

УДК 004.91

В. Г. Путятин, В. А. Валетчик, В. А. Додонов
Институт проблем регистрации информации НАН Украины
ул. Н. Шпака, 2, 03113 Киев, Украина

Системный подход к проектированию автоматизированных систем обработки информации и управления

Выполнен анализ общих принципов системного подхода к проектированию автоматизированных систем обработки информации и управления. Предложена итерационная логическая схема проектирования, в рамках которой выделены три основных класса задач, решаемых на каждом из этапов. Приведено описание решающих процедур, выполняемых в пределах каждого этапа.

Ключевые слова: система, системный подход, проектирование, альтернатива, выбор.

В последние годы широкое применение находят автоматизированные системы обработки информации и управления (АСОИУ), к классу которых относятся современные пилотажно-навигационные комплексы, радиолокационные комплексы и системы обнаружения и определения координат объектов, электронно-оптические системы обнаружения и целеуказания, территориальные автоматизированные системы воздушно-морского и наземного наблюдения, бортовые информационно-управляющие системы. Проектирование таких систем представляет сложную в научном плане проблему.

В настоящей работе рассматривается подход к ее решению.

1. Постановка задачи системного проектирования АСОИУ

1.1. Особенности АСОИУ как объекта проектирования

В общем случае АСОИУ предназначена для сбора, передачи, хранения, обработки, отображения, распределения и выдачи информации потребителям. Она представляет собой интегрированную информационно-управляющую систему, объединяющую информационные ресурсы и обеспечивающую в рамках единых стандартов сбор, накопление, обработку, поиск и представление информации в интересах органов управления.

© В. Г. Путятин, В. А. Валетчик, В. А. Додонов

Особенности АСОИУ как объекта проектирования определяются в основном ее назначением и назначением системы более высокого ранга, для которой она создается. Не останавливаясь на возможных случаях применения АСОИУ, рассмотрим особенности ее как структурно-сложной многофункциональной системы. Это, прежде всего, жесткие ограничения на время готовности и надежность системы, которые непосредственно влияют на эффективность системы.

При проектировании АСОИУ необходимо учитывать особенности внешней среды, с которой она соприкасается при эксплуатации, и особенности внешней обстановки. Важной особенностью АСОИУ является наличие нелинейной реакции системы на различные изменения внешней среды и внешней обстановки, что приводит к многообразию структур различных контуров управления.

Одной из существенных особенностей АСОИУ является неавтономность ее информационного контура, жизненная необходимость постоянной связи с внешней средой (либо с источниками информации о внешней обстановке).

Особенностью АСОИУ являются также сильные перекрестные связи между контурами управления и органами управления. Наличие иерархии в структуре системы предусматривает обычный (функциональный) контур управления вектором регулируемых переменных, а также специальный контур управления самим функциональным контуром (перестройка его структуры, подключение резервных подсистем и элементов, передача управления персоналу). В системе процесс существует на трех уровнях (объект, подсистемы, система в целом), причем действует принцип подчинения низших уровней высшим. Это означает, что каждая подсистема по своему составу представляет часть более крупной системы (системы высшего уровня или ранга), и цели каждой подсистемы подчинены целям систем более высокого уровня и служат средством их достижения. Иерархия системы является отражением иерархии целей.

Учет реальных и особых условий функционирования системы приводит к необходимости отработки алгоритмов и аппаратуры системы в полунатурных условиях и проведения натурных (полигонных) испытаний, результаты которых в дальнейшем используются в качестве обратных связей, влияющих на процесс проектирования.

В качестве существенной особенности АСОИУ следует отметить также невозможность проведения целого ряда испытаний системы в реальных условиях. Это, в свою очередь, определяет высокие требования к обоснованию программ математического и полунатурного моделирования АСОИУ с целью извлечения на этих этапах максимального объема информации о поведении системы в реальной обстановке.

Таким образом, АСОИУ являются ярким представителем класса сложных иерархических многофункциональных систем. Отличительными особенностями системы являются: наличие большого числа взаимосвязанных между собой разнородных элементов, объединенных в систему для достижения цели; многомерность, обуславливаемая большим числом взаимно переплетающихся связей между подсистемами (элементами); многокритериальность, связанная с разнообразием требований, предъявляемых к системе; многообразие структур, которое характеризуется разнообразием способов организации подсистем (устройств); многоо-

бразии природы подсистем, обусловленное их различной физической сущностью; наличие развитой системы математического и программно-алгоритмического обеспечения для обработки в реальном масштабе времени больших информационных потоков; иерархичность структуры, уникальность технических решений; большая трудоемкость разработки и натурных испытаний; многоплановость в научном отношении. Все эти факторы делают проблему проектирования систем важной и актуальной, решение которой существенно повысит эффективность их разработки.

1.2. Общая постановка задачи проектирования АСОИУ

В общем случае АСОИУ представляют собой совокупность сложных многофункциональных комплексов радиоэлектронных, радиотехнических, электронно-оптических и цифровых вычислительных средств. Создание таких систем, состоящих из подсистем и устройств на разнородных физических принципах функционирования, представляет собой сложную комплексную научно-техническую проблему, связанную с проведением разноплановых прикладных исследований в области проектирования, разработки, всех видов испытаний и применения системы по прямому назначению.

Среди большого количества существующих проблем проектирования АСОИУ большое внимание уделяется проблеме формирования и анализа всех альтернативных вариантов структуры системы и выбора тех из них, которые наиболее полно удовлетворяют предъявляемым требованиям. При этом выбор предпочтительного варианта системы зависит от возможности количественной оценки каждой альтернативы. Оптимизация структуры системы является одной из важнейших задач, решаемых на этапах раннего проектирования АСОИУ как сложной системы.

