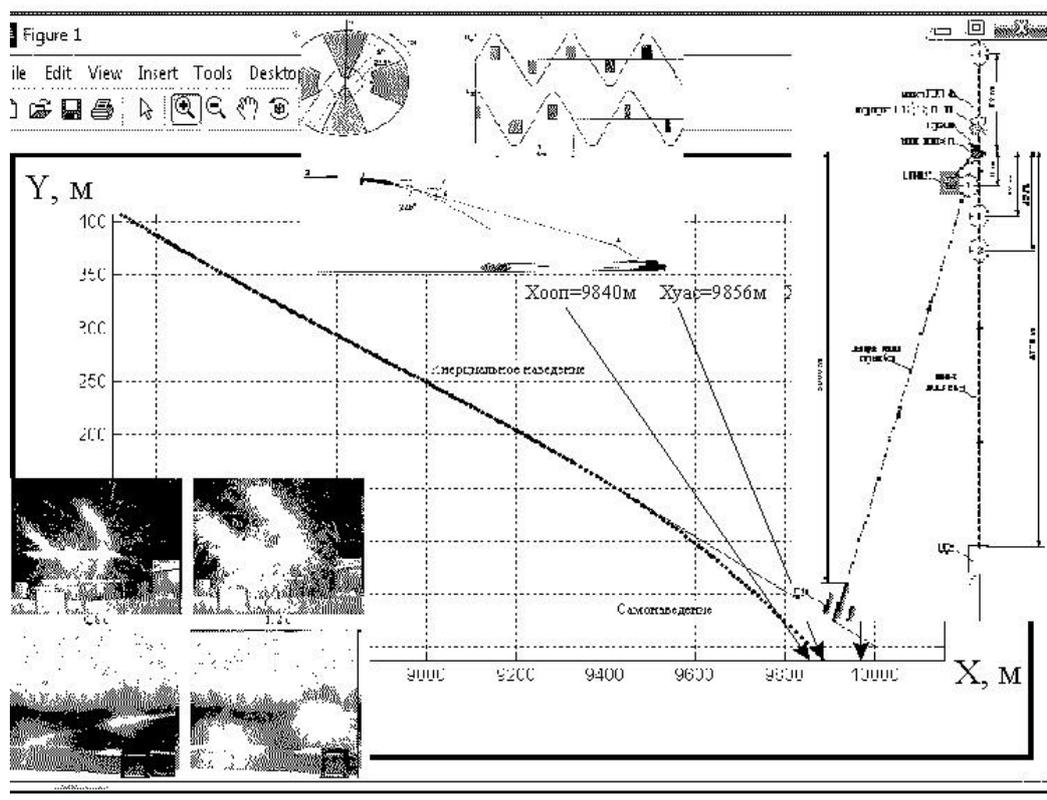


А.А. Данков

МОДЕЛИРОВАНИЕ - КАК ВАЖНЕЙШАЯ СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВООРУЖЕНИЯ



Санкт-Петербург
2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

А.А. Данков

**МОДЕЛИРОВАНИЕ – КАК ВАЖНЕЙШАЯ СО-
СТАВНАЯ ЧАСТЬ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ И
МОДЕРНИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВО-
ОРУЖЕНИЯ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург

2017

Данков А.А. Моделирование – как важнейшая составная часть процесса разработки и модернизации перспективного вооружения. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 76 с.

В пособии рассмотрены виды и методы моделирования, применяемые при разработке перспективных, а также при модернизации существующих образцов и комплексов вооружения, военной и специальной техники. В ходе освоения курса учащиеся должны не только ознакомиться с основными видами, способами и методами моделирования, но и понимать их предназначение, самостоятельно определять область назначения и активно применять их на практике при обучении. Учащиеся должны уметь анализировать и выявлять наиболее эффективные способы моделирования применительно к конкретной задаче, делать экспертные заключения, участвовать в дискуссиях, обсуждая проблемные вопросы, непосредственно связанные с моделированием

Пособие адресовано студентам, обучающимся по направлению подготовки 27.04.05 «Инноватика»

Рекомендовано к печати УМС ИМБИП, протокол № 8 от «15» марта 2017г.

Университет ИТМО – ведущий ВУЗ России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2017

©Данков А.А., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
Глава 1. Виды и методы моделирования при проведении исследований	6
1.1. Виды моделирования	6
1.2. Методы моделирования	14
1.3. Подходы при моделировании	18
Глава 2. Применение моделирования при разработке перспективных и модернизации существующих образцов и комплексов вооружения	22
2.1. Методы моделирования в задачах разработки вооружения	22
2.2. Метод экспертных оценок	26
2.3. Метод анализа иерархий	41
Глава 3. Принципы построения моделей	49
3.1. Имитационные, аналитические и когнитивные модели	49
3.2. Использование когнитивных моделей при моделировании систем вооружения	56
3.3. Пример использования имитационного моделирования при разработке вооружения	59
Литература	70

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью учебно-методического пособия является ознакомить обучающихся с основными принципами и теоретическими основами моделирования применительно к разработке перспективного вооружения. Названная цель достигается посредством решения следующих **задач**:

- рассмотреть виды и методы моделирования, которые могут быть использованы при проведении теоретических исследований;
- показать основные подходы, применяемые при моделировании;
- раскрыть основные методы моделирования, применительно к разработке перспективных и модернизированных образцов и комплексов вооружения, военной и специальной техники;
- раскрыть одиночные и групповые методы экспертных оценок при разработке образцов и комплексов вооружения;
- разобрать метод анализа иерархий при разработке образцов и комплексов вооружения;
- показать принципы построения имитационных, аналитических и когнитивных моделей, используемых при разработке перспективного и модернизации существующего вооружения, военной и специальной техники;
- подробно разобрать использование когнитивных моделей при разработке образцов и комплексов вооружения;
- привести наглядный пример применения моделирования в процессе разработки образца вооружения, военной и специальной техники с поэтапным описанием всех проводимых мероприятий.

При разработке образцов и комплексов перспективного вооружения, военной и специальной техники проводится комплекс мероприятий по эскизному, техническому проектированию, разработки рабочей конструкторской документации, проведения автономных (стендовых) проверок, предварительных, государственных и межведомственных испытаний, подготовки документации к серийному изготовлению изделий. Практически на всех перечисленных этапах разработки изготовители (конструктора) опытных образцов изделий в качестве рабочего инструмента задействуют имитационные, аналитические и когнитивные модели, способствующие проведению предварительных оценок, обеспечив экономию временных и материальных ресурсов.

Вышесказанное обуславливает трехглавную структуру по содержанию настоящего учебного пособия. В первой главе рассмотрены виды, методы и подходы проведения моделирования, которые позволяют обучающимся войти в курс дел понятийного аппарата по данным вопросам. Во второй главе рассматриваются основные методы моделирования, применяемые в области

разработки вооружения, военной и специальной техники. Основываясь на материале первой главы, предложена адаптация моделирования в задачах создания перспективного и модернизированного ВВТ. Третья глава, как возможно подробно раскрывает принципы построения моделей при разработке систем вооружения. В данной главе приводится наглядный пример применения имитационного моделирования на примере модели расчета параметров отклонения, атакующего управляемого артиллерийского снаряда за счет постановки аэрозольной завесы. Данный пример служит для ознакомления обучающихся с теоретическими основами моделирования основных этапов создания вооружения и военной техники.

В целом, дисциплина и пособие предназначены для того, чтобы показать функциональное назначение моделирования и заложить азы понимания этого процесса, опираясь на которые можно продолжить изучение в данной области.

ГЛАВА 1. ВИДЫ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Виды моделирования

В настоящее время при сложной геополитической обстановке в мире, еще большую значимость приобретает укрепление обороноспособности нашего государства. При нестабильности экономических, социальных и внешнеполитических факторов российский оборонно-промышленный комплекс должен обеспечить оснащение наших Вооруженных Сил самыми современными, доступными и надежными образцами вооружения, военной и специальной техники.

Предприятия и организации оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации ведут разработку перспективных и совершенствование существующих образцов и комплексов вооружения, проводят предварительное моделирование последних с целью оценки степени их удовлетворения заданным тактико-техническим требованиям.

Различные виды и способы моделирования находят широкое применение на всех предварительных этапах разработки опытных образцов (эскизном, техническом проектировании, экспериментальных исследованиях, стендовых и полигонных испытаниях, устранения выявленных недостатков) перед подготовкой к серийному изготовлению.

Применяющиеся виды и методы моделирования при разработке опытных образцов и систем, представлены весьма значительной номенклатурой.

В области разработки вооружения и военной техники (ВВТ) различают следующие основные виды моделирования:

- *концептуальное* – с помощью некоторых специальных знаков, символов, операций над ними или с помощью естественного или искусственного языков истолковывается основная мысль (концепция) относительно исследуемого объекта;

- *интуитивное* – сводится к мысленному эксперименту на основе практического опыта работников (широко применяется в экономике);

- *физическое* – модель и моделируемый объект представляют собой реальные объекты или процессы единой, или различной физической природы, причем между процессами в объекте-оригинале и в модели выполняются не-

которые соотношения подобия, вытекающие из схожести физических явлений;

- *структурно-функциональное* – моделями являются схемы, (блок-схемы), графики, чертежи, диаграммы, таблицы, рисунки, дополненные специальными правилами их объединения и преобразования:

- *математическое (логико-математическое)* – моделирование, включая построение модели, осуществляется средствами математики и логики;

- *имитационное (программное)* – логико-математическая модель исследуемого объекта представляет собой алгоритм функционирования объекта, реализованный в виде программного комплекса для компьютера.

Перечисленные выше виды моделирования не являются взаимоисключающими и могут применяться при исследовании сложных объектов (систем) либо одновременно, либо в некоторой комбинации.

В зависимости от характера изучаемых процессов в системе все виды моделирования могут быть классифицированы:

1. Детерминированные (описывают процессы, на которые не влияют случайные факторы).

2. Стохастические (описывают вероятные процессы, на которые оказывают влияние случайные факторы).

3. Статические (описывают процессы в определенный момент, без динамики его изменения во времени).

4. Динамические (описывают процессы с учетом изменений во времени).

5. Дискретные (описывают только часть процесса).

6. Непрерывные (описывают весь процесс от начала и до конца, без его прерываний).

7. Дискретно-непрерывные (описывают весь процесс целиком, выделяя его части).

8. Мысленные (абстрактные) (описывают несуществующие в рассматриваемый период времени процессы, или уже существовавшие, или еще не существующие).

9. Реальные (описывают протекающие процессы в реальном масштабе всех координат, включая временные).

Мысленное моделирование включает в себя моделирования:

- наглядные (гипотетические, аналоговые, макетирования);
- символические (знаковые, языковые);
- математические (аналитические, имитационные, комбинированные).

Реальное моделирование включает в себя следующие моделирования:

- натурные (научные эксперименты, комплексные испытания, производственные эксперименты);
- физические (в реальном масштабе времени, в нереальном масштабе времени).

При наглядном моделировании на базе представлений человека о реальных объектах создаются различные наглядные модели, отображающие явления и процессы, протекающие в объекте.

1) В основу *гипотетического* моделирования исследователем закладывается некоторая гипотеза о закономерностях протекания процесса в реальном объекте, которая отражает уровень знаний исследователя об объекте и базируется на причинно - следственных связях между входом и выходом изучаемого объекта. Гипотетическое моделирование используется, когда знаний об объекте недостаточно для построения формальных моделей.

2) *Аналоговое* моделирование основывается на применении аналогий различных уровней. Наивысшим уровнем является полная аналогия, имеющая место только для достаточно простых объектов. С усложнением объекта используют аналогии последующих уровней, когда аналоговая модель отображает несколько либо только одну сторону функционирования объекта.

3) *Макетирование* – мысленный макет может применяться в случаях, когда протекающие в реальном объекте процессы не поддаются физическому моделированию, либо может предшествовать проведению других видов моделирования.

Символическое моделирование представляет собой искусственный процесс создания логического объекта, который замещает реальный и выражает основные свойства его отношений с помощью определенной системы знаков или символов.

В основе построения мысленных макетов также лежат аналогии, однако обычно базирующиеся на причинно-следственных связях между явлениями и процессами в объекте. Если ввести условное обозначение отдельных

понятий, т. е. знаки, а также определенные операции между этими знаками, то можно реализовать знаковое моделирование.

1) *Знаковое* моделирование – это отображение набора понятий с помощью знаков – составление отдельных цепочек из слов и предложений. Используя операции объединения, пересечения и дополнения теории множеств, можно в отдельных символах дать описание какого-то реального объекта.

2) В основе *языкового* моделирования лежит некоторый тезаурус. Последний образуется из набора входящих понятий, причем этот набор должен быть фиксированным. Следует отметить, что между тезаурусом и обычным словарем имеются принципиальные различия. Тезаурус – словарь, который очищен от неоднозначности, т. е. в нем каждому слову может соответствовать лишь единственное понятие, хотя в обычном словаре одному слову могут соответствовать несколько понятий.

Математическое моделирование. Под математическим моделированием будем понимать процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и задач исследования объекта и требуемой достоверности и точности решения этой задачи. Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности.

1) Для *аналитического* моделирования характерно то, что процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений или логических условий. Аналитическая модель может быть исследована следующими методами:

а) аналитическим, когда стремятся получить в общем виде явные зависимости для искомых характеристик;

б) численным, когда, не умея решать уравнений в общем виде, стремятся получить числовые результаты при конкретных начальных данных;

в) качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые свойства решения.

2) При *имитационном* моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы во времени, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы.

3) *Комбинированное* (аналитико-имитационное) моделирование при анализе и синтезе систем позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования. При построении комбинированных моделей проводится предварительная декомпозиция процесса функционирования объекта на составляющие подпроцессы, и для тех из них, где это возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели. Такой комбинированный подход позволяет охватить качественно новые классы систем, которые не могут быть исследованы с использованием только аналитического и имитационного моделирования в отдельности.

При *реальном* моделировании используется возможность исследования различных характеристик либо на реальном объекте целиком, либо на его части. Такие исследования могут проводиться как на объектах, работающих в нормальных режимах, так и при организации специальных режимов для оценки интересующих исследователя характеристик. Реальное моделирование является наиболее адекватным, но при этом его возможности с учетом особенностей реальных объектов ограничены.

