

## АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

© 2010 В.П. Махитько<sup>1</sup>, Р.Н. Шумчук<sup>2</sup>, А.Н. Конев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации (институт)

<sup>2</sup> Институт авиационных технологий и управления  
Ульяновского государственного технического университета

Поступила в редакцию 14.05.2010

В статье авторы выполняют анализ различных формулировок терминов, определений и др. атрибутов в корпоративной интегрированной информационно-коммуникационной системе управления в разрезе верификации по данным научно-технических и научно-экономических источников (литературы). Описывают структуры и функции, определяемые во времени и пространстве на основе двух критериев управления: качества и сложности процесса; наблюдаемость и управляемость как целенаправленное функционирование при изменяющихся внутренних и внешних условиях, авторы рассматривают с позиции теории автоматического управления как чисто информационный аспект целенаправленного восприятия исходной информации о состояниях информационно-коммуникационной системы в процессах управления. Неопределенность и риск авторы характеризуют с позиции теории вероятности, предполагая, что статистические характеристики этих факторов известны или потенциально могут быть получены в процессе управления информационно-коммуникационной системой и др.

Ключевые слова: методологический инструментарий, информационно-коммуникационные системы

Для системного анализа организационно-производственных и экономических задач с учетом различных возмущающих факторов необходимо внести в рассмотрение определенную систему категорий, терминов, принципов, измерителей, и др. Для названного спектра проблем представляется оправданным использование развитого понятийного аппарата, разработанного в теориях систем и управления для изучения факторов целенаправленности, сложности, целостности, наблюдаемости и управляемости, устойчивости и чувствительности, неопределенности и риска, надежности, адаптации и самоорганизации, человеческого фактора и открытости сложных систем [1].

Вместе с тем, на основе анализа экономической литературы, для производственно-экономических систем такие понятия не получили до сих пор однозначного определения и по-разному трактуются многими авторами. В связи с этим представляется необходимым предварительное рассмотрение смыслового значения выше перечисленных понятий применительно к организационно-производственным и экономическим задачам.

*Целенаправленность* поведения предполагает наличие у рассматриваемой системы цели функционирования, для реализации которой предназначается данная система.

Разработка любой системы начинается с главного: формулировки цели функционирования, которая определяет границы системы и, следовательно, элементы системы, которые в нее входят. Цель функционирования редуцирует существенные системные признаки, с помощью которых описываются элементы системы и их связи. Цель должна представлять внешний взгляд на систему и обеспечивать полезный базис для извлечения требований к системе, которые реально нужны, внутренне согласованы и выполнимы.

Цель может быть сформулирована качественно, тогда она будет обладать большей содержательностью и длительное время может отражать объективные возможности данной системы. При анализе крупномасштабных систем, когда необходимо комплексное исследование возникающих проблем, требуется применение как количественных, так и дескриптивных методов описания цели функционирования. Поведенческие свойства позволяют оценить эффективность достижения системой поставленной цели.

В составе методологического инструментария *целенаправленность поведения* важное место занимает в классе методов целенаправленных систем и исследования операций [2].

Целенаправленность поведения связана с управляемостью и наблюдаемостью, адаптацией и самоорганизацией, а также с человеческим фактором. Целенаправленность поведения реализуется в нашем случае при выборе целей и

---

Махитько Вячеслав Петрович кандидат экономических наук, доцент. E-mail: wau@list.ru  
Шумчук Роман Николаевич, аспирант  
Конев Алексей Николаевич, инженер