Рассмотрим подход к формулировке задачи проектирования АСОИУ. Проектирование АСОИУ или ее крупных подсистем (модулей) состоит из двух основных этапов: внешнего проектирования (обоснование исходных данных для проектирования системы) и внутреннего проектирования (проектирование системы в соответствии с сформулированными исходными данными).

Исходные данные обосновываются путем всестороннего рассмотрения условий работы и требований, предъявляемых к АСОИУ, исходя из ее назначения. При этом одной из наиболее важных и трудоемких задач является установление основных показателей системы, которые в наибольшей мере определяют ее качество. Эти показатели часто называют внешними или входными параметрами системы и обозначают $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$. К ним относятся, например, среднеквадратическая ошибка воспроизведения сообщений $\varepsilon_{эф}$, рабочая длина волны λ , занимаемая в эфире полоса частот Δf , максимальная дальность действия R_{\max} , среднее время безотказной работы $\Delta t_{ср}$, вес G , объем V , время T_p , затрачиваемое на разработку и ввод системы в эксплуатацию, стоимость C и др.

По условиям задачи значения некоторых из параметров $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ должны быть фиксированными, а остальные могут в процессе проектирования варьироваться (выбираться). Пусть варьируемые внешние параметры есть $\alpha_1, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_s$ ($s \leq n$).

Рассмотрим влияние на качество системы монотонного увеличения одного из этих параметров, например α_i , при прочих равных условиях, т.е. при неизменных условиях работы системы и неизменных значениях всех остальных параметров системы. Очевидно, при этом возможен лишь один из следующих случаев:

- 1) с ростом α_i качество системы улучшается;
- 2) с ростом α_i качество системы ухудшается;
- 3) с ростом α_i качество системы не изменяется;
- 4) с ростом α_i качество системы изменяется немонотонно (т.е. сначала ухудшается, а затем улучшается или, наоборот — сначала улучшается, а затем ухудшается);
- 5) на данном этапе проектирования не удастся по тем или иным причинам установить характер зависимости качества системы от значений параметра α_i .

Очевидно, в третьем случае параметр α_i не является внешним (т.е. существенно влияющим на качество системы) и может при проектировании вообще не учитываться. В дальнейшем, если при монотонном увеличении параметра α_i имеет место первый или второй случай, этот параметр называется показателем качества системы и обозначается K_i . Во всех остальных случаях α_i не относится к классу показателей качества и называется просто варьируемым параметром системы. Качество системы реализуется через совокупность K_i .

Качество системы — совокупность свойств, определяющих степень пригодности системы для использования по назначению.

Показателем качества K_i ($i = 1, \dots, m$) системы является такая числовая характеристика системы, которая связана с ее качеством строго монотонной зависимостью — чем больше (чем меньше) величина K_i , тем лучше система при прочих равных условиях. На практике под показателем качества K_i ($i = 1, \dots, m$) понимают количественную характеристику одного или нескольких свойств системы, составляющих ее качество, рассматриваемую применительно к определенным условиям проектирования (создания) и эксплуатации системы.

В большинстве случаев, даже не проводя анализ действия системы, можно сказать, какие из ее варьируемых (выбираемых) внешних параметров могут при сформулированных исходных данных рассматриваться как показатели качества.

Показатели качества АСОИУ зависят от условий ее функционирования и технических параметров системы. Если эти условия случайны, то случайны и K_i . Эффективность АСОИУ зависит от K_i .

Рассмотрим теперь такой показатель системы, как ее стоимость C . Очевидно, практически всегда можно утверждать, что при прочих равных условиях, чем меньше C , тем лучше система. Поэтому стоимость C всегда может считаться показателем качества системы.

При решении вопроса о том, может ли данный показатель α_i являться показателем качества, влияние этого показателя на качество системы должно рассматриваться при прочих равных условиях, в частности, при сохранении неизменных значений всех остальных показателей системы. В противном случае, даже в отношении такого показателя как стоимость C , нельзя утверждать, что «чем меньше стоимость, тем лучше система», ибо при уменьшении стоимости C могут ухудшаться такие важнейшие K_i , как среднеквадратическая ошибка воспроизведения

сообщений, среднее время безотказной работы, максимальная дальность действия и др.

С учетом изложенного, совокупность $D = \{D_1, \dots, D_n\}$ всех исходных данных можно разбить на следующие подгруппы:

- 1) совокупность $U = \{U_1, U_2, \dots, U_p\}$ условий;
- 2) совокупность $O_s = \{O_{s1}, O_{s2}, \dots, O_{sq}\}$ ограничений на структуру и параметры проектируемой системы;
- 3) состав совокупности (вектора) $K = \langle K_1, K_2, \dots, K_m \rangle$ показателей качества системы;
- 4) совокупность $O_k = \{O_{k1}, O_{k2}, \dots, O_{kr}\}$ ограничений, накладываемых на показатели качества.

Ограничения O_s , накладываемые на структуру и параметры проектируемой системы, содержат, во-первых, ограничения на структуру системы. Эти ограничения в зависимости от решаемой задачи могут варьироваться от весьма слабых (нежестких) до весьма сильных (жестких). Ограничения на структуру системы могут иметь и промежуточные значения.

При сильных ограничениях структура системы задана полностью, за исключением численных значений ее параметров. Например, может быть полностью задана принципиальная схема системы, и в процессе проектирования варьируются лишь численные значения параметров этой схемы.

