

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ АСУ. КОРАБЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 681.324

А.А. Куприянов, И.В. Чернышев

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ КАЧЕСТВА КОМПЛЕКСНОЙ АСУ СИЛАМИ, ОРУЖИЕМ И СРЕДСТВАМИ

Куприянов Анатолий Александрович, кандидат технических наук, доцент, окончил радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Ведущий научный сотрудник ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Область научных интересов – методология построения и создания распределенных вычислительных систем. Имеет научные работы и статьи по направлению проектирования и разработки локальных и корпоративных сетей, комплексов средств автоматизации и автоматизированных систем управления специального и общего назначения. [e-mail: aakupr1828@rambler.ru].

Чернышев Илья Васильевич, кандидат военных наук, окончил Новосибирский электротехнический институт связи, адъюнктуру Военной академии связи им. С.М. Буденного, Ульяновский государственный технический университет. Доцент кафедры «Экономика и менеджмент» экономико-математического факультета УлГТУ. Имеет учебные пособия, статьи в области разработки и моделирования автоматизированных систем управления. [e-mail: chernyshev@ulstu.ru].

Аннотация

В статье представлено концептуальное описание (облик) комплексной автоматизированной системы управления разнородными и разнородными группировками и формированиями сил (войск), оружием и средствами (далее комплексной АСУ, КАСУ), создание которой обусловлено требованиями применения военной силы в прогнозируемых условиях ведения сетецентрической войны. Рассмотрены качественные свойства и уровни качества сложной КАСУ с использованием положений общей теории систем.

Ключевые слова: взаимодействие; высокоточное оружие; информатизация; комплексная автоматизированная система управления; лицо, принимающее решение; показатель качества; сетецентрическая война; управление.

Anatoly Alexanderovich Kupriyanov, Candidate of Engineering, Associate Professor, graduated from the Faculty of Radio-Engineering at Ulyanovsk Polytechnic Institute; leading staff scientist at FRPC OJSC 'RPA 'Mars'; interested in the field of methodology of creation and building of distributed computer systems; author of papers and articles in design and development of local and corporate networks, computer-aided packages, and special- and general-purpose computer-aided control systems. e-mail: aakupr1828@rambler.ru.

Ilya Vasilyevich Chernyshev, Candidate of Military Sciences, graduated from Novosibirsk Electrotechnical Communications College, Ulyanovsk State Technical University, finished his post-graduate study at the Military Communications Academy named after S. Budenny; Associate Professor at the Chair 'Economics and Management' of the Economics and Mathematics Faculty of Ulyanovsk State Technical University; author of text-books, articles in the field of development and modeling of computer-aided control systems. e-mail: chernyshev@ulstu.ru.

Abstract

The article presents a conceptual description of combined computer-aided control system for different-type and heterogeneous groups of forces (troops), weapons and facilities (hereinafter 'combined C2 system'). The creation of the system is determined by requirements of force engagement under predicted conditions of network-centric war. The article also gives quality features and levels of complex combined C2 system using ideas of general theory of systems.

Key words: interaction, high-precision weapon, informatization, combined computer-aided C2 system, decision-maker, quality index, network-centric war, control.

ВВЕДЕНИЕ

1 В прогнозируемых условиях ведения сетцентрической войны основным направлением совершенствования системы управления силами (войсками), оружием и средствами является комплексная автоматизация и информатизация процессов управления силами (войсками), оружием и средствами путем создания перспективной КАСУ¹. В условиях сетцентрической войны [1] КАСУ приобретает особую важность, становясь одним из главных инструментов реализации потенциала сил (войск) при ведении боевых действий (операций). При этом требуется резкое наращивание функциональности и улучшение характеристик КАСУ, включая близкие к предельным значениям характеристики функционирования системы, при возрастании объемов и сложности решаемых ею задач.

Необходимость создания и развития КАСУ [2] на основе общесистемных принципов построения и функционирования распределенных компьютерных систем, новых средств вычислительной техники (СВТ), передачи данных и взаимодействия «человек-компьютер», межобъектовой и межперсональной коммуникации, информационных и интеллектуальных технологий для автоматизации управления и высокоуровневой обработки информации (данных, знаний) в интересах командования, штабов (оперативного состава органов управления (ОУ)) и боевых расчетов обусловлена:

- разработкой принципиально новых систем (комплексов) оружия (или средств воздействия), в том числе управляемого и высокоточного², и средств вооружения;

1 Используемый термин «интегрированная АСУ» (ИАСУ) характеризует многоуровневую систему сбора, формирования, обработки, доведения и представления информации на объектах системы управления. Речь идет об интеграции систем, оперирующих преимущественно информацией распорядительного (командного) и плано-учетного характера. Применительно же к реальным объектам системы управления возникает ситуация, когда интегрируются разнородные системы – АСУ формирования сил (войск), АСУ видами обеспечения, АСУ управления оружием и др. Возникающие в результате такой интеграции проблемы при реализации алгоритма управления силами (войсками), оружием и средствами являются комплексными, поэтому целесообразно называть интегрированные АСУ этого класса комплексными, тем более что они могут быть не только многоуровневыми, но и одноуровневыми. Существенен также сам комплексный характер воздействия на объекты противника различными средствами поражения (в том числе средствами радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и информационной войны) из различных сфер (суша, вода, воздух, космос).