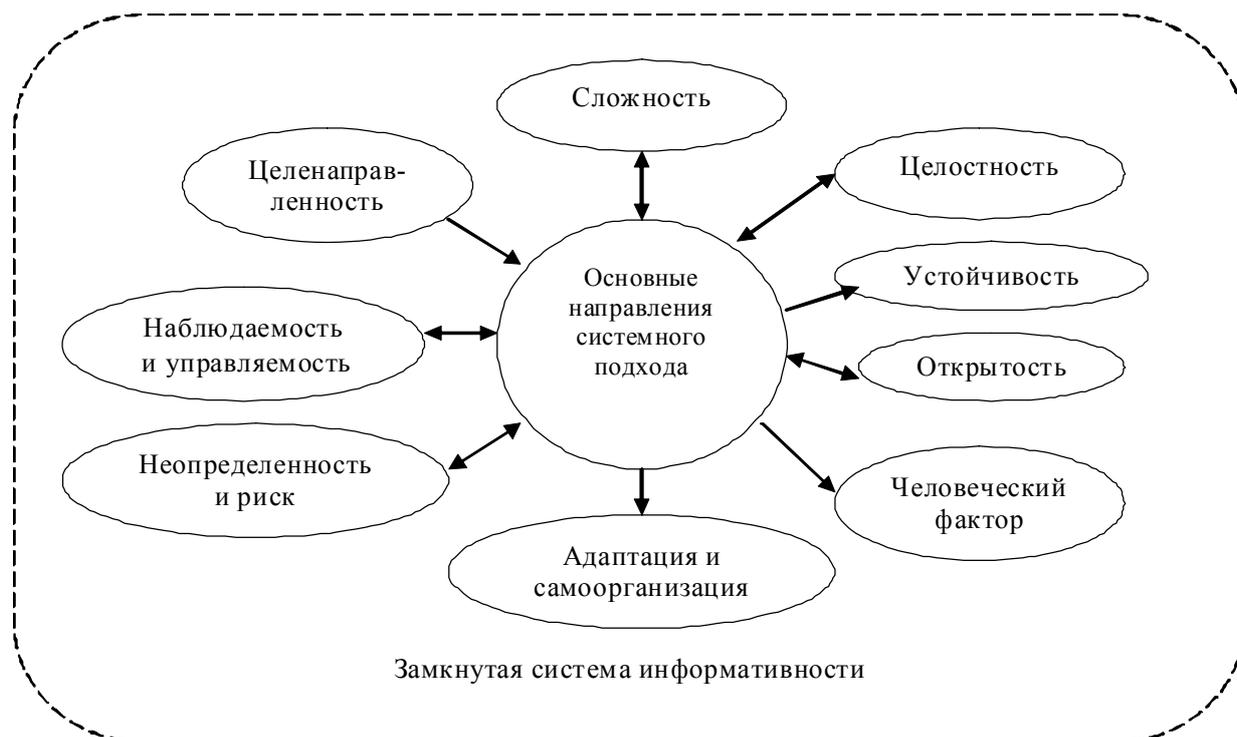


Рис. 1. Инструментарий системного подхода к организации и управлению процессами

критериев анализа и синтеза системы поддержки жизненного цикла изделий (рис. 1).

*Сложность* системы определяется ее структурой и функциями, распределенными во времени и пространстве [3]. Как правило, под сложной системой понимают систему, цели которой противоречивы, сложно формализуемы и для изучения которой требуется совместное использование разнотипных моделей и комбинированных методов, а в ряде случаев методологических и методических основ, многих теорий, научных дисциплин и соответствующих междисциплинарных исследований. Сложность (комплексность) корпоративной интегрированной информационно-коммуникационной системы (ИИКСУ) характеризуется на основе свойства сетевой структуры (сложности структуры сети и взаимодействий ее элементов). Для системы, которая является *большой* лишь в силу большого числа подсистем, легко разделяемых на элементы, всегда можно составить и решить задачу для каждого отдельного элемента на основе линейных аналитических уравнений независимо от того, как велико число рассматриваемых элементов. Но так как подсистемы (отдельные предприятия) в ИИКСУ являются зависимыми друг от друга в силу взаимодействий и решение одного участника может повлиять на нескольких участников сети одновременно, то функционирование ИИКСУ и ее элементов (предприятий) не может быть полностью определено и, соответственно, полно описано линейными аналитическими уравнениями. Описание

отдельных элементов ИИКСУ не составит описания системы как единой целостности.

Особенностью организации сложных систем управления является наличие иерархической структуры, что связано с централизацией и децентрализацией отдельных функций системы [1, 2]. Декомпозиция системы на составные части позволяет понизить сложность до управляемых размеров и выделить разные уровни иерархии системы и детализации системных задач, что позволяет работать с уровнем описания, соответствующим уровню компетенции. Удачная декомпозиция допускает рассмотрение составных частей системы *независимо* и обеспечивает наилучший компромисс для двух противоречивых критериев – качества управления и сложности процесса управления. Инструмент декомпозиции дает возможность применять типовые проектные решения для повторяющихся составных частей и сборку системы из готовых и успешно использованных ранее компонентов.

Специфической особенностью новых информационно-коммуникационных технологий с позиции *сложности* является появление нового класса систем – *сложных структур данных*, основанных на абстрактном типе данных.

Методологический инструментарий понятия *сложности* в нашем случае составляют методы [4]: оценки временной и емкостной сложности; автоматической классификации и кластер-анализа; теории ценности информации;

анализа и синтеза иерархических систем; декомпозиции, а так же: регулярные структуры; сложные структуры данных;

инкапсуляция, когда от пользователя скрываются излишние детали и несущественные свойства рассматриваемого объекта.

Сложность системы тесно связана с понятием целостности, а также управляемостью и наблюдаемостью.

*Целостность* отражает свойства целого, не сводимые к свойству его частей, то есть *внутреннее единство* системы, ее относительную автономность и независимость от окружающей среды. Понятие целостности требует интегрированного подхода к разработке системы управления производственной системой и привлечения методов, рассматривающих эту систему целиком. Интеграция означает, что, помимо большого набора моделей и данных, имеется некоторая концепция и методология, оптимально их объединяющая. При разработке сложных систем часто возникает ситуация, когда между различными методами отсутствует внутренняя связь, а так-

же единая концепция системы обработки данных. Поэтому существенно требование, чтобы разрабатываемая система обладала *органической целостностью* и включала большое количество составных частей (элементов), связанных в единое целое важными системными признаками. Замечательные свойства органически целостных систем — это их открытость и способность к адаптации и самоорганизации.

