

# ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ

## Развитие методологических основ построения информационно-управляющих систем военного назначения

*Ю.В. БОРОДАКИЙ,  
доктор технических наук*



БОРОДАКИЙ Юрий Владимирович родился 30 июня 1959 года в Молдавской ССР. В 1981 году окончил Московский инженерно-физический институт, в 1984 году успешно окончил аспирантуру, защитил диссертацию и получил ученую степень кандидата физико-математических наук. С июля 1984 года по февраль 1985 года — младший научный сотрудник Института прикладной физики Академии наук Молдавской ССР. С февраля 1985 года — старший научный сотрудник ЦНИИ «Волна» Минпромсвязи. В январе 1989 года возглавил вновь созданный Межотраслевой инженерно-физический центр волоконно-оптических систем связи и обработки информации, а в феврале 1990 года — Всесоюзный институт волоконно-оптических систем связи и обработки информации. С мая 1991 года по настоящее время является ди-

ректором федерального государственного унитарного предприятия «Концерн «Системпром». В 2000 году Ю.В. Бородакий прошел переподготовку на Высших курсах Военной академии Генерального штаба ВС РФ по специальности «Оборона и обеспечение безопасности Российской Федерации». Генеральный конструктор АСУ войсками (силами) военного округа (региона), фронта Вооруженных Сил РФ.

Член-корреспондент РАН (отделение нанотехнологий и информационных технологий, секция вычислительных, локационных, телекоммуникационных систем и элементной базы), доктор технических наук, профессор. Заслуженный деятель науки Российской Федерации. Член научного совета при Совете Безопасности Российской Федерации (заместитель председателя секции совета по информационной безопасности). Член экспертно-консультативного совета при председателе Счетной палаты Российской Федерации.

ИССЛЕДОВАНИЕ проблем создания средств и методов информатизации органов управления ВС РФ имеет ключевое значение для развития управления войсками (силами). Особую важность сегодня приобретает решение *методологических* вопросов создания этих средств, объединенных в автоматизированную систему, отвечающую современным и перспективным требованиям к системе управления ВС РФ. Информационно-управляющая система (ИУС) военного назначения должна обеспечивать реализацию эффективных способов оперативного (боевого) управления при подготовке и ведении войсками (силами) операций (боевых действий) с использованием самого современного вооружения и военной техники и в любых условиях обстановки,

что в настоящее время подразумевает применение *сетецентрического принципа* в построении ИУС<sup>1</sup>.

В современных ИУС различного назначения, имеющих распределенную сетевую организацию, как правило, реализуются следующие задачи:

- обработка данных всеми доступными вычислительными ресурсами коммуникационно-вычислительного пространства;

- организация доступа к единому информационному пространству на основе должностных профилей и полномочий;

- обеспечение функций командования независимо от нахождения автоматизированного рабочего места в общей сети, а также обмена информацией вне зависимости от места нахождения абонентов;

- хранение общей информации системы на основе построения распределенного хранилища;

- поисково-аналитическая обработка информации;

- двухуровневое масштабирование средств автоматизации (по уровням управления и по возможностям адаптации к рабочим нагрузкам);

- информационная поддержка принятия решений в реальном времени циклов управления;

- реализация командно-сигнального тракта;

- координация функционирования, контроль работоспособности компонентов ИУС и визуализация процессов в системе;

- обеспечение защиты информации с возможностью осуществления единой политики безопасности ИУС;

- постоянная и единообразная ориентация процессов во времени и пространстве во всех компонентах сети.

Данные задачи решаются различными способами. Опыт разработки и эксплуатации ИУС стратегического, оперативно-стратегического и оперативного звеньев управления позволяет утверждать, что наиболее целесообразным способом решения подобных задач является разработка и использование *масштабируемых унифицированных модулей* в интересах создания требуемой функционально-технологической среды. К числу последних относятся:

- функционально-технологические модули* — командно-сигнальная система; регламентный обмен документами; информационно-поисковая система; аналитическая система, включающая систему управления знаниями; подсистема доведения и представления информации;

- технологическо-функциональные модули* — подсистема поддержки масштабируемых технологий «клиент — сервер — кластер — grid» как основа формирования адаптивной масштабируемой вычислительной составляющей коммуникационно-вычислительного подпространства; информационно-транспортная среда, инвариантная к вычислительным платформам; единый коммуникационный модуль как основа формирования коммуникационной составляющей коммуникационно-вычислительного подпространства; подсистема интерактивного обмена информацией (электронная почта); локальная объектно-ориентированная система (хранилище данных); подсистема эволюционной модели — гиперграфа классов данных; подсистема навигационно-временного обеспечения (система единого времени); система защиты информации; система контроля и управления функционированием.