При построении как ИАСУ, так и КАСУ встречается много общих проблем, однако имеются и отличия, связанные с разнородностью включаемых элементов и целями их взаимодействия и интеграции.

Конечно, по большому счету, дело не в наименовании, а в содержании автоматизируемых процессов, функциональных возможностей, заложенных технических решений системы, адекватных современным требованиям проведения операций. Здесь важны не терминологические точности, а существо этих понятий.

- применением новых форм и способов ведения боевых действий (операций) и демонстрации военной силы при решении поставленных задач;

- увеличением сложности задач боевых и вспомогательных АСУ и обработки информации.

Создание КАСУ подтверждается сформировавшимися разноплановыми установками и подходами заинтересованных лиц к разработке современных систем и средств автоматизации предметной области (ПрО). При этом требуется:

- проведение единой технической политики при создании информационно-управляющих систем, обеспечивающих эффективное применение сил (войск); заблаговременное вскрытие угроз безопасности и предупреждение таких угроз в зоне ответственности группировок и формирований сил (войск);

- комплексирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполняемых в рамках различных заказов по направлениям (сферам) вооруженной борьбы, управления и взаимодействия;

- формирование единой информационной инфраструктуры, в том числе за счет обеспечения межвидовой стандартизации и унификации средств автоматизации;

- разработка унифицированных функциональных систем (подсистем) для реализации общих и частных функций управления и создания на их базе единого защищенного информационного пространства объединений и соединений сил (войск) в составе единого защищенного информационного пространства ВС;

- разработка и развитие нормативно-технической базы, регламентирующей алгоритмы и систему протоколов информационного взаимодействия и функционирования систем (их комплексов средств автоматизации);

- разработка и внедрение средств обеспечения безопасности информации (адекватных реалиям), в том числе в условиях ведения информационной войны.

2 При создании КАСУ предполагается существенное продвижение решения одной из ключевых проблем –

2 Высокоточное оружие (ВТО) – управляемое на траектории полета средство поражения, обеспечивающее независимо от дальности стрельбы, с высокой вероятностью (близкой к единице), согласование зоны поражения боевой части и зоны уязвимости объекта поражения, функционально объединенное с системами информационного обеспечения [3]. В целом, под высокоточным оружием (боеприпасом) понимается оружие, оснащенное системой наведения, самонаведения или их комбинацией, обеспечивающей в пределах его досягаемости вероятность попадания при одном пуске (выстреле) в заданную цель 0,5 и более. Данное определение учитывает влияние высокоточных средств поражения на боевые возможности формирований Вооруженных сил (ВС), изменение характера их применения в боевых действиях.

По взглядам военного командования США и НАТО, широкое и внезапное применение ВТО создает условия для ведения ограниченной, а в последующем и всеобщей войны только обычными средствами.

реализации логической модели (алгоритма) управления группировками и формированиями сил (войск), оружием и средствами. Так как несоблюдение основополагающих принципов построения АСУ, в том числе принципа «первого руководителя», приводило и будет приводить к тому, что органы управления работают без «тесного» функционального и информационного взаимодействия по вертикали и горизонтали, в результате чего деятельность того или иного ОУ выпадает из единой логической модели работы всей системы управления силами (войсками). Эта проблема решается путем «тотального» применения информационно-коммуникационных систем и систем обмена данными (СОД) в интересах оперативного состава ОУ всех уровней, которые выполняют свои функциональные (ролевые) обязанности с помощью средств автоматизации и обработки информации.

КАСУ реализует функции по сбору, накоплению, обработке и передаче данных. Алгоритм действия системы включает четыре фазы:

- наблюдение (освещение обстановки, мониторинг событий, разведка);
- анализ (выявление потенциальных угроз по данным наблюдения, предложения и контрмеры по нейтрализации этих угроз);
- решение (целеполагание, планирование, поддержка принятия решения);
- действие (применение формирований сил (войск), комплексов оружия).

Существующие идеи, методы, принципы, технологии, средства автоматизации, передачи данных и связи позволяют построить КАСУ, решающую любые задачи автоматизации управления силами (войсками), оружием и средствами. Необходимо, чтобы эти задачи были поставлены и был выбран путь их реализации: революционный – создание множества АСУ Про (различных по назначению, функциям, задачам, количеству программно-технических средств) с одинаковой (подобной) архитектурой и на единых принципах в структуре КАСУ, либо эволюционный – модернизация и совершенствование существующих систем и их объединение (также на новых принципах) в структуру КАСУ. В результате КАСУ может включать два класса систем – вновь разрабатываемые и/или модернизируемые (именно модернизируемые, а не просто унаследованные системы).

Таким образом, создание КАСУ определяется требованиями автоматизации процессов управления силами (войсками), в том числе при выполнении операций сил (войск) в ходе сетецентрической войны.

СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАСУ

Создание КАСУ должно производиться на основе оперативно-технических требований к средствам автоматизации управления и обработки информации в прогнозируемых условиях применения сил (войск), оружия и средств. Характер и направленность этих требований определяются объективными факторами, в том числе:

- интенсивным развитием систем и средств РЭБ и информационной войны;

- высокой эффективностью систем и средств разведки, наблюдения и контроля обстановки;

- опережающим развитием систем С4I (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence) – командование, управление, коммуникации, вычислительные системы, разведка.

