

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»



В. К. Железняк, А. В. Барков, Д. С. Рябенко

# **МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Пособие для магистрантов и аспирантов  
технических специальностей

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2018

УДК 167(075)  
ББК 87.251я73  
Ж50

Рекомендовано научно-методическим советом университета  
в качестве пособия  
(выписка из протокола № 2 от 20.12.2018 г.)

Рецензенты:

профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой технической защиты информации БГУИР *Л. М. Лыньков*;

доцент, кандидат философских наук, зав. кафедрой социально-гуманитарных дисциплин ПГУ *И. А. Бортник*

**Железняк, В. К.**

Ж50 Методология научного исследования : пособие для магистрантов и аспирантов технических специальностей / В. К. Железняк, А. В. Барков, Д. С. Рябенко ; под общ. ред. В. К. Железняка. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет, 2018. – 88 с.  
ISBN 978-985-531-634-4.

В учебном пособии гармонично объединены исходные сведения по разъяснению и созидательному применению для исследования науки и научного знания при работе над диссертациями, так как обеспечение надежности подготовки научных кадров всегда и особенно сегодня является проблемой.

Пособие – результат творческого сотрудничества с аспирантами, магистрантами, а также научными специалистами БГУ, БГУИР, БНТУ.

Предназначено для аспирантов, магистрантов, может быть полезно преподавателям, научным сотрудникам инженерно-технических и других специальностей вузов.

**УДК 167(075)**  
**ББК 87.251я73**

**ISBN 978-985-531-634-4**

© Железняк В. К., Барков А. В., Рябенко Д. С., 2018

© Полоцкий государственный университет, 2018

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Концепцией национальной безопасности Республики Беларусь\*, закреплены официальные взгляды на сущность важнейших вопросов деятельности государства в интересах личности, общества и их защите от внутренних и внешних угроз.

Согласно Концепции научно-техническая безопасность отождествляет состояние отечественного научно-технического и образовательного потенциала, обеспечивающего возможность реализации национальных интересов Республики Беларусь в научно-технологической сфере.



\* Концепция национальной безопасности Республики Беларусь : [утв. Указом Президента Республики Беларусь 9 нояб. 2010 г. № 575] . – Минск : Белорусский Дом Печати, 2011. – 47с.

Это обусловило разработку данного пособия. Длительное (более 10 лет) плодотворное сотрудничество с НИИ прикладных проблем математики и информатики БГУ (руководитель Ю.С. Харин, чл.-корр. НАН Беларуси, д-р. физ.-мат. наук, проф.), выражавшееся в принятии участия в международных семинарах, проводимых для научных сотрудников, аспирантов и магистрантов, а также хорошие и дельные советы. Это мотивировало написать работу. Рецензировали работу канд. филос. наук, доц. И.А. Бортник и д-р техн. наук, проф. Л.М. Лыньков, долгое время возглавлявший диссертационный совет при БГУИР, в котором защищались соавторы А.В. Борков и Д.С. Рябенко. Поддержка ректора учреждения образования «Полоцкий государственный университет», д-ра тех. наук, проф. Д.Н. Лазовского, а также пожелания проректора по науке, канд. техн. наук, доц. Д.О. Глухова, проректора по учебной деятельности, канд. техн. наук, доц. Ю.П. Голубева, зав. аспирантурой, канд. техн. наук, доц. Е.Г. Кремневой организовали цикл лекций, на которых оценивалась полезность написанной работы. Авторы выражают благодарность за поддержку данной работы. Отдельная благодарность коллективу редакции.

Воспитание и образование неразделимы. Нельзя воспитывать не передавая знания, всякое знание действует воспитательно.

*Л.Н. Толстой*

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ – ТРЕБОВАНИЕ ВРЕМЕНИ

«Всякое исследование основано на научной интуиции, экспериментальном искусстве, верном ощущении возможности техники и, что весьма важно, – на хорошем знании теории; только при овладении внутренними взаимосвязями явлений представляется возможным обозреть всю совокупность различных проблем и найти путь решения той или иной возникающей проблемы» [1].

Многомерные быстропеременные процессы в различных областях научного познания усложняются. Исследование развития этих процессов реализуют методологическими приемами познавательной деятельности. Моделирование, системный анализ, синтез и абстрагирование процессов на новых принципах составляют неполный перечень методологии познания.

Обоснованность и объективность познания основаны на реальной действительности, новизне и целостности, экспериментальной проверке.

## ТВОРЧЕСТВО. ТВОРЧЕСКАЯ СПОСОБНОСТЬ

Концепция образования, основой которой является развитие творческих способностей личности, устанавливает главное направление их к продуктивной творческой деятельности. Развитие нравственных и физических качеств личности, воспитание патриотизма, повышение уровня знаний, престижа и привлекательности – требование времени.

Замена концепции приобретения знаний, умения и навыков для деятельности в стандартных условиях концепцией, развивающей личность, позволит действовать творчески даже в экстремальных условиях. Ведущая идея – гармоническое сочетание фундаментальных знаний и практических конкретных умений и навыков.

Творческая способность, компетентность, подготовленность к продуктивной деятельности направлены на установление истины, интеллектуальную, познавательную активность, самооценку. Выполнение проблемных задач основано на их постановке, генерации идей, формировании решений, оценке полученных новых результатов.

Творческая личность, стремящаяся к знаниям, научной деятельности и выступающая в роли побудительных мотивов к творчеству, должна развивать в себе [2]:

- творческие способности;
- целостность и объективность восприятия;
- оригинальность;
- гибкость мышления;
- стремление к поиску нового;
- способность экспериментатора;
- объективность оценок;
- способность генерировать идеи и прогнозировать.

Это обусловлено предъявляемыми требованиями к диссертации в новизне, достоверности, полезности полученных результатов [3]. Тема диссертации должна быть актуальной, значимой для теории и практики.

Системное творчество – основа развития новой созидательной деятельности, направленной на достижение желаемых научных результатов. Творчество – создание нового, оригинального, постановка и решение проблем (научных задач), разрешения проблемных противоречий между действительным и необходимым развитием целевой научной задачи. Самостоятельная творческая деятельность позволяет рационально использовать знания о конкретных и абстрактных понятиях, выделять важнейшее. Выделяя и разрешая противоречия между действительностью и необходимостью получения нового, формируют цели, методы их разрешения и степень оценивания с помощью обоснованного критерия.

Анализ теории и практики, применение методологических приемов вскрывает противоречия между высоким уровнем определенных целей и достигнутых результатов, оптимизацией и формулированием целевых научных задач. Гармоничное сочетание фундаментальных знаний и практических конкретных умений и навыков развивает высокий уровень творческих способностей, нравственные, физические качества, патриотизм.

Выделение противоречий, формирование и реализация решений, получение результатов, оценка их реалистичности основаны на знании, опыте, фундаментальности. По достигнутым теоретическим и экспериментальным результатам оценивают актуальность исследований.

Мобилизация максимальной творческой активности и способностей обусловлена мотивацией (побуждением), творческими условиями к накоплению знаний для решения исследуемой научной задачи. Приемы научного познания включают анализ, синтез, сравнение с прототипом определенного класса объектов, моделирование, абстрагирование, идеализацию,

обобщение, прогнозирование. Развитие заданной области знаний направлено на выделение и исследование существенных различных сторон предметов, их важнейших внутренних и внешних связей, полноту, формирование гипотетических предложений.

Таким образом, мотивы (побуждения), цели, способности и необходимые условия мобилизуют творческую активность к накоплению новых знаний и, используя методы и приемы научного познания, позволяют сформулировать и исследовать научные задачи, раскрывающие цель, тенденции развития научных задач в будущем.

Творческая способность личности, подготовленная к продуктивной деятельности, основанная на компетентности, самосознании, достижении истины, интеллектуальной способности, познавательной активности, творчестве, восприимчивости новизны, раскрытии противоречий, – успех к достижению цели исследований.

Компетентность формируется знанием, опытом, склонностью к реализации многогранных целевых задач.

Это позволяет раскрыть целостность, то есть внутреннее единство объекта, независимо от окружающей среды. Уникальность объекта определяется его сущностью в соответствии с целью в виде превосходящего результата, на достижение которого направлены целесообразные действия: выявить, проанализировать и оценить противоречия между физическим состоянием и необходимостью разрешения исследуемой научной задачи.