<sup>1</sup> См.: Боговик А.В., Бородакий Ю.В., Карпов Е.А., Курносов В.И., Лободинский Ю.Г., Масановец В.В., Парашук И.Б. Учебник / Основы теории управления в системах специального назначения. Под общей ред. Ю.В. Бородакия, В.В. Мосонова. М.: Управление делами Президента Российской Федерации, 2008; Бородакий Ю.В., Лободинский Ю.Г. Информационные технологии в военном деле (основы теории и практического применения). М.: Горячая линия — Телеком, 2008.

Современные ИУС военного назначения ряда развитых государств характеризуются высокой пропускной способностью, информативностью, адаптивностью к изменяющимся условиям внешней среды, гибкостью, устойчивостью, надежностью, необходимой защищенностью и высокой автономностью. Эти системы обеспечивают автоматизированное решение управленческих задач на любом театре военных действий, на всю глубину действий войск (сил) и средств поражения в самых разнообразных условиях обстановки в реальном (близком к реальному) масштабе времени. При этом источники получения информации, средства управления и поражения могут быть разнесены в пространстве на многие тысячи километров. То есть речь идет о тех или иных *реализациях концепции «сетевцентрической архитектуры» построения ИУС*.

На основе сетевцентрической архитектуры информационно-коммуникационной сети происходит объединение информационных полей сетей источников данных (датчиков), органов управления, а также исполнительных (боевых) и обеспечивающих формирований, создается единая динамическая ИУС, основная функция которой состоит в решении разведывательно-ударных задач в реальном (близком к реальному) масштабе времени с высокой степенью автоматизации процессов информатизации и управления (рис. 1).



Рис. 1. Перекрытие сетевых структур

Сетевцентрическая архитектура систем управления *переводит информационное превосходство в боевое*, эффективно обеспечивая информационными ресурсами объекты автоматизации, средства и системы разведки, поражения и обеспечения в едином информационном пространстве на театрах военных действий. При этом распределенная интегрированная информационно-коммуникационная сеть обеспечивает пространственно распределенные группировки войск (сил) необходимой информацией о противнике и своих войсках (силах) в их зонах ответственности в реальном масштабе времени. Своевременное получение информации (данных) гарантируется прежде всего исключительной гибкостью сети, а также возможностью ее адаптации к новым источникам информации, автоматизированным распределением всех видов информации в зависимости от потребностей органов управления и войск (сил).

Возникает вопрос: **как обеспечить такие высокие характеристики ИУС в ВС РФ?** насыщение ВС РФ высокоскоростными коммуникационно-вычислительными средствами является условием необходи-

мым, но недостаточным. Следует пересмотреть методологические основы функционирования ИУС.

Для обоснования нового методологического подхода обратимся к наиболее общему описанию взаимодействия пары: **система управления — внешняя среда**. При этом предметом конкретного рассмотрения будет крупномасштабная автоматизированная информационная система организационного типа из класса ИУС, предназначенная для управления войсками (силами).

Несмотря на пестроту и разнообразие процессов управления, процедура управления в системе управления вполне типична. Управление представляет собой процесс циклического, целенаправленного воздействия на поведение управляемых объектов в условиях проявлений внешней среды. Для осуществления функций управления в каждом его цикле необходимы: сбор информации о состоянии управляемых объектов и среды, ее анализ, принятие соответствующих решений об управляющих воздействиях и передача их на исполнение. Для обеспечения качественного управления его цикл должен реализовываться *начиная с наиболее ранних моментов* и в таком темпе, чтобы можно было бы принимать своевременные решения. В частности, при оперативном управлении цикл управления должен обеспечить протекание процесса практически в реальном масштабе времени изменений обстановки.