При слабых ограничениях задается лишь класс систем, к которому должна принадлежать проектируемая система. Например, требуется, чтобы система принадлежала к классу нерандомизированных систем или линейных стационарных систем и т.д. Если сигнал также должен быть сформулирован, то задают соответствующие ограничения на класс сигналов.

В промежуточном случае одни части системы должны удовлетворять сильным ограничениям, другие — слабым. Соответствующие ограничения формулируются математически. Например, если система проектируется в классе линейных стационарных систем, то это значит, что она определяется передаточной функцией $W(p)$, вид которой должен быть найден в результате проектирования.

Во-вторых, совокупность O_s содержит ограничения на параметры $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ системы. Эти ограничения могут быть типа равенств ($x_i = x_{i0}$), неравенств ($x_i \leq x_{im}$ или $x_i \min \leq x_i \leq x_{im}$), дискретности ($x_i = 1, 2, 3, \dots$), связи [$\Phi_j(x_1, \dots, x_n) \leq 0$ или $\Phi_j(x_1, \dots, x_n) = 0$], $j = 1, l$, и иного характера.

Вектор $K = \langle K_1, K_2, \dots, K_m \rangle$ включает совокупность тех показателей качества системы, которые должны учитываться в процессе проектирования. При формулировке исходных данных определяется лишь состав этой совокупности, т.е. указывается, что именно следует понимать под K_1 , что под K_2 и т.д. Численные значения составляющих K_1, K_2, \dots, K_m вектора K зависят от структуры и параметров системы и в процессе проектирования варьируются. В дальнейшем символ $СК$ будет означать, что речь идет не о величине составляющих вектора K , а лишь о составе этого вектора.

Ограничения O_k , накладываемые на величины показателей качества K_1, K_2, \dots, K_m , могут быть типа равенства ($K_i = K_{i0}$), неравенства ($K_i \leq K_{im}$, ($K_i \geq 0$)) и связи (например, $\Phi_j = (K_1, K_2, \dots, K_m) \leq 0$).

Следует отметить, что деление исходных данных на условия U , ограничения

O_s и показатели качества K_1, K_2, \dots, K_m является в известной мере условным, так как в зависимости от постановки задачи проектирования одну и ту же числовую характеристику можно рассматривать или как показатель качества, или как условие, или как ограничение. Например, диапазон температур ($T_{\min} - T_{\max}$) можно рассматривать как условие работы системы, а разность температур $\Delta T = T_{\min} - T_{\max}$, при которых система способна функционировать, можно рассматривать как один из K_i (так как при прочих равных условиях, чем больше ΔT , тем лучше система).

Ряд показателей качества (например, стоимость C , объем V и др.) в процессе проектирования часто приходится переводить в разряд ограничений (типа равенств или неравенств). Однако, несмотря на некоторую условность деления исходных данных на условия, ограничения и показатели качества, такое деление в большинстве случаев оказывается полезным.

Система (вариант построения системы) S , удовлетворяющая совокупности $\{U, O_s\}$ исходных данных, называется допустимой. В общем случае может существовать не одна допустимая система, а некоторое множество M_d допустимых систем. Допустимая система, удовлетворяющая совокупности ограничений O_k , называется строго допустимой. Иначе говоря, строго допустимой называется система, удовлетворяющая всей совокупности $D = \{U, O_s, CK, O_k\}$ исходных данных. В общем случае может существовать не одна, а некоторое множество M_{sd} строго допустимых систем.

Из всех строго допустимых систем оптимальной (наилучшей) считается та система S_{opt} , которая обладает наилучшими (в заранее установленном смысле) значением вектора K показателей качества. Следовательно, для выбора оптимальной системы S_{opt} должен быть предварительно выбран (обоснован) критерий предпочтения (критерий оптимальности), т.е. правило, на основании которого одно значение вектора K следует считать лучшим (или худшим) другого его значения.

Еще сравнительно недавно при проектировании не стремились к отысканию обязательно оптимальной системы: задача проектирования считалась успешно решенной, если удавалось найти (разработать) какую-либо строго допустимую систему. Однако в последние годы становится все более актуальной задачей создание не только строго допустимых, но и оптимальных систем. Это объясняется тем, что с каждым годом возрастают требования, предъявляемые к АСОИУ, увеличиваются сроки и расход средств, затрачиваемые на их разработку и изготовление.

Поэтому оказывается весьма существенным не просто удовлетворить требованиям O_k , предъявляемым к показателям качества системы, но и перевыполнить эти требования — уменьшить по сравнению с запланированными стоимость C системы и время T_p ее разработки, и повысить вероятность P_{yc} успешного выполнения системой основной задачи.

Задачу оптимального проектирования системы сформулируем следующим образом: найти такую систему S_{opt} , которая удовлетворяет совокупности $\{U, O_s, CK, O_k\}$ исходных данных и обладает при этом значением совокупности (вектора) $K = \langle K_1, K_2, \dots, K_m \rangle$ показателей качества, наилучшим в смысле заранее выбран-

ного критерия предпочтения (критерия оптимальности системы).

Вообще говоря, в техническое задание для проектирования системы целесообразно включать и критерий предпочтения. Однако на практике выбрать достаточно обоснованно критерий предпочтения удастся лишь в процессе самого проектирования конкретной системы высокой технической сложности. Поэтому при разработке АСОИУ и ее составных частей на этапе эскизно-технического проектирования математическая формулировка задачи оптимального проектирования АСОИУ (ее подсистем, устройств) будет конкретизирована с учетом поэтапного уточнения совместно с заказчиком требований и ограничений к условиям функционирования АСОИУ, тактико-технических характеристик и параметров АСОИУ и ее составных частей.