Творчество – создание новых знаний на основе познания закономерности, существенно отличных по своим свойствам, параметрам, характеристикам от известных; определение нового (критерии нового знания, способ достижения, способ утверждения нового научного знания в практику).

## ОСНОВА НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ

Основа научного творчества – четко сформулированная проблема (научная задача), накопленные теоретические знания, научная теория данной области, интуитивные способности для возможного решения этой проблемы (научной задачи), способность принятия решений и их отстаивания в виде интегрированных характеристик, качественно отличающихся по объективной предметности, языковой и понятийной выразительности, а также общезначимости, обоснованности, проверяемости, достоверности.

Теоретические знания обуславливают проблемы, теоретические объекты, теоретические исходные понятия, принципы и законы, научные теории как логически доказательные системы.

Методы построения и обоснования знания включают эксперимент, наблюдение, абстрагирование, анализ, синтез, сравнение, обобщение, измерение, идеализацию, конструирование, мысленный эксперимент, фундаментальные, прикладные исследования, модели, разработки.

Одна из основных ценностей и целей научного познания, наряду с истинностью, – полезность. Новизна – ценность, цель научного познания, истинность (адекватность), полезность.

Новые знания – кумулятивное дополнение к известному; утверждение альтернативных вопреки устоявшимся в науке концепциям.

Единицы научного знания – данные наблюдения, факты, теория, научно-исследовательские программы, понятия, суждения, квалификация, аргументы, доказательства, модели, принципы, основания [3].

Теоретические знания включают логические методы научного знания (абстрагирование, обобщение, индукцию, моделирование, физическое и математическое обоснования); научную рациональность (языковую форму (термины и определения), определенность, обоснованность, точность, методичность, общезначимость, понимаемость, проверяемость, критерии, признаки, логическую непротиворечивость, интуитивную очевидность, возможность идентификации в восприятии, теоретическую воспроизводимость.

## КРИТЕРИЙ ИСТИННОСТИ ЗНАНИЯ

Критерий – достаточно четко установленный в рамках поставленных задач набор показателей (свойств), позволяющих квалифицировать в своей единичности одни единицы показателей к другим, принятым за истинные.

Критерий истинности знания – необходимые и достаточные свойства знания, наличие которых позволяет положительно решить вопрос о его истинности.

Несоответствие между желаемым и существующим развитием и разрешением проблемного вопроса в области знаний определяет научную задачу. Сложность разрешения проблемной задачи определяется неизвестным конечным результатом, методом решения и способом достижения цели, предметными, энергетическими, информационными связями и взаимодействием с внешней средой их элементов. Основная цель – желаемый новый результат, который достигается разрешением научной неопределенности. Проблемная задача включает ее выявление и точную формулировку на основании анализа логической структуры, развития в прошлом и будущем, связей с другими проблемами, задачами. Проблемная задача реализуется на основе структуризации и методов анализа. В основе системного подхо-

да лежит принцип системности, раскрываемый в понятиях целостности, структурности, взаимозависимости системы и среды, иерархичности, множественности каждой системы, формализации, установлении показателей, оценки свойств, эффективности. С помощью методов принятия решения устанавливают направления исследований для достижения точной формулировки проблемной задачи (упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий, направленных на достижение заданных целей определяет операцию). Объектом исследования являются информационные объекты, которые отличаются исходной неопределенностью и элементами различной неопределенностью. Информативность определяется видом обрабатываемых сигналов. Системы, наполняющие информационный объект с их элементами, отражают информационные связи при обработке и преобразованиях различных сигналов, функциональные условия эксплуатации, внутренние и внешние воздействия.

Из проблемы формируют цель, методы достижения цели, критерии оценки истинности и достоверности знания. Цель должна быть научно-обоснованной.

Теория познания – сущность познавательного отношения на основании законов, категорий, закономерности развития.

Знание – концентрация и кристаллизация новых научных решений.

Предмет познания зафиксирован в опыте и включен в процесс практической деятельности свойств и отношения объектов, исследуемых с определенной целью в данных условиях и обстоятельствах.

Предмет познания – свойства и отношения объектов, изучаемые с целью оценки исследуемых параметров в конкретных условиях [5].

Сущность – смысловое назначение объекта в отличие от других, его главное свойство, закон для практического преобразования. Сущность – совокупность глубинных связей, отношений и внутренних законов, определяющих основные черты и тенденции развития, раскрывающих причины возникновения, источники развития исследуемого объекта, раскрытие пути его формирования или технического воспроизведения. В теории и практике создана достоверная модель, объясняющая значение объекта. Теория выявляет, обобщает познавательную деятельность, результат практики, самостоятельную систему знаний.

Всякая наука лишь тогда достигает зрелости и совершенства, когда она раскрывает сущность исследований и в состоянии предвидеть их будущие изменения.

Свойства научных знаний:

- 1) объективность, предметность;
- 2) языковая и понятийная выразительность;

- 3) общезначимость;
- 4) обоснованность;
- 5) проверяемость;
- 6) достоверность.

Операция – упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий, направленная на достижение определенных целей [4].

Предметная область устанавливает анализ проблемных знаний о предметном исследовании, формирование исходных научных задач, конструирование теоретической модели системы оценки предметной области.

Теоретическая модель системы оценки предметной области задает выдвижение гипотез о методах и способах оценки свойств предметной области.

Разработка нормативных показателей для оценки эффективности научных задач использует анализ, обобщение результатов, направленных на проверку разработанных теоретических положений, подтверждающих выдвижение гипотезы, формирование заключения.

Заключение – систематизация научного знания о способах и методах оценки новой содержательной информации, удостоверения истинности знания.

Критерий – признак (или их совокупность), на основе которого производится оценивание, сравнение альтернатив, классификация объектов или явлений. Критерий (совокупность критериев) – полнота, независимость (ортогональность), непротиворечивость [6].

Предложено три метода выбора критериев оценки качества и функционирования больших систем:

1. Метод объединения нескольких показателей в обобщенный критерий с учетом веса каждого показателя, определяемого требованиями к большой системе.

2. Метод выделения наиболее общих показателей и объединение их в общий критерий.

3. Метод определения экстремального значения только одного показателя, являющегося главным, с наложением на остальные показатели некоторых ограничений. Любой объект с заданной точностью характеризуется конечным числом своих показателей

$$A = A\{a_1\}\{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m; a_j, a_{j+1}, \dots, a_n\}, \quad (1)$$

где  $a_i(\overline{i, m})$  – показатели главные;

$a_j(j - (m + 1) + (m + 2) + \dots + n)$  – ограничивающие показатели.

Цель критерия – установление факта пригодности объекта выполнять свое назначение по измеренным параметрам и сравнение с допустимым значением.

Научное познание – познавательная деятельность в науке, основанная на особенностях структуры, форм, методов. Главная цель научного познания – достижение адекватной истинной и полезной информации, объективно и истинно доказанные знания, хорошо обоснованные, проверяемые и практически полезные об исследуемых объектах.

Предмет познания – метод познания о научной истине, предмете, способе доказательства. Это достигается методами, средствами, условиями получения доказательного знания, точной и достоверной информации с помощью систематических наблюдений и экспериментов, обработкой и обобщением опытных данных, логическими приемами, созданием математических и физических моделей для выделения новых знаний. Логические приемы – анализ, синтез, абстрагирование, вывод, доказательство, идеализация, систематизация, наблюдение, эксперимент, классификация, интеграция, моделирование (научное, физическое), обобщение, генерализация, основанные на науковедении и теории.

Науковедение – дисциплина, изучающая функционирование и развитие науки путем использования философских, экономических, социологических, психологических методов. Цель науковедения – выявление способов и критериев рационального использования науки в современном обществе [5, 7]. Науковедение изучает проблемы организации научной деятельности, управления наукой, научно-технического прогнозирования, воспроизводства и использования научных кадров.

Научное предвидение – основывающееся на обобщении теоретических и экспериментальных данных и учете объективных закономерностей развития предсказание ненаблюдаемых или не установленных еще на опыте явлений природы и общества. Научное предвидение может быть двоякого рода: 1) относительно неизвестных, не зарегистрированных в опыте, но существующих явлений (например, предсказание новых химических элементов, месторождений ископаемых и т.п.); 2) относительно явлений, которые еще только должны возникнуть в будущем при наличии определенных условий. Научное предвидение всегда основывается на распространении познанных законов природы и общества на область не известных или не возникших еще явлений, где данные законы должны сохранять силу. Научное предвидение неизбежно содержит и элементы вероятностных предположений, особенно в отношении конкретных событий будущего и их сроков. Это обусловлено возникновением в процессе развития качественно новых причинных связей и возможностей, не существовавших ранее, и особой сложностью процессов развития, что приводит к возникновению неожиданных ситуаций. Последним критерием правиль-

ности научного предвидения всегда является практика. Отрицание объективных закономерностей действительности ведет и к отрицанию научного предвидения.