Характер требований также определяется изменениями условий выполнения задач силами (войсками), в том числе «сжатием» времени цикла управления группировками, формированиями и отдельными носителями (платформами) сил (войск), времени планирования и применения оружия (средств поражения) до реального масштаба времени.

Также все большую значимость приобретают процессы сбора, обработки и доведения данных обстановки во всех сферах деятельности сил (войск), в том числе данных обстановки, складывающейся в околоземном космическом пространстве, в частности информации о военно-космических группировках и средствах. Это обусловлено развитием космических вооружений и технологий: средств связи и передачи данных, навигации, разведки и целеуказания, метео- и топогеодезического обеспечения, предупреждения о ракетном нападении и их вкладом в обеспечение общей эффективности разнородных сил (войск).

Поэтому одной из важных функций КАСУ является формирование и доведение до ОУ информации об обстановке, в которой осуществляется деятельность сил (войск), и обеспечение принятия решений на разных уровнях управления. При этом определенные технические и организационные решения КАСУ должны обеспечивать получение всеми ОУ информации (в требуемом объеме, виде и темпе) об обстановке, а также, что немаловажно, ее своевременное и адекватное представление оперативному составу командования, штабов и боевых расчетов.

Решения КАСУ должны способствовать повышению эффективности выполнения операций³ сил (войск) путем автоматизации процессов деятельности группировок и формирований сил (войск) в мирное и военное время. Переход в различные состояния военной напряженности группировок и формирований сил (войск), оружия и средств должен осуществляться в реальном масштабе времени.

КАСУ предназначена для решения двух классов задач:

- управления и информационной поддержки процессов принятия решений по управлению силами (войсками) и средствами;

- информационной поддержки обеспечения повседневной деятельности оперативного состава.

В итоге, КАСУ для реализации соответствующих процессов, должна включать системы реального времени и информационные системы (ИС).

Основная особенность систем реального времени заключается в том, что они контролируют и контролируются

³ Операция – совокупность согласованных и взаимосвязанных по цели, задачам, месту и времени одновременных и последовательных операций нижестоящего уровня, сражений, боевых действий, ударов и маневра сил (войск), проводимых по единому замыслу и плану для решения задач на операционном направлении; форма военных действий. (Словарь оперативно-стратегических терминов. – М., 2006).

внешними событиями; реагирование на эти события во времени – основная и первоочередная функция таких систем.

Информационные системы обеспечивают поддержку подготовки решений командования на применение сил (войск), оперативное управление деятельностью сил (войск) на основе автоматизации функций ОУ. Решаемые в информационных системах задачи определяют состав информации, циркулирующей в ИС, и являются исходными данными, определяющими содержание информационного обмена ИС с другими системами.

Некоторые отличия систем реального времени от ИС представлены в таблице 1.

В составе КАСУ выделяются функциональная и обеспечивающая подсистемы⁴. Разработка КАСУ производится на принципах ее архитектурного проектирования⁵.

4 Функциональная подсистема включает подсистемы, выполняющие основные функции управления. Введение таких подсистем обусловлено сложностью объектов управления в КАСУ и, как следствие, целесообразностью декомпозиции общей задачи управления на подзадачи, решение которых возлагается на функционально-целевые подсистемы.

Обеспечивающая подсистема представляет собой совокупность методов и средств, поддерживающих решение задач в функциональных подсистемах. В подсистему входят все виды обеспечения (техническое, программное, информационное и пр.).

5 Под архитектурным проектированием понимается разработка структуры будущей системы. Прежде чем приступать к техническому или рабочему проектированию, необходимо разработать архитектуру системы на основе собранных требований заинтересованных лиц. Иными сло-

Комплексная АСУ включает элементы (объекты) системы боевого управления, освещения обстановки, разведки, комплексы оружия. Общая модель КАСУ представлена на рисунке 1.

Таблица 1

Сравнение систем реального времени и информационных систем

Системы реального времени	Информационные системы
Управляются событиями	Управляются данными
Простые структуры данных	Сложные (иерархические и неиерархические) структуры данных
Небольшой объем входных данных	Большой объем входных данных
Интенсивные вычисления	Интенсивный ввод/вывод

вами, нужно разработать не зависящее от деталей реализации описание создаваемой системы как ее архитектуры. Архитектура системы описывает основные подсистемы и их взаимодействие на языке, свободном от деталей реализации. Одной архитектуре системы может соответствовать множество разных реализаций.



Рис. 1. Общая модель КАСУ

Концептуальное описание⁶ комплексной АСУ предполагает выделение ее качественных свойств и уровней качества на основе положений общей теории систем. КАСУ относится к классу сложных систем⁷, для исследования которых в общей теории систем (ОТС) (несмотря на ее критику⁸) разработан обширный аппарат.

КАСУ и положения общей теории систем

Под системой в общем случае понимают совокупность элементов и связей между ними, обладающих определенной целостностью [5–8].