Натурным моделированием – называют проведение исследования на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента на основе теории подобия.

С развитием техники и проникновением вглубь процессов, протекающих в реальных системах, возрастает техническая оснащенность современного научного эксперимента. Он характеризуется широким использованием средств автоматизации проведения, применением весьма разнообразных средств обработки информации, возможностью вмешательства человека в процесс проведения эксперимента, и в соответствии с этим появилось новое научное направление – автоматизация научных экспериментов.

Отличие эксперимента от реального протекания процесса заключается в том, что в нем могут появиться отдельные критические ситуации и определяться границы устойчивости процесса.

Физическое моделирование – отличающееся от натурального тем, что исследование проводится на установках, которые сохраняют природу явлений и обладают физическим подобием. В процессе физического моделирования задаются некоторые характеристики внешней среды, и исследуется поведение либо реального объекта, либо его модели при заданных или создаваемых искусственно воздействиях внешней среды. Физическое моделирование может протекать в реальном и нереальном (псевдореальном) масштабах времени, а также может рассматриваться без учета времени. В последнем случае изучению подлежат так называемые «замороженные» процессы, которые фиксируются в некоторый момент времени. Наибольшая сложность и интерес с

точки зрения верности получаемых результатов представляет физическое моделирование в реальном масштабе времени.

Подробно остановимся на частном виде математического моделирования – компьютерном моделировании. Данный вид наиболее распространен при проектировании перспективных и модернизированных образцов вооружения, военной и специальной техники.

Первоначально под компьютерным моделированием (или, как говорили, моделированием на ЭВМ) понималось лишь имитационное моделирование. Исторически случилось так, что первые работы по компьютерному моделированию были связаны с физикой. Затем разработанные подходы распространились на задачи химии, электроэнергетики, биологии и некоторые другие дисциплины, причем схемы моделирования не слишком отличались друг от друга. Этот вид моделирования все еще широко распространен и в научных, и в прикладных исследованиях.

Однако сегодня понятие «компьютерное моделирование» чаще связывают не с фундаментальными дисциплинами, а в первую очередь с системным анализом. Следует заметить, что компьютер может быть весьма полезен при всех видах моделирования (за исключением физического моделирования, где компьютер тоже может использоваться, но, скорее, для целей управления процессом моделирования). Изменилось и понятие компьютерной модели. Раньше под компьютерной моделью чаще всего понимали имитационную модель – отдельную программу, совокупность программ или программный комплекс, позволяющий с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта. В настоящее время под компьютерной моделью чаще всего понимают структурно-функциональную модель – условный образ объекта, описанный с помощью взаимосвязанных компьютерных таблиц, блок-схем, диаграмм, графиков, рисунков, анимационных фрагментов, гипертекстов и отображающий структуру и взаимосвязи между элементами объекта. Понятие «компьютерное моделирование» значительно шире традиционного понятия «моделирование на ЭВМ» и нуждается в уточнении, учитывающем сегодняшние реалии.

Компьютерное моделирование – это метод решения задачи анализа или синтеза объекта на основе использования его компьютерной модели. Суть компьютерного моделирования заключается в получении количественных и качественных результатов по имеющейся модели. Качественные выводы, получаемые по результатам анализа, позволяют обнаружить неизвестные ранее свойства объекта. Количественные выводы в основном носят характер прогноза некоторых будущих или объяснения прошлых значений переменных, характеризующих систему. Основная цель компьютерного моделирования это проведение системного анализа.

1.2. Методы моделирования

При исследовании технических систем с дискретным характером функционирования наиболее широкое применение получили следующие основные методы моделирования:

- аналитические (аппарат теории вероятностей, теории массового обслуживания, теории случайных процессов, методы оптимизации и др.);
- численные (применение методов численного анализа для получения конечных результатов в числовой форме, когда невозможно получить аналитические зависимости характеристик от параметров в явном виде);
- статистические или имитационные (исследования на ЭВМ, базирующиеся на методе статистических испытаний и предполагающие применение специальных программных средств и языков моделирования: GPSS, SIMULA, ИМСС и др.);
- комбинированные (применение перечисленных методов поочередно, последовательно, либо с чередованием).

1. *Аналитические методы* – состоят в построении математической модели в виде математических символов и отношений, при этом требуемые зависимости выводятся из математической модели последовательным применением математических правил.

Аналитической моделью называется такое формализованное описание системы, которое позволяет получить решение уравнения в явном виде, используя известный математический аппарат.

Достоинство аналитических методов заключается в возможности получения решения в явной аналитической форме, позволяющей проводить детальный анализ процессов, протекающих в исследуемой системе, в широком диапазоне изменения параметров системы. Результаты в аналитической форме являются основой для выбора оптимальных вариантов структурно-функциональной организации системы на этапе синтеза.

Недостаток аналитических методов – использование целого ряда допущений и предположений в процессе построения математических моделей и невозможность, в некоторых случаях, получить решение в явном виде из-за неразрешимости уравнений в аналитической форме, отсутствия первообразных для подынтегральных функций и т.п. В этих случаях широко применяются численные методы.

Аналитические методы можно разделить на:

- точные;

– приближенные;

– эвристические.

2. *Численные методы* – основываются на построении конечной последовательности действий над числами. Применение численных методов сводится к замене математических операций и отношений соответствующими операциями над числами, например, к замене интегралов суммами, бесконечных сумм – конечными и т.п. Результатом применения численных методов являются таблицы и графики зависимостей, раскрывающих свойства объекта. Численные методы являются продолжением аналитических методов в тех случаях, когда результат не может быть получен в явном виде. Численные методы по сравнению с аналитическими методами позволяют решать значительно более широкий круг задач.

Численная модель характеризуется зависимостью такого вида, который допускает только частные решения для конкретных начальных условий и количественных параметров моделей.

3. *Статистические методы* – применяются в тех случаях, когда анализ математической модели даже численными методами может оказаться нерезультативным из-за чрезмерной трудоемкости или неустойчивости алгоритмов в отношении погрешностей аппроксимации и округления, строится *имитационная модель*, в которой процессы, протекающие в ВС, описываются как последовательности операций над числами, представляющими значения входов и выходов соответствующих элементов.

Имитационная модель объединяет свойства отдельных элементов в единую систему. Производя вычисления, порождаемые имитационной моделью, можно на основе свойств отдельных элементов определить свойства всей системы. При построении имитационных моделей широко используется метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Процедура построения и анализа имитационных моделей методом статистических испытаний называется статистическим моделированием. Статистическое моделирование представляет собой процесс получения статистических данных о свойствах моделируемой системы.

Достоинством статистического моделирования является:

- универсальность, гарантирующая принципиальную возможность проведения анализа систем любой степени сложности с любой степенью детализации.
- возможность исследовать особенности процесса функционирования системы S в любых условиях;

- за счет применения ЭВМ существенно сокращается продолжительность испытаний по сравнению с натурным экспериментом;
- результаты натурных испытаний реальной системы или ее частей можно использовать для проведения имитационного моделирования;
- гибкость варьирования структуры, алгоритмов и параметров моделируемой системы при поиске оптимального варианта системы;
- для сложных систем – это единственный практически реализуемый метод исследования процесса функционирования систем.

Недостаток статистического моделирования

- трудоемкость процесса моделирования, большие затраты машинного времени;
- частный характер результатов, не раскрывающий зависимости, а лишь определяющий ее в отдельных точках.
- для полного анализа характеристик процесса функционирования систем и поиска оптимального варианта требуется многократно воспроизводить имитационный эксперимент, варьируя исходные данные задачи;

Статистическое моделирование широко используется для оценки погрешностей аналитических и численных методов.

4. *Комбинированные методы* – представляют собой комбинацию выше перечисленных методов, в частности:

- численно-аналитические, в которых часть результатов получается численно, а остальные – с использованием аналитических зависимостей;
- аналитико-имитационные, представляющие собой имитационное моделирование в сочетании с аналитическими методами, позволяющими сократить время моделирования за счет определения значений ряда характеристик на основе аналитических зависимостей по значениям одной или нескольких характеристик, найденных путем статистической обработки результатов имитационного моделирования.

1.3. Подходы при моделировании

При проведении моделирования процессов разработки перспективных и модернизированных образцов вооружения, военной и специальной техники применяются классический и системный подходы построения моделей.

1. *Классический* (индуктивный) подход при построении моделей – когда процесс изучения взаимосвязей между отдельными частями модели предусматривает рассмотрение их как отражение связей между отдельными подсистемами объекта. Такой подход может быть использован при создании достаточно простых моделей.

Процесс синтеза модели M на основе классического подхода представлен на рисунке 1. Реальный объект, подлежащий моделированию, разбивается на отдельные подсистемы, т. е. выбираются исходные данные D для подходов моделирования и ставятся цели C , отображающие отдельные стороны процесса моделирования.

По отдельной совокупности исходных данных D ставится цель моделирования отдельной стороны функционирования системы, на базе этой цели формируется некоторая компонента K будущей модели. Совокупность компонент объединяется в модель M .

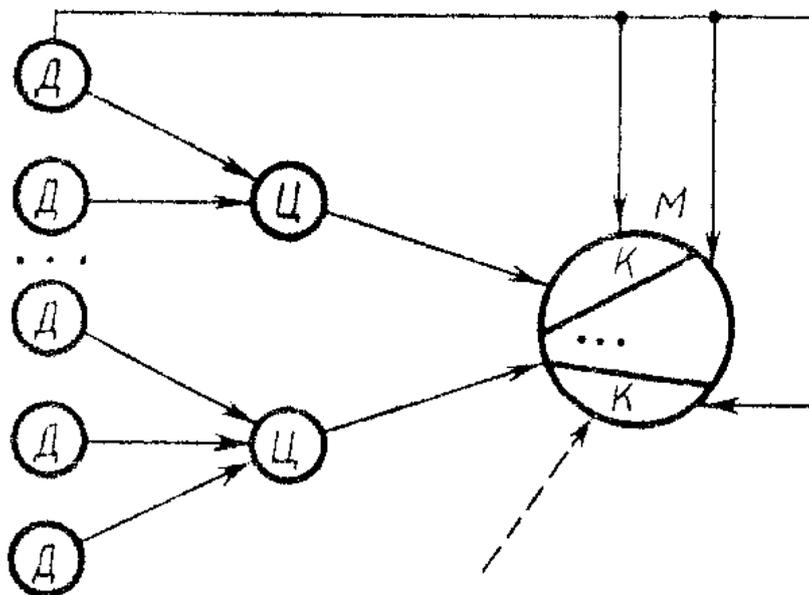


Рисунок 1 – Процесс синтеза модели на основе классического подхода

Таким образом, разработка модели M на базе классического подхода означает суммирование отдельных компонент в единую модель, причем каждая из компонент решает свои собственные задачи и изолирована от других частей модели. Поэтому классический подход может быть использован для реализации сравнительно простых моделей, в которых возможно разделение и взаимно независимое рассмотрение отдельных сторон функционирования реального объекта. Для модели сложного объекта такая разобщенность решаемых задач недопустима, так как приводит к значительным затратам ресурсов при реализации модели на базе конкретных программно-технических средств.

Можно отметить две отличительные стороны классического подхода:

- наблюдается движение от частного к общему;
- создаваемая модель образуется путем суммирования отдельных ее компонент и не учитывается возникновение нового системного эффекта.

С усложнением объектов моделирования возникла необходимость наблюдения их с более высокого уровня. В этом случае наблюдатель (разработчик) рассматривает данную систему S как некоторую подсистему какой-то метасистемы, т. е. системы более высокого ранга, и вынужден перейти на позиции нового системного подхода, который позволит ему построить не только исследуемую систему, решающую совокупность задач, но и создавать систему, являющуюся составной частью метасистемы.

2. *Системный подход* при построении моделей – получил применение в системотехнике в связи с необходимостью исследования больших реальных систем, когда сказалась недостаточность, а иногда ошибочность принятия каких-либо частных решений. На возникновение системного подхода повлияли увеличивающееся количество исходных данных при разработке, необходимость учета сложных стохастических связей в системе и воздействий внешней среды E . Все это заставило исследователей изучать сложный объект не изолированно, а во взаимодействии с внешней средой, а также в совокупности с другими системами некоторой метасистемы.

Системный подход позволяет решить проблему построения сложной системы с учетом всех факторов и возможностей, пропорциональных их значимости, на всех этапах исследования системы S и построения модели M .

Системный подход означает, что каждая система S является интегрированным целым даже тогда, когда она состоит из отдельных разобобщенных подсистем. Таким образом, в основе системного подхода лежит рассмотрение системы как интегрированного целого, причем это рассмотрение при разработке начинается с главного – формулировки цели функционирования. Процесс синтеза модели M на базе системного подхода условно представлен на рисунке 2. На основе исходных данных D , которые известны из анализа внешней системы, тех ограничений, которые накладываются на систему сверху либо, исходя из возможностей ее реализации, и на основе цели функционирования формулируются исходные требования T к модели системы S . На базе этих требований формируются ориентировочно некоторые подсистемы P , элементы \mathcal{E} и осуществляется наиболее сложный этап синтеза – выбор V составляющих системы, для чего используются специальные критерии выбора (KB).