Теория – система основных идей в той или иной отрасли знаний.

Теория связи – наука, изучающая системы связи с использованием математических моделей и их функционирования.

Теория систем – область науки, связанная с изучением систем с целью выявления их общих характеристик и классификации.

Теория алгоритмов – раздел математики, изучающий общие свойства алгоритмов. Выделяют две ветви теории: логическую теорию, занимающуюся вопросами конструктивного обоснования математики и изучением феномена алгоритмической неразрешимости проблем, и аналитическую теорию алгоритмов, связанную с изучением самих алгоритмов, анализом их структуры, методами эквивалентных преобразований, способами построения и оценкой эффективности.

Теория вероятностей – математическая наука, изучающая закономерности случайных явлений.

«Всякая наука лишь тогда достигает зрелости и совершенства, когда рассматривает сущность исследуемых явлений и в состоянии предвидеть их будущие изменения» [6].

Системный анализ в предметной области выявляет противоречия между действительностью и необходимостью, обусловленной целевыми функциями (зависимостями), включая:

- формулирование проблемы (научной задачи);
- выявление целевых функций;
- выбор и обоснование критерия;
- выбор одной или нескольких альтернатив по обоснованным критериям.

При этом необходимо руководствоваться и мудростью.

Мудрость заключается только в том, чтобы, взвесив все возможные неприятности, наименьшее зло принять за благо [6].

Результат (эффект) – конечный итог операции, включая последствия.

Целевой эффект – результат, ради которого проводится операция.

Эффективность – сложное свойство операции, характеризующее достижение цели, ради которой осуществляется.

Выявление и анализ противоречий: «Гораздо труднее увидеть проблему, чем найти решение. Для первого необходимо воображение, для второго – умение».

*Дж. Бернал*

Формализация – неконкретно поставленные цели.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценивание – процедура принятия решения для достижения поставленной цели [8].

Цель оценивания – выработка суждения о значимых показателях (пригодность, оптимальность, превосходство) и правила, формируемого в форме критерия оценивания [8]. Цель – желаемый исход операции.

Требование к критериям и показателям:

- соответствие (представительство);
- полнота (достаточность факторов);
- устойчивость (невлияемость на интенсивность);
- чувствительность (критичность);
- неизбыточность (полезность);
- реализуемость (вычитаемость);
- учет неопределенности;
- проверяемость;
- контроль;
- независимость (ортогональность);
- непротиворечивость.

Мера – количественная оценка свойств.

Проблемные системные исследования – поиск наилучшего (оптимального) варианта. Оптимальные эффекты тождественны наилучшему соответствию синтезированного объекта исследования, его целевому назначению. Совокупность существенных свойств определяет условия целевого применения объекта исследования.

Уровень объектов исследования характеризуется значимостью совокупных свойств, показателей, его существенных атрибутивных свойств, соответствующих его целевому назначению.

Выбор и обоснование значимых показателей свойств объектов исследования, критериев оценивания, построение и исследование модели объектов исследования, оценивание показателей, анализ результатов моделирования и принятия решения определяют целевой эффект.

Синтез объекта исследования с наиболее существенными показателями, обоснование критериев оценивания объектов исследования, модели объекта исследования, корректировка модели по результатам ее исследования, определение значимых показателей и свойств, анализ результатов моделирования, формирование требований к структуре и параметрам синтезируемого объекта исследования являются условиями достижения цели объекта исследования.

Статистический критерий оптимальности определяют коэффициентом эффективного функционирования и показателем, по которому можно судить о степени достижения поставленных целей.

Знание вероятностной модели позволяет прогнозировать будущие события, что важно для принятия решения и по данным случайной выборки  $x_1, x_2, \dots, x_n$  оценивают неизвестные параметры  $\eta_1, \eta_2, \dots$  (генерирует среднюю дисперсию), состоятельность оценки (сход по вероятности к  $\eta$  при  $n \rightarrow \infty$ ), несмещенность оценки (математическое ожидание имеет наименьшую дисперсию), эффективность оценки (которую легче вычислить) [8].

Основной метод проблемного системного исследования обеспечивает поиск наилучшего (оптимального) варианта (вариантов) решения проблемных задач. Оптимальные решения тождественны наилучшему соответствию синтезированного объекта его целевому назначению. Совокупность существенных свойств определяет условия целевого применения объекта. Только метод системного исследования от формальной неконкретно поставленной цели позволяет перейти к четко сформулированной цели и постановке научных задач, выделяя атрибут – существенные свойства (признаки), являющиеся неотъемлемыми принадлежностями объекта.

Количественная согласованная с целью, задачами, критериями характеристика степени достижения полезного результата на этапах жизненного цикла, проектирования, разработки, изготовления, испытаний, эксплуатации объекта и его элементов рациональными вариантами решений определяет эффективность, устанавливаемую показателем с положительным результатом, дающим эффект. Таким образом, эффективность используют как обобщающий показатель (совокупностью взаимосвязанных частных критериев).

Этапы принятия решений (модель принятия решений):

- выявление противоречий между фактическим состоянием и необходимостью разрешения исследуемой научной задачи;
- формулирование проблемы (научной задачи);
- выявление целей;
- выбор и обоснование критериев;
- сбор информации (определение альтернатив и определение их свойств);
- выбор одной или нескольких альтернатив по выбранным критериям;
- оценивание последствия выбора и качества решения.

Цель оценивания – выработка суждения о значимых показателях и объекте (пригодность, оптимальность, превосходство) и правила, формируемого в форме критерия оценивания [8, 9].

Анализ предметной области может быть интуитивный (не используется модель принятия решения), необдуманый (игнорирование подготовительного этапа), эгоцентрический (собственная выгода), слепой (не учитываются последствия), эмоциональный (влияние настроений), самодовольный (игнорирование опыта специалистов), упрямый (повторение ошибок).

Задача синтеза объекта с наиболее существенными показателями – обоснование критериев оценивания объекта, модели объекта, корректировка модели по результатам исследования, определение значимых показателей свойств объекта, анализ результатов моделирования, формирование требований к структуре и параметрам синтезируемого объекта, обеспечивающих его эффективность и качество.

Повышение эффективности объектов направлено на совершенствование технологических процессов и процессов управления. Автоматизированные системы управления раскрывают возможность обработки и получения новой информации с целью их оптимизации, повышения точности оценки параметров первичной информации.

Оценка эффективности зависит от многих факторов: сложность объекта (системы), его назначение. Так, например, в системах связи оценку выполняют по обобщенной эффективности. Параметры системы, характеризующие достаточно полно как ее внешние характеристики, так и внутреннее содержание, подразделяют на группы параметров, отражающих различные стороны функционирования системы – информационную, технико-экономическую, конструктивно-технологическую. По каждой из групп вычисляется обобщенный показатель эффективности, а затем эти показатели суммируются с весовыми коэффициентами, характеризующими относительную значимость групп параметров.