В нашем случае понятие целостности реализуется построением функциональной ИИКСУ, являющейся системообразующей сущностью, которая дает интегральное (обобщенное) описание системы управления и позволяет определить локальные модели и отношения между ними [2]. Понятие целостности используется при формировании интегрированного подхода к разработке системы управления, основанного на агрегации информационных технологий в комплексы информационных технологий и механизме интеграции функциональных моделей управления и моделей данных. Косвенно понятие целостности проявляется и в самой тенденции обобщения методологических принципов системного подхода (рис. 2).

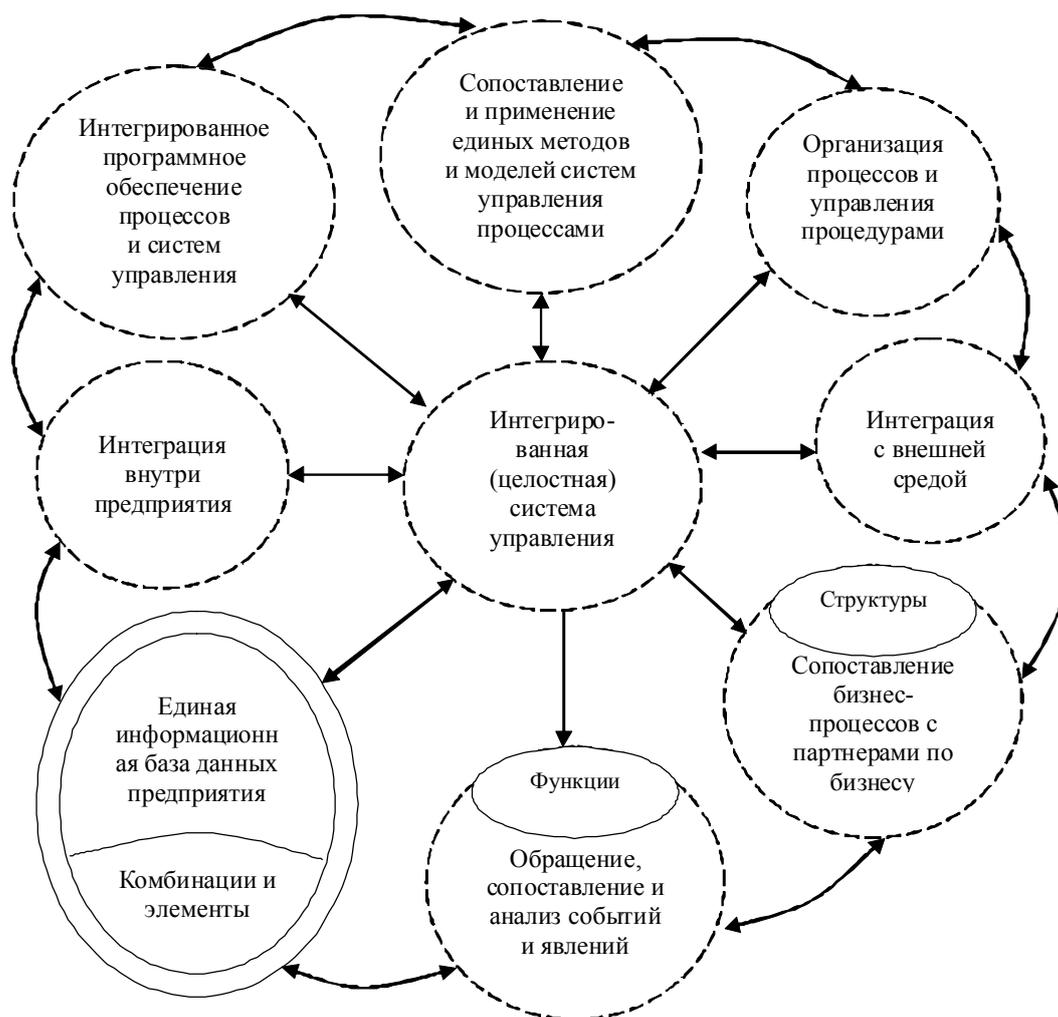


Рис. 2. Целостность интегрированного подхода по замкнутому контуру при разработке системы управления ресурсами

*Наблюдаемость и управляемость* обеспечивают целенаправленное функционирование при изменяющихся внутренних или внешних условиях.

*Наблюдаемость* обусловлена принципиальной возможностью изучения и исследования поведения системы с целью ее управления. Система наблюдаема, если все ее состояния можно непосредственно или косвенно определить по выходному параметру системы. *Наблюдаемость* - чисто информационный аспект целенаправленного восприятия исходной информации о состояниях системы в процессе управления, поэтому наблюдаемость имеет важное значение в информационно-коммуникационных технологиях и управлении, которая связана с данными о системе, отображающими информацию, подготовленную для определенных целей в строго определенном формате. Степень наблюдаемости во многом определяет возможный уровень автоматизации управления системой.

*Управляемость* вытекает из необходимости перевода системы из одного состояния в другое для достижения поставленных целей. Перевод системы происходит с помощью управляющих воздействий, формируемых изменением тех или иных ее конструктивных параметров. Следует особо выделить управляющие воздействия в виде плана.