Элемент – некоторый неделимый объект (материальный, энергетический, информационный), обладающий

6 При разработке технических систем прибегают к двум способам их описания: структурному (анализ внутреннего устройства) и функциональному (анализ взаимоотношений со средой и между частями системы).

Выделяют наиболее важные технические характеристики: эффективность как интегральный показатель; технические параметры как основы для моделирования; роль оператора в функционировании систем, что отражает степень сложности автоматизации управления.

В основе алгоритмов управления лежат общие фундаментальные принципы управления (разомкнутого управления, замкнутого управления (обратной связи) и компенсации возмущений), определяющие характер связи с алгоритмом функционирования и возмущениями, влияющими на ход процесса.

7 Если система обладает механизмом достижения предпочтительного для нее состояния при изменении внешних условий, то есть целенаправленным поведением, что характерно для систем управления или КАСУ, то такую систему называют сложной.

Сложная система – составной объект, части которого можно рассматривать как отдельные системы, объединенные в единое целое в соответствии с определенными принципами или связанными между собой заданными отношениями. Части сложной системы (подсистемы) можно расчленить (часто лишь условно) на подсистемы, вплоть до выделения элементов сложной системы, которые либо объективно не подлежат дальнейшему расчленению, либо относительно их неделимости имеется договоренность. Свойства сложной системы в целом определяются как свойствами составляющих ее элементов, так и характером взаимодействия между ними.

8 В ОТС неразработанными остаются проблемы формирования ее системного категориального базиса, теории интегральных системных качеств и закономерностей, концепций интеграции и системообразования, системно-аналитических подходов к исследованию целостных образований, организационных закономерностей, лежащих в основе эффективности систем. Несмотря на единодушие в представлениях о методологическом характере ОТС, до сих пор отсутствуют целостные проблемно-ориентированные аппараты системного прогнозирования, исследования, проектирования, моделирования, эвристического поиска, системной оценки качеств сложных объектов, базирующихся на использовании общих системных закономерностей [4].

Отсутствуют такие подходы, с позиций которых можно было бы исследовать все системы. При этом предполагается, что наличие «сквозного» подхода, пригодного для исследования любых систем, дает право называть построенную на его основе концепцию «общей» теорией систем. Однако, в силу многогранности системных явлений, таких подходов может быть много (структурный, функциональный, кибернетический), а разработка каждого из них характеризует лишь частный аспект ОТС. Указанная подмена привела к возникновению деформаций в построении ОТС. Это проявилось в «структуроцентричности» некоторых системных теорий, отсутствии должного внимания к проблемам системной динамики, «фетишизации» возможностей логики-математического языка.

Системность ОТС предполагает поэтапное развертывание теории по следующим уровням: уровень концептуального ядра ОТС, включающего категорию «система», принцип системности, целостный категориальный аппарат ОТС; уровень онтологического базиса ОТС (системные параметры и системные закономерности, интегральные системные качества, механизмы системообразования и интеграции).

рядом свойств и реализующий в системе определенный закон функционирования.

Каждый элемент характеризуется *m* конкретными свойствами Z_1, Z_2, Z_3, \dots , которые определяют его в данной системе однозначно.

Под свойством понимают величину, обуславливающую сходство или отличие объектов и проявляющуюся при взаимодействии с другими объектами.

Свойства объекта отражаются характеристиками и представляются в виде закона функционирования. Классификация систем по некоторым основаниям представлена в таблице 2.

Таблица 2

Классификация систем

Признаки	Классы
Степень сложности	простые сложные большие
Изменчивость свойств	статические динамические
Характер поведения	с управлением без управления
По наличию случайной функции	детерминированные стохастические
По взаимодействию с внешней средой	открытые закрытые

Сложные системы отличаются от простых наличием трех основных признаков: робастности, неоднородных связей и эмерджентности⁹.

Система декомпозируется на элементы не сразу, а последовательным разделением на подсистемы.

Подсистема – это часть системы, выделенная по определенному признаку, обладающая самостоятельностью и допускающая ее разложение на элементы.

Последовательная декомпозиция системы в глубину приводит к иерархии подсистем, нижним уровнем которой является элемент.

Характеристика – это отражение некоторого свойства элемента системы.

Характеристики делятся на количественные и качественные в зависимости от типа отношений на множестве их значений.

Формально свойства представляются в виде закона функционирования.

Оператор отражает поведение элемента, оцениваемого по степени достижения цели его функционирования.

9 Робастность – способность сохранять частичную работоспособность при отказе отдельных элементов.

В сложных системах, кроме значительного количества элементов, имеют место различные по типу связи – структурные, функциональные, информационные, пространственно-временные.

Эмерджентность (целостность) – это свойство системы, которое принципиально не сводится к сумме свойств ее элементов.

Цель – ситуация или область ситуаций, которая должна быть достигнута при функционировании системы за определенный промежуток времени.

Закон функционирования отражает цель системы управления. Цель задается требованиями к показателям результативности, ресурсоемкости и оперативности функционирования системы. Цель для системы определяется старшей системой, в которой рассматриваемая система является элементом.

Показатель – характеристика, отражающая качество или целевую направленность системы.

Важным для описания систем является понятие алгоритма функционирования, под которым понимается метод получения выходных характеристик.