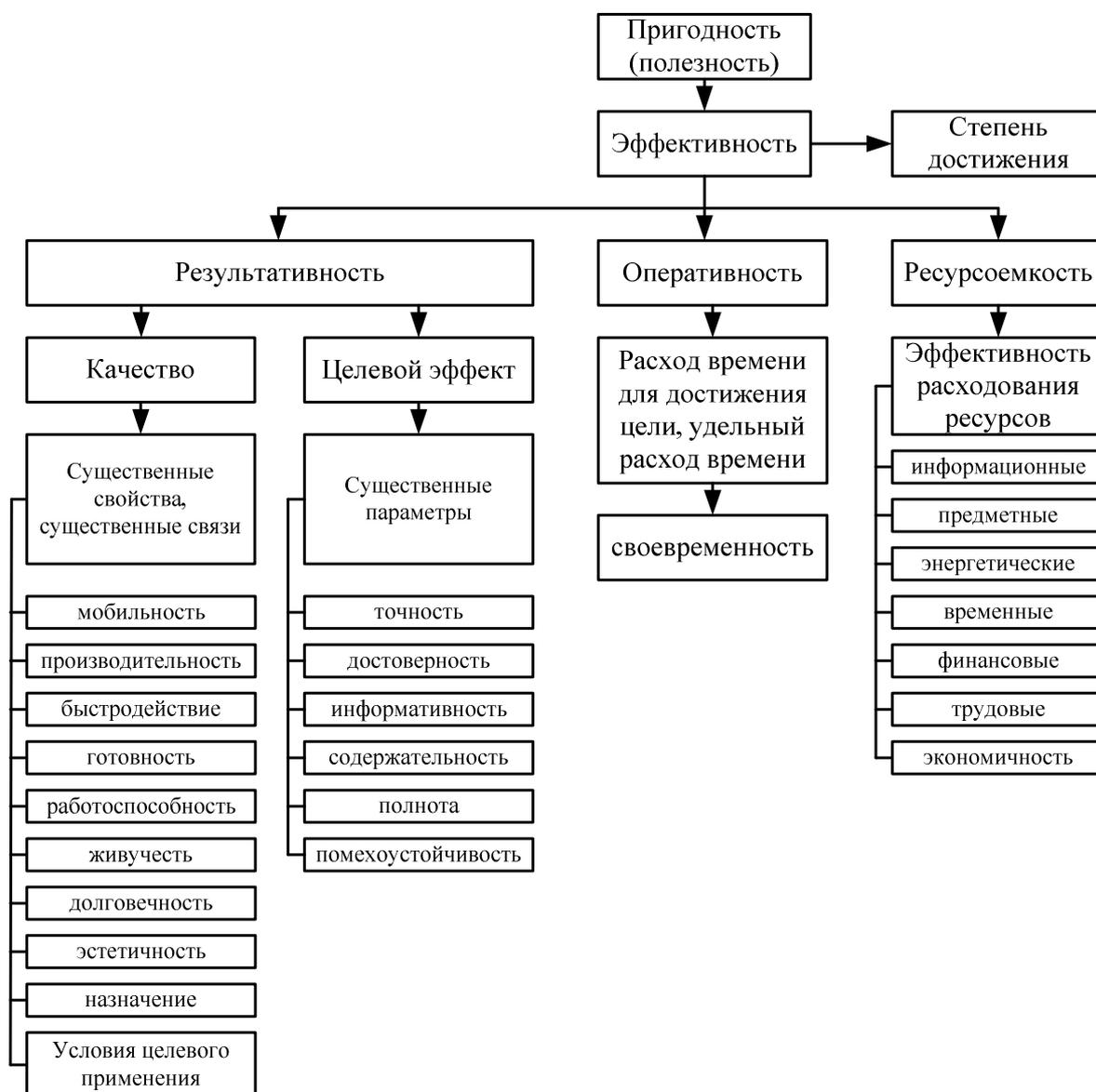
При использовании обобщенной оценки эффективности необходимо выбрать параметры системы связи и четко поделить по группам. Каждая группа должна характеризовать систему связи достаточно полно. Практически сводят параметры в следующие группы: информационную, технических решений, конструктивно-технологическую, технико-экономическую.

Классификация объектов по критериям пригодности, оптимальности, превосходства предложена в работах [8, 9] (рис. 1).

В работе [8] предложена классификация объектов по критерию эффективности и подчиненные ему критерии результативности, оперативности, ресурсоемкости (рис. 2).



**Рисунок 1. – Классификация объектов (систем) по критериям пригодности, оптимальности, превосходства**



**Рисунок 2. – Классификация объектов по критерию полезности [8]**

Такая классификация более развернутая. В сложных системах (объектах) критерий (показатель) оптимальности существует при ограничении других показателей (критериев) (рис. 3).

Достижение цели оценивается на основании эффективности, объединяющей результативность, оперативность, ресурсоемкость. Результативность определяется целевым эффектом, качеством операции. Качество операции устанавливается существенными свойствами и существенными связями, определяемые эмерджентными показателями (т.е. такими, которые присущи системе) [8] (рис. 4–6).

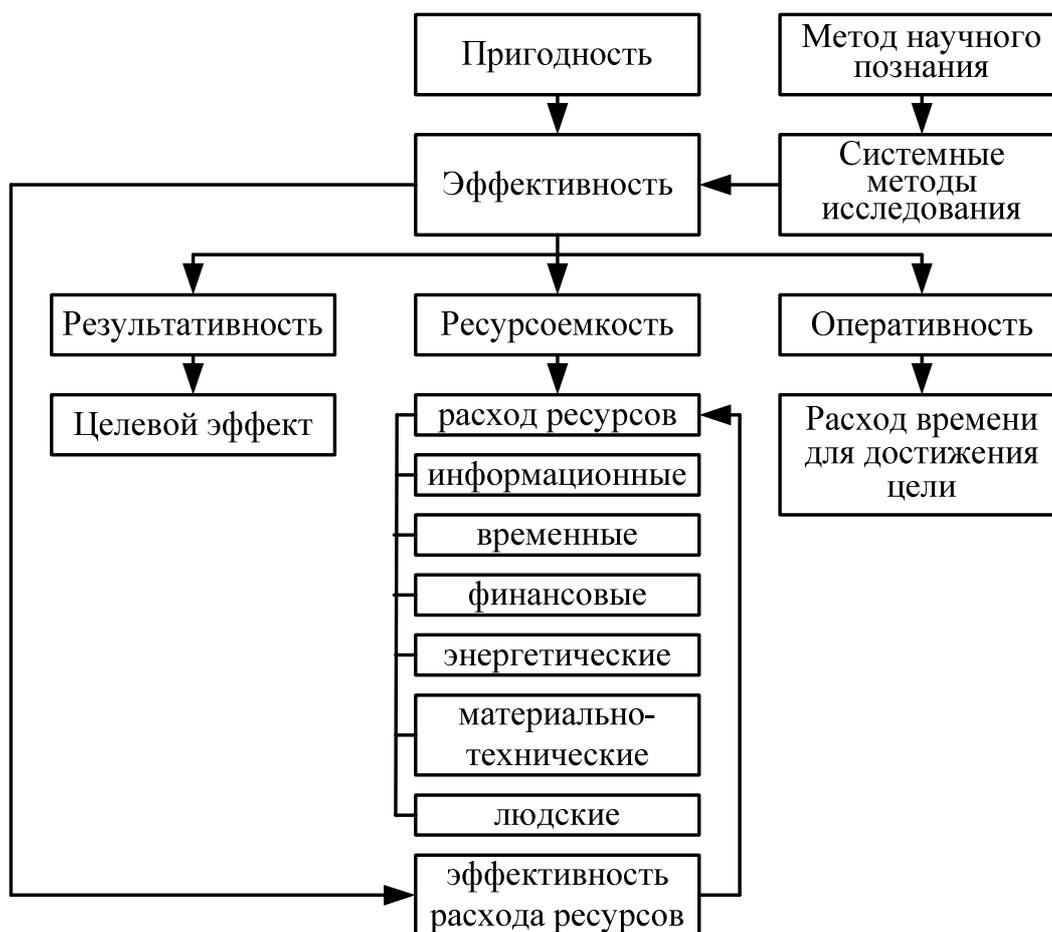


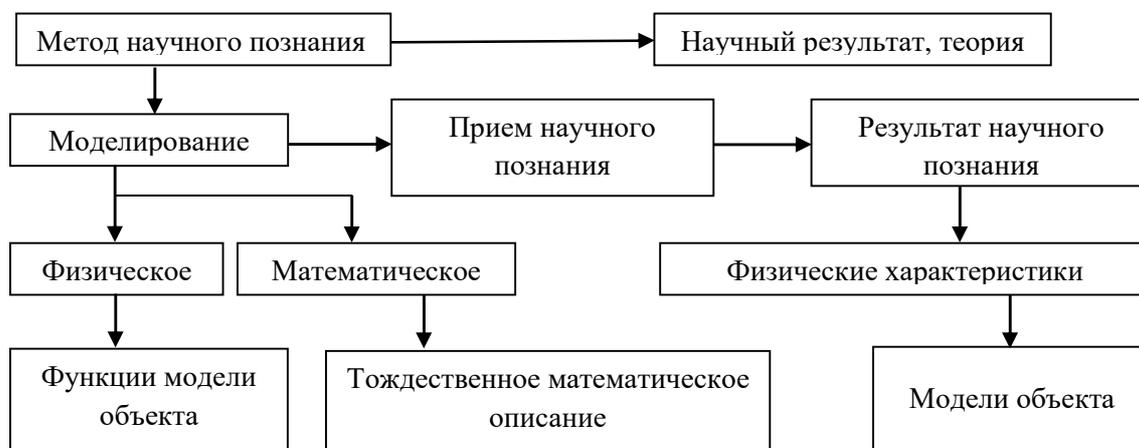
Рисунок 3. – Эффективность расхода ресурсов [8]

Объект определяет множество взаимосвязанных элементов, взаимосвязь которых обуславливает их целостные свойства («Целое – сумма его частей», *Аристотель*).