Управление есть динамический процесс, развивающийся во времени и обеспечивающий сохранение определенной структуры системы, поддержание режима деятельности, реализацию целей, программ и видов деятельности. Для выработки управляющих решений необходимо представление о том, к каким последствиям приведет реализация этих решений. Поэтому управление невозможно без прогнозирования.

Управляемость и наблюдаемость носят двойственный характер, и образуют фундамент для постановки и решения задач синтеза в современной экономике и системах автоматического управления. Они служат средством, как изучения, познания объекта, так и направления его к желаемой цели. Связь управления системой с информацией, полученной в результате наблюдения, является органической и может быть положена в основу обобщенной системы управления, в которой наблюдаемость — информационная составляющая процесса управления. Недостаточность априорной информации приводит к необходимости совмещения в определенном смысле изучения объекта и управления им и вызывает появление свойств адаптации и самоорганизации. Методологический инструментарий наблюдаемости и управляемости составляют теории:

- информации;
- автоматического регулирования и управления;

- оптимального управления;
- прогнозирования, а также
- математическое программирование.

*Неопределенность и риск* — нормальные и ненормированные явления при исследовании систем.

*Неопределенность среды* характеризует ограниченность знаний о природе изучаемых объектов. В этих случаях, как правило, неизвестные факторы представляют собой обычные объекты изучения *теории вероятности*, при этом предполагается, что статистические характеристики этих факторов известны или потенциально могут быть получены. Следует отметить, что во многих случаях невозможно математическое описание степени влияния различных факторов на процесс достижения цели, либо это описание будет сделано с недостаточной степенью точности и достоверности. Это связано с тем, что процессы в ИИКСУ, как правило, носят неповторяющийся, нестационарный характер с отсутствием или неполнотой необходимой ретроспективной статистической информации.

*Поведенческая неопределенность* обусловлена активностью агентов (предприятий) и центра (органа координации ИИКСУ) с их предпочтениями (интересами). Анализ неопределенности данного вида базируется на игровых моделях, методе нечеткой логики. В данных подходах реализуются принципы управления конфликтами с учетом трудно формализуемых факторов, таких как доверие, репутация и т. д.

*Неопределенность целей* или *многокритериальность*, связана с невозможностью однозначного формулирования цели и условия соответствующих задач ИИКСУ. Для решения многокритериальных задач большой размерности с необходимой скоростью счета широко используются нейронные сети, генетические алгоритмы и др.

Особыми и еще недостаточно изученными являются *персоналистическая* и *логическая* неопределенности. Эти факторы отражают неопределенность знаний и мышления человека, а также неопределенность знаний и выводов в искусственных интеллектуальных системах. Рассмотрение таких факторов неопределенности является чрезвычайно важным, так как они обуславливают возникновение управленческого риска, то есть риска принятия *неверного* решения.

С точки зрения проблемы *учета риска в моделях ИИКСУ*, следует рассмотреть содержание фактора “управление риском” или термина широко распространенного в отечественной литературе. Данный термин появился вследствие “слепого” перевода англоязычного термина “Risk Management”, при этом следует отметить, что русское слово “управление” имеет два варианта

английского перевода, а именно “management” и “control”. Смысловому значению русского термина «управление» в большей степени соответствует английский термин “control”. Термин “management” по своему смысловому значению в большей степени соответствует русскому термину «организация». В связи с этим перевод англоязычного термина «Risk Management» как “управление риском” является не вполне корректным. Действительно, управлять можно объектом, функцией, системой и т. д. Риск же по своей природе является явлением, событием, возникновение которого связано с большой степенью неопределенности. Поэтому более корректным представляется формулировать проблему учета факторов неопределенности как проблему *организации функционирования производственной системы* (сети) с учетом факторов риска.

На основе рассмотренных выше видов неопределенности можно классифицировать, возникающие вследствие неопределенности, *факторы риска*. Здесь следует выделить следующие классы факторов риска:

- внешние и внутренние;
- постоянные и переменные;
- прямого и косвенного воздействия.

К классу *внешних* факторов риска относятся, например, такие, как изменения рыночной конъюнктуры, проектно-технологические отклонения, форс-мажор и др. К *внутренним* относятся факторы, характеризующие возможность субъективных изменений планов и интересов предприятий в процессе реализации плана.

Под *постоянными* понимаются факторы, присущие любой АСУ и одинаковые на различных этапах функционирования производственной системы (например, риск выхода из строя технологического оборудования). *Переменные* факторы риска зависят от конкретного заказа и изменяются на различных этапах производства (например, риск дефицита ресурсов из-за несоответствия информации на момент принятия решения вследствие динамических изменений процессов производства). Факторы *прямого* воздействия непосредственно влияют на функционирование производства (например, риск срыва поставок, отсутствия необходимой информации, задержка финансовых средств, уход предприятия из объединяющей в конкурирующую сеть и т. д.). Факторы *косвенного* воздействия играют роль фоновых факторов, к числу которых относятся общее состояние экономики, социально-политические, нормативно-правовые факторы и др.