Наличие нескольких алгоритмов достижения поставленной цели для системы с одним и тем же законом функционирования приводит к необходимости оценки систем по качеству и эффективности функционирования.

Качество – совокупность свойств объекта, обуславливающих его пригодность для использования по назначению¹⁰.

Эффективность – степень приспособленности системы к достижению цели.

10 Методика определения критериев качества. Каждое i -е качество j -й системы, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ описывается с помощью некоторой выходной переменной y_i^j , отображающей определенное существенное свойство системы.

Значение y_i^j характеризует меру этого качества или частный показатель качества.

Показатель y_i^j может принимать значение из множества допустимых значений $\langle y_i^{don} \rangle$.

Обобщенным показателем качества j -й системы будет вектор $Y^j = \langle y_1^j, y_2^j, \dots, y_n^j \rangle$, компонентами которого будут показатели его отдельных свойств.

Частные показатели имеют различную размерность. Поэтому при определении Y_i следует оперировать нормированными значениями.

Задача нормирования определяется в виде $y_i^n = \frac{y_i}{y_i^0}$, где y_i^0 - нормирующая величина.

Критерий эффективности – обобщенный показатель и правило выбора лучшей системы. Соотношение понятий качества и эффективности показано в таблице 3.

Группы свойств системы:

- свойства системы, характеризующие взаимодействие системы с внешней средой;
- свойства, характеризующие внутреннее строение системы, ее структуру;
- общесистемные интегральные свойства системы, характеризующие ее поведение: полезность (А-качество), эффективность (Е-качество), самоорганизация (L-качество), безопасность (S-качество), устойчивость (В-качество), управляемость (С-качество), надежность (R-качество), помехоустойчивость (I-качество), живучесть [9].

При оценивании качества систем¹¹ с управлением целесообразно выделить нескольких уровней качества,

Возможны несколько подходов к выбору нормирующей величины:

- y_i^0 задается лицом, принимающим решение (ЛПР);
- $y_i^0 = \max y_i^j$;
- $y_i^0 = \max y_i^j - \min y_i^j$.

Требуемое качество системы задается правилами, которым должны удовлетворять показатели существенных свойств, а проверки их выполнения называются оценением качества системы.

Критерий качества – это показатель существенных свойств системы и правило его оценивания.

Пусть $Y^* = \langle y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^* \rangle$ – вектор идеальной системы. Тогда область адекватности показателя качества определяется $\delta \subseteq |Y^{don} / Y^*| / |Y^*|$, где δ – радиус области адекватности.

11 Сложные системы оцениваются в порядке возрастания активности определенными общесистемными интегральными показателями качества (свойствами) системы, характеризующими ее поведение. Системы оцениваются в порядке возрастания активности следующими показателями качества [5]:

- надежность – «R-качество»;
- помехоустойчивость – «I-качество»;
- управляемость – «С-качество»;
- самоорганизация – «L-качество».

Таблица 3

Соотношение понятий качества и эффективности

Понятие	Качество	Эффективность
Определяет	Свойства или совокупность свойств системы, обуславливающих ее пригодность для использования по назначению	Свойство процессов функционирования системы, характеризующее его приспособленность к достижению цели системы
Область применения	Объект любой природы	Целенаправленные системы
Основная характеристика	Совокупность свойств системы, существенных для ее использования по назначению	Степень соответствия результатов функционирования системы ее цели
Фактор структурного анализа	Структура системы	Алгоритм функционирования
Размерность	Вектор	Показатели результативности, ресурсоемкости и оперативности
Способ оценивания	Критерии пригодности, оптимальности, превосходства	Критерии пригодности, оптимальности

ранжированных в порядке возрастания сложности рассматриваемых свойств [10].

Порядковая шкала уровней качества и дерево свойств систем с управлением приведены на рисунке 2.

Система, обладающая качеством данного порядка, имеет и все другие более простые качества, но не имеет качеств более высокого порядка.

Первичным качеством любой системы является устойчивость, как способность системы возвращаться в равновесное состояние при выводе из него внешними воздействиями. Для простых систем устойчивость объединяет такие свойства, как стабильность, стойкость и др. Для сложных характерны различные формы структурной устойчивости, такие, как надежность, живучесть.

Более сложным свойством является помехоустойчивость, понимаемая как способность системы без искажений воспринимать и передавать информационные потоки. К таким свойствам относятся пропускная способность, кодирование информации, электромагнитная совместимость.

Следующим уровнем шкалы качества системы является управляемость – способность системы переходить за конечное время в требуемое состояние под влиянием управляющих воздействий. Управляемость обеспечивается, прежде всего, прямой и обратной связью и объединяет такие свойства системы, как оперативность, точность, инерционность и т. д. На этом уровне качества для сложной системы управляемость включает способность принятия решений по формированию управляющих воздействий.

Следующим уровнем по шкале качеств является способность, определяющая возможность системы по достижению требуемого результата на основе имеющихся

ресурсов в заданный период времени. Данное качество характеризуется такими свойствами, как результативность, ресурсоемкость и оперативность. По сути, это потенциальная эффективность функционирования системы – способность получить требуемый результат при идеальном способе использования ресурсов и в отсутствии воздействия внешней среды.