Объект – организованность, связи между элементами, единство и взаимоотношения с внешним окружением и средой. Иерархичность, целенаправленность – поведение направлено на достижение цели.



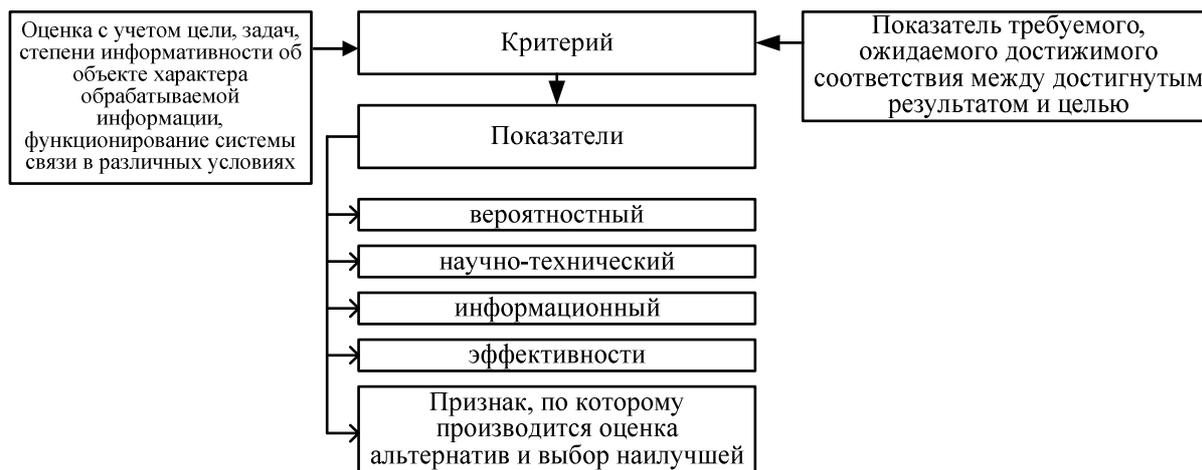
**Рисунок 4. – Эффективность достижения цели [8]**



**Рисунок 5. – Метод научного познания объекта [8]**

Показатель качества – показатель свойств объекта с возможными существенными связями. Показатель – качественная характеристика объекта (системы). Количественные показатели элементов:

1. Оценка параметров процесса в реальном масштабе времени (оперативно).
2. Адекватность метода обработки информации поставленной задачи.
3. Системность, фундаментальность, практическая направленность.



**Рисунок 6. – Систематическая модель критерия [8]**

Цель исследования устанавливает назначение обработки информации. Обработка информации зависит от класса анализируемых информационных систем, вида сигналов, искомых и учитываемых параметров, методов обработки, сигналов для получения результатов обработки, априорных данных для реализации метода.

Оценивание – процедура принятия решения по предъявляемому результату обработки данных.

Цель оценивания – выработка суждения о значимых показателях объекта информатизации (ОИ): пригодности, оптимальности, превосходстве, правиле оценивания в форме критерия оценивания.

Цель – желаемый исход операции.

Критерий оценивания – руководящее правило (условие или совокупность условий, вытекающих из положенных в основу исследований концепций, принципов оценивания, реализуемых при принятии соответствующего решения).

Критерий оценивания – количественная характеристика (показатель), которая приняла численное значение, выработанное на основе определенных (положительных) положенных в основу исследований правил объекта информатизации: выбор показателей его свойств, обоснование показателей и критериев оценивания, построение модели ОИ, исследование ее, анализ результатов моделирования и принятие решения.

Оценка – численная характеристика показателя, полученная опытным путем (экспериментом) – результат;

Оценивание – процедура принятия решения по важнейшим показателям и предъявленным требованиям к ОИ.

Анализ – результат моделирования и принятия решения.

Задача синтеза ОИ с наиболее существенными показателями – обоснование критериев оценивания модели ОИ, корректировка модели по результатам исследования ОИ, определение значимых показателей и его свойств, анализ результатов моделирования, формирование требований к структуре и параметрам синтезируемого ОИ, обеспечивающие его эффективность и качество.

Несоответствие между желаемым и существующим развитием определяет научную проблемную задачу. Разрешение проблемной задачи в области знаний реализует цель научного исследования, выделенных свойств исследуемых объектов, систем, процессов при предметных, энергетических и информационных взаимодействиях и связях их элементов между собой и внешней средой. Это определяет научную задачу. Научная задача решается с использованием системного подхода и методом системного анализа. Методологическое научное познание, в основе которого рассматриваются объекты, включающие системы, направлено на раскрытие их целостности, выявление многообразия типов связей, сведенных в единую картину.

Системный анализ опирается на системный подход, заключающийся в построении обобщенной модели, отражающей новые свойства взаимосвязи объекта, систем в составе объекта.

Задача системы – требуемый исход целевого результата, который должен быть достигнут при заданном расходе ресурсов, за заданное время функционирования (информационного, предметного, энергетического). Сложность разрешения проблемной задачи определяется неизвестным конечным результатом, методом решения и способом достижения цели. Основная цель – это желаемый результат, который достигается раскрытием научной неопределенности. Проблемная задача включает ее выявление и точную формулировку на основании анализа логической структуры, развития в прошлом и будущем, связи с другими проблемами с задачами. Анализ проблемной задачи реализуется на основании методов системного подхода ее структуризации, методов анализа, обоснования критериев.

Учитывая важность обоснования критериев, их исследования выделены отдельно.

Проблемные задачи возможно разделить на непрограммируемые и программируемые. К первым задачам относят неструктурированные и слабо структурированные, ко вторым – хорошо структурированные и стандартизованные. Первые задачи решают эвристическими методами

с переходом к методу системного анализа и методу системного исследования, вторые – соответственно методами системного подхода.

Объектами системного подхода являются информационные объекты, которые отличаются исходной неопределенностью, их различной информативностью. Информативность определяется обработанными сигналами, данными различных систем, входящими в информационный объект, и их элементами, различными их моделями, отражающими информационные связи, связями с внешней средой, функциональными условиями на различных этапах жизненного цикла ОИ.

Информация может обрабатываться в затруднительных условиях из-за высокой степени ее неопределенности, снижая точность обработки [11].

В работе [19] представлены задачи статистической оптимизации систем управления. В первой задаче определяют оптимальные параметры системы при известной ее структуре и статистических характеристиках входных сигналов. Параметры системы (одного или нескольких) задают для установления функционального назначения критерия оптимальности при установленной ее структуре. Оптимальные параметры системы необходимо выразить через критерий оптимальности в виде функций ее параметров.

Во второй задаче определяют оптимальность системы при произвольной структуре, известным является ее принадлежность к некоторому классу систем. При заданных статистических характеристиках входных сигналов необходимо разрешить такой оператор системы, который обеспечивает экстремум критерия оптимальности. На оператор системы накладываются некоторые ограничения. Таким условием может быть реализация физических возможностей системы. Результатом решения является определение алгоритма преобразования входных сигналов, обеспечивающего экстремальное теоретически возможное значение критерия оптимальности при данных статистических свойствах входных сигналов.

*Цели, задачи, методы исследования.* Информация, необходимая для решения задачи, должна исключать дезинформационную составляющую, разрешать затруднения методологического и информационного порядка. Важным в этой связи является выбор показателей.

Показатели должны формироваться на основе выбранного аналога (прототипа). Аналог – это объект, который должен включать наилучшие показатели, принадлежащие выбранному классу ОИ. Аналог – идеальный ОИ (понятие, теория и метод исследования), адекватно отражающий ка-

кой-либо материальный объект, предмет, процесс, закономерность. Материальный или информационный объект может быть реальной основой теории, теоретико-познавательного закона или логического правила.

Показатели объекта системы находятся во взаимосвязи и противоречии. Задача состоит в поиске такого сочетания, при котором достигается оптимум по какому-либо главному показателю с обеспечением функциональной надежности по остальным показателям.