В целом проблема *организации функционирования производства с учетом факторов риска* состоит из идентификации факторов риска и

определения опасных ситуаций. Факторы риска могут привести к возникновению *ситуаций риска*, для чего требуется выработка управленческих решений по компенсированию возможных отклонений в функционировании производства вследствие возникновения ситуаций риска, а также разработки системы мониторинга функционирования производства (рис. 3).

Проведенный выше *анализ факторов* неопределенности и риска позволяет комплексно и системно подойти к проблеме выбора необходимых средств и методов учета неопределенности в задачах ИИКСУ. Факторы неопределенности следует учитывать как на этапе планирования производства, так и на этапе реализации плана. Это существенно усложняет планирование работ в производстве, повышает требования к гибкости планов и разработке механизмов согласованных действий участников ИИКСУ как в штатных, так и в нештатных ситуациях. При формировании моделей планирования и управления производством необходим комплексный учет факторов неопределенности и риска путем введения соответствующих параметров и характеристик. Далее рассмотрим понятия *надежности, устойчивости и чувствительности* применительно к ИИКСУ как категорий, позволяющих системно решать задачи повышения качества и точности планирования и управления производством.

Традиционно задача планирования в ИИКСУ состоит в выборе на множестве альтернатив наилучшей конфигурации производственной системы (ПС) с учетом параметров заказов (сроков поставок, цены, количества и др.), а также характеристик доступных в данный момент вре-

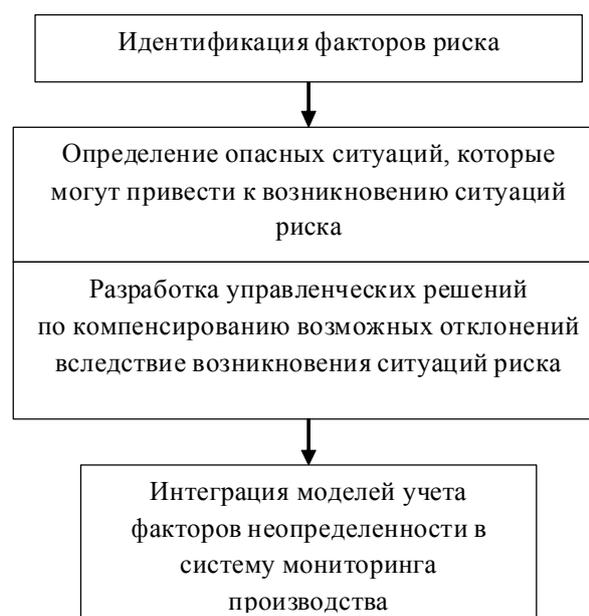


Рис. 3. Общая схема функционирования производства с учетом факторов риска

мени компетенций предприятий (производственные мощности, затраты и т.д.). Для повышения качества и точности планирования представляется целесообразным расширение моделей планирования за счет *учета в них факторов неопределенности*. Этот учет может быть реализован за счет:

создания определенного “запаса прочности” ПС, то есть выбор ПС с высоким уровнем надежности (возможно, в ущерб некоторым экономическим характеристикам);

предвидения развития опасных ситуаций и разработки алгоритмов их распознаваний и разрешения (например, с использованием ситуационного моделирования, систем *Workflow*, а также структурной и параметрической адаптации моделей планирования и управления ПС), где *создание запаса прочности ПС* связано с выбором в ПС предприятий с максимальным уровнем надежности, с включением в алгоритмы планирования различных страховых параметров (буферные интервалы и т. д.). Уровень надежности предприятия характеризует вероятность выполнения планового задания на данном предприятии. Данный показатель включает в себя как *проектно-технологические характеристики* предприятия, так и, так называемые, *нежесткие характеристики* (репутация предприятия и т. д.).

*Уровень надежности всей ПС* определяется как суммарная надежность всех входящих в нее предприятий (традиционно именно так рассматривается надежность применительно к техническим системам). Следует отметить, что надежность является внутренним свойством системы и лишь опосредованно учитывает влияние возмущающих факторов. Надежность в определенном смысле является статическим показателем, субъективно характеризующим запас прочности ПС. При разработке модели планирования ПС необходимо определить экономически обоснованный уровень надежности. При этом важно помнить, что увеличение надежности, как правило, ведет к ухудшению основных экономических характеристик ПС (время производственного цикла, затраты, уровень запасов и т. д.).

Создание “запаса прочности” ПС связано с:

выбором в ПС предприятий с максимальным уровнем надежности;

включением в алгоритмы планирования различных страховых параметров, например буферных интервалов и т.д. (предлагается использовать понятие надежности алгоритмов планирования, то есть степени точности решения и характера учитываемых параметров и ограничений);

формированием множества допустимых управляющих воздействий.

*Устойчивость* — это внутреннее свойство

системы восстанавливать исходное или близкое к нему состояние после какого-либо возмущения, проявляющегося в отклонении системы от нормального значения. Из практики известно, что информация о параметрах любой изучаемой системы не всегда полная и носит *приближенный* характер, поскольку в процессе численного решения задачи используются те или иные аппроксимации. Поэтому фактически решается не первоначальная задача, а некоторые ее фрагменты или возмущения. Вследствие этого возникает вопрос о способности сколь угодно малых изменений этой информации повлиять на искомое решение. Если эти изменения способны влиять на решение, то это означает, что выбранное, с использованием избыточной информации, решение не имеет прикладного значения. Поэтому при разработке прикладных задач большое значение имеет поиск условий, при которых достигаются устойчивые решения по малым изменениям исходной информации.