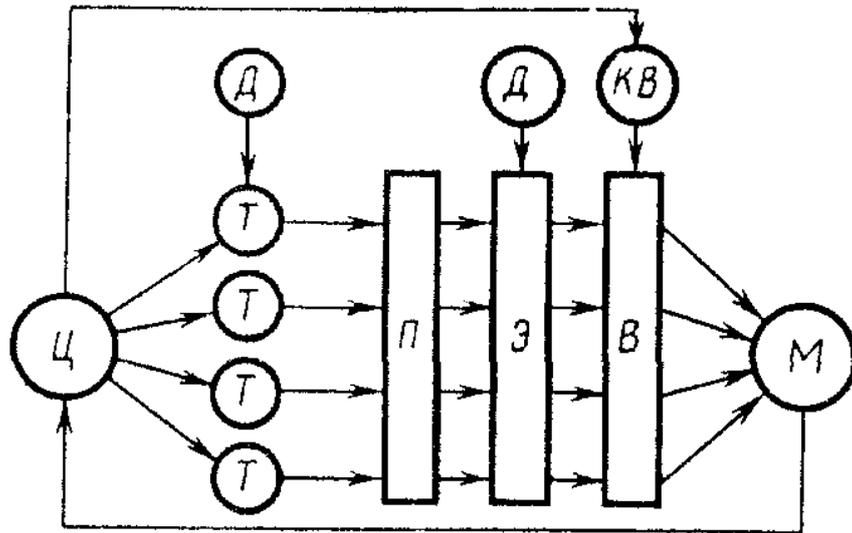


Рисунок 2 – Процесс синтеза модели па основе системного подхода

При моделировании необходимо обеспечить максимальную эффективность модели системы. Эффективность обычно определяется как некоторая разность между какими-то показателями ценности результатов, полученных в итоге эксплуатации модели, и теми затратами, которые были вложены в ее разработку и создание.

ГЛАВА 2. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ И МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОБРАЗЦОВ И КОМПЛЕКСОВ ВООРУЖЕНИЯ

2.1. Методы моделирования в задачах разработки вооружения

Характерной особенностью технико-экономического анализа при обосновании ВВТ является множественность возможных вариантов развития вооружения, из которых необходимо выбрать лишь ограниченное число наиболее отвечающих поставленной цели (заданным тактико-техническим требованиям).

Решение задачи выбора предполагает предварительное определение показателей эффективности, временных и стоимостных показателей рассматриваемых вариантов вооружения.

Методология оценки эффективности средств ВВТ представляет собой иерархическую совокупность методов, методик и моделей, согласованных по целевому предназначению, применяемым показателям и критериям, входным и выходным параметрам, системе ограничений и допущений.

Числовые значения показателей эффективности вооружения могут определяться на основе различных методов моделирования (физического, математического, комбинированного). При проведении военно-технических исследований по обоснованию развития вооружения, как правило, используется математическое моделирование военных действий различного масштаба.

Моделирование – это комплекс мероприятий, направленных на исследование объектов познания по их моделям. Моделирование включает в себя построение и изучение моделей реально существующих предметов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя.

В силу многозначности понятия «модель» в науке и технике не существует единой классификации видов моделирования: классификацию можно проводить по характеру моделей, по характеру моделируемых объектов, по сферам приложения моделирования (в технике, физических науках, кибернетике и т. д.). Например, можно выделить следующие виды моделирования:

- компьютерное моделирование;
- математическое моделирование;
- математико-картографическое моделирование;

- физическое моделирование;
- психологическое моделирование;
- статистическое моделирование;
- структурное моделирование;
- экономико-математическое моделирование;
- имитационное моделирование и т. д.

Компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения сложных систем. Часто компьютерные модели проще и удобнее исследовать, они позволяют проводить вычислительные эксперименты, реальная постановка которых затруднена или может дать непредсказуемый результат. Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемых объектов, исследовать отклик физической системы на изменения ее параметров и начальных условий.

Компьютерное моделирование требует абстрагирования от конкретной природы явлений, построения сначала качественной, а затем и количественной модели. За этим следует проведение серии вычислительных экспериментов на компьютере, интерпретация результатов, сопоставление результатов моделирования с поведением исследуемого объекта, последующее уточнение модели и т. д.

Математическое моделирование – это процесс построения и изучения математических моделей реальных процессов и явлений. Все естественные и общественные науки, использующие математический аппарат, по сути, занимаются математическим моделированием: заменяют реальный объект его моделью и затем изучают последнюю. Как и в случае любого моделирования, математическая модель не описывает полностью изучаемое явление, и вопросы о применимости полученных таким образом результатов являются весьма содержательными.

Имитационное моделирование – это метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику. Имитационное моделирование – это метод исследования, основанный на том, что изучаемая система заменяется имитатором и с ним проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Экспериментирование с имитатором называют имитацией (имитация – это постижение сути явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте).

Имитационное моделирование - это частный случай математического моделирования. Существует класс объектов, для которых по различным причинам не разработаны аналитические модели, либо не разработаны методы решения полученной модели. В этом случае математическая модель заменяется имитатором или имитационной моделью.

Процесс моделирования включает три элемента:

- субъект (исследователь),
- объект исследования,
- модель, определяющую (отражающую) отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

Можно выделить четыре этапа построения и использования модели при разработке перспективного и модернизированного вооружения, военной и специальной техники.

Первый этап построения модели предполагает наличие некоторых знаний об объекте-оригинале. Познавательные возможности модели обуславливаются тем, что модель отображает (воспроизводит, имитирует) какие-либо существенные черты объекта-оригинала. Вопрос о необходимой и достаточной мере сходства оригинала и модели требует конкретного анализа. Очевидно, модель утрачивает свой смысл как в случае тождества с оригиналом (тогда она перестает быть моделью), так и в случае чрезмерного во всех существенных отношениях отличия от оригинала. Таким образом, изучение одних сторон моделируемого объекта осуществляется ценой отказа от исследования других сторон. Поэтому любая модель замещает оригинал лишь в строго ограниченном смысле. Из этого следует, что для одного объекта может быть построено несколько «специализированных» моделей, концентрирующих внимание на определенных сторонах исследуемого объекта или же характеризующих объект с разной степенью детализации.

На втором этапе модель выступает как самостоятельный объект исследования. Одной из форм такого исследования является проведение «модельных» экспериментов, при которых сознательно изменяются условия функционирования модели и систематизируются данные о ее «поведении». Конечным результатом этого этапа является множество (совокупность) знаний о модели.

На третьем этапе осуществляется перенос знаний с модели на оригинал - формирование множества знаний. Одновременно происходит переход с «языка» модели на «язык» оригинала. Процесс переноса знаний проводится по определенным правилам. Знания о модели должны быть скорректированы с учетом тех свойств объекта-оригинала, которые не нашли отражения или были изменены при построении модели.

Четвертый этап – практическая проверка получаемых с помощью моделей знаний и их использование для построения обобщающей теории объекта, его преобразования или управления им.

Моделирование – это циклический процесс. Это означает, что за первым четырехэтапным циклом может последовать второй, третий и т.д. При этом знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, а исходная модель постепенно совершенствуется. Недостатки, обнаруженные после первого цикла моделирования, обусловленные малым знанием объекта или ошибками в построении модели, можно исправить в последующих циклах.

При проектировании перспективного и модернизированного вооружения, когда достаточно трудно построить модель, прибегают к экспертным методам оценкам, рассмотренным ниже.

2.2. Метод экспертных оценок

Экспертные оценки являются одним из основных способов получения комплексного показателя качества при разработке ВВТ. Дело в том, что человек способен решать задачи в условиях отсутствия четкой математической постановки. Главным дополнительным ресурсом здесь является жизненный опыт, аналогии, знание психологии себе подобных и т.п., что в совокупности позволяет принимать решения в ситуациях, где строгая математика пасует. И не случайно в последнее время широкое распространение получили эвристические методы решения задач, основанные на догадке, на творческом неформальном подходе к исследуемой ситуации, а также методы, основанные на теории размытых множеств, размытой логики и т.д. Важное место в этих подходах занимают лингвистические переменные, принимающие значения «много-мало», «плохо-посредственно-хорошо-отлично» и т.д., которые описываются с помощью субъективных вероятностей и опирающейся на них так называемой функции принадлежности.

Происходит гуманизация математики, когда наряду с методами формальной логики применяются «волевые решения» специалистов в практических областях, прогнозы которых подтверждены жизнью.

Методы обработки экспертных данных одно время были включены в состав нормативных, т.е. обязательных документов. Но сама по себе процедура экспертного оценивания является настолько творческой, что нормализующую роль в правильности проведения экспертиз должны играть не стандарты, а хорошо написанные учебные пособия, рассчитанные на грамотное и творческое их использование.

В условиях, когда выходная характеристика изделия является векторной величиной, непосредственная оптимизация показателя качества невозможна. Для ее проведения нужно оптимизировать какой-то один главный показатель, а на остальные наложить ограничения или попытаться сконструировать

ровать из единичных показателей качества один комплексный показатель. В обоих случаях без экспертов не обойтись.

На практике могут использоваться нескольких разновидностей экспертных оценок:

1. Непосредственная оценка неизвестной полезности изделий (работ) несколькими экспертами с последующим осреднением результатов с учетом компетенции экспертов.

2. Ранжирование рассматриваемых изделий (работ) по степени их полезности.

3. Оценка близости показателей качества для некоторых пар изделий (работ). В результате обработки экспертных данных изделиям приписываются числовые характеристики полезности или изделия группируются по признаку близости показателей качества. Первая задача называется задачей *шкалирования*, вторая - задачей *кластеризации*.

Перечисленные выше виды экспертных оценок могут быть представлены математическими соотношениями следующих трех типов:

1. Соотношениями типа равенств.

2. Соотношениями типа неравенств.

3. «Ненаправленные» соотношения.

Для облегчения работы экспертов по оценке качества изделий, в настоящее время создаются специальные автоматизированные системы с развитой базой данных, куда включаются сведения о лучших зарубежных образцах ВВТ и других предметах снабжения, нормативной документации, отчетах по НИР, патентах и т.д. Эти экспертные системы имеют развитое специальное математическое обеспечение, позволяющее быстро и безошибочно решать типовые задачи квалиметрии. Системы снабжаются интеллектуальным интерфейсом, способным работать в диалоговом режиме, и широким спектром средств отображения (дисплеи, графопостроители, большие экраны и т.п.)

Для работы с этими системами не обойтись без экспертов. Необходимы их глубокие знания в предметной области и одновременно интуиция, основанная на опыте. Большое значение имеет и эрудиция, т.е. широкие межпредметные знания экспертов. Экспертные методы анализа и прогнозирования могут быть как неформализованными, творческими, поскольку процедуры анализа не имеют четких алгоритмов и часто сам эксперт не может «разложить их по полочкам», так и «мягкоформализованными», основанными на гибких алгоритмах.

Часто ответственность задачи или ее специфика требуют использования независимого мнения, а иногда и нескольких, что может быть достигнуто только привлечением сторонних экспертов. Во втором случае возникает необходимость решения следующих проблем:

- отбор квалифицированных экспертов;
- выбор эффективного способа взаимодействия исследовательской группы с экспертами, а при групповой экспертизе - экспертов между собой;
- определение метода обработки и интерпретации информации, полученной от экспертов.

Выбор экспертов

Для отбора экспертов необходимо, во-первых, сформулировать критерии отбора (ответить на вопрос "Кто может выступать в качестве эксперта по данной проблеме?"), во-вторых, определить процедуры отбора (ответить на вопрос "Как установить соответствие эксперта необходимым требованиям?"). В качестве основных критериев отбора можно назвать следующие:

1. Уровень компетентности эксперта в данной предметной области, показателями которого в совокупности являются:

- уровень и профиль образования;
- профиль работы (связь с данной предметной областью);
- опыт работы по профилю (общий стаж работы по профилю и стаж работы непосредственно в данной предметной области);
- уровень решаемых проблем (соответствие занимаемой должности характеру и уровню возникшей проблемы);
- количество и качество ранее выполненных экспертиз, например, сбывшиеся прогнозы.

2. Степень объективности и беспристрастности эксперта при анализе и оценке явлений в данной предметной области (незаинтересованность эксперта в принятии определенного решения).

3. Умение работать в команде (это особенно важно для группового экспертного опроса), т.е.:

- коммуникативные навыки;
- способность к совместному творчеству;

- гибкость ума и «незатертость» взгляда;
- нонконформизм (несогласие, непринятие норм, ценностей, целей, доминирующих в конкретной группе или в конкретном обществе).

При оценивании экспертов по названным критериям и выборе экспертов могут использоваться следующие процедуры:

- самооценка экспертов по объективным параметрам;
- взаимная оценка экспертов;
- оценка экспертов независимыми специалистами;
- оценка уровня компетентности экспертов с учетом качества ранее проведенных экспертиз (данная оценка производится самой исследовательской командой на основе анализа ретроспективных данных о работе эксперта).

Наиболее предпочтительным является отбор экспертов на основе независимой квалифицированной оценки с поправкой на качество ранее сделанных экспертиз.

Организация взаимодействия экспертов

Организация взаимодействия экспертов с исследователями зависит от выбранного метода сбора экспертной информации. Методы экспертизы в этом контексте могут быть классифицированы следующим образом:

- индивидуальные методы экспертизы,
- групповые методы экспертизы.

Экспертные методы, относящиеся к первой группе, предполагают индивидуальную работу исследователей с каждым из привлеченных экспертов. При этом может быть задействован и один эксперт, если его квалификации достаточно для снятия информационной неопределенности по проблеме, однако обычно привлекают несколько экспертов для повышения надежности экспертизы.

Индивидуальность заключается в том, что эксперты не собираются вместе, не знакомятся с оценками других экспертов, разных экспертов могут опрашивать относительно разных аспектов одной проблемы, также могут быть различны и процедуры опроса разных экспертов.

Чаще всего при индивидуальном экспертном опросе используются следующие методы:

1. *Стандартизированный экспертный опрос.* Данный метод требует от исследовательской команды предварительного четкого структурирования проблемы и определения перечня всех вопросов, на которые должны быть получены однозначные ответы. Для реализации опроса разрабатывается стандартизированная анкета с вопросами закрытого типа (с предложением вариантов ответа). Анкетирование может проводиться как при личной беседе интервьюера с экспертом, так и путем «самозаполнения». В этом случае присутствие интервьюера необязательно, анкета может быть отправлена по обычной или электронной почте, однако требуется заключение предварительной договоренности с экспертом об опросе. Метод предполагает высокую квалификацию специалистов-исследователей на этапе постановки задачи и планирования исследования, однако весьма прост в части организации и проведения опроса, а также в части обработки полученной информации. Требования к анкетам (структура, формулировка вопросов и вариантов ответов) достаточно стандартны и аналогичны требованиям, предъявляемым к опросам неэкспертного уровня. Одно из основных требований - использование общепринятого профессионального языка, однозначность трактовки используемых терминов.