Второе направление, при котором решается задача, – неизвестный класс. В этом случае определяются необходимые значения параметров (показатели) и их конечные значения (минимальные, максимальные).

Из систем, принадлежащих одному классу, выбирается и обосновывается аналог с наилучшими показателями. Цели, технические требования должны превосходить показатели аналога. При отсутствии аналога формируются превосходящие с учетом цели показатели технических требований.

Разработка методов оценки должна превосходить параметры с более высокой точностью, чувствительностью, разрешающей способностью, с более высокими показателями эффективности, полезности (меры ценности), критериями оптимизации алгоритмов обработки данных [20].

Алгоритм – это выполнение в определенном порядке некоторых системных операций, ведущих к решению задач данного класса достижения цели с использованием средства познания.

Выбор предпочтительной альтернативы включает многие критерии и многие ограничения. Альтернатива – необходимость выбора между двумя или несколькими возможностями. Полезность системы как обобщенного показателя степени совершенства выражают в количественной форме через частные показатели (критерии).

Частные критерии превосходят по одним свойствам, уступают по другим. Какая альтернатива предпочтительна? Для однокритериальной задачи определяют численное значение или целевую функцию ограничения для каждой системы. Частные критерии попарно должны быть ортогональными.

Существенные характеристики и параметры, которые принимают во внимание при оценке или сравнении систем, называют частными критериями, формирующими многокритериальную задачу.

Предпочтительность альтернативы определяет совокупность частных критериев.

Понятие оптимальной многокритериальной системы – обоснованный компромисс между величиной частных критериев.

Многокритериальную задачу рассматривают как вектор многомерно-го пространства, составляющими которого являются частные критерии системы. Оптимальное решение – максимальный (минимальный) многомерный вектор значений частных критериев, при которых он достигает экстремального значения (вектор оптимальности).

Реализуют аддитивные обобщенные критерии суммированием частных критериев, мультипликативные критерии – перемножением с весовыми коэффициентами, учитывающими вес каждого критерия. Как правило, частные критерии имеют различную размерность и физическую природу. В работе [9] классифицируют многокритериальные зависимости:

- 1) от множества свойств одного объекта;
- 2) множества объектов с одним свойством по каждому;
- 3) множества условий (частные критерии для каждого условия одинаковы одной природы и размерности);
- 4) множества этапов жизненного цикла объекта (объектов) с частными критериями для каждого этапа;
- 5) множества вариантов постановки задачи (частные критерии – граница изменений неизвестна; возможные значения неизвестны, параметры неизвестны).

Между характеристиками существует взаимная зависимость, действует ряд ограничений.

Структура – строение и внутренняя форма организации системы, выступающая как единство устойчивых взаимосвязей между ее элементами. В зависимости от целей исследования в теории на первый план может выдвигаться то один, то другой компонент системы. Если же изучаются специфические особенности строения систем, природа их свойств и взаимодействий, то на первый план выдвигается материальное содержание структуры, то есть совокупность составляющих системы элементов в их взаимосвязи друг с другом. При едином материальном составе систем их структура может быть различной в зависимости от характера связей элементов, их расположения в пространстве.

Принцип – руководящая идея, основное правило поведения. Принцип – центральное понятие, основание системы, представляющие обобщение и распространение какого-либо положения на все явления той области, из которой данный принцип абстрагирован. Практика – теоретическая деятельность носит предметный характер. Значение и смысл понятия – представление обобщенного образа предметов и явлений. Понятие познается

сущностью явлений, процессов с обобщенными их существенными сторонами. Понятие – продукт познания по определенным признакам. Выделение классов предметов и обобщение этих предметов в понятия является условием познания.

Приемы познания – сравнение, анализ и синтез, абстрагирование, идеализация, обобщение, формы умозаключений.

Научное понятие создается на основе гипотетических предположений о существовании объектов, средств активного и творческого характера. Понятие – абстракция. При помощи понятия происходит более глубокое познание действий путем выделения и исследования существенной стороны. Совокупность понятий отражает различные стороны.

## ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Обработка информации [10] должна представлять количественные результаты оценки показателей, получаемых численными решениями. Численные решения определяют с помощью аналитических выражений. Условия обработки информации характеризуются неопределенностью, которая обусловлена варьируемым уровнем шумов, воздействующих на сигнал, степенью достоверности получаемых оценок, пороговым уровнем оцениваемого сигнала при заданной точности, выбранном пороге чувствительности. Многокритериальность обуславливает формирование обобщенного показателя путем создания модельного представления об анализируемых информационных системах, видах обрабатываемых сигналов, искомым и учитываемым параметрах (показателях). Важно установить аддитивность обрабатываемых сигналов, ортогональность их параметров.

Информационно-методологические затруднения обработки накопленной информации и средства их преодоления рассмотрены в таблице [11].

Системные методы исследования – совокупность методологических принципов анализа и синтеза объектов [8].

Наиболее широкое применение системные методы исследования находят при исследовании сложных развивающихся объектов. К ним относятся многоуровневые, иерархические, как правило, самоорганизующиеся, большие технические, системы человек-машина и т. д. Сложный объект разделяет на отдельные части для его свойств и свойств частей. Развитие научного знания показало недостаточность подобного метода исследования познания системных объектов.

Таблица – Характер информационно-методологических затруднений и способы их преодоления

Характер затруднений	Возможные способы преодоления затруднений или методологические их следствия
<b>Функциональные затруднения</b>	
<p>Априорное отсутствие модели оценивания Неоднородность выборки</p> <p>Фиксированная длина выборки Недопустимость активного эксперимента</p> <p>Нелинейность связей между факторами и оцениваемыми параметрами</p> <p>Разнородность влияния факторов Наличие как количественных, так и качественных факторов Засоренность ложными факторами Взаимная зависимость факторов Наличие избыточных показателей</p> <p>Высокая размерность вектора факторов</p> <p>Высокая размерность вектора оцениваемых параметров</p> <p>Необходимость получения оценок, оптимальных с точки зрения заданного критерия качества произвольного вида Наличие особых ограничений, накладываемых на совокупность оцениваемых параметров</p>	<p>Выявление скрытых закономерностей Стратификация исходной информации на основе полужформализованных процедур</p> <p>Реализация конечных (а не предельных и асимптотических) процедур без уточнения на объекте исследования</p> <p>Введение в обработку информации существенно нелинейных процедур</p> <p>Применение унифицированной системы взвешенных соотношений между факторами и оцениваемыми параметрами</p> <p>В частности, использование одномерных свойств условных распределений</p> <p>Последовательное оценивание отдельных параметров</p> <p>Устранение зависимости метода от специфических свойств критериев качества</p> <p>Создание синтетического критерия качества, учитывающего одновременно показатели точности и степень соблюдения ограничений</p>
<b>Неопределенностные затруднения</b>	
<p>Случайный характер состояний, представленных выборкой Наличие шумов в исходном объекте Влияние помех на результаты наблюдений Априорная неизвестность законов распределения параметров</p> <p>Лакунарность исходной выборки (наличие в ней пропусков) Неполнота набора факторов</p> <p>Необходимость оценивания параметров на основе распределений всевозможных видов и типов</p>	<p>Построение распределений, адекватных объективно существующим (но априорно неизвестным) факторам неопределенности и случайности</p> <p>Осуществление процедур, принципиально позволяющих получать оценки в этих условиях (хотя и с повышением неопределенности)</p> <p>Употребление процедур, не опирающихся на специфические свойства распределения оцениваемых параметров</p>

Теоретическая база есть ряд принципов методологии системного исследования. Большое значение для понимания системных методов исследования представляет переход от абстрактного к конкретному. Широкое развитие системных методов исследования – одна из характерных особенностей современной науки и техники. В системном исследовании анализируемый объект рассматривается как определенное множество элементов, взаимосвязь которых обуславливает целостные свойства этого множества. Основной акцент делается на выявлении всего многообразия связей и отношений, имеющих место как внутри исследуемого объекта, так и в его взаимоотношениях с внешним окружением и средой. Объект принципиально не может быть проанализирован, если абстрагироваться от его взаимодействия со средой. Элементы системы в рамках системных методов исследования рассматриваются с учетом их значимости и функций внутри целого. Их понимают как относительно неделимые в контексте определенной задачи и данного объекта. В принципе элементы системы могут быть представлены как системы более низкого уровня; аналогично данная система может рассматриваться как элемент или подсистема более сложной системы. Свойства объекта как целостной системы определяются не только и не столько суммированием свойств его отдельных элементов, но и свойствами его структуры, особыми системообразующими, интегративными связями.