Наиболее сложным качеством системы является самоорганизация. Самоорганизующаяся система способна изменять свою структуру, параметры, алгоритм функционирования. Свойствами самоорганизации являются адаптируемость, самообучаемость, способность к распознаванию ситуации.

ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ

Автоматизированные системы создаются для реализации ряда операций. Требуемый и реально достигаемый результаты могут различаться. Это зависит от условий протекания операций, качества систем, реализующих операции, и способов достижения требуемых результатов.

Поэтому при оценке принято различать качество систем и эффективность реализуемых системой операций.

Термин «эффективность» связывается с системой, и с операцией, и с решением. Эти понятия можно считать эквивалентными.

Будем понимать под эффективностью комплексное свойство процесса функционирования системы, как степень приспособленности к достижению цели.

Оценка функциональных свойств систем проводится в двух аспектах:

- результат функционирования (операции);



Рис. 2. Порядковая шкала уровней качества и дерево свойств систем с управлением

- алгоритм, обеспечивающий получение результата.

Результат функционирования и алгоритм, обеспечивающий его получение, оцениваются по показателям результативности, ресурсоемкости и оперативности.

Результативность (Рез) обуславливается получаемым целевым эффектом, ради которого функционирует система.

Ресурсоемкость (Рес) характеризуется ресурсами всех видов (людскими, техническими, информационными), используемыми для получения целевого эффекта.

Оперативность (Оп) определяется затратами времени, требуемого для достижения цели функционирования системы.

Вектор эффективности¹² системы определяется как:

$$Y_{эф} = \langle Y_{Рез}, Y_{Рес}, Y_{Оп} \rangle.$$

Формирование критерия эффективности решений требует:

- определить цель решения проблемы;
- найти множество управляемых и неуправляемых характеристик (параметров) системы;
- определить показатели исхода операции.

Хотя конкретные операции достаточно многообразны, существует ряд общих принципов при формировании критериев эффективности.

В зависимости от типа систем и внешних воздействий операции могут быть:

- детерминированными;
- вероятностными;
- неопределенными.

Поэтому выделяют три группы критериев эффективности:

1. В условиях определенности, если критерии отражают один исход детерминированной операции.

2. В условиях риска, если критерии являются дискретными или непрерывными случайными величинами с известными законами распределения в вероятностной операции.

3. В условиях неопределенности, если критерии являются случайными величинами, законы распределения которых неизвестны.

Методика оценки эффективности систем в неопределенных операциях составляет один из разделов теории принятия решений.

При исследовании эффективности систем выделяют три группы факторов:

- качество системы;
- условия функционирования системы;
- способы использования (применения) системы.

Определяют потенциальную эффективность операции [5, 10] при идеальном способе использования системы. Эту потенциальную эффективность и принимают за характеристику качества системы. Очевидно, показатель эффективности операции является показателем качества системы. Таким образом, положительными (полезными) свойствами системы являются свойства, способствующие достижению заданной цели.

При таком подходе полезность системы определяется ее способностью достичь определенную цель. Но полезность не может охватить все возможные подходы к определению качества объекта. На практике качество объектов определяют с позиции его ценности, которую не всегда связывают с целевым назначением рассматриваемого объекта. Однако качество технических систем определяется как совокупность полезных с точки зрения целевого назначения свойств этих систем. Поэтому, говоря об эффективности систем, понимают ее потенциальную эффективность как основную характеристику качества системы.

Условия функционирования системы характеризуют среду, противодействие противника, ограничения различного рода и др.

Другая группа факторов, оказывающих влияние на эффективность операции, характеризует способ применения технической системы в операции.

Каждой системе присущи специфические способы применения, которые характеризуются совокупностью соответствующих факторов, например распределением частных задач и выделенных ресурсов между элементами системы, пространственно-временной последовательностью выполнения отдельных видов работ, способами управления и планирования, способами связи и взаимодействия между элементами системы.

Показатели качества функционирования КАСУ определяют эффективность использования информации в целях планирования и управления силами (войсками), позволяют достичь необходимых количественных значений свойств информации, доступной ЛПП: полноты, своевременности, доступности, достоверности, ценности и пр.

Для совершенствования системы необходимо улучшать характеристики входящих в ее состав элементов: повышать их производительность, надежность. Также необходимо расширение и совершенствование связей, что позволяет достичь существенного прироста системного эффекта.

Достижение цели функционирования системы реализуется целенаправленной деятельностью – операцией. Операция есть последовательность действий, объединенных общим замыслом. Понятие операции включает [10]:

- управляющую деятельность ОУ, организующих операцию на основе выбора рационального способа использования активных средств для достижения цели операции;
- активные средства (технические системы, ресурсы), находящиеся в распоряжении управляющего органа и используемые в операции в соответствии с выбранным способом (стратегией, тактикой) управления;
- другие средства (системы), непосредственно взаимодействующие с активными средствами.

Эти три компонента отражают ответы на вопросы, как действовать, какими средствами и на что воздействовать для достижения поставленной цели операции. Операция формируется в рамках S_o -системы, которая в качестве основных компонентов содержит ОУ операцией, активные средства и объект операции (объект воздействия). По отношению к S_o -системе цель A_o выступает системообразующим фактором, как способ интеграции различных действий в единую последовательность.