Система управления характеризуется таким понятием, как **качество (эффективность) управления**<sup>2</sup>. Качество управления в организационной системе определяют следующие факторы:

- полнота, точность и достоверность исходной информации (о состоянии управляемых объектов и о внешней среде);

- качество управляющих алгоритмов (порядок и правила принятия решений по управлению);

- быстродействие системы управления (время реализации цикла управления);

- ошибки при передаче/приеме информации, ошибки в работе органов управления, а также другие возмущающие факторы (помехи и пр.);
- надежность применяемых средств и систем.

В системах организационного типа информацию об управляемых объектах никогда нельзя считать ни абсолютно полной, ни абсолютно точной, ни абсолютно достоверной, и часто отсутствие того или иного вида качественной информации очень существенно. Однако в развитой информационной системе всегда имеется определенная избыточность входной информации, что позволяет в принципе организовать ее совместную обработку и в конечном счете повысить полноту, точность и достоверность информации. Очень важно, чтобы принимаемые в системе решения наилучшим образом в создавшейся ситуации соответствовали достижению поставленной цели. Для этого управляющий алгоритм должен быть адекватен качеству исходной информации и обеспечивать достижение наилучшего возможного результата.

Будем считать, что состояние системы, представляющей собой пару — система управления и внешняя среда, может быть описано некоторым сочетанием характеристик совокупности управляемых объектов (процессов)  $(x^{11}, \dots, x^{ij}, \dots, x^{lm})$  и связанных с ними характеристик внешней среды  $(y^{11}, \dots, y^{kj}, \dots, y^{lm})$ , которые называются *фазовыми координатами* системы. При этом:  $i$  — номер характеристики системы управления,  $1 \leq i \leq n$ ;  $k$  — номер характеристики внешней среды,  $1 \leq k \leq l$ ;  $j$  — номер момента времени (события в системе),  $1 \leq j \leq m$ .

<sup>2</sup> Бородакий Ю.В., Лободинский Ю.Г. Основы теории систем управления (исследование и проектирование). М.: Радио и связь, 2004.

Движение системы заключается с формальной точки зрения в том, что ее состояние с течением времени изменяется, т. е.  $x^1, x^2, \dots, x^n, y^1, y^2, \dots, y^l$  — переменные величины (функции времени). Это движение происходит не самопроизвольно, им можно управлять. Для этого служат управляющие воздействия  $u^1, u^2, \dots, u^r$ , где  $r$  — число таких воздействий. Поэтому функции  $x^1(t), x^2(t), \dots, x^n(t)$  и  $y^1(t), y^2(t), \dots, y^l(t)$  являются результатом как собственного движения системы, так и управления.

Фазовые координаты  $x^{11}, \dots, x^{ij}, \dots, x^{nm}$  и  $y^{11}, \dots, y^{kj}, \dots, y^{lm}$  удобно рассматривать как координаты некоторого вектора (или точки)  $Z$ . Эту точку называют *фазовым состоянием* системы. Каждое фазовое состояние является точкой  $(l + n)$ -мерного *фазового пространства*.

Задание начального фазового состояния  $Z(0) = (z^1(0), \dots, z^{l+n}(0))$  в момент времени  $t = 0$  и управления  $U(t)$  определяют дальнейшее движение объекта в фазовом пространстве. Пара векторных функций  $\{Z(t), U(t)\}$  характеризует изменение во времени состояния  $Z(t)$  системы под действием управляющих воздействий  $U(t)$ .

В общем виде **задача определения оптимального управления** выглядит так: для системы  $S$ , находящейся под управлением  $U$ , найти такое управление, которое обеспечит экстремальное значение целевому функционалу  $F$ :

