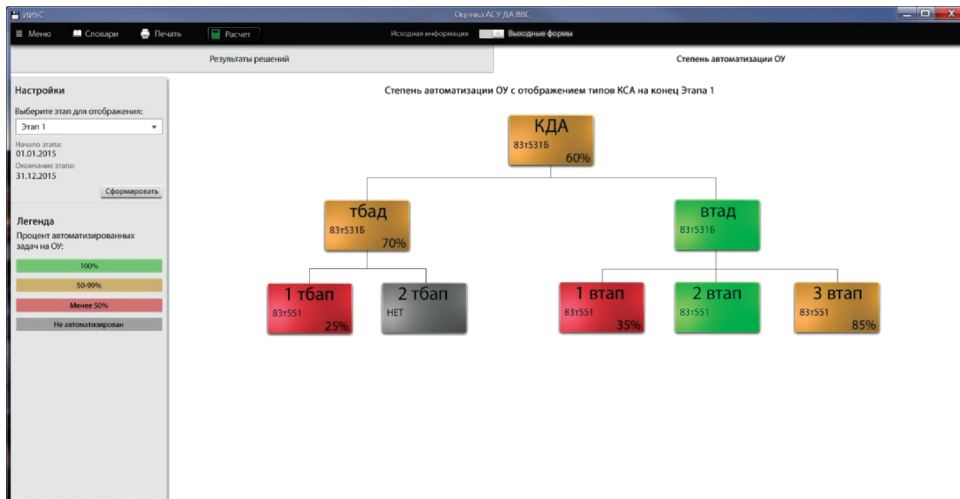


Рис. 6. Вывод решения по степени автоматизации органов управления на плановом этапе

экранных форм данной системы приведен на рис. 5 и 6. Рассмотренная на рис. 5 экранная форма предназначена для ввода, просмотра и редактирования исходных данных о ФПс, ФП и ФЗ моделируемой системы. Представленная на рис. 6 экранная форма предназначена для отображения организационной структуры в виде схемы с цветовым кодированием для каждого ОУ степени автоматизации ФЗ применительно для каждого ЭП.

Заключение. Рассмотрена постановка задачи выбора системотехнических решений по созданию (развитию) РИУС организационного типа. Анализ алгоритмической сложности поставленной задачи и особенностей рассматриваемой предметной области позволил сформировать систему моделей и методов, применение которых целесообразно для ее решения. Данные модели и методы предлагается программно реализовать в составе разрабатываемой системы поддержки принятия решений, которая может быть применена в аппаратах главных конструкторов автоматизированных систем различного назначения, а также в заказывающих министерствах и ведомствах РФ при обосновании планов и работ по созданию и развитию РИУС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушуев С.Н., Осадчий А.С., Фролов В.М. Теоретические основы создания информационно-технических систем. СПб.: ВАС, 1998.
2. Шпак В.Ф., Директоров Н.Ф., Мирошников В.И. и др. Информационные технологии в системе управления ВМФ. СПб.: Элмор, 2005.
3. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем. М.: СИНТЕГ, 2002.
4. Бородакий Ю.В., Боговик А.В., Курносов В.И. и др. Основы теории управления в системах специального назначения / Под общей ред. Ю.В. Бородакия, В.В. Масановца. М.: Управление делами Президента Российской Федерации, 2008.
5. Лясковский В.Л. Системотехнические основы автоматизации процессов обработки информации и управления в иерархических системах военного назначения. Тверь: ВА ВКО, 2014.
6. Khan K.M., Zhang Y. Managing Corporate Information Systems Evolution and Maintenance. United Kingdom, London. Idea Group Inc (IGI), 2005.
7. Буренок М.В., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. М.: Вооружение, политика, конверсия, 2004.
8. Малащенко Ю.Е., Назарова И.А. Модель управления поэтапной модернизацией гетерогенной вычислительной системы // Изв. РАН. ТиСУ. 2016. № 6. С. 83–96.
9. Лясковский В.Л., Черваков О.В., Истомин В.В. и др. Основы проектирования и эксплуатации автоматизированных систем управления военного назначения: учеб. пособие / Под ред. В.Л. Лясковского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.
10. Постановление Правительства РФ от 26.06.1995 № 594 "О реализации Федерального закона "О поставках продукции для федеральных государственных нужд".

11. *Пильщиков Д.Е.* Методы и методики создания перспективных КСА для пунктов (органов) управления ВВС на основе применения типовых проектных решений и процедур. Тверь: ВА ВКО, 2005.
12. *Лясковский 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.
13. *Лясковский В.Л.* Методологические основы создания (развития) и оснащения иерархических автоматизированных систем специального назначения. Тверь: ВА ВКО, 2010.
14. *Лясковский 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.
15. *Лясковский В.Л., Бреслер И.Б., Алашеев М.А.* Постановка задачи формирования направлений развития автоматизированных систем организационного типа и алгоритм ее решения // Программные продукты и системы. 2017. Т. 30. № 2. С. 165–171.
16. *Лясковский В.Л., Бреслер И.Б., Алашеев М.А.* Формализация, оценка алгоритмической сложности и метод решения задачи выбора системотехнических решений по созданию (развитию) распределенных информационно-управляющих систем // Вестн. ТвГУ. Сер.: Прикладная математика. 2017. № 3. С. 73–91.
17. *Лясковский В.Л., Бреслер И.Б., Алашеев М.А.* Система поддержки принятия решений по созданию (развитию) распределенных информационно-управляющих систем организационного типа // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 6. С. 61–72.
18. *Lyaskovsky V.L., Bresler I.B., Alashev M.A.* The Approaches to Developing the Distributed Information-control Systems of Organizational Type // ITM Web of Conf. Moscow. 2018. Т. 18. С. 01005.
19. *Лясковский В.Л.* Об одном универсальном показателе оценки функциональной эффективности иерархических автоматизированных систем организационного типа // Электронные информационные системы. 2015. № 4 (7). С. 15–21.
20. *Лясковский В.Л., Бреслер И.Б., Алашеев М.А., Дейкина М.В.* Методика экспресс-оценки временных и стоимостных параметров разработки и изготовления средств автоматизации для распределенных информационно-управляющих систем // Электронные информационные системы. 2018. № 1 (16). С. 41–55.