Наиболее перспективным в настоящее время можно считать поэлементное оптимальное проектирование. Это позволит сформулировать и решить ряд задач оптимального проектирования элементов системы и их составных частей в условиях многокритериальности, что даст возможность выбора рационального по совокупности показателей качества варианта технической реализации системы. Под рациональным вариантом будем понимать такой вариант системы, который, не являясь строго оптимальным ни по одному показателю качества, обладает приемлемой для заказчика разработки эффективностью в целом диапазоне изменения показателей качества.

1.3. Сущность системного подхода к проектированию АСОИУ

При создании АСОИУ как сложных иерархических многофункциональных систем сохраняется многоэтапный характер процесса их разработки, но требуется коренной пересмотр подхода и методов решения проблемных задач, возникающих на каждом этапе проектирования, изготовления и испытаний. Современные АСОИУ столь сложны и решают столь ответственные задачи, что успех при их разработке и испытаниях возможен лишь при широком использовании принципов системного подхода (СП) и системотехники [1–7]. Принцип системности в исследованиях сложных технических систем (СТС) предполагает выделение системообразующих связей и отношений, которые не выводятся из характеристик отдельных элементов. Значительное повышение роли системных исследований в задачах разработки и испытаний АСОИУ вызывается усложнением функций, выполняемых функциональными устройствами и приборами, а также ужесточением требований к качеству и эффективности функционирования системы.

В настоящее время признано [1–3], что пути повышения эффективности разработок СТС в основном лежат в направлении совершенствования методов и моделей их проектирования и испытаний, а создание систем невозможно сегодня без привлечения системных методов и реализации принципов СП. Именно по этим причинам с ростом сложности и многогранности АСОИУ в научном отношении становится очевидной необходимость СП к проектированию перспективных АСОИУ или, по крайней мере, наиболее крупных ее подсистем. Следует отметить, что такого рода вопросам в отечественной и зарубежной литературе придается существенное значение [4–6].

Достаточно полная и четко определенная методология системных исследова-

ний практически отсутствует. По этой причине у разных авторов приводится различное толкование СП и его принципов применительно к задачам исследования и проектирования определенных классов систем на ранних этапах их создания. Под системным подходом, являющимся общей методологией исследования, проектирования, материальной реализации и испытаний АСОИУ будем понимать совокупность методов, рассматривающих АСОИУ в виде некоторого множества взаимосвязанных подсистем, выступающих как единое целое. При этом он характеризуется не усложнением методов анализа, а выдвиганием новых принципов к объекту исследования, новой ориентацией всего направления исследований. Основные задачи системного подхода при проектировании АСОИУ сводятся к следующему:

- формированию альтернативных путей построения системы;
- формированию критериев оценки системы;
- выбору компромиссного варианта построения системы;
- сокращению числа вариантов системы за счет отсева решений, заведомо не удовлетворяющих тем или иным требованиям к системе.

Суть системного подхода к проектированию АСОИУ состоит в анализе задачи проектирования системы в целом с развитием этой задачи до уровня отдельной подсистемы при максимально полном учете всех доминирующих альтернативных проектных решений, часто конфликтных и плохо определенных. Рассматривая исследуемые и проектируемые АСОИУ как сложные системы, СП основывается на ряде положений, которые условно называют «принципами» системного подхода. Среди большого количества существующих принципов выделим наиболее важные: целостность, организованность, подходы от частей к целому и от целого к частям, комплексность подхода, иерархическая стратификация и декомпозиция, выявление и исследование всех возможных альтернатив.

1.4. Методология системного подхода

Методология системного подхода при решении задач анализа систем сводится к тому, что исследования объекта ориентируются на раскрытие его интегративных качеств, на выявление многообразных связей и механизмов, обеспечивающих эти качества. Методология системного подхода при решении задач проектирования систем состоит в следующем. Задача проектирования системы расчленяется на подзадачи проектирования ее подсистем (элементов). Причем, каждая подсистема (элемент) должна рассматриваться не сама по себе, а во взаимодействии с другими подсистемами (элементами). Решение подзадач должно происходить при условии обеспечения интегративных качеств функционирования всей системы. Для выполнения этого требования необходим единый идеологический и организационный план проектирования, связывающий все фазы в целом, начиная от исследовательской проработки до фазы изготовления и эксплуатации.

Основные черты методики системного проектирования — системность и оптимизационность, использование имитационного моделирования и вычислительной техники (ВТ). Обычно задача проектирования на данном уровне развития науки и ВТ чаще всего осуществляется как многократно решаемая задача анализа множества вариантов проекта системы.

Суть СП можно описать с помощью формализованной структуры, которая может быть применена в практике решения задач анализа, синтеза и проектирования [4, 7]:

$$S = \langle G, W, M, Q, \text{Str}(\text{Org}), \text{Ier}, P, R, a, E, B, I, C \rangle,$$

где S — совокупность методологических требований системного подхода;

G — формулирование цели проектирования, синтеза системы или ее выявление при решении задачи анализа;

W — определение интегративных качеств системы как целого и (или) методов их установления;

M — членение системы на множество ее составляющих подсистем;

Q — установление цели функционирования свойств каждой подсистемы и изучение образования механизма обеспечения цели системы как целого и ее интегративных свойств;

$\text{Str}(\text{Org})$ — анализ структуры (организации) системы, изучение ее влияния на интегративные качества системы в целом;

Ier — определение уровня иерархии данной системы и ее подсистем в иерархической структуре систем, куда входит данная система;

P, R, a — влияние свойств (P) системы на другие системы, а также выявление отношений (R) связей (a) данной системы и ее подсистем с другими системами (внешней средой);

E — изучение влияния внешней среды на систему;

B — анализ процесса функционирования системы, в том числе, ее развития;

I — анализ информационных потоков, циркулирующих в системе и поступающих из вне для целей управления ею;

C — описание принципов управления и процесса управления системой.