2. *Нестандартизированный экспертный опрос.* Метод представляет собой личное интервью с экспертом по определенной проблеме. Степень формализации интервью может быть различной. Низкий уровень формализации опроса – неформальная беседа, для которой определяется только тема, а далее эксперт сам решает, как ее освещать (интервьюер при этом задает уточняющие или наводящие вопросы). Высокий уровень формализации предполагает разработку четко структурированного опросника с вопросами открытого типа. Данный метод по сравнению с предыдущим более сложен как на этапе проведения опроса (требует высокой квалификации интервьюера), так и на этапе интерпретации полученной информации и требует высокой квалификации исследователя.

3. *Метод «индивидуального блокнота».* Метод представляет собой заочную работу эксперта без непосредственного общения с исследователями. Эксперт получает блокнот, на первой странице которого описана проблема, и затем в течение оговоренного периода времени (определяемого сложностью проблемы и срочностью ее решения) заносит в этот блокнот все свои мысли, идеи, замечания, касающиеся поставленной задачи, после чего сдает блокнот исследователям. Существенную сложность представляет последующая обработка информации и ее интерпретация. Метод требует значительного вовлечения эксперта и, следовательно, предполагает высокий уровень оплаты его труда.

В отличие от индивидуальных *групповые методы* предполагают коллективную работу экспертов (очную или заочную), они требуют согласования мнений всех экспертов и разработку общего экспертного вывода на основе консенсуса. Групповые методы предпочтительнее с точки зрения повы-

шения надежности экспертизы, однако они весьма сложны по подготовке и проведению. Требуется высококвалифицированные специалисты для разработки процедуры группового взаимодействия. Далеко не всегда удается собрать в одно время и в одном месте необходимое количество экспертов, отвечающих нужным требованиям.

Групповые методы формирования экспертизы в зависимости от характера и направленности обсуждения подразделяют на аналитические и креативные. *Аналитические методы* нацелены преимущественно на исследование характеристик изучаемого объекта.

Креативные методы имеют своей целью коллективную генерацию идей или выработку решения проблемы. Соответствующим образом классифицируют и экспертные группы:

- обсуждающие группы (основная цель работы аналитическая),
- созидательные группы (основная цель креативная).

Групповые методы формирования экспертизы весьма разнообразны, опишем основные из них:

1. *Метод номинальных групп*. Метод представляет собой некую переходную разновидность от индивидуального опроса к групповому. При реализации этого метода сначала производится индивидуальный опрос одних экспертов, а затем результаты данных интервью так же автономно и независимо друг от друга обсуждаются другими экспертами. Эксперты могут выразить согласие или несогласие с ранее прозвучавшими мнениями, необходимо, чтобы критика или выражение солидарности были четко аргументированы.

2. *Мозговой штурм*. Метод представляет собой совместное очное обсуждение проблемы группой экспертов. Метод реализуется в два этапа. Первый этап носит название "конференции идей", его длительность составляет примерно 1-1,5 часа. В ходе этого этапа эксперты выдвигают различные идеи, касающиеся трактовки анализируемой ситуации и или прогноза развития явления. Идеи протоколируются, но не обсуждаются, не критикуются. При этом идеи могут быть самыми разными, в том числе и "бредовыми". Главенствует принцип: чем больше идей, тем лучше. После перерыва, на втором этапе, идеи обсуждаются, оцениваются, и выбираются те из них, которые признаются наиболее верными. Окончательный вердикт по проблеме может быть принят путем явного или неявного голосования. Процедуры генерации и обсуждения идей могут быть в большей или меньшей степени формализованы.

3. *Метод «635»*. Метод представляет собой достаточно формализованную вариацию метода мозгового штурма. Этот метод подразумевает следующую регламентацию работы экспертной команды: в группу входят 6 чело-

век, каждый из которых в течение 5 минут должен выдвинуть три предложения или высказать три гипотезы по поводу некоторого аспекта решаемой задачи или анализируемой ситуации. Идеи каждого эксперта заносятся в специальные формуляры, которые передаются по кругу. После того как были рассмотрены все аспекты поставленной задачи и все эксперты получили возможность высказаться, происходит обсуждение и оценка решений и выбор наиболее верного.

4. *Критическая атака («разносная» атака)*. Метод также представляет собой вариацию метода мозгового штурма, принципиальное отличие - в критической направленности обсуждения. Реализация метода включает несколько этапов. На первом этапе каждый участник экспертной группы предлагает свое решение поставленной задачи (свою интерпретацию при анализе ситуации) или свою версию развития событий (при прогнозе). Решение должно предлагаться с подробной аргументацией. Далее каждый эксперт должен ознакомиться с мнениями своих коллег и найти и аргументировать в предлагаемых решениях максимально возможное число слабостей. На следующем этапе эксперты собираются вместе и по очереди обсуждают все выдвинутые решения. Задача каждого автора - отстоять свою версию решения, задача оппонентов – «разнести ее в пух и прах». По итогам дискуссии эксперты выбирают то решение, которое вызвало меньше всего нареканий и было наиболее обоснованным.

5. *Экспертное фокусирование*. Метод представляет собой одну из форм совместного очного обсуждения проблемы. Эксперты всесторонне рассматривают исследуемую ситуацию, «фокусируются» на ней. Основная цель – выявить структуру данной проблемы, определить по возможности все факторы, определяющие данную ситуацию, установить взаимосвязи между ними. Обсуждение носит более деловой характер, чем при классической версии мозгового штурма, то есть проходит без излишнего «бреда».

6. *Метод комиссий*. Метод также заключается в совместном обсуждении проблемы. Основное отличие от фокусирования – стремление выявить, в чем состоит противоречие между разными вариантами предлагаемых решений, найти максимальное число «точек согласия» и прийти к консенсусу.

7. *Метод интеграции решений*. Метод в своей основе аналогичен методу комиссий, однако в большей степени формализован. Метод заключается в выработке совместного решения проблемы на основе выявления сильных сторон отдельных решений и их объединения. Метод реализуется в несколько этапов. На первом этапе экспертам предлагается задача, и они рассматривают и решают ее независимо друг от друга. Затем в заранее подготовленный формуляр эксперты заносят свои индивидуальные решения, т.е. трактовку анализируемой ситуации или прогноз развития событий. На следующем этапе эксперты совместно обсуждают задачу и все предложенные решения с целью выявить сильные стороны каждого отдельного решения, которые также

фиксируются в формуляре. При представлении индивидуальных решений возможны вариации - либо каждое решение презентуется автором и подробно аргументируется, либо соблюдается анонимность решений, чтобы избежать давления авторитетов. После того как обсуждены все решения и определены сильные стороны каждого из них, вырабатывается синтезированное решение на основе комбинирования преимуществ отдельных решений.

8. *Деловая игра*. Метод может быть реализован в разных формах. Наиболее распространенная форма – моделирование анализируемых процессов и/или будущего развития прогнозируемого явления в разных вариантах и рассмотрение полученных данных. Разработка процедуры проведения деловой игры – достаточно сложная задача, и ей должно быть уделено серьезное внимание. Должны быть четко определены и формально описаны следующие элементы игры: цели и задачи, роли участников, сюжет и регламент. Важным этапом любой деловой игры является рефлексия – разбор хода игры и подведение итогов. В данном случае рефлексия заключается не только в анализе самого игрового процесса, но и в анализе результатов моделирования исследуемого явления.

9. *Метод «суда»*. Метод представляет собой одну из разновидностей деловых игр. Обсуждение поставленной задачи реализуется в виде судебного процесса: моделируется «процесс над проблемой». Выбираются «адвокат», «прокурор», «суд», «присяжные» и другие участники «процесса». Каждый отстаивает свою точку зрения, касающуюся анализируемого или прогнозируемого явления, аргументируя свои высказывания. Окончательный вердикт об исследуемой проблеме определяется в два этапа: голосование «присяжных» и конкретизация решения «судьями».

10. *«Консилиум»*. Эксперты исследуют проблему подобно тому, как врачи обследуют пациента: определяются "симптомы" проявления проблемы, вскрываются причины возникновения проблемы, производится анализ, ставится «диагноз», и дается прогноз развития ситуации.

11. *«Коллективный блокнот»*. Метод в основе своей аналогичен «индивидуальному блокноту», однако в данном случае блокноты получают несколько экспертов, каждый из которых знает, что он является участником экспертной группы. Возможен вариант, когда в начале работы все эксперты собираются вместе и им рассказывают о сущности возникшей проблемы и формулируют задачу. Далее каждый эксперт работает со своим блокнотом в течение определенного времени (при этом также возможно, что разные эксперты сосредотачиваются на разных сторонах проблемы). Второй этап реализации экспертизы заключается в том, что блокноты собираются, информация систематизируется (исследовательской командой или руководителем экспертной группы) и далее в очном совместном обсуждении накопленного и систематизированного материала эксперты приходят к решению проблемы.

12. *Метод Дельфи*. Метод представляет собой заочный и анонимный опрос экспертной группы в несколько туров с согласованием мнений экспертов. Экспертам предлагаются опросные листы по исследуемой проблеме. Степень стандартизованности вопросов может быть различна (они могут быть как закрытыми, так и открытыми, подразумевать как количественный, так и качественный ответ). Возможны вариации и в плане аргументации и обоснования экспертных оценок (что может быть обязательным или нет). Как правило, метод Дельфи реализуется в 2-3 тура, причем, при повторных опросах экспертам предлагается ознакомиться либо с мнениями и аргументами каждого эксперта, либо со средней оценкой. На повторных турах эксперты могут поменять свою оценку, приняв во внимание аргументы коллег, а могут остаться при прежнем мнении и высказать обоснованную критику других оценок. Существуют различные методики согласования экспертных оценок (с учетом (или без) квалификации экспертов (как весовых коэффициентов), с отбрасыванием (или без) крайних оценок и другие). Метод Дельфи имеет весьма существенные достоинства, которые иногда делают его незаменимым. Во-первых, заочность и анонимность позволяют избежать конформизма или ориентации на авторитеты, что могло бы возникнуть, если бы экспертов собрали вместе и они должны были бы обнародовать свое мнение. Во-вторых, эксперты имеют возможность изменить свое мнение без риска «потерять лицо».

При выработке экспертизы возможно использование как одного из названных методов, так и различных их сочетаний, что имеет смысл, если обсуждаемая проблема слишком сложна. Например, возможно следующее сочетание экспертных процедур:

1. *Коллективный блокнот* – ознакомление экспертов с проблемой, индивидуальное размышление над проблемой и подготовка экспертов к групповому обсуждению.

2. *Групповое обсуждение* (фокусирование, мозговой штурм и т.п.) – совместное изучение проблемы, выдвижение и рассмотрение гипотез, выбор наиболее приемлемой гипотезы.

3. *Опрос по методу Дельфи* – оценивание явления в рамках выбранной гипотезы.

Информация, полученная в процессе экспертного опроса, не является готовой экспертизой, она должна быть обработана, систематизирована, оценена с точки зрения качества, подвергнута анализу и целенаправленной интерпретации, и лишь после этого ее можно рассматривать как решение поставленной задачи. Оценка качества собранной экспертной информации производится, исходя из требований, предъявляемых к информации – это актуальность, полнота и достоверность. Качество экспертной информации в принципе можно повысить, если использовать групповые экспертные опросы

в несколько туров (особенно с обоснованием мнений), которые позволяют постепенно сблизить оценки экспертов, уточнить и дополнить мнения. Считается, что достоверность экспертных оценок тем выше, чем меньше разброс мнений, что может быть определено путем вычисления среднеквадратичного отклонения. Можно определить достоверность оценок косвенно, исходя из устойчивости мнений экспертов. Если оценки экспертов резко меняются от одного тура к другому, то достоверность таких оценок невелика.

Одним из наиболее ответственных этапов обработки собранной информации является согласование экспертных мнений, что может быть сделано на основе одного из следующих правил:

- *правило большинства* – выбирается та оценка явления или то решение задачи, которых придерживается большинство экспертов (однако, надо заметить, нередки ситуации, когда эксперты, дающие более достоверные оценки, оказываются в меньшинстве);

- *правило авторитета* – выбирается то решение, к которому склоняются самые авторитетные эксперты (в этом случае каждому эксперту должен быть приписан «вес», учитывающий его уровень компетентности);

- *правило средней оценки* – мнения экспертов приводятся к некому общему знаменателю. Для количественных оценок это сделать достаточно просто: определяется либо простая, либо взвешенная средняя оценка, для качественной информации такое согласование более сложно. При согласовании количественных оценок также может использоваться отбрасывание наименьшей и наибольшей оценок и усреднение оставшихся.

При согласовании экспертных мнений и выработке окончательной экспертизы важно соблюсти следующие требования: системность и взаимная непротиворечивость параметров экспертизы, обоснованность и логичность выводов, полнота решения поставленной задачи. Соблюдение этих требований и обеспечивает высокое качество экспертизы при условии, естественно, соответствующей компетентности экспертов.

В целом надежность сформированной экспертизы определяется двумя основными факторами. Во-первых, квалификацией экспертов, их способностью к решению задач данного уровня сложности. Во-вторых, квалификацией исследовательской команды, ее способностью отобрать компетентных экспертов, «извлечь» и аккумулировать экспертные знания о проблеме.

Проблемы экспертных опросов заключаются в следующем:

1. Сложность организации экспертизы: отбора экспертов в достаточном количестве и «качестве» и проведения опроса.

2. Сложность формирования окончательной экспертизы: согласования полученных данных, их анализа и интерпретации.

3. Возможная субъективность экспертов: эксперты могут находиться в плену своих представлений и неохотно пересматривать свою точку зрения, даже если она неправильная.

4. Возможное влияние на результат выбранной формы проведения экспертного опроса (при открытом опросе высока опасность конформизма).

5. Высокая стоимость проведения опроса, т.к. высока как оплата труда экспертов, так и расходы на организацию и проведение экспертизы.

В связи с дороговизной и сложностью проведения экспертного опроса выбор этого метода должен быть строго оправданным. Имеет смысл привлекать экспертов только для решения нетривиальных масштабных задач, для которых требуется получение независимой, объективной оценки ситуации, а также для выработки решений, которые не могут быть получены никаким другим способом.