$$F = \max_U F(Z, U).$$

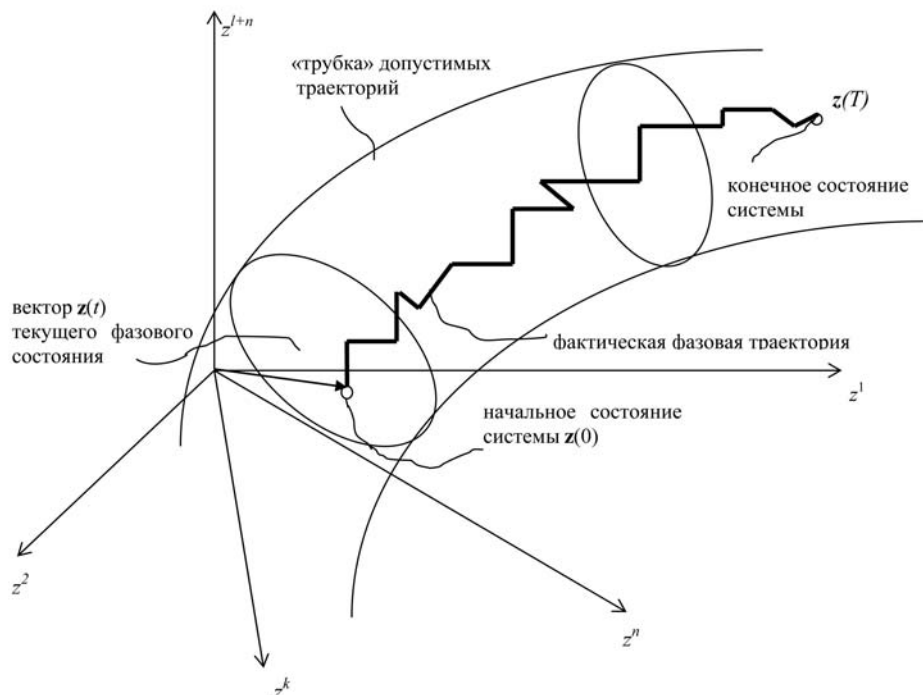
Целевой функционал в данной постановке должен учитывать качество управления в системе, в частности, аспекты перехода системы из начального в заданное конечное состояние.

При принятой формальной трактовке процесса управления в ИУС организационного типа содержание задачи управления аналогично типовой задаче в теории оптимального управления и сводится к следующему: в начальный момент времени  $t = 0$  система находится в фазовом состоянии  $Z(0)$ , требуется выбрать такое управление  $U(t)$ , которое переведет систему в заданное конечное состояние  $Z(T)$ . При этом может потребоваться, чтобы переход системы из начального состояния в конечное осуществлялся при определенных ограничениях (например, в рамках заданной «трубки» фазовых траекторий). Такой переходный процесс, будучи наилучшим в некотором заданном смысле (например, реализуется за минимальное время) и выполняющим установленные условия и ограничения, называется оптимальным процессом, а соответствующее управление — оптимальным управлением (рис. 2).

**Понятие оптимального управления (и реализующей его оптимальной системы управления) открывает широкие возможности как для сравнения различных альтернатив выбора управляющих воздействий, так и в отношении методологии построения системы управления.**

Процессы функционирования существующих ИУС ориентированы на традиционный общий алгоритм функционирования АСУ организационного типа. Его методологическая основа заключается в том, что подавляющее большинство процессов управления в такой АСУ запускаются на выполнение пользователями этой системы, и они задают начальные точки циклов управления. Сами данные в АСУ рассматриваются как подчиненный объект в технологии обработки информации, хотя их структура и содержание могут быть достаточно сложными<sup>3</sup>. Отсюда вытекают чрезвычайно высокие требования к полноте и своевремен-

<sup>3</sup> Бородакий Ю.В., Крицына Н.А., Кулябичев Ю.П., Шумилов Ю.Ю. Вероятностно-статистические методы обработки данных в информационных системах. М.: Радио и связь, 2003.



**Рис. 2. Геометрическое представление процесса управления системой**

ности выполняемых должностными лицами действий. Поэтому *в таких ИУС в полной мере проявляется отрицательное влияние субъективного фактора*: времени реакции, осведомленности, компетентности и других характеристик должностных лиц — участников процессов управления. В современных условиях ведения боевых действий, для которых характерны высокая динамика обстановки и большой объем учитываемой информации, этот недостаток становится одним из главных препятствий качественного совершенствования автоматизированного управления войсками (силами). Для преодоления недостатков традиционной методологии и обеспечения нового качества управления требуется использовать более эффективные методы автоматизированного управления.