12 Математическое выражение критерия эффективности называют целевой функцией, поскольку ее экстримизация является отражением цели функционирования системы.

Операция, как процесс функционирования системы, описывается набором характеристик.

Качество КАСУ

Специфика создания и функционирования КАСУ затрудняют оценку ее качества. Система включает множество различных разнородных элементов.

Создание КАСУ – это процесс совершенствования всех элементов системы управления и перевод их в качественно новое состояние, удовлетворяющее требованиям функционирования системы. В соответствии с таким подходом, определение качества КАСУ основывается на учете свойств всех элементов системы управления и факторов, влияющих на ее качество и эффективность.

Могут быть выделены следующие основные факторы:

- повышение уровня автоматизации функций управления;
- совершенствование технической базы;
- совершенствование программного обеспечения;
- повышение достоверности и оперативности информации;
- экономические факторы и др.

Специалисты выделяют в качестве элементов системы управления аппарат управления (включая оперативный состав и структуру системы управления), функции управления, методы управления, информацию и технику управления¹³. Наличие этих элементов объясняется объективной необходимостью их присутствия в системе управления для ее существования и функционирования.

Каждый из этих элементов имеет самостоятельную роль в системе управления, обладает определенными свойствами и предъявляет специфические требования к их использованию и взаимодействию с другими элементами. В КАСУ все элементы системы управления в качественном отношении соответствуют требованиям, обусловленным использованием математических методов и СВТ, то есть каждый из перечисленных выше элементов системы управления приобретает новые свойства.

Особенностью организационных систем является наличие в них людей, с одной стороны, являющихся объектом управления, а с другой – представляющих собой управляющее звено. А это, в свою очередь, требует учета психологических особенностей людей.

В КАСУ весь арсенал технических средств и математических методов обоснования управленческих решений дополняет человека, образуя систему «человек-машина», способную управлять другими человеко-машинными системами на основе накопленной в прошлом информации.

Условием этого является четкое представление об организационной структуре объекта, функциях, выполняемых на различных уровнях и в звеньях управления, их взаимосвязях и соответствии структуре и задачам, решаемым различными подразделениями.

Качество КАСУ начинает формироваться как самостоятельная категория, когда возникает потребность в системе,

выражая пока не реальные свойства, а потенциальную необходимость наличия этих свойств.

В силу этого, понятие «качество КАСУ» включает в себя технический, технико-экономический, психологический и организационно-правовой аспекты.

Например, технический аспект КАСУ лишь частично можно преобразовать непосредственно в изменение технико-экономических показателей. Как правило, значительная часть составляющих технического эффекта системы (например, повышение точности и достоверности информации, сокращение задержки получаемой информации и увеличение ее полноты и т. д.) не может быть преобразована в изменение технико-экономических показателей.

В методиках определения качества КАСУ состав факторов, показателей, характеризующих качество системы, устанавливается исходя из тех свойств, которыми, по мнению разработчиков, должна обладать система. Основное внимание уделяется процессу создания видов обеспечения.

Поэтому определение качества и эффективности связывают с оценкой улучшения основных характеристик управления и ценности информации.

При осуществлении какого-то воздействия на управляемый объект или процесс надо стремиться, чтобы управление при этом было оптимальным. При этом имеется в виду, что необходимо достичь цели с наибольшей эффективностью при нейтрализации внешних воздействий.

Рассматривая вопросы качества КАСУ, следует различать качество системы на стадиях проектирования и функционирования.

КАСУ, как продукт, обладает только потенциальным, возможным качеством, которое переходит в реальное, действительное качество, лишь вступив в процесс функционирования, то есть когда система участвует в удовлетворении конкретных потребностей.

Оценив реальное качество (качество функционирующей КАСУ), можно сказать, насколько система выполняет свое назначение.

Говоря о качестве функционирующей КАСУ, представляется важным выявить две группы свойств системы – внутренние и внешние.

Внутренние свойства КАСУ характеризуют способность и готовность системы действовать согласно назначению, то есть обеспечивать управление.

Свойствами, адекватными содержанию и формам проявления качества и характеризующими способность и готовность системы действовать согласно назначению, то есть обеспечивать управление, являются:

- пропускная способность системы;
- способность выполнять возложенные на нее задачи в изменяющихся условиях обстановки;
- текущее состояние системы;
- устойчивость к различного рода воздействиям;
- гибкость в установлении баланса целевого взаимодействия элементов и их пространственно-временной организованности;
- целостность системы и пр.

¹³ Математическое выражение критерия эффективности называют целевой функцией, поскольку ее экстримизация является отражением цели функционирования системы.

Внешние свойства КАСУ характеризуют качество обеспечиваемого ею процесса. Только через них может быть установлено влияние системы на объект управления.

Выделяются следующие свойства управления, определяющие его качество: гибкость, оперативность, своевременность осуществления всех актов управленческой деятельности, их временное и пространственное распределение, формы и уровень автоматизации.

Поскольку управление включает в себя различные подпроцессы, связанные с получением, обработкой, выработкой, доставкой и реализацией информации, то от их своевременности будет зависеть оперативность управления, а от достоверности – оптимальность. То есть каждое из внешних свойств КАСУ обеспечивается совокупностью внутренних свойств.