Итак, экспертные модели – это такой способ отображения предметной области на знаковую область, при котором эксперт рассматривается как измерительный прибор, способный оценивать с определенной ошибкой так называемую «ценность» объекта. Основной задачей экспертов является ранжирование альтернативных решений, а при возможности, оценка качества решений в шкалах более высокого порядка, т.е. в количественных шкалах (ранговая шкала является качественной, а не количественной шкалой).

2.3. Метод анализа иерархий

Как принять правильное решение? Этот вечный вопрос мы задаём себе на протяжении всей жизни. И как часто принимаем решения в лучшем случае на основе интуиции. А если задача очень сложна, многогранна, информационно неполна, то здесь на одной интуиции далеко не уедешь. Как сделать процесс принятия решения комфортным, технологичным, а самое главное, эффективным.

В настоящее время существует множество информационных технологий, позволяющих предельно облегчить жизнь и помочь в решении проблем, связанных с процессами принятия решений в различных предметных областях.

Процессы принятия решений в различных сферах деятельности во многом аналогичны. Поэтому необходим универсальный метод поддержки при-

нятия решений, соответствующий естественному ходу человеческого мышления.

Часто экономические, медицинские, политические, социальные, управленческие проблемы имеют несколько вариантов решений. Зачастую, выбирая одно решение из множества возможных, лицо, принимающее решение, руководствуется только интуитивными представлениями. Вследствие этого принятие решения имеет неопределенный характер, что сказывается на качестве принимаемых решений.

С целью придания ясности процесс подготовки принятия решения на всех этапах сопровождается количественным выражением таких категорий как «предпочтительность», «важность», «желательность» и т.п.

Для решения задач подобного рода в аналитическом планировании широко применяется метод анализа иерархий (МАИ), разработанный американским ученым Т.Саати. Сегодня его используют уже повсеместно от риэлтеров, при оценке недвижимости, до кадровиков, при замещении вакантных должностей.

Первым этапом применения МАИ является структурирование проблемы выбора в виде иерархии или сети. В наиболее элементарном виде иерархия строится с вершины (цели), через промежуточные уровни-критерии (техничко-экономические параметры) к самому нижнему уровню, который в общем случае является набором альтернатив.

После иерархического воспроизведения проблемы устанавливаются приоритеты критериев и оценивается каждая из альтернатив по критериям. В МАИ элементы задачи сравниваются попарно по отношению к их воздействию на общую для них характеристику. Система парных сведений приводит к результату, который может быть представлен в виде обратно симметричной матрицы. Элементом матрицы a_{ij} является интенсивность проявления элемента иерархии i относительно элемента иерархии j , оцениваемая по шкале интенсивности от 1 до 9, предложенной автором метода, где оценки имеют следующие смысл:

- 1 – равная важность;
- 3 – умеренное превосходство одного над другим;
- 5 – существенное превосходство одного над другим;
- 7 – значительное превосходство одного над другим;
- 9 – очень сильное превосходство одного над другим;
- 2, 4, 6, 8 – соответствующие промежуточные значения.

Если при сравнении одного фактора i с другим j получено $a_{ij} = b$, то при сравнении второго фактора с первым получаем $a_{ji} = 1/b$.

Опыт показал, что при проведении попарных сравнений в основном ставятся следующие вопросы. При сравнении элементов А и Б:

- какой из них важнее или имеет большее воздействие;
- какой из них более вероятен;
- какой из них предпочтительнее.

Относительная сила, величина или вероятность каждого отдельного объекта в иерархии определяется оценкой соответствующего ему элемента собственного вектора матрицы приоритетов, нормализованного к единице. Процедура определения собственных векторов матриц поддается приближению с помощью вычисления геометрической средней.

Пусть:

$A_1...A_n$ – множество из n элементов;

$W_1...W_n$ – соотносятся следующим образом:

	A_1	...	A_n
A_1	1	...	W_1/W_n
...	...	1	...
A_n	W_n/W_1	...	1

Оценка компонент вектора приоритетов производится по схеме:

	A_1	...	A_n		
A_1	1	...	W_1/W_n	$X_1 = (1 * (W_1/W_2) * ... * (W_1/W_n))^{1/n}$	$BEK(A_1) = X_1 / \text{СУММА}(X_i)$
...	...	1
A_n	W_n/W_1	...	1	$X_n = ((W_n/W_1) * ... * (W_n/W_{n-1}) * 1)^{1/n}$	$BEK(A_n) = X_n / \text{СУММА}(X_i)$
				$\text{СУММА}(X_i)$	

Приоритеты синтезируются начиная со второго уровня вниз. Локальные приоритеты перемножаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые воздействует элемент.

Весьма полезным побочным продуктом теории является так называемый индекс согласованности (ИС), который дает информацию о степени нарушения согласованности. Вместе с матрицей парных сравнений мы имеем меру оценки степени отклонения от согласованности. Если такие отклонения превышают установленные пределы, то тому, кто проводит суждения, следует перепроверить их в матрице

$$ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1).$$

Индекс согласованности – количественная оценка противоречивости результатов сравнений (для системы в целом, для узлов одного кластера или для кластеров, имеющих общую вершину). Следует иметь в виду, что между достоверностью и непротиворечивостью сравнений нет явной связи. Противоречия в сравнениях возникают из-за субъективных ошибок экспертов. Индекс согласованности не зависит от шкал сравнений, но зависит от количества парных сравнений. Индекс согласованности – положительное число. Чем меньше противоречий в сравнениях, тем меньше значение индекса согласованности. При использовании способа сравнений с эталоном значение индекса согласованности равно нулю.

Теперь сравним эту величину с той, которая получилась бы при случайном выборе количественных суждений из нашей шкалы, и образовании обратно симметричной матрицы. Ниже даны средние согласованности для случайных матриц разного порядка.

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Если разделить ИС на число, соответствующее случайной согласованности матрицы того же порядка, получим отношение согласованности (ОС). Величина ОС должна быть порядка 10% или менее, чтобы быть приемлемой. В некоторых случаях допускается ОС до 20%, но не более, иначе надо проверить свои суждения.

Относительная согласованность матрицы сравнений - отношение индекса согласованности к среднестатистическому значению индекса согласованности при случайном выборе коэффициентов матрицы сравнений. Относительная согласованность для системы в целом характеризует взвешенное среднее значение относительной согласованности по всем матрицам сравнений.

Данные можно считать практически непротиворечивыми (достаточно согласованными), если значение относительной согласованности меньше чем 0,1. Это заключение справедливо как для данных кластера, так и для данных в масштабе всей системы.

Преимущества и недостатки метода

В рамках метода анализа иерархий нет общих правил для формирования структуры модели принятия решения. Это является отражением реальной ситуации принятия решения, поскольку всегда для одной и той же проблемы имеется целый спектр мнений. Метод позволяет учесть это обстоятельство с помощью построения дополнительной модели для согласования различных мнений, посредством определения их приоритетов. Таким образом, метод позволяет учитывать «человеческий фактор» при подготовке принятия решения. Это одно из важных достоинств данного метода перед другими методами принятия решений.

Формирование структуры модели принятия решения в методе анализа иерархий достаточно трудоемкий процесс. Однако в итоге удается получить детальное представление о том, как именно взаимодействуют факторы, влияющие на приоритеты альтернативных решений, и сами решения. Как именно формируются рейтинги возможных решений и рейтинги, отражающие важность факторов. Процедуры расчетов рейтингов в методе анализа иерархий достаточно просты (он не похож на «черный ящик»), что выгодно отличает данный метод от других методов принятия решений.

Сбор данных для поддержки принятия решения осуществляется главным образом с помощью процедуры парных сравнений. Результаты парных сравнений могут быть противоречивыми. (Метод предоставляет большие возможности для выявления противоречий в данных.) При этом возникает необходимость пересмотра данных для минимизации противоречий. Процедура парных сравнений и процесс пересмотра результатов сравнений для минимизации противоречий часто являются трудоемкими. Однако в итоге лицо, принимающее решение, приобретает уверенность, что используемые данные являются вполне осмысленными.

В рамках метода анализа иерархий нет средств для проверки достоверности данных. Это важный недостаток, ограничивающий отчасти возможности применения метода. Однако метод применяется главным образом в тех случаях, когда в принципе не может быть объективных данных, а ведущими мотивами для принятия решения являются предпочтения людей. При этом процедура парных сравнений для сбора данных практически не имеет достойных альтернатив. Если сбор данных проведен с помощью опытных экспертов и в данных нет существенных противоречий, то качество таких данных признается удовлетворительным.

Схема применения метода совершенно не зависит от сферы деятельности, в которой принимается решение. Поэтому метод является универсальным, его применение позволяет организовать систему поддержки принятия решений.

Работа по подготовке принятия решений часто является слишком трудоемкой для одного человека. Модель, составленная с помощью метода анализа иерархий, всегда имеет кластерную структуру. Применение метода позволяет разбить большую задачу, на ряд малых самостоятельных задач. Благодаря этому для подготовки принятия решения можно привлечь экспертов, работающих независимо друг от друга над локальными задачами. Эксперты могут не знать ничего о характере принимаемого решения. В частности, благодаря этому удастся сохранить в тайне информацию о подготовке решения.

Метод дает только способ рейтингования альтернатив, но не имеет внутренних средств для интерпретации рейтингов, т.е. считается, что человек, принимающий решение, зная рейтинг возможных решений, должен в зависимости от ситуации сам сделать вывод.) Это следует признать недостатком метода.

Данный метод может служить надстройкой для других методов, призванных решать плохо формализованные задачи, где более адекватно подходят человеческие опыт и интуиция, нежели сложные математические расчеты. Метод дает удобные средства учета экспертной информации для решения различных задач.

Метод отражает естественный ход человеческого мышления и дает более общий подход, чем метод логических цепей. Он дает не только способ выявления наиболее предпочтительного решения, но и позволяет количественно выразить степень предпочтительности посредством рейтингования. Это способствует полному и адекватному выявлению предпочтений лица, принимающего решение. Кроме того, оценка меры противоречивости использованных данных позволяет установить степень доверия к полученному результату.

ГЛАВА 3. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ

3.1. Имитационные, аналитические и когнитивные модели

Цель имитационного моделирования состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами или другими словами – разработке симулятора (*simulation modeling*) исследуемой предметной области для проведения различных экспериментов. Имитационную модель можно рассматривать как множество правил (дифференциальных уравнений, карт состояний, автоматов, сетей и т.п.), которые определяют, в какое состояние система перейдет в будущем из заданного текущего состояния. *Имитация* – это процесс «выполнения» модели, проводящий её через (дискретные или непрерывные) изменения состояния во времени.

Имитационная модель – логико-математическое описание объекта, которое может быть использовано для экспериментирования на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта.

Имитация, как метод решения нетривиальных задач, получила начальное развитие в связи с созданием ЭВМ в 1950х - 1960х годах.

Можно выделить две разновидности имитации:

- метод Монте-Карло (метод статистических испытаний);
- метод имитационного (статистического) моделирования.

В нашем понимании, имитационная модель – это объектная модель данных, имеющая определенную минимальную опорную структуру, которую пользователь может дополнить и расширить с учетом специфики решаемых задач, а также базовых методов обработки. В совокупности технология имитационного моделирования позволяет:

- обеспечить комплексность и системность сбора, обработки и анализа информации за счет концентрации в рамках единого информационного поля взаимоувязанных объектов разнородной структуры;

- создать многомерную информационную модель реального мира, в котором каждому явлению, процессу или участнику в каждый промежуток или момент времени его существования будет соответствовать уникальный информационный аналог;

- отслеживать динамику изменения процессов во времени, хронометрировать поступающие данные и осуществлять автоматическую актуализацию хранимой в банке информации без дополнительных затрат на поддержание информационного архива;

- учитывать, хранить и анализировать информацию о структуре и содержании связей и отношений объектов реального мира;

- хранить в рамках единого информационного пространства документальную и фактографическую информацию, иметь удобный и простой интерфейс для быстрых переходов из документальной подсистемы в фактографическую и наоборот.

Наиболее эффективно использование имитационных моделей в системах слежения, призванных регистрировать и обрабатывать данные о состоянии, взаимодействии и изменениях динамических объектов в режиме реального времени, а также в системах анализа исторических событий, обусловленных общественной деятельностью людей.

Построение имитационных моделей целесообразно для организации хранилищ данных в составе экспертных систем и систем поддержки принятия решений, так как позволяет наиболее адекватно описать окружающую действительность. Это объясняется тем, что имитационное моделирование – универсальная технология изучения трудноформализуемых данных, позволяющая подвергнуть их автоматизированной обработке и анализу.

В нашей стране в начале 60-х и в последующие годы проводилось множество исследований и разработок в области имитационного моделирования. Основа этих работ была заложена академиком Бусленко В.П., автором фундаментальной монографии «Моделирование сложных систем» (Москва, 1961г.).

В Киевском институте кибернетики группой ученых под руководством Марьяновича Т.П. (автор Калиниченко Л.А.) был успешно разработан язык СЛЭНГ, превосходящий существующие на тот момент зарубежные аналоги - Simula и Sol. В последствии там же был разработан язык непрерывно дискретного моделирования НЕДИС (автор Гусев В.В.).

Заметную роль сыграла и играет сейчас московская школа имитационного моделирования – это ИПУ РАН им В.А. Трапезникова, МГТУ имени Н. Э. Баумана, МГУ имени М.В. Ломоносова и т.д.

Немалое место занимают сложившиеся школы имитационного моделирования в Санкт-Петербурге, в Новосибирске и в других городах Российской Федерации.

Несмотря на успешные отечественные разработки, в конце 60-х/начале 70-х годов в нашей стране стал активно использоваться язык моделирования GPSS, которому удалось проявить себя и занять одно из главенствующих мест среди средств имитации.

Системе общецелевого моделирования (*General Purpose Systems Simulator*) путевку в жизнь дал американский ученый Джеффри Гордон (*Geoffrey Gordon*) в 1961 году.