Важным для функциональных приложений вопросом, связанным с устойчивостью, является изучение влияния на решения структуры самой модели. Это вызвано тем, что для описания системы приходится делать упрощающие предположения, учитывающие лишь наиболее существенные из влияющих на него факторов, и отбрасывать остальные, менее существенные. Возможно, что неучтенные факторы существенно влияют на целевую ориентацию системы, значительно изменяя ее количественные и даже качественные характеристики.

С понятием *устойчивости* тесно связана задача оценки чувствительности решения к изменениям внешних условий. Выяснив, как изменится показатель эффективности при проведении различного ряда организационных и технологических мероприятий, можно ответить на вопрос об их целесообразности.

В конкретном случае методологический инструментарий по формализации понятия *устойчивости* реализуется при выборе устойчивого плана формирования, оценке эффекта по учету динамики управления производственной системой, концентрации ресурсов на главных направлениях деятельности и в других задачах.

Методологический инструментарий понятия устойчивости составляют методы:

математической теории устойчивости систем управления;

устойчивости задач математического программирования.

Интуитивно можно предположить, что высокий уровень надежности ПС будет способствовать повышению устойчивости ПС. Далее наравне с *устойчивостью* следует рассмотреть поня-

тие *чувствительности*, где цель анализа устойчивости и чувствительности более *полный* и *точный* учет факторов неопределенности как на этапе планирования ПС, так и на этапе реализации (в динамике). Использование факторов *устойчивости* и *чувствительности* направлено на учет *неопределенности* в части предвидения развития опасных ситуаций, разработки алгоритмов их распознавания и разрешения (например, с использованием ситуационного моделирования и систем Workflow).

Термины “чувствительность” и “устойчивость” имеют различное значение. *Чувствительность* характеризует восприимчивость системы к определенным классам возмущений или управляющих воздействий. Анализ чувствительности позволяет определить степень влияния отдельных видов возмущений и управляющих воздействий на параметры функционирования ПС, то есть определить потенциально опасные ситуации на различных стадиях ее жизненного цикла и реакцию ИИКСУ на определенные действия координатора ИИКСУ и ее участников. Анализ чувствительности ПС должен осуществляться комбинированно с использованием ситуационного моделирования и систем Workflow.

Понятие *устойчивости* в теории систем играет фундаментальную роль, когда при синтезе систем обеспечение устойчивости и, более того, заданного запаса устойчивости является первоочередным требованием. Смысл свойства системы, определяемого как *устойчивость*, по существу, одинаков для систем любой природы и любого класса. Этот смысл состоит в том, что реакция системы на ограниченные по величине входные воздействия (как контролируемые, так и неконтролируемые) оказывается также ограниченной. В этом случае следует иметь в виду, что *система устойчива* (точнее, устойчива относительно данного класса «возмущающих» входных воздействий), а если реакция системы оказывается неограниченной, то систему называют *неустойчивой*.

Комплексный учет факторов неопределенности с использованием понятий надежности, устойчивости и чувствительности позволяет повысить качество моделей планирования и управления ИИКСУ за счет более адекватного отображения свойств и параметров внешней и внутренней среды. Кроме того, использование данного аппарата предоставляет дополнительные возможности для анализа и прогнозирования процессов в ПС, а также повышения качества выработки управляющих воздействий в условиях неопределенности.

На практике случается, что при выполнении заказа в соответствии с требуемыми параметра-

ми может возникать необходимость в перепланировании работ при выполнении заказа вследствие различных отклонений. Анализ выполнения работ в ПС с использованием рассмотренного выше аппарата может помочь вскрыть причины отклонений, провести *анализ* сделанных управляющих воздействий и их влияния на ПС. Данные анализа могут быть учтены при проектировании новых ПС. Подобный *анализ* может проводиться и в процессе функционирования ПС. На его основе появляются возможности улучшения планов и управляющих воздействий по ходу выполнения работ, а также структурной и параметрической адаптации моделей планирования и управления с учетом изменений условий функционирования ПС.

Приведем *основные положения* развиваемого подхода к планированию и оперативному управлению ПС с учетом факторов неопределенности.

1. ПС как сложные многоструктурные системы с активными элементами функционируют в условиях динамично развивающейся рыночной среды, где обусловлена значительная *внешняя* и *внутренняя неопределенность*. В связи с этим необходим комплексный системный учет факторов неопределенности, как в моделях планирования, так и в моделях управления ИИКСУ с помощью определенной системы категорий, терминов, принципов, измерителей и др. Для этого предлагается использование понятий *надежности*, *устойчивости* и *чувствительности* с учетом особенностей ПС. При моделировании ПС с учетом факторов неопределенности целесообразно опираться на развитый понятийный аппарат теорий систем и управления.