Приведенная структура алгоритма системного подхода не является единственной. Они достаточно многочисленны, однако принципиальных различий нет, отличия проявляются только в деталях [7].

Отметим, что в практике использования алгоритма системного подхода к проектированию возможен циклический, итерационный характер его применения как в целом, так и отдельных его этапов.

1.5. Специфика системного подхода к исследованию и проектированию АСОИУ

Системный подход требует построения укрупненных моделей, позволяющих прежде чем приступить к проектированию АСОИУ, провести моделирование (математическое, полунатурное, имитационное). Системный подход к проектированию АСОИУ включает в качестве основных компонентов решение задачи сравнительного анализа и выбора рациональных по совокупности показателей качества (ПК) вариантов системы, а также построение логической схемы проектирования (ЛСП), отражающей принцип учета последующих стадий существования системы.

2. Основные принципы построения АСОИУ

В основу построения АСОИУ положен информационно-технологический подход, который базируется на следующих основных принципах.

Принцип системного подхода к проектированию АСОИУ. Системный подход является методологической основой решения проблем на всех этапах разработки АСОИУ. СП означает, в частности, что должны быть определены цели и критерии функционирования АСОИУ и рассмотрен весь комплекс вопросов, решение которых необходимо для наилучшего соответствия проектируемой системы установленным целям и критериям.

Принцип новых задач. Суть принципа новых задач состоит в том, чтобы не просто переносить на новую техническую основу традиционные методы и приемы обработки и управления информацией, а перестраивать эти методы и менять организацию работы в соответствии с новыми возможностями, предоставляемыми ВТ.

Принцип комплексности задач. Многие задачи, которые должны решаться в рамках создаваемой АСОИУ, носят комплексный характер. Они должны решаться взаимосвязанно с другими задачами.

Принцип единой информационной базы. Взаимосвязанность и упорядоченность комплекса решаемых в АСОИУ задач определяется, прежде всего, информацией, составляющей входные и выходные данные для каждой такой задачи. Часто результат решения одной задачи является исходными данными для другой, или несколько различных задач используют общий массив исходных данных. Из этого следует принцип единой информационной базы системы. АСОИУ должна содержать базу данных, в которой накапливается и по мере необходимости обновляется вся информация, требующаяся для решения не отдельных, а всех задач данной АСОИУ. Эта база образует информационную модель объекта управления или предметной области, в которой функционирует АСОИУ.

Принцип непрерывного развития. Принцип непрерывного развития системы означает, что система должна иметь открытый характер, позволяющий вносить изменения в постановки и алгоритмы решения уже включенных в ее состав задач, а также добавлять новые задачи, развивать и модифицировать информационную модель предметной области.

Принцип первого лица. Разработка системы оказывается успешной, и ее внедрение дает ожидаемый эффект только, если эта работа проходит под непосредственным заинтересованным руководством первого руководителя организации или объекта.

Принцип открытых систем (открытость архитектурных решений). Система должна быть открытой, что в данном случае подразумевает: простоту наращивания системы новыми компонентами; возможность переноса системы на новые аппаратно-программные платформы; возможность информационной связи с системами телекоммуникаций; возможность обмена данными с существующими системами обработки информации.

Принцип модульности и иерархичности системы. Система должна строиться из модулей. При этом изменение отдельных модулей и задач не должно приводить к изменению других компонентов системы. АСОИУ формируется как модульная система из совокупности структурно-автономных сегментов с возможностью их расширения и развития без нарушения функционирования.

Принцип живучести требует повышения надежности функционирования системы в условиях риска и опасности. Это достигается физической защитой и резервированием системных компонентов, применением средств организационного и программно-аппаратного контроля их состояния и быстрого восстановления при сбойных ситуациях.

Принцип совместимости базируется на внедрении единых для всех компонентов системы интерфейсов и обеспечивает оперативное и согласованное взаимодействие составных частей системы.

3. Реализация системного подхода в задачах проектирования АСОИУ

3.1. Логическая схема системного проектирования

Конструктивной программой ведения процесса системного проектирования АСОИУ призвана служить логическая схема проектирования (ЛСП). Она определяет широкий круг задач проектирования: определение общей структуры АСОИУ, организацию взаимодействия между подсистемами и элементами, учет влияния внешней среды, выбор оптимальных режимов функционирования и управления АСОИУ, оценку эффективности системы.

Логическая схема проектирования приведена на рис. 1.

Начальной структурной границей рассматриваемой ЛСП является тактико-техническое задание (ТТЗ), конечной — конструкторская (КД) и эксплуатационная (ЭД) документация опытного образца. В основу построения ЛСП положена схема проектирования, включающая последовательность стадий, соответствующих уровням проработки системы: ТЗ; техническое предложение; эскизное проектирование; техническое проектирование; разработка рабочей технической документации (рабочий проект).