GPSS – это больше, чем язык программирования, это система имитационного моделирования. Это был один из самых удачных на то время проблемно-ориентированных языков программирования. Проблемной областью GPSS являются системы массового обслуживания (системы с очередями). Основой имитационных алгоритмов в GPSS является, дискретно-событийный подход, разработанный Гордоном. В GPSS разработчикам удалось очень четко пройти по грани как соответствия проблемной области (по терминологии, по функциям, методике исследований и т.д.), так и эффективности программирования (удобства разработки моделей, быстродействия, использованию ресурсов ЭВМ и т.д.).

Ученый (программист) мог провести исследование многих лет жизни сложнейшей системы за считанные минуты и часы.

Использование аналитических методов связано с необходимостью построения математических моделей в строгих математических терминах. Аналитические модели носят обычно вероятностный характер и строятся на основе понятий аппарата теорий массового обслуживания, вероятностей и марковских процессов, а также методов диффузной аппроксимации. Могут также применяться дифференциальные и алгебраические уравнения.

При использовании этого математического аппарата часто удается быстро получить аналитические модели для решения достаточно широкого круга задач исследования.

В то же время *аналитические модели имеют ряд существенных недостатков*, к числу которых следует отнести:

1. Значительные упрощения (например, для исследования функционирования ЛВС, представление потоков заявок как простейших, предположение об экспоненциальном распределении длительностей обслуживания заявок, невозможность обслуживания заявок одновременно несколькими приборами, например процессором и оперативной памятью, и др.). Подобные упрощения, а зачастую искусственное приспособление аналитических моделей с целью использования хорошо разработанного математического аппарата для исследования реальных объектов ставят иногда под сомнение результаты аналитического моделирования.

2. Громоздкость вычислений для сложных моделей (например, использование для представления в модели процесса функционирования объекта исследования по методу дифференциальных уравнений Колмогорова требует решения сложной системы алгебраических уравнений).

3. Сложность аналитического описания вычислительных процессов объектов типа ЛВС. Большинство известных аналитических моделей можно рассматривать лишь как попытку подхода к описанию процессов функционирования ЛВС.

4. Недостаточная развитость аналитического аппарата в ряде случаев не позволяет в аналитических моделях выбирать для исследования наиболее важные характеристики (показатели эффективности).

Указанные особенности позволяют заключить, что аналитические методы имеют самостоятельное значение лишь при исследовании процессов функционирования определенных объектов в первом приближении и в частных, достаточно специфичных задачах. В этих случаях возможности исследования аналитических моделей типа ЛВС существенно расширяют приближенные методы, например методы диффузионной аппроксимации, методы операционного анализа и аналитические сетевые модели.

Современные научные подходы к построению комплексной оценки сегодня не возможны без применения *системного подхода*, позволяющего связать в единое целое множество процессов.

Наиболее удобным математическим аппаратом для описания и исследования слабо формализованных, слабоструктурированных и многосвязных систем является когнитивное моделирование.

Совокупность знаний, состоящая из системы онтологических посылок, инструментов оценки и технических инструментов оперирования с элементами реальности называется когнитивной моделью.

Построение когнитивной системы осуществляется на *основе системного подхода*, который представляет собой совокупность методов и средств, позволяющих исследовать свойства, структуру и функции объектов, явлений или процессов в целом, представив их в качестве систем со всеми сложными межэлементными связями. Системный подход позволяет увидеть и оценить целостность проблемы во всем ее многообразии и выбрать наилучший способ управления сложной системой.

Системный подход делает акцент на анализе целостных интегральных свойств объекта, выявлении его структуры и функций. Следует иметь в виду, что свойства системы как целого определяются не только свойствами его элементов, но и свойствами структуры системы. При этом под структурой

системы понимают совокупность элементов, связей и отношений между ними.

Структура системы наполняется различным содержанием, которое зависит от степени формализации процессов, происходящих внутри элементов. В настоящее время принято различать три уровня формализации:

1. *Вербальное описание*, когда для характеристики функционирования элемента используют лишь содержательное словесное или графическое представление.

2. *Класс «мягких» моделей*, в котором описание функционирования элемента производится упрощенно; математическая модель представляет искусственно сформированную конструкцию, которая отражает самое существенное свойство системы (как правило, одно, максимум два).

3. *Класс «жестких» моделей* образован строгими математическими структурами, полученными при декомпозиции процессов на основе анализа причинно-следственных связей и установления количественных зависимостей между входными и выходными воздействиями.

Для описания слабоструктурированных, слабоформализованных и многосвязанных систем большой размерности наилучшими являются «мягкие» модели. По-видимому, только при полной формализации отдельных процессов удастся получить строго формальное представление системы.

Любая «мягкая» модель в математической постановке задачи является набором черных ящиков с заданными входами и определенными выходами. В этом смысле анализ больших систем есть развитие традиционной модели управления и представляет собой совокупность черных ящиков, функционально связанных между собой законом прохождения импульса.

Для описания когнитивных моделей эффективно используется аппарат знаковых и взвешенных ориентированных графов. Веса дуг в чисто когнитивных моделях ищутся либо с помощью статистической обработки информации, либо экспертным путем.

Изменения факторов проводятся по шагам до определения реакции системы, после этого с помощью многокритериального выбора определяется множество благоприятных сценариев и они ранжируются. Когнитивный анализ и моделирование позволяют исследовать проблему, учесть изменения внешней среды, определить реакцию системы.

В системном анализе можно выделить некоторые признаки, характеризующие наличие системы. К основным признакам системы можно отнести следующие:

- целостность системы;
- делимость системы;
- наличие существенных, определяющих систему устойчивых связей;
- наличие интегральных свойств, присущих системе в целом;
- организация системы, т.е. число значимых элементов и связей.

Хотя когнитивные модели не могут и не претендуют на точное отображение реальности, а являются своего рода метафорой, дающей схематическое представление наиболее важных известных нам на основе результатов исследований свойств, они позволяют объяснить или предсказать поведение реального объекта.

3.2. Использование когнитивных моделей при моделировании систем вооружения

Предпроектная деятельность и ранние стадии проектирования образцов и комплексов ВВТ характеризуются большой неопределенностью и отсутствием жестких регламентаций процессов реализации. Именно здесь принимается большинство решений из числа важнейших по степени их влияния на окончательный результат. Исследование информационных процессов, предшествующих проектированию, целеполагание, формирование пакета альтернатив, выбор альтернатив и их проработка до уровня, позволяющего провести экспертизу, - это то, что обычно относят к ранним стадиям проектной деятельности.

Предпроектная деятельность многопланова и специфична. Она реализуется каждый раз с определенными для данного случая содержанием и характеристиками качества, правильность выбора которых проявится позднее, иногда лишь в процессе эксплуатации создаваемого изделия. Традиционное содержательное наполнение данного этапа - это сбор релевантной информации из разрозненных источников, упорядочение информации, ее первичная обработка и т.п., т.е. формирование того, что принято называть информационным обеспечением. На основе этого обеспечения определяются перечень значимых характеристик, место собственного изделия среди ему подобных, оцениваются возможности конкурентов, определяются стратегии собственного поведения и, в конечном счете, осуществляется выход на цели проектирования.

Методы системного анализа, приемы структурного синтеза, положения теории принятия решений и т.п. пока еще не стали привычным инструментом проектной деятельности. Успех выбора целей (целеполагания) обычно определяется талантом и профессионализмом главного конструктора, а также его ближайшего окружения. Не следует подвергать сомнению правомерность та-

кого подхода, профессионалы вправе быть сами по себе системотехниками, а вот причины некоторого не принятия ими явно полезных подходов, следовало бы осмыслить.

Вероятно, что они связаны с особенностями когнитивных (познавательных) механизмов, характерных для мышления инженеров-проектировщиков. Подобная точка зрения не лишена оснований. И тем не менее можно надеяться, что если бы удалось выработать действенные подходы, основанные на познавательных сущностях инженеров-проектировщиков, которые ощутимо влияли бы на рост эффективности ранних стадий проектной деятельности, то последние были бы ими приняты. Очень важно позаботиться о сохранности понятийного аппарата и свойственных ему семантических структур. Этим требованиям наиболее полно отвечают два вида анализа: категориальный анализ и основанный на познавательных механизмах когнитивный анализ.

Категориальный анализ определяется как учение о категориях, исследующих природу и области применения категорий. Понятие «категория» часто распространяется на все непосредственно данные элементы мышления, которые не могут быть определены, а лишь объяснены (дефиниции). *Дефиниции* вместе с категориями (в узком смысле) образуют *категориальные понятия*. Категориальный анализ естественным образом акцентирует внимание на важнейших понятиях конкретной области знания. В его основе лежит стремление максимально сократить число фундаментальных сущностей и тем самым добиться обозримости исследуемых структур. Комплекс категориальных понятий составляет основу когнитивных структур профессионала-проектировщика.

Процесс целеположения сводится к поиску перспективных направлений развития сгенерированной иерархии семантических сетей, что осуществляется средствами когнитивного анализа. Инструментом когнитивного анализа являются модели обобщенных схем принятия решений. Эти схемы являются когнитивными и описывают механизмы работы человеческого сознания.

Модель Пьера Жане описывает взаимодействие между субъектом и объектом и трансформацию того и другого в процессе такого взаимодействия. Модель оказалась удобной для анализа процессов, связанных с ведением эксперимента и обучением персонала.

Модель Клапареда удобна при описании отношений между средой и субъектом в процессе восстановления нарушенного равновесия.

Модель Жана Пиаже многоцелевая, причем цели рассматриваются как средства, а финальность действия постоянно меняется. Эмоциональная составляющая управляет поведением, приписывая ценности его целям. Интеллектуальная составляющая налагает на поведение определенную структуру.

Следует отметить модель, предложенную «психологией формы» (гештальтпсихологией). Это модель *Курта Левина*. Здесь поведение представляется «целостным полем», охватывающим субъект и объект. Динамику поля определяет эмоциональная составляющая, а структуризация обеспечивается восприятием, моторной функцией и интеллектом. Модель удобна при построении семантических сетевых структур, особенно когда акцентируется внимание на ее целостном поведенческом факторе при условии возможности спонтанных действий отдельных компонентов, включаемых в структуру.

Описанные когнитивные модели могут представлять собой средства инициации развития семантических структур, построенных с помощью категориального анализа. Роль их может быть двойной. Они могут указывать как бы извне на целесообразность развития имеющих место «отношений» или «атрибутов» и на формирование новых.

3.3. Пример использования имитационного моделирования при разработке вооружения

Использование когнитивных моделей при моделировании систем вооружения имеет широкую направленность и разнообразие областей применения.

Применение имитационного моделирования рассматривается на примере модели расчета параметров отклонения атакующего управляемого артиллерийского снаряда (УАС) постановкой аэрозольной завесы (АЗ).

Модель расчета включает в себя следующие этапы и последовательность действий:

1 этап. Предпроектная деятельность

Рассматриваются необходимые **исходные данные**:

- а) характеристики объектов излучения и подсветки;
- б) характеристики фона;
- в) характеристики атмосферы;
- г) характеристики УАС.

Определяются **измеряемые значения**:

- а) дальность постановки помехи перед целью – $\Delta d_{ном.}$;
- б) время постановки помехи до попадания снаряда в цель – $\Delta t_{ном.}$

В качестве **искомых значений** рассматриваются – параметры отклонения УАС от цели – $\Delta h_{уас}$.

Вырабатываются **критерии эффективного действия АЗ**:

а) Снижение мощности принимаемого ПЛ ГСН сигнала лазерного подсветчика, отраженного от цели, до порогового значения;

б) Формирование смещенного центра автосопровождения ПЛ ГСН за счет перераспределения мощностей, отраженных от цели и от аэрозольного облака, лазерного излучения подсветчика.

Разрабатывается методика проведения моделирования (либо используется имеющаяся с вводом отдельных ограничений применительно к конкретным исходным данным).

Методика включает в себя *следующие подэтапы*:

1. Расчет мощности лазерного излучения подсветчика, отраженного от цели и попадающего на фотоприемное устройство головки самонаведения ФПУ ГСН:

$$W = (E_{ли}/\tau_{илп}) \cdot \rho_{отр} \cdot \tau_{онт} \cdot \exp(-D_{лцд} \cdot \alpha) \cdot \exp(-D_{уас} \cdot \alpha) \cdot (1/2\pi) \cdot (S_{вх}/D_{уас}^2) \cdot f(\varphi_{уас}).$$

2. Оценка фоноцелевой обстановки:

2.1. Оценка объектов излучения:

$$B_{об}(\lambda, \varphi, \theta) = B_{собст}(\lambda, \varphi, \theta) + B_{расс}(\lambda, \varphi, \theta).$$

2.2. Оценка стационарного фона:

$$K\phi(x, y) = \sigma^2 \phi \exp[-(x^2/x^2_{\phi} + y^2/y^2_{\phi})].$$

2.3. Оценка атмосферы:

$$\tau_{\lambda}(L_j) = f(\alpha_{\lambda_{рас}}, \alpha_{\lambda_{воз}}, L_j).$$

2.4. Оценка организованной оптической помехи:

3. Оценка параметров сражания:

$$\rho(x, y, z, x_0, y_0, z_0, t) = \frac{A_{рм}}{\sqrt{2Dt}} \cdot e^{-\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2}{2 \cdot D \cdot t}}$$

3.1. Расчет кинематики процесса сближения с целью:

$$dr/dt = V\varphi \cos(\theta_u - \varphi) - V \cos(\theta - \varphi); \quad r d\varphi/dt = V\varphi \sin(\theta_u - \varphi) - V \sin(\theta - \varphi).$$

3.2. Расчет динамики снаряда:

$$m dV/dt = P \cos \alpha - X - G \sin \theta; \quad mV d\theta/dt = P \sin \alpha + Y - G \cos \theta.$$

3.3. Оценка управления рулями УАС при обнаружении цели ГСН:

$$\delta_{p.m.} = k \cdot u, \text{ при } -u_0 < u < u_0; \quad \delta_{p.m.} = k \cdot u_0, \text{ при } u \geq u_0; \quad \delta_{p.m.} = -k \cdot u_0, \text{ при } u \leq -u_0.$$

4. Оценка головки самонаведения:

4.1. Расчет фотоприёмного устройства:

$$U_{x_0, y_0} = \iint_{x, y \in S} h(x_0 - x, y_0 - y) \cdot B(x, y) dx dy;$$

4.2. Расчет электронного блока поиска, обнаружения, захвата и автосо-
провождения цели:

$$u_y = f [(U_1 + U_2 - U_3 - U_4) / (U_1 + U_3 + U_2 + U_4)]; \quad u_z = f [(U_1 + U_3 - U_2 - U_4) / (U_1 + U_3 + U_2 + U_4)].$$

4.3. Расчет гиросtabilизатора ГСН:

$$\ddot{\epsilon}_1 + k \dot{\epsilon}_1 + f \omega_r \dot{\epsilon}_2 = -M_k \cdot \sin \omega_r t = -M_{кx}; \quad \ddot{\epsilon}_2 + k \dot{\epsilon}_2 - f \omega_r \dot{\epsilon}_1 = -M_k \cdot \cos \omega_r t = -M_{кy};$$

5. Параметры организованной оптической помехи:

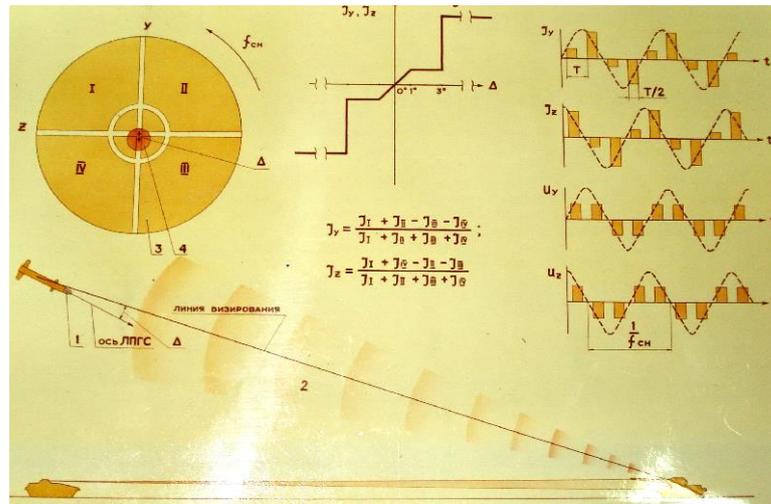
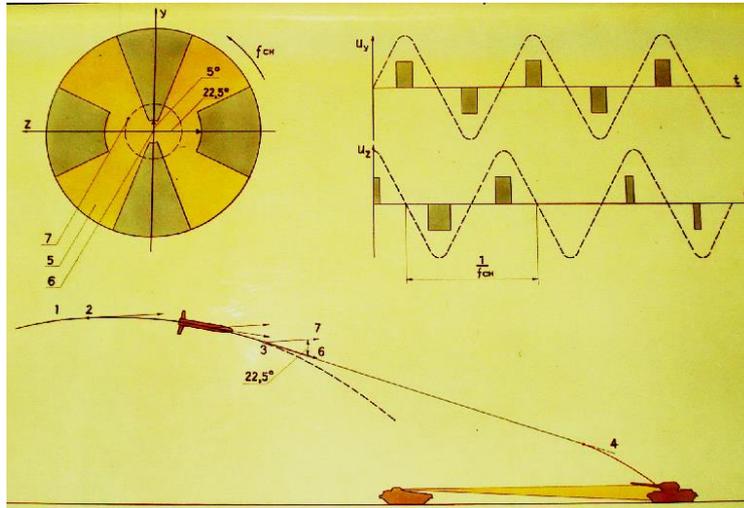
$$\Delta d_{ном} = d_{цели} - d_{лцд}; \quad \Delta t_{ном} = t_{лцд} + t_{задерж}.$$

6. Параметры отклонения атакующего УАС на участке самонаведения:

$$h_{уac} = \pm(n \pm 1) \cdot g \cdot D^2 / (2 \cdot V^2).$$

II этап. Проектная деятельность

1. Проектирование траектории полета УАС на участках инерциального наведения и самонаведения

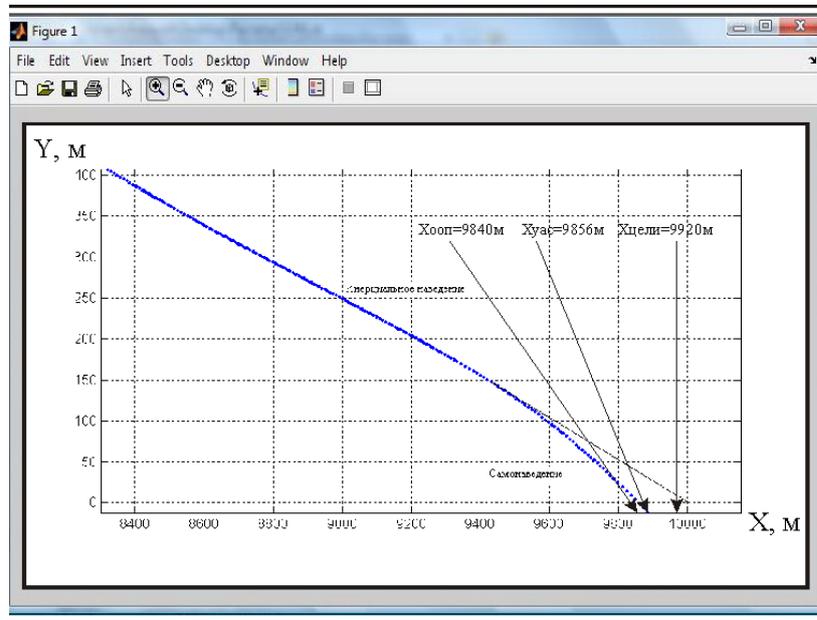


2. Ввод характеристик ООП и расчет траектории полета УАС на участке самонаведения

```

Editor - C:\Users\Алексей\Desktop\Расчеты\S241.m*
File Edit Text Gc Cell Tools Debug Desktop Window Help
[Icons] [Stacks: Base] [Icons]
1 - global t1;
2 - global dtt;
3 - global dXpom;
4 - global numkact;
5 - global deltaYc;
6 - global deltaZc;
7 - global Ipc;
8 - global Jps;
9 - Ipz = 576/2;
10 - Jpz = 768/2;
11 - deltaY=0;
12 - deltaZ=0;
13 - i1=0;
14 - dXpom=50;
15 - dtt=2,5; 0 < dtt < 4.8 s
16
17 - numradr=0;
18 - p00=cos(-0.25/2);
19 - i10=0;

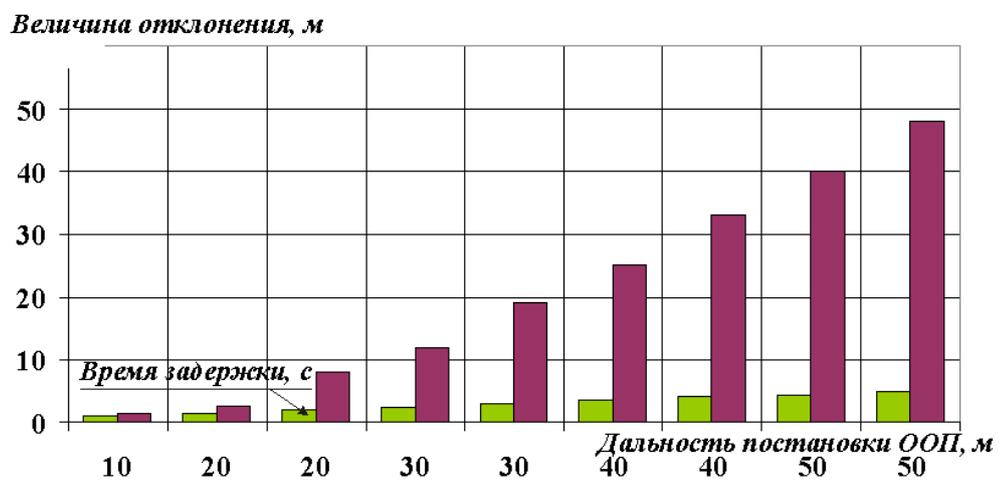
```



3. Набор статистических данных. Варьирование условиями с целью получения оптимальных результатов

Дальность постановки ООП перед целью, м	Время постановки ООП до подлёта УАС, с	Отклонение УАС от цели, м
10	1	1,5
20	1,5	2,7
20	2	8
30	2,5	12
30	3	19
40	3,5	25
40	4	33
50	4,5	40
50	5	48

4. Анализ результатов статистики. Вывод закономерных зависимостей



5. Выработка выводов по результатам расчетов:

1) За 1...5 с до встречи УАС с целью ГСН переходит в режим автосо-
провождения цели (самонаведение).

2) Постановка ООП менее, чем за 1,5...2с до попадания УАС в цель
приводит к малым промахам - до 6...8м.

3) Постановка ООП должна осуществляться не менее, чем за 2...3с до
попадания УАС в цель.

4) Для обеспечения промаха УАС в цель ~8...10м дальность постановки
ООП д. б. не менее 20...40м.

5) Коэффициенты ослабления и отражения аэрозольного облака на
участке полета УАС, соответствующему 3с до попадания в цель, д. б. не ме-
нее: $K_{ослаб.} \geq 200$; $K_{отр.} \geq 0,1$ (при дальности подсветки 4км, МДВ 10км).

III этап. Послепроектная деятельность

1. Проверка адекватности полученных расчетных данных на практике.
Проведение экспериментальных исследований воздействия АЗ на сигналы
управления УАС.

1.1. Планирование экспериментальных исследований

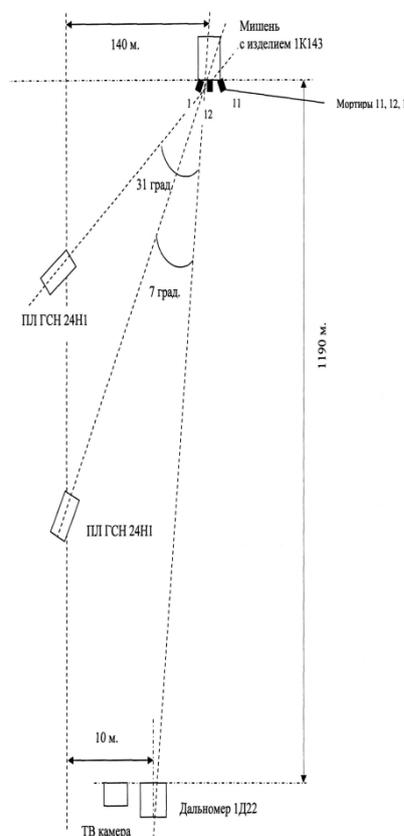
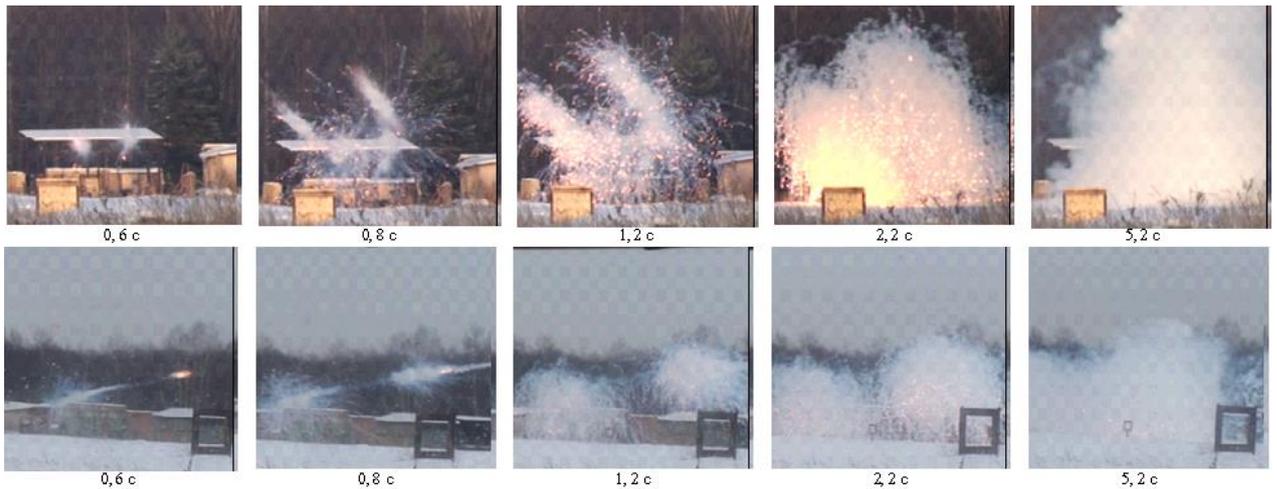


Схема размещения

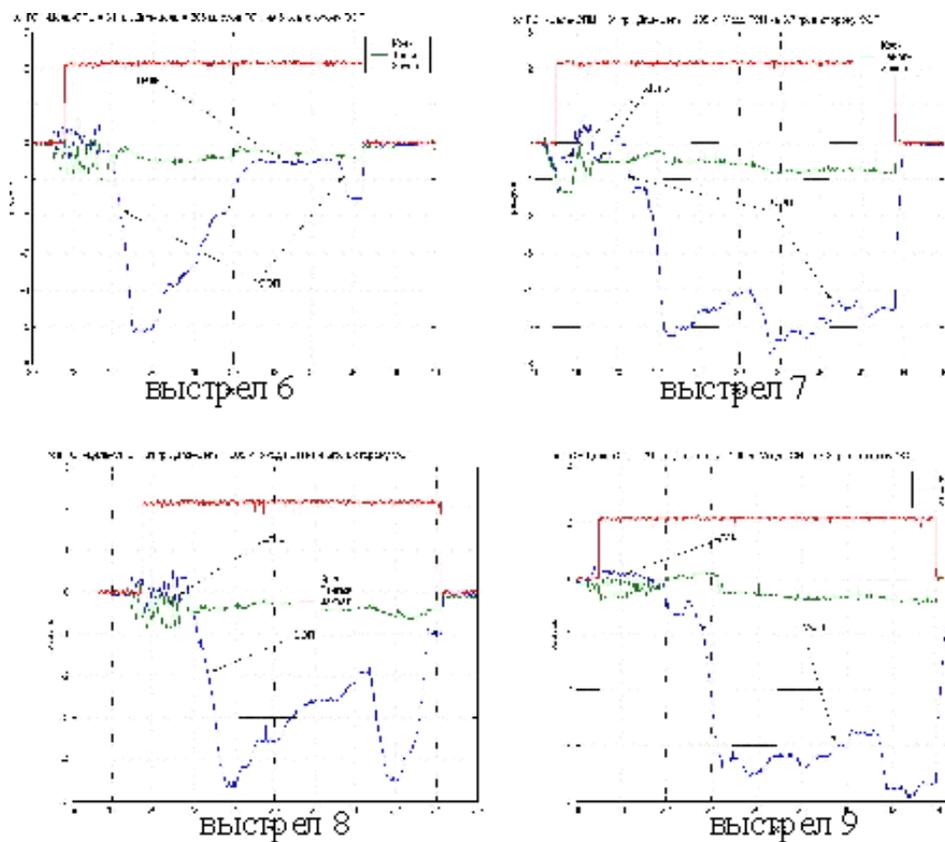
1.2. Проведение экспериментальных исследований



ТВ изображения макета ПРП во время развертывания АЗ в вышеуказанные интервалы времени с момента начала лазерного подсвета:

а) лобовая, б) боковая проекции

1.3. Регистрация полученных экспериментальных показателей



Графики сигналов захвата цели и управления рулями ПЛ ГСН при 9 выстрелах ЗВД35

1.4. Расчет результатов измерений характеристик воздействия АЗ на сигналы управления УАС.