2. Учет факторов неопределенности на этапе планирования состоит в формировании ПС с учетом критериев надежности предприятий, надежности алгоритма планирования, формирования множества допустимых управляющих воздействий, анализа чувствительности (восприимчивости) системы к определенным классам возмущений или управляющих воздействий. Учет факторов неопределенности на этапе управления состоит во введении соответствующих параметров в модели мониторинга и регулирования, анализе устойчивости ПС, разработке механизмов адаптации моделей планирования и управления.

3. Предлагаемый подход позволяет существенно расширить аналитические возможности и качество моделей планирования и управления ПС за счет более адекватного отображения свойств и параметров внешней и внутренней среды на основе комплексного учета (факторов неопределенности). Кроме того, использование данного аппарата предоставляет дополнительные

возможности для анализа и прогнозирования процессов в ПС, а также повышения качества выработки управляющих воздействий в условиях неопределенности.

Всякое знание исследователей о системе *относительно и неточно*. При любых измерениях получить точную информацию невозможно. Поэтому адекватное реальности описание системы всегда содержит различного типа неопределенности. Более того, исследователь сам вносит элемент неопределенности в систему. Естественным и, по-видимому, неизбежным проявлением этой неопределенности являются ошибки в принятии решений, так как конкретной ситуации принятия решения соответствует множество решений, а не единственное.

Неопределенность проявляется в производственной системе:

неопределенностью наших знаний относительно истинного состояния внешней среды и элементов этой системы;

неопределенностью выбранных целей и возможностей достижения поставленных целей.

Природа первой неопределенности связана с наличием ряда причин, важнейшие из которых, следующие:

трудности количественной оценки, когда значения некоторых параметров и переменных точно описать не удастся из-за не изученности каких-либо процессов или величин;

некоторые параметры внешней среды не измеряются из-за технической непригодности или перегруженности информационных систем;

численные значения измеряемых параметров оцениваются с ошибками измерений, навязываемыми, с одной стороны, внутренними шумами измерительных средств, а с другой — внешними помехами.

Неопределенность и риск вызывают специальный методологический инструментарий, который составляют методы:

теории статистических решений и байесова риска;

решения многокритериальных задач (Парето-оптимальные и др.) и:

теория нечетких множеств, полезности и др.

Неопределенность и риск тесно связана с наблюдаемостью и управляемостью.

*Адаптация и самоорганизация* являются свойством выживаемости высокоорганизованной системы путем приспособления к изменяющимся условиям функционирования. Адаптация и самоорганизация позволяют системе сохранять работоспособность при непредвиденных изменениях свойств управляемого объекта, целей управления или окружающей среды.

*Адаптацией* или *обучением* с обучающим называется процесс изменения параметров, структуры системы и управляющих воздействий на основе накопления и немедленного использования текущей информации для достижения цели функционирования системы в условиях начальной неопределенности или отсутствия априорной информации и непредвиденных обстоятельств.

Недостаточность априорной информации приводит к необходимости совмещать наблюдение и управление объектом с адаптацией и самоорганизацией. Если неизвестны характеристики объекта, то нельзя оптимально управлять этим объектом. Однако существует возможность изучения объекта в процессе управления, что дает возможность улучшения управления, в пределе до оптимального. Содержание адаптивного управления состоит в том, что делаются начальные предположения о возможном значении неизвестного нам параметра. В процессе многократного наблюдения и управления системой, а также внешней корректировки или «обучения», осуществляемого «поощрением и наказанием» обучающим, которому известна желаемая реакция системы на определенные внешние воздействия, можно снять первоначальную неопределенность и устранить имеющуюся неполноту информации. Схема адаптивного управления с обучением представляет собой *гибкий механизм* получения информации о состоянии и характеристиках системы, который может быть использован для широкого спектра проблем принятия решений в условиях неопределенности. Адаптивные системы обладают большой универсальностью и позволяют сократить сроки проектирования и обеспечить управление новыми, малоизученными системами.

*Самоорганизация* отличается от адаптации отсутствием каких-либо указаний обучающего извне, о правильности или неправильности реакции системы на показы. В процессе самоорганизации система сама, без специфических указаний и воздействий извне, обретает какую-то пространственную, временную или функциональную структуру.

В данном случае механизм адаптации и обучения будет использоваться при разработке имитационных моделей поддержки принятия решений с целью диспетчерского управления, а самоорганизация при разработке алгоритмов автоматической классификации функциональных задач управления.

Адаптация и самоорганизация тесно связана с целенаправленностью, наблюдаемостью и управляемостью, неопределенностью и риском, а также с «человеческим фактором».

Методологический инструментарий адаптации и самоорганизации составляют различные алгоритмы [5].

*Человеческий фактор* в “человеко-машинных” системах, к которым и относится система управления такой крупномасштабной корпоративной организацией, как авиационное производство, представляется весьма существенным. Наличие человека в системе управления с его уникальной возможностью классифицировать ситуации, вырабатывать цели, стратегии и методы их достижения в условиях неопределенности, оперировать с качественными, неполными и трудноформализуемыми данными существенно усложняет математическое описание системы [2].