## ИНФОРМАЦИЯ

Информационные процессы характеризуются сложностью, многообразием, качественно новыми свойствами [15].

Информационный процесс – предмет науки, получения, хранения, транспортировки, преобразования и представления информации, взятые по отдельности или совместно [15].

Ценность информации – содержательность, полнота, достоверность, своевременность, оперативность; научная информация – результат абстрактно-логического мышления научной деятельности, познавательный и творческий результат [15].

Обобщенный показатель эффективности и качества информационных систем – пригодность, оптимальность, превосходство [8], учет влияющих факторов (физических явлений), методические погрешности, точность, чувствительность и их оценка по параметрам и характеристикам, шумов (аддитивных, мультипликативных), оценка их параметров (нерав-

номерность спектральной плотности в заданном диапазоне частот, оценка помехоустойчивости и воспроизводимости результатов измерений в различных условиях помеховой обстановки), согласование целей, задач, критериев, показателей, моделей объектов информатизации с информационным обеспечением (управлением), количественная характеристика степени достижения полезного результата (результативности), выявление скрытых закономерностей. Обработка информативных сигналов – получение наиболее достоверных параметров [14].

Информация разнородная по назначению: политическая, военная, научная, экономическая, научно-техническая, юридическая и др.

Научная информация включает научные, научно-технические, технические, технологические, структурированные знания [15].

Информация – это мера организации системы [5, 7, 15].

Энтропия – это мера неупорядоченности системы [4].

## СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫЕ

Задача системы – требуемый исход операций, который должен быть достигнут в результате функционирования при заданном расходе ресурсов, за заданное время (информационного, временного, энергетического и др.).

Современные информационные системы характеризуются большим количеством измеряемых параметров, различными детерминированными параметрами и статистическими характеристиками. Информация и ее оценка реализуется высокой эффективностью обработки. Это обусловлено тем, что степень соответствия принятого сигнала  $x^*(t)$  переданному  $x(t)$  весьма низкая. Цель заключается в том, чтобы сигнал  $x^*(t)$  наименее отличался от переданного  $x(t)$  на входе информационной системы. Таким показателем может быть значение

$$E(t) = (x(t) - x^*(t))^2. \quad (2)$$

Выходной сигнал в лучшем случае представляет аддитивную смесь полезного сигнала  $x^*(t)$  с шумом

$$Y(t) = x^*(t) + n(t). \quad (3)$$

Это обуславливает согласованность проблемных задач с целями, критериями, моделями их системного анализа и синтеза для реализации системного эффекта [8].

Метод исследования включает отбор первичной информации и ее анализ:

а) установление единичных факторов и систем сбора первичных данных путем наблюдения, анализа источников. В результате исследования важно обеспечить устойчивость, достоверность и обоснованность первичных данных, их упорядочение;

б) способы обработки первичных данных: описание и классификация, системный анализ, обобщение. Логические приемы: анализ и синтез, поиск статистических закономерностей.

Метод анализа – эксперимент, результатом которого является проверка причинно-следственных связей в наблюдаемых явлениях, в результате монографического обследования (монографических способов различных сторон явления, процесса).

Метод исследования зависит от изучаемого объекта, теоретической предпосылки исследования (программа исследования). Метод включает:

– изложение задачи, цели исследования, основные понятия, отношение анализа данных;

– возможные связи и зависимости между существующими характеристиками изучаемого процесса (гипотеза);

– методологические принципы программы исследования, определяющие сочетание методов, сбор и обработку первичных данных для объективной информации, рассмотрение факторов в совокупности.

Логические приемы обработки данных: анализ – синтез, статистические закономерности.

Метод анализа – эксперимент, позволяющий устанавливать гипотезы о причинно-следственных связях в наблюдаемых явлениях.

Метод – способ достижения цели, определенным образом упорядоченная деятельность.

Научно-обоснованный метод – существенное условие получения новых знаний.

Метод – средство познания. Развитие познания происходит благодаря индукции – дедукции, анализу – синтезу, аналогии, сравнению, эксперименту, наблюдению. Метод связан с теорией.

Принципы научного метода, его категории и понятия – суть не сумма произвольных правил, выражение закономерности.

Альтернатива – необходимость выбора между двумя или несколькими взаимоисключающими возможностями.

Наилучшая система объектов информатизации выбирается на основании ряда логических и количественных оценок. Методы решения реализуют по максимизации (минимизации) целевой функции. Задача с одной целевой функцией называется однокритериальной. Сложная система обладает многими положительными свойствами, определяющими эффективность или ее потребительскую ценность. Максимизации одних характеристик и минимизации других препятствует взаимная зависимость между отдельными характеристиками и ограничениями, вводимыми для каждой системы. Ограничения и связи между существенными характеристиками обуславливают принятие компромиссных решений по их совокупности. Существенные характеристики, используемые при оценке или сравнении систем, называют частными критериями.

В отличие от однокритериальных задач, в которых оптимальность характеризуется максимумом или минимумом единственной целевой функции, в многокритериальной задаче оптимальное решение представляет должным образом обоснованный компромисс между численными значениями частных критериев, поскольку каждый из них основан на целевой функции [8, 9].

Задача отыскания оптимального решения требует установления функциональной зависимости между всеми частными критериями. В работе [8, 9] введено понятие объективной полезности технических систем как комплексного свойства системы, учитывающего все ее частные критерии.

Ограничения вводятся, чтобы не рассматривать информацию, не присущую определенным системам объектов информатизации, либо чтобы вводить ограничения, устанавливая максимальные или минимальные значения. Существенные характеристики, которые принимают во внимание при оценке или сравнении систем, называются частными критериями многокритериальной задачи [8, 9].

Предпочтительность альтернативы определяет совокупность частных критериев. В этой связи оптимальная многокритериальная система – обоснованный компромисс между частными критериями, их значениями, так как каждый из них представляет целевую функцию.

Целевая функция – максимум и минимум однокритериальной задачи.

Полезность системы как обобщенного показателя степени совершенства, выражают в количественной форме через частные критерии. Выбор предпочтительного исхода – суть принятия решения по предпочтительной альтернативе с учетом многих частных критериев и многих ограничений.

Для предпочтительной альтернативы ограничение для каждой системы накладывается компромиссно на отдельные свойства характеристик (показателей) из-за их взаимной зависимости.

Несоответствие между желаемым и существующим развитием и решением проблемной задачи в области знаний по оценке и эффективности объектов информатизации, систем, процессов при предметных, энергетических и информационных взаимодействиях и связях их элементов между собой и внешней средой определяет научную задачу. Научная задача решается системным подходом.

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Системный подход – это общенаучная методология обоснования принципов научных исследований системных свойств явлений, процессов, систем и их функционирования во взаимосвязи со следующими аспектами: компонентными (состав системы), структурными (структуры и строения), функциональными (функции и функциональные связи элементов системы), агрегатными (системообразующие факторы), ситуационными (взаимодействие с внешней средой) [8]. Задача системы – требуемый исход целевого результата, который должен быть достигнут при заданном расходе ресурсов, за заданное время функционирования (информационного, временного, энергетического и других).

Сложность разрешения проблемной задачи определяется неизвестным конечным результатом, методом решения, способом достижения цели. Основная цель – желаемый результат, который достигается раскрытием научной неопределенности. Проблемная задача включает ее выявление и точную формулировку на основании ее анализа логической структуры, развития в прошлом и будущем, связь с другими проблемными задачами. Проблемная задача реализуется на основе ее структуризации и методов анализа, обосновании критериев. Методологическое исследование информации устанавливает научные направления информатики (рис. 7).

Статистические критерии – правило, позволяющее принять или отвергнуть некоторую статистическую гипотезу на основе данной выборки [12].

Системные исследования – исходный предмет изучения. Представление об объекте как едином целом.

Анализ – это познавательный объект в качестве элементов в единстве с выделением новых признаков. Только анализ и синтез в процессе познания в неразрывной связи с практикой.