В 2002 году был опубликован труд профессора Стэнфордского университета Дэвида Лукхэма «Сила событий», а в 2003 году впервые упоминается *архитектура, управляемая событиями*, — EDA (Event Driven Architecture) и ее дальнейшее развитие в рамках сервис-ориентированной архитектуры — обработка сложных событий (Complex Event Processing). Они перевернули представление об общем алгоритме функционирования ИУС, которое на протяжении многих десятилетий оставалось практически неизменным, хотя ориентация на события была характерна для АСУ технологическими процессами промышленных предприятий.

*Существо новой методологии построения ИУС заключается в использовании общего алгоритма ее функционирования, который в отличие от традиционного инициирует процессы информирования и управления новыми событиями, сохраняя возможность для необходимого вмешательства должностных лиц.* Предвестниками элементов таких систем явились, например, динамически изменяемые массивы данных, где автоматически обновлялись ячейки таблиц на экранах пользователей.

Первое впечатление от такой методологии — система управления переворачивается с ног на голову, хотя на самом деле — это дальней-

ший эволюционный шаг в автоматизации процессов управления, который более глубоко проникает в основу управления. Действительно, очередной цикл управления начинается здесь с момента обновления обстановки, с этого момента «зарождаются» процессы выработки управленческого решения и с этого момента необходимо включать процедуры автоматизации. Любые задержки этих процессов приводят к отклонению от оптимального варианта управления. Данный подход не заменяет человека в управлении и не отбирает у него инициативу, а позволяет своевременно запустить процессы, которые необходимы для качественной подготовки принятия решений или выполнения стандартных управленческих действий.

**Концепция построения ИУС, управляемых событиями, подкрепленная компонентами искусственного интеллекта, обеспечит магистральный путь их развития на ближайшие десятилетия.**

В системе с сетцентрической архитектурой выявление новых событий (будь то сведения от средств разведки, изменения в дислокации подразделений или замысел командира) должно автоматически инициировать процедуры, которые под непрерывным контролем командования обеспечивают:

оценку достоверности и актуальности информации, ее доставку потребителям (заявленным и не заявленным), согласование баз данных и знаний;

прогноз последствий выявленных событий;

выработку мер достижения превосходства над противником и предотвращения отрицательного развития ситуации;

приведение в готовность необходимых технических средств взаимодействия всех войсковых структур, связанных с реализацией мер по выявленным событиям.

Новая методология построения ИУС может быть реализована использованием средств поддержки процессов, управляемых событиями (ППУС). Программный модуль ППУС (рис. 3) должен быть представлен в каждом узле ИУС.

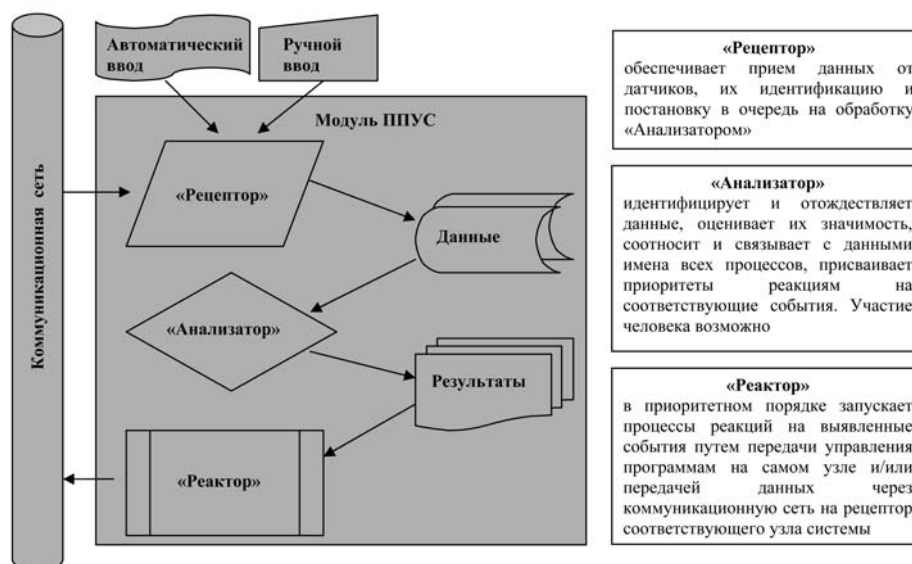


Рис. 3. Обобщенная структура модуля ППУС

При этом на систему управления знаниями возлагаются следующие задачи:

- мониторинг и систематизация информации с автоматической классификацией по рубрикам и каталогам;
- сбор и анализ оперативной информации;
- выявление событий и установление соответствующих им процедур;
- подготовка аналитических и справочно-информационных материалов;
- поддержка процессов принятия решений должностными лицами;
- актуализация единого справочника и другие вопросы информационного (интеллектуального) обеспечения;
- объединение обрабатываемой информации в «технологически» единый поток.

Необходимыми компонентами перспективной архитектуры ИУС являются:

- монитор событий и средства ППУС;
- средства интеграции данных и знаний;
- средства интеграции приложений сервисно-ориентированной архитектуры;
- приложения, обеспечивающие систему функциональностью, среди которых одно из важных мест занимают средства управления знаниями;
- программное обеспечение промежуточного слоя, кроссплатформенные средства с привязкой к аппаратуре и операционной системе данного приложения;
- операционные системы и службы;
- службы вычислительной платформы.

Такая концепция ИУС, управляемых событиями, предполагает большой объем работ по обработке информации, который должен быть реализован с использованием всех мощностей **коммуникационно-вычислительного подпространства**. Отсюда вытекают повышенные требования к архитектуре этого подпространства, а также целесообразность распределенной сетевой организации процессов сбора, обработки, хранения и передачи информации<sup>4</sup>.

Учитывая многоуровневую организационную структуру ВС РФ, коммуникационно-вычислительное подпространство перспективной ИУС должно быть организовано как **многоуровневая сетевая система** с узлами на базе центров обработки данных (ЦОД) соответствующих звеньев управления ВС. Несколько ЦОД могут быть логически объединены для решения общих задач, образуя GRID-вычислительную структуру. В зависимости от уровня управления структура узла изменяет свои масштабы. Так, для низших звеньев управления узел может быть представлен единственным автоматизированным рабочим местом, сохраняя при этом основные функции узла сети в усеченном варианте и высокие характеристики надежности<sup>5</sup>. Напротив, узел системы высшего звена управления будет иметь дополнительные мощности однотипных компонентов.

Наличие в сетевой структуре коммуникационно-вычислительного подпространства и сетевцентрической архитектуре ИУС в целом развитых «горизонтальных» связей обуславливает большие преимущества новой методологии в обеспечении взаимодействия, самоорганизации и самосинхронизации управления.

<sup>4</sup> Бородакий Ю.В., Лободинский Ю. Г. Информационные технологии. Методы, процессы, системы. М.: Радио и связь, 2002.

<sup>5</sup> Александрович А.Е., Бородакий Ю.В., Чуканов В.О. Проектирование высоконадежных информационно-вычислительных систем. М.: Радио и связь, 2004.



Таким образом, **ИУС военного назначения, обладающая средствами ППУС как ядра новой методологии, получает новое качество и обеспечивает:**

- высокий уровень координации процессов управления в их объективной взаимосвязи с внешней средой;

- всеобъемлющий мониторинг событий и действий в системе;

- функционирование автоматизированных систем, ориентированных на поддержку принимаемых решений, на всех уровнях звеньев управления;

- значительное повышение оперативности и обоснованности принимаемых решений в боевой обстановке;

- минимизацию отрицательного влияния субъективных факторов в ходе управления войсками (силами) при подготовке и в ходе операций (боевых действий);

- автоматизацию процессов организации и создание основ для самоорганизации взаимодействия без границ по «горизонтальным» связям, преодолевая ограничения, присущие классической иерархической структуре.

Итак, развитие научно-методических основ построения ИУС военного назначения состоит в создании научно-методического аппарата, обеспечивающего реализацию принципа оптимального управления. При этом выход на новое качество управления, которое присуще сетцентрической архитектуре, может быть осуществлен методологическими подходами в построении ИУС, воплощенными в новом общем алгоритме их функционирования.

---