№ выстрела	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время начала постановки АЗ, с	0,3	0,33	0,165	0,132	0,56	0,4	0,3	0,5	0,6
Время прекращения визуальной видимости, с	1,98	1,94	1,86	2,06	2,08	2,24	2,14	2,95	2,97
Уход оси ГСН относительно цели, град.	0,3	0,5	0,25	0,2	0,35	5,0	5,7	4,6	7,8
Смещение оси ГСН относительно цели, м	25,7	42,8	21,4	17,2	30,0	33,0	37,7	30,4	51,6
Время увода оси ГСН на 20м от цели, сек	3,2	2,1	2,8	3,4	3,8	3,2	5,0	2,6	4,8

1.5. Определение необходимых искомых характеристик.

1.6. Выработка выводов по результатам экспериментальных исследований.

2. Проведение стрельбовых испытаний по оценке защищенности объектов ВВТ от атакующих УАС

2.1. Планирование стрельбовых испытаний

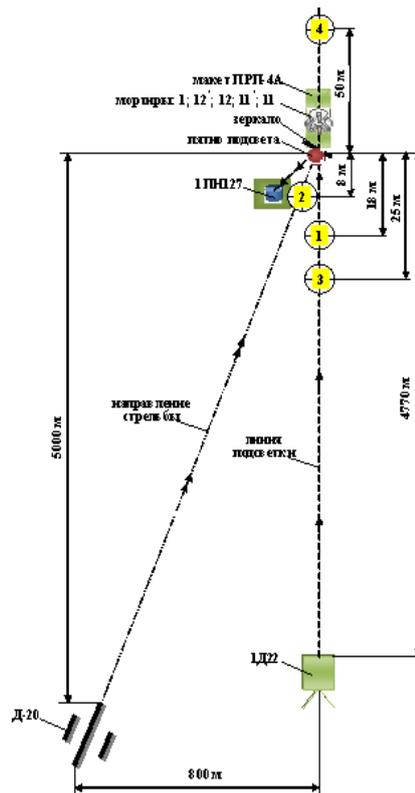


Схема размещения

2.2. Проведение стрельбовых испытаний



ТВ изображения макета ПРП, закрытого АЗ при 4 выстрелах УАС

2.3. Определение результатов стрельбовых испытаний

№ выстрела УАС «Краснополь» (изд. ЗОФ39)	Дальность стрельбы Д-20, м	Дальность подсвета 1Д22, м	Время полёта, с	Время задержки, с	Время лазерного подсвета, с	Результат стрельбы
1	5000	4770	19	12	7	Недолёт 18 м до цели по линии подсветки
2	5000	4770	19	12	7	Недолёт 8 м до цели и смещение 2 м влево от линии подсветки
3	5000	4770	19	12	7	Недолёт 25 м до цели по линии подсветки
4	5000	4770	19	2	15	Перелёт 50 м от цели по линии подсветки

2.4. Выработка выводов по результатам испытаний:

1) Полигонные и стрельбовые испытания подтверждают адекватность расчетных данных и экспериментальных результатов: $\Delta h_{уас.} = 25$ м для $\Delta t_{ном.} = 3$ с, $\Delta d_{ном.} = 45$ м;

2) Лазерный канал КСИЗ обеспечивает своевременное перекрытие аэрозольным облаком и увод УАС от ПРП.

ЛИТЕРАТУРА

- I. **Книги, учебники, учебные пособия, монографии статьи по моделированию и основам научных исследований**
 1. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и её приложения, перевод с английского, М.: Сов. радио, 1971. – 520 с.
 2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. – 576 с.
 3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: Наука, 1991. – 384 с.
 4. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – 2-е изд. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
 5. Беговатов Е.А., Лапин А.В. Диффузионная аппроксимация в замкнутых системах массового обслуживания. М.: Наука, 1998. – 102 с.
 6. Солсо Р.Л. Когнитивная психология. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 589 с.
 7. Барабанов В.А. Национальная и военная безопасность России на рубеже XX-XXI веков и ВПК. – М.: РИЦ «Альфа», МГОПУ им. М.А. Шолохова, 2001. 139с.
 8. Кубланов М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов. Часть I. Моделирование систем и процессов. 3-е изд., переработанное и дополненное: Учебное пособие. – М. МГТУ ГА, 2004. – 108 с.
 9. Бернацкий Ф.И. Планирование экспериментов в инженерных исследованиях. – Владивосток, 1986. – 45 с.
 10. Бормотов М.Ю., Гуров А.Г., Корунов С.С., Кукушкин С.Н. Экспертные методы прогнозирования. – М.: МАИ, 1985. – 60 с.
 11. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1980. – 520 с.
 12. Добров Г.М., Ершов Ю.В., Левин Е.И., Смирнов Л.П. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. – Киев: Наукова Думка, 1974. – 160 с.
 13. Дыхненко Л.М. и др. Основы моделирования сложных систем: Учебное пособие для вузов. – Киев: Вища школа, 1981. – 359 с.
 14. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Минск: БГУ, 1982. – 302 с.
 15. Кубланов М.С. Планирование экспериментов и обработка результатов: Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины и варианты заданий РГР. – М.: МГТУ ГА, 1998. – 36 с.

16. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. – М.: Физматгиз, 1994. – 192 с.
17. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 208 с.
18. Неймарк Ю.И., Коган Н.Я., Савелов В.П. Динамические модели теории управления. – М.: Наука, 1995. – 400 с.
19. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Наука, 1968. – 288 с.
20. Советов Б.Я., Яковлев С.Я. Моделирование систем: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1998. – 320 с.
21. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1956. – 664 с.
22. Хикс Ч.Р. Основные принципы планирования эксперимента. – М.: Мир, 1967. – 406 с.
23. Чисар И., Кёрнер Я. Теория информации: теоремы кодирования для дискретных систем без памяти. – М.: Мир, 1985. – 400 с.
24. Шилейко А.В., Кочнев В.Ф., Химушин Ф.Ф. Введение в информационную теорию систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 280 с.
25. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
26. Строгалев В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование: Учеб. Пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 280с.

II. Нормативные документы

27. Указ Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 года N 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» (с изменениями на 1 июля 2014 года), 2015. – 18с.
28. Конституция Российской Федерации: офиц. текст. – М.: Маркетинг, 2001. – 39с.
29. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам (с Изменением N 1, с Поправками). – М.: Стандартинформ, 2007. – 28с.
30. ГОСТ 7.32-2001 СИБИБД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Изменением N 1). – М.: Стандартинформ, 2008. – 22с.

31.ГОСТ 24026–80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1980.

III. Электронные ресурсы

32. ГОСТ Р 15.201 – 2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294847/4294847191.pdf>.
- 33.ГОСТ РВ 15.201-2003. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Тактико-техническое (техническое) задание на выполнение опытно-конструкторских работ. URL: <http://www.twirpx.com/file/378262/>.
- 34.ГОСТ РВ 15.203-2001. Система разработки и постановки продукции. Военная техника. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей. Основные положения. URL: <http://www.twirpx.com/file/378251/>.
- 35.ГОСТ РВ 15.210-2001. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Испытания опытных образцов изделий и опытных ремонтных образцов изделий. Основные положения. URL: <http://www.twirpx.com/file/520929/>.
- 36.Википедия – свободная энциклопедия. URL: www.ru.wikipedia.org.
- 37.Всероссийский Центр изучения общественного мнения. URL: <http://wciom.ru>.
- 38.КонсультантПлюс. Интернет версия системы. URL: <http://www.consultant.ru>.
- 39.Федеральная служба государственной статистики // URL: <http://www.gks.ru>.

При составлении данного пособия использованы книги, учебники, монографии и статьи по лазерным приборам и системам, приведенные в списке использованной литературы. Учебные пособия ВУЗов: МИИГАиК, МГТУ им. Н.Э. Баумана взяты за основу.

Дополнительные источники (цитирование):

- 1) Соловьева Д. Экспертные методы в маркетинге. [Электронный ресурс]. URL: https://iteam.ru/publications/marketing/section_22/article_1321.
- 2) Экспертные методы в маркетинге | Маркетинговые исследования | Маркетинговое управление | Статья раскрывает основные секреты использования экспертных методов анализа и прогнозирования в маркетинге: отбор квалифицированных экспертов; выбор эффективного сп... [Электронный ресурс]. URL: <http://iteam.ru>.
- 3) Методы, классификация и подходы моделирования - файл доклад. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.studmed.ru/docs/document15921/>

[1] не указано <http://iteam.ru>

[2] Экспертные методы в маркетинге | Маркетинговые исследования | Маркетинговое управление | Статья раскрывает основные секреты использования экспертных методов анализа и прогнозирования в маркетинге: отбор квалифицированных экспертов; выбор эффективного сп... <http://iteam.ru>

[3] Вопрос №1 Основные методы моделирования - Методы, классификация и подходы моделирования - доклад.doc <http://studmed.ru>

[4] Технологии принятия решений: метод анализа иерархий <http://citforum.ru>

[5] Наука и Образование: научно-техническое издание: Когнитивный подход к исследованию информационных процессов на ранних стадиях проектной деятельности <http://technomag.bmstu.ru>

[6] 1. Альтернативные подходы к пониманию предмета информатики и их философско-методологические основы (Р. Хемминг, Г. Саймон,... скачать документ doc, docx <http://tfolio.ru>

[7] Информационные системы и технологии" и 230104 "Системы автоматизированного проектирования" Брянск 2009 г <http://skachate.ru>

[8] Просмотр (2/3) <http://globalteka.ru>

[9] Системный подход в моделировании <http://adload.ru>

[10] «Евстегнеев Д.В., Ледащева Т.Н. Использование когнитивных моделей при построении комплексной оценки состояния территории » - научная статья <http://dissers.ru>

[11] Моделирование информационных процессов и систем * Единое окно доступа к образовательным ресурсам. <http://window.edu.ru>

[12] не указано <http://referatya.ru>

[13] скачать <http://gendocs.ru>

[14] не указано <http://pcweek.ru>

[15] Мировая История GPSS <http://mybiblioteka.su>

[16] Химия нефти и моторного топлива <http://nntu.ru>

[17] Перейти к сборнику>>><http://pief.ru>

[18] Vasilieva_dis.pdf <https://disser.spbu.ru>

[19] ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ И МУНИЦИПАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ УЧЕБ ПОСОБИЕ М 2006 163 С 3 | <http://provizitku.ru>

Модуль поиска Интернет

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

КАФЕДРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИЯМИ ИМБИП

Кафедра была основана в 2007 г. Основная цель кафедры - подготовка грамотных специалистов в области таможенного дела и логистики, что, с одной стороны, отвечает потребностям времени. С 2006 г. кафедра ИСиУИ является платформой опорной организации Роспатента в Северо-Западном федеральном округе. Кафедра ведет учебную, научную, проектную и международную деятельность, которая координируется и экспертируется Экспертным Советом по интеллектуальной собственности Северо-Западного федерального округа. Учебная деятельность ведется по программам магистратуры, программам дополнительного профессионального образования и программам Летних школ. Научно-исследовательская деятельность кафедры ведется в рамках открытой в 2008 г. научной школы "Модернизация инновационной среды в целях эффективного развития российской экономики", основанной в 2008 г. профессором, д.э.н., Е.Л.Богдановой и Секции «Интеллектуальная собственность и инноватика» Дома Учёных им. М.Горького Российской Академии Наук, которая функционирует с 2011 г. С сентября 2011 г. кафедра ИСиУИ входит в проект Роспатента и ВОИС по созданию сети Центров поддержки технологий и инноваций – Technology and Innovation Support Centers, целью которых является упрощение доступа к техническим знаниям и повышение эффективности использования патентной информации в ряде стран, в региональных и областных центрах научно-технической информации. Работа кафедры по данному направлению представлена в справочнике Роспатента. В 2011 г. почетным знаком Роспатента "Во благо России" награждена заведующая кафедрой ИСиУИ Богданова Е.Л. В 2014 г. благодаря активному содействию кафедры Университет был награжден высшей наградой Всемирной организации интеллектуальной собственности для Инновационных Предприятий (WIPO Trophy for Innovative Enterprises) в качестве признания вклада Университета в развитие инновационного и технического творчества и содействия развития и охраны интеллектуальной собственности мира. В 2015 г. ведущие преподаватели кафедры награждены дипломами, серебряными и золотыми орденами Салона изобретений и инновационных технологий "Архимед 2015", а в 2016 г. – серебряными и золотыми орденами Салона изобретений и инновационных технологий "Архимед 2016", Почетный знак Салона "Гранд Архимед" вручен заведующей кафедрой ИСиУИ Богдановой Е.Л.

Данков Алексей Александрович

Моделирование – как важнейшая составная часть процесса разработки и модернизации перспективного вооружения

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