Задача оценки качества КАСУ заключается в:

- выделении свойств, отражающих цели создания КАСУ и ее элементов;
- выборе показателей, характеризующих выделенные свойства системы, отражающих уровни развития элементов системы;
- выборе (разработке) методов, позволяющих получить объективные значения выбранных показателей;
- расчете показателей, характеризующих уровни развития элементов системы и отнесения их к категориям качества.

Вследствие сложности КАСУ анализ ее качества не может основываться на одном из показателей или одной группе однородных показателей.

Показатели качества КАСУ должны удовлетворять следующим требованиям:

- система оценки качества системы должна быть комплексной, использующей совокупность показателей;
- показатели качества функционирования системы должны отражать ее цели;
- рассчитываться на единой информационной базе и обеспечивать сравнимость уровня развития элементов системы и качества системы;
- базироваться на представительной информации, отражающей не случайные, а типичные процессы; при этом методы расчета показателей должны обеспечивать объективные результаты количественной оценки качества системы.

Систему показателей, используемых для анализа и оценки качества функционирования системы, предлагается представить в виде совокупности комплексных и единичных показателей, характеризующих уровень развития:

- функций управления;
- методов управления;
- аппарата управления;
- техники управления;
- информации управления.

Включение показателей качества элементов КАСУ в общую систему показателей обеспечивает комплексность оценки; позволяет установить и измерить источники и факторы повышения качества функционирующей системы. Именно на этом уровне рассматриваются функ-

ционирование элементов, входящих в систему в технико-технологическом плане, информационные потоки, отдельные этапы процесса управления и т. д.

Данная статья не исчерпывает круга вопросов, которые необходимо решить для совершенствования КАСУ и повышения ее качества. К проблемам, требующим решения, можно отнести:

- необходимость решения вопросов планирования и прогнозирования качества системы;
- определение характера функциональной зависимости между показателями качества системы и факторами, влияющими на него;
- решение вопросов управления качеством системы на этапах жизненного цикла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание КАСУ на базе перспективных программных и технических решений и средств позволит повысить качество управления силами (войсками), оперативность информационного обслуживания, уровень автоматизации и информатизации деятельности оперативного состава ОУ, обеспечит расширение функциональных возможностей системы по автоматизированному управлению силами (войсками) в следующих направлениях:

- комплексная автоматизация процессов управления и обеспечение повседневной деятельности должностных лиц при подготовке и ведении операций;
- повышение оперативных характеристик процесса управления, а также повышение устойчивости функционирования в целом за счет перехода на новую вычислительную базу с использованием защищенных технологий;
- обеспечение деятельности ОУ путем объединения информационно-вычислительных ресурсов системы с учетом их совместимости, обеспечения взаимодействия информацией и др.

Качество КАСУ (многоаспектное понятие) – совокупность ее свойств, позволяющих обеспечить автоматизированное управление силами (войсками).

Особенностью рассмотренного подхода к оценке качества функционирующей КАСУ является рассмотрение системы как совокупности элементов, что вызывает необходимость включения в состав показателей качества системы показателей уровня развития ее элементов. Ранжирование элементов по важности, позволяющее установить их приоритетность, включает: функции управления, методы управления, аппарат управления, информацию управления и технику управления.

Данная статья не исчерпывает круга проблем, которые необходимо решить для совершенствования КАСУ и повышения ее качества. Необходимо также:

- решение вопросов планирования и прогнозирования качества системы;
- определение характера функциональной зависимости между показателями качества системы и факторами, влияющими на него;
- решение вопросов управления качеством системы.

Решение этих проблем позволит получать оценку качества системы более всесторонней, объективной и точной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев А.Е., Васильев В.Н. Реализация концепции «сетцентрическая война» в военно-морских силах США // Зарубежное военное обозрение. – 2009. – № 6. – С. 61–67.
2. Куприянов А.А. Комплексная автоматизированная система управления силами (войсками), оружием и средствами // Автоматизация процессов управления. – 2010. – № 2 (22). – С. 62–70.
3. Самардак В.А. Вооруженная борьба и ее развитие в XXI в. Ч. 2. – URL: http://www.almanacwhf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=89:vooruzborb a2&catid=17:13nomer&Itemid=21.
4. Винограй Э.Г. Основы общей теории систем. – URL: http://window.edu.ru/window/library?p_rid=69519.
5. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. – М. : Советское радио, 1971. – 224 с.
6. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М. : Высшая школа, 1989. – 360 с.
7. Горшков А.В., Тулемисов Х.М., Тулемисов У.М. Методика определения атрибутов эффективности операции и ее применение для разработки оптимальных планов в человеко-машинных системах. – URL: <http://www.jurnal.org/articles/2010/ekon30.html>.
8. Системный анализ в управлении / В.С. Анфилатов [и др.]. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 282 с.
9. Родионов И.Б. Теория систем и системный анализ. – URL: <http://victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/lectures/rodionov.html>.
10. Эффективность и надежность в технике. Т. 3. Эффективность технических систем / под ред. В.Ф. Уткина и Ю.В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.