В основу построения ЛСП положены следующие принципы:

- этапы представляют линейную схему последовательной разработки проекта системы;
- возврат на предыдущий этап возможен лишь при отрицательном результате этапа;
- результатом этапа является решение, сужающее область возможной реализации АСОИУ;
- выбор проектного решения осуществляется в соответствии с ЛСП.

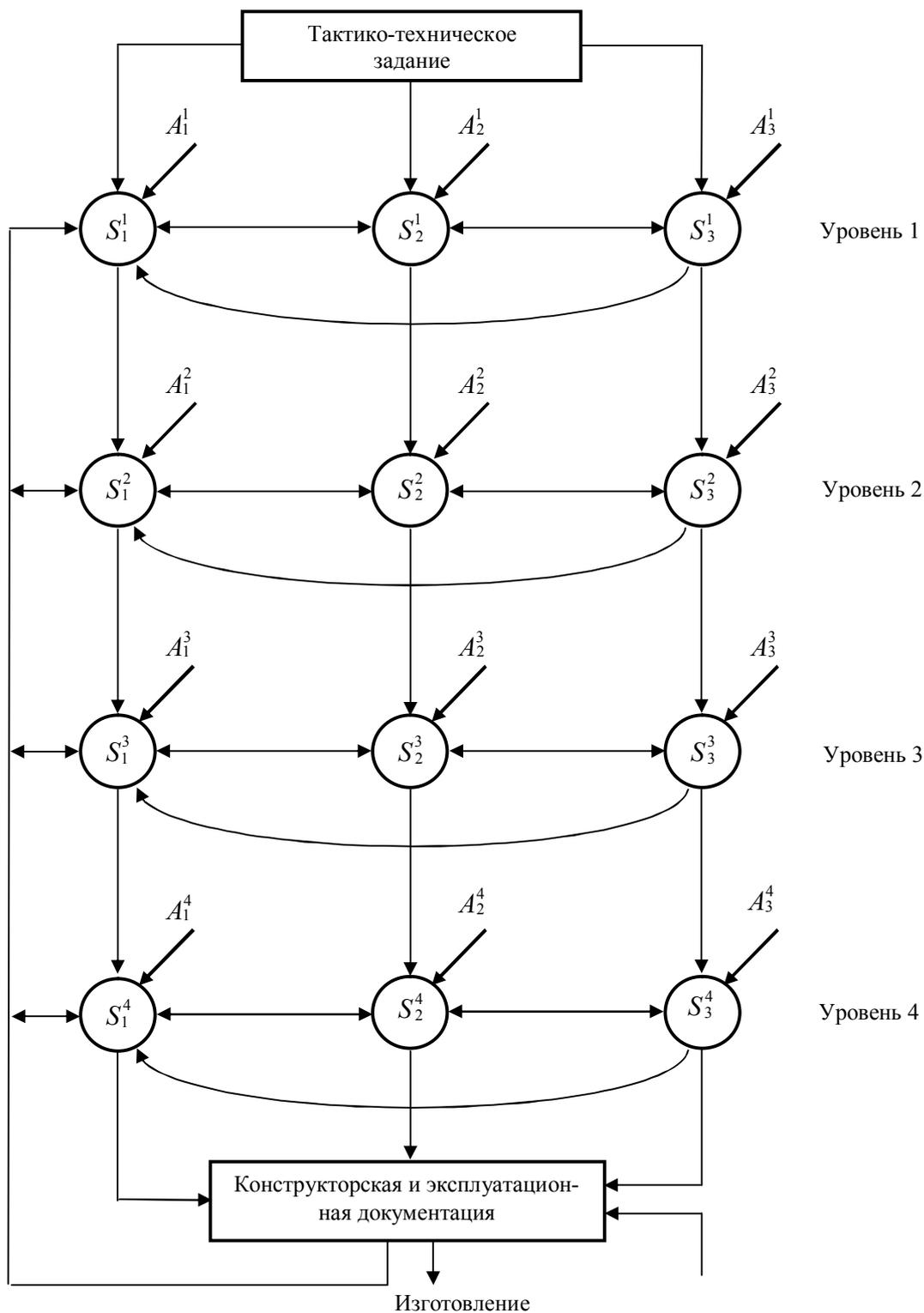


Рис. 1. Логическая схема проектирования системы

На каждом из уровней (стадий, страт) $j(j = \overline{1,4})$ решается упорядоченное множество проектных задач:

$$S^j = \{S_i^j\}, i = \overline{1,3}; j = \overline{1,4},$$

где $S^1 = \{S_1^1, S_2^1, S_3^1\}$ — проектные задачи 1-го уровня:

S_1^1 — определение архитектуры системы;

S_2^1 — формирование вариантов структурного построения системы;

S_3^1 — оценка вариантов, выбор принципиального пути построения системы.

$S^2 = \{S_1^2, S_2^2, S_3^2\}$ — проектные задачи 2-го уровня:

S_1^2 — определение способов функциональной реализации;

S_2^2 — формирование вариантов алгоритмов и функциональных схем;

S_3^2 — оценка вариантов, выбор рационального варианта функциональной структуры.

$S^3 = \{S_1^3, S_2^3, S_3^3\}$ — проектные задачи 3-го уровня:

S_1^3 — определение способов и средств технической реализации системы;

S_2^3 — формирование вариантов принципиальных схем;

S_3^3 — оценка вариантов, выбор варианта технической реализации структуры системы.

$S^4 = \{S_1^4, S_2^4, S_3^4\}$ — проектные задачи 4-го уровня,

S_1^4 — определение принципов конструктивной реализации системы;

S_2^4 — формирование вариантов конструктивного построения системы;

S_3^4 — оценка вариантов, выбор конструктивной и технологической базы системы.