Во многих случаях человек является единственным субъективным источником неточной, неоднозначной и неполной информации. Информация о целевой функции лица, принимающего решения, также может отсутствовать, а процесс его принятия решений представляет набор неформальных правил и приемов, плохо поддающихся формализации. Необходимость формализации данного процесса возникает при передаче части “человеческих функций” компьютерной технике в ходе создания системы поддержки принятия решений.

Указанные особенности функционирования человека не претендуют на полноту и должны быть приняты во внимание при разработке человеко-машинных систем поддержки управляющих решений.

Для описания сложных функций, выполняемых человеком, на практике разработаны инструментальные методы, позволяющие в определенном смысле моделировать эти функции. Здесь следует отметить эвристические процедуры принятия решений, системы искусственного интеллекта и экспертные системы, методы теории решения задач и концептуального моделирования знаний, интерактивные методы принятия решений, экспертные оценки, методы распознавания образов. Модели используют понятия теории множеств, дискретных структур, вероятностей, графов и сетей, математической логики и др. Для работы с такими моделями исходная информация может быть представлена в порядковых шкалах, предполагающих лишь возможность определения предпочтения одного объекта другому.

“Человеческий фактор” в системе управления имеет тесную связь с целенаправленностью поведения, наблюдаемостью и управляемостью, неопределенностью и риском, адаптацией и самоорганизацией. В производственной сфере ме-

тодологический инструментарий “человеческого фактора” активно используется при разработке имитационных моделей ИИКСУ, моделей планирования и управления, определения потребностей и распределения ресурсов и в других предметных областях.

*Открытость* предусматривает возможность свободного расширения состава приведенных понятий по горизонтали и вертикали. Горизонтальное расширение предусматривает возможность добавления новых высокоуровневых понятий, а вертикальное — смену понятий. В более широком смысле открытость означает способность тонкой настройки концептуальной системы знаний о предметной области. Открытость гарантирует, что, в условиях резкого изменения целей состава и масштаба решаемых задач, разрабатываемая система управления способна к ним адаптироваться.

Открытая система интегрирует в своем составе как проверенные и отточенные современные методы и средства, так и новые только возникающие.

Инструментарием, обеспечивающим открытость, являются документированные и свободно доступные определения и перечисления специфических: свойств и особенностей (спецификации) приведенных понятий, позволяющие независимо от разработчика изменять эти инструментарии, как по горизонтали, так и по вертикали.

Представленный состав понятий имеет тесную органическую взаимосвязь и может трактоваться как единая целостная концептуальная сущность разрабатываемой предметной области управления. Каждое приведенное понятие в этом составе играет свою роль. В этом смысле все они выполняют общую функцию посредством частных, которую математически можно выразить в виде:

$$\Phi(U) = S\{A, T, K, \dots, F\}, \quad (1)$$

где  $\Phi(U)$  – функции управления;

$S$  – система ИИКСУ;

$\{\dots\}$  – совокупность данных;

$A$  – алгоритм решения задачи;

$T$  – типовые научно-технические решения (данные, тезаурус);

$K$  – конструктивные данные;

$(\dots)$  – дополнительные данные, зависящие от типа решаемых задач;

$F$  – функции информационных данных (полезные действия, свойства и состояния) системы.

Классификация факторов неопределенности представляется графоаналитически (рис. 4).



**Рис. 4.** Обобщенная классификация факторов неопределенности в управлении процессами и системами

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кутыркин А.В., Павловский А.А.* Лингвистический подход к оценке и выбору новых информационных технологий // Приборы + автоматизация. 2007. №2. С. 32-37.
2. *Беленький А.С.* Исследование операций в транспортных системах. М.: Мир, 1972. 582 с.
3. *Бусленко Н.П.* Моделирование сложных систем. М.: 1978. 377 с.
4. *Ахо А.В., Хопкрофт Д.Э., Ульман Д.Д.* Структуры данных и алгоритмы. М.: 6 СПб.; Киев: Вильямс, 2000. 384.
5. *Савин Г.И.* Системное моделирование сложных процессов. М.: Фазис, 2000.

#### THE ANALYSIS OF METHODOLOGICAL TOOLKIT INFORMATION-COMMUNICATION SYSTEMS

© 2010 V.P. Mahitko<sup>1</sup>, R.N. Shumchuk<sup>2</sup>, A.N. Konev

<sup>1</sup> Ulyanovsk Higher Civil Aviation School (Institute)

<sup>2</sup> Institute of Aviation Technologies and Managements  
Ulyanovsk State Technical University

In clause authors analyze various formulations of terms, definitions, etc. attributes in the corporate integrated information-communication control system in a cut of verification according to scientific and technical and scientifically-economic sources. Describe structures and the functions defined in time and space on the basis of two criteria of management: qualities and complexities of process; operability and controllability as purposeful functioning under changing internal and external conditions, authors consider from a position of the theory of automatic control as cleanly information aspect of purposeful perception of the initial information on conditions of information-communication system in managerial processes. Authors characterize uncertainty and risk from a position of the theory of probability, assuming that statistical characteristics of these factors are known or can be potentially received during management of information-communication system, etc.

Key words: methodological toolkit, information-communication systems.