$A^j = \{A_i^j\}, i = \overline{1,3}; j = \overline{1,4}$ — множество исходных данных задач.

Разработанные методы системного проектирования АСОИУ позволяют теоретически обосновать этап предварительного проектирования первичного иерархического контура системы. При этом должны быть решены следующие задачи.

1. Формирование иерархической структуры АСОИУ для декомпозиции ее на подсистемы и установления связи между ними с учетом требований, заданных в техническом задании (ТЗ), и принятых принципов построения иерархической структуры системы.

2. Формирование базовых (идеализированных) моделей выделенных подсистем (с учетом состава выделенных подсистем и внутренних возмущений).

3. Оценка качества базовых моделей выделенных подсистем — расчет количественных показателей оценки базовых алгоритмов с целью проверки их на удовлетворение дисциплинирующим условиям (ДУ), заданным в ТЗ, с учетом внешних и внутренних типовых возмущений).

4. Формирование множества возможных идеализированных вариантов каждой из выделенных подсистем на основе базовых моделей — совокупности возможных алгоритмов их действия без учета технической реализации.

5. Оценка качества моделей возможных вариантов подсистем — расчет количественных показателей оценки возможных идеализированных вариантов алгоритмов с целью проверки их на удовлетворение дисциплинирующим условиям, заданным в ТЗ.

6. Выделение множества вариантов алгоритмически допустимых моделей (алгоритмов работы) подсистем, удовлетворяющих ДУ.

7. Формирование множества вариантов технической реализации (ТР) по каждому из отобранных алгоритмов работы каждой подсистемы (формирование вариантов схемной реализации — структурной избыточности подсистем; формирование вариантов технического воплощения элементов подсистем), при заданных типах резервирования, максимальной избыточности, характеристиках элементов для каждого состава подсистем.

8. Определение значений показателей качества (ПК) — оценка качества любого из вариантов технической реализации подсистем.

9. Выделение допустимых возможных вариантов ТР подсистем, удовлетворяющих требованиям ТЗ.

10. Формирование возможных вариантов технического облика (ТО) системы.

11. Формирование обобщенных критериев оценки эффективности системы (при заданных допустимых вариантах подсистем, ПК вариантов подсистем, условиях применения системы) и их количественная оценка.

12. Выделение совокупности альтернативных вариантов системы для детального исследования на этапе эскизного проектирования (множество рациональных вариантов).

13. Принятие сложного решения по выбору технического облика проектного варианта системы в условиях многокритериальности (векторная оптимизация при заданных требованиях к весовым функциям и заданных показателях целевых функций).

Структура процесса выбора ТО системы представлена на рис. 2, где введены следующие обозначения: $V_{c.опт}$ — оптимальный вариант системы; $\Sigma V_{c.рац}$ — множество рациональных вариантов системы.

Для создания теоретической базы, полностью удовлетворяющей потребностям системного проектирования АСОИУ, необходима разработка современных методов и алгоритмов системного проектирования контуров вторичного иерархического уровня.

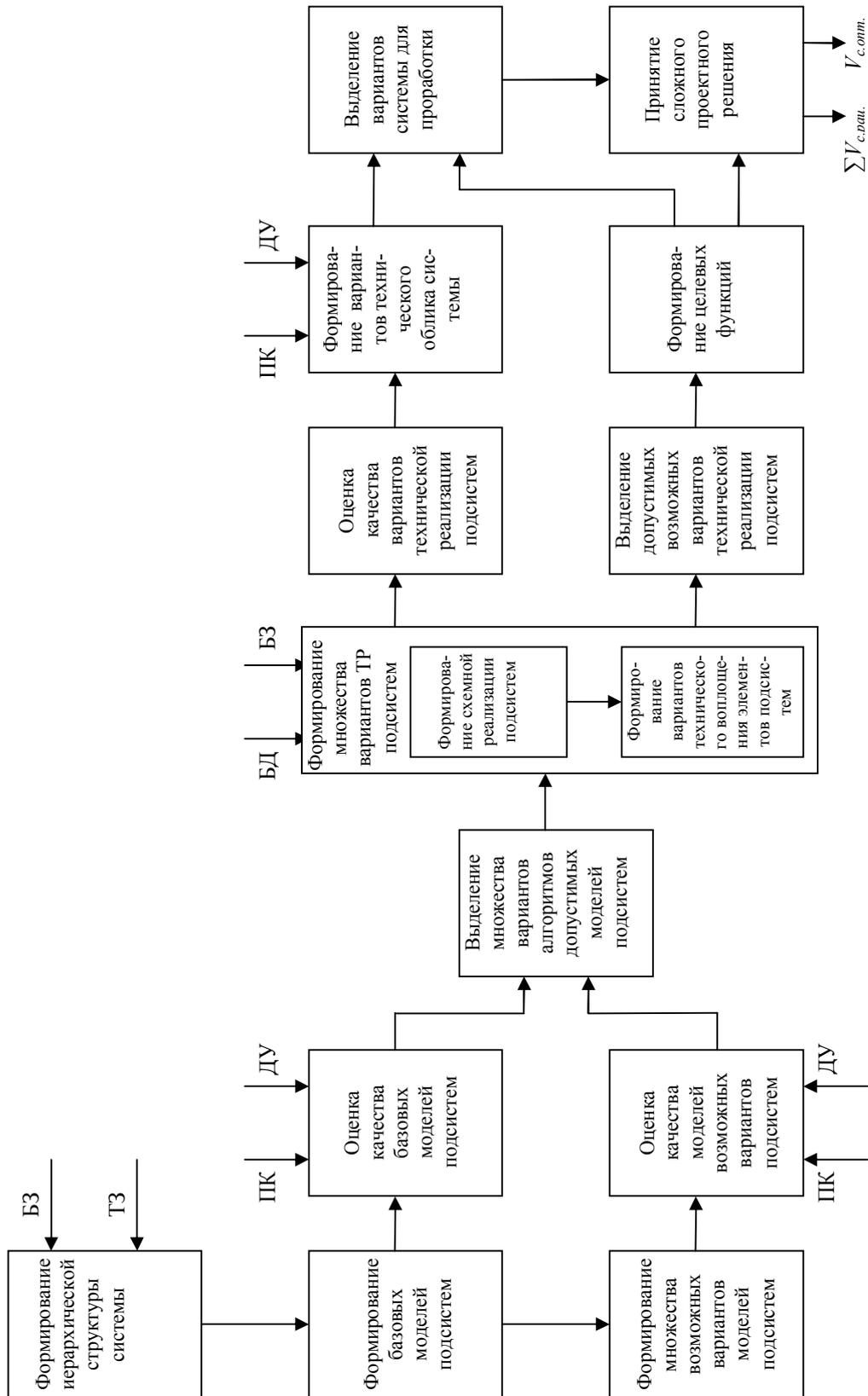


Рис. 2. Схема выбора технического облика системы

Выводы

1. Исследуемые АСОИУ характеризуются большим количеством составляющих ее элементов, структурной сложностью, функциональной и элементной избыточностью, многомерным критерием качества. Всесторонний учет таких особенностей требует анализа и коренного пересмотра сложившегося традиционного подхода к проектированию. Рассмотрены основные факторы, существенно влияющие на процесс проектирования АСОИУ и требующие совершенствования методов их проектирования.

2. Анализ практики проектирования АСОИУ как сложных многофункциональных систем показал, что традиционные методы разработки, базирующиеся на автономном проектировании подсистем, не удовлетворяют потребностей создания системы, а также содержащих ее систем более высокого ранга. При традиционных методах проектирования АСОИУ в недостаточной степени учитывались требования их системного применения, недостаточно строго обосновывалась структура системы. Признано целесообразным использовать для этих целей метод, основанный на последовательном применении системного подхода. Реализация методов системного проектирования в практику разработки АСОИУ позволяет теоретически обосновать этап предварительного проектирования технического облика системы. Приведены задачи, решаемые при выборе технического облика системы, и блок-схема процесса выбора технического облика проектного варианта системы, увязывающего эти задачи.

3. Выполнен анализ общих принципов системного подхода к исследованию, проектированию и испытаниям АСОИУ, дано обоснование необходимости его применения при разработке системы, раскрыта сущность системного подхода к проектированию АСОИУ, состоящая в анализе задачи проектирования системы в целом с развитием этой задачи до уровня отдельной подсистемы при максимально полном учете всех доминирующих альтернативных проектных решений, часто конфликтных и плохо определенных.

4. Системный подход к проектированию АСОИУ включает в качестве основных компонентов решение задачи сравнительного анализа и выбора рациональных по совокупности показателей качества вариантов системы, а также построение логической схемы проектирования, отражающей принцип учета последующих стадий существования АСОИУ. Предложена итерационная ЛСП, в рамках которой выделены три основных класса задач, решаемых на каждом из этапов: построение (генерирование) вариантов системы; задачи анализа, связанные с изучением свойств и поведения системы; задачи синтеза, сводящиеся к выбору варианта системы, исходя из заданных ее свойств. В данном случае задача анализа интерпретируется как оценка построения множества вариантов системы по совокупности показателей качества. Практическая реализация системного подхода к проектированию осуществляется путем перехода к локальным задачам оптимизации подсистем с сохранением связей, свойственных АСОИУ в целом.

5. Приведено описание решающих процедур, выполняемых в пределах каждого этапа ЛСП: декомпозиция; построение вариантов, их анализ и оценка; приня-

тие (выбор) решения. СП, как методология ранних стадий проектирования АСОИУ, связанных с выбором технического облика системы, обеспечивает сопряжение задач локальной оптимизации функциональных подсистем и интегрального процесса оптимизации системы в целом.

1. *Конторов Д.С., Голубев-Новожилов Ю.С.* Введение в радиолокационную системотехнику. — М.: Сов.радио, 1981. — 368 с.
2. *Холл А.Д.* Опыт методологии для системотехники / Пер. с англ.; Под ред. Г.Н. Поварова. — М.: Радио и связь, 1988. — 488 с.
3. *Окунев Ю.Б., Плотников В.Г.* Принципы системного подхода к проектированию в технике связи. — М.: Связь, 1976. — 184 с.
4. *Овчинников В.Г.* Методология проектирования автоматизированных информационных систем: основы системного подхода. — М.: Компания Спутник+, 2005. — 285 с.
5. *Рейнгольд Л.Д.* Структурирование информации. Системный подход. — М.: Наука, 2004. — 200 с.
6. *Шумский А.А., Шелупанов А.А.* Системный анализ в защите информации. — М.: Из-во «Гелиос АРВ», 2005. — 224 с.
7. *Щедровицкий Г.П.* Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок. — В книге Системные исследования. — М.: Наука. — Ежегодник. Системные исследования, 1981. — С. 192–227.

Поступила в редакцию 17.01.2007