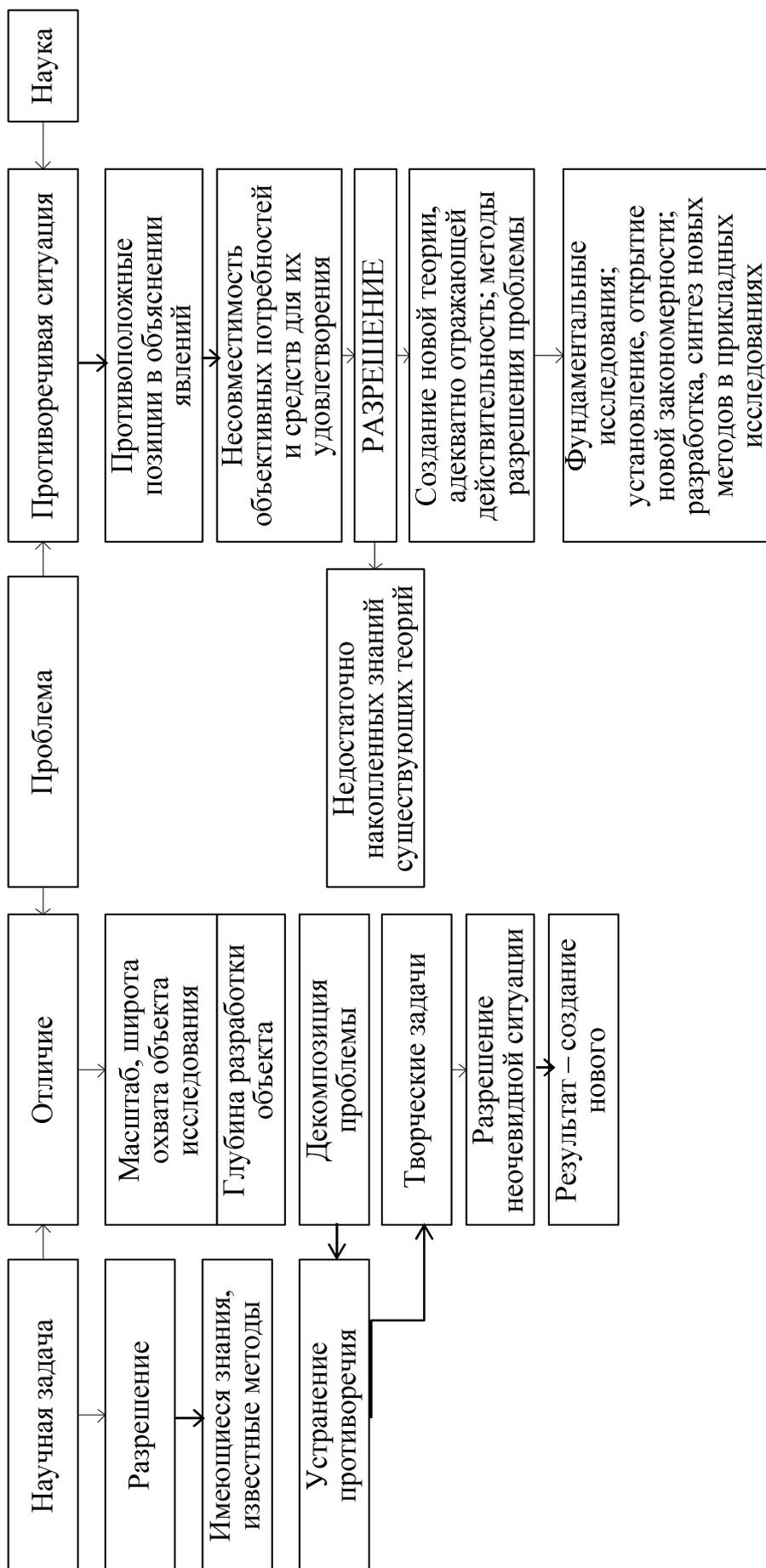


Рисунок 7. – Отличие и связь проблемы и научной задачи

Системный анализ – это совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам (научным, военным, экономическим, техническим, информационным), которые опираются на системный подход построения обобщенной модели, отображающей взаимосвязи реальной ситуации.

Системный подход – это направление методологического научного познания, в основе которого рассматривание объектов как систем, ориентирующих раскрытие целостного объекта, выявление многообразия таких связей в нем и сведение в единую картину.

Принципы системного подхода – основа их положения в какой-либо теории, учении, науке, мировоззрении.

Критерий – показатель, необходимый и достаточный для рассмотрения [13]:

- состояния вопроса,
- постановки задачи,
- объекта исследования,
- предмета исследования,
- методов исследования,
- методов решения научной задачи,
- обработки полученных данных,
- результатов обработки,
- формирования выводов,
- принятия решения,
- заключения.

Понятия – продукт познания устойчивого, достоверного обоснования первичных данных, методов сбора и обработки информации через логический прием анализа и синтеза. К предпосылкам исследования относят программу исследования, задачу и цель исследования, понятия, относящиеся к анализу данных. Методы исследования точности систем с заданными характеристиками; определение характеристики системы выбирают таким образом, чтобы она обладала наибольшей возможной точностью при конкретных условиях; система, обладающая наибольшей точностью с какой-нибудь определенной точки зрения среди систем данного класса, является оптимальной [8, 12].

Величина, характеризующая качество системы, максимальное или минимальное значение которой достигается для оптимальной системы, называется критерием оптимальности.

Задачу определения оптимальной системы формируют заданием структуры системы и определением оптимального значения числовых параметров, при которых ее точность будет наилучшей по выбранному критерию. Оптимальную систему определяют по экстремуму функции одной или нескольких переменных. Точность является важнейшим параметром, но не единственным. Системы должны удовлетворять многим требованиям, в том числе противоречивым. Поэтому система включает компромиссные решения с целью удовлетворять наилучшим образом предъявленным к ней требованиям. Только с высокой точностью, чувствительностью, разрешающей способностью без незначительного отклонения от других, оптимальных характеристик в широких пределах с варьированием ее структуры и других параметров и сохранения принятого высокого значения критерия, устанавливаются оптимальность системы.

Важным для выбора альтернатив является обоснование критериев.

Критерии – условие необходимое и достаточное, исключающие избыточность в обосновании принятия решения [14].

Научное направление реализуется с использованием информационной технологии [15], представляющей совокупность процесса сбора, передачи, обработки и хранения информации и доведения ее до пользователя с помощью аппаратных и программных средств. Законы физики и математики устанавливают связь между физическими величинами и физическими процессами, их моделированием, а также теориями акустики, системотехники, радиотехники и связи, радиофизики, статистической радиотехники, оптики, инфракрасной техники и несомненно средства вычислительной техники и автоматизированных систем [15–17].

Методологическое исследование информации включает анализ моделей каналов информации, методы оценки показателей каналов информации и методические погрешности, обоснование измерительных сигналов, точность и меру точности оценки показателей измерительными сигналами, критерии, оценивающие меру оптимальности объектов информатизации, чувствительность аппаратно-программной системы и ее первичных измерительных преобразователей, их метрологические характеристики, сравнительные с известными. Оперативность и эффективность оценки и принятых мер обеспечивает оптимальность каналов информации в низкочастотном диапазоне частот речевых сигналов в цифровой форме и видеосигналов, математическую обработку наблюдений с применением методов теории вероятностей и математической для статистики оценки выводов об истинных значениях величин [16–18].

## ОБЪЕКТ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Объект информатизации – информационный объект необходимой конфигурации, включающий многокритериальные целостные системы с эмерджентными свойствами, формируемыми целенаправленным синтезом и системным анализом. Анализ таких систем имеет целью выделение новых свойств, признаков. Рациональным является исследование входящих в нее элементов, формирующих конфигурационные и информационные пространства. Любой объект информатизации включает взаимосвязанные информационные, предметные и энергетические системы [16]. Кроме внутренних связей систем, они взаимодействуют между собой и с внешними системами. Непременным условием рациональных многокритериальных систем является их целенаправленный синтез. Он включает исследованные новые признаки, требования к ним, необходимые их свойства (структурные, функциональные), качество и эффективность, входные и выходные воздействия, помехоустойчивость и адаптивность к ним, объединенные общей целью достижения новых системных свойств, взаимодействующих между собой.

Цель объектов информатизации – требуемый исход результата, достигаемого при заданном расходе ресурсов за определенное время с фиксированным набором количественных данных, оцениваемых показателями качества (эффективности). Эффективность объектов информатизации представляют обобщенным показателем [4, 8, 9].

Под объектом информатизации понимают определенное множество элементов (систем), взаимосвязь которых обуславливает их целостные свойства. Исследование объектов информатизации основано на их моделировании с помощью системного научного подхода. Системный научный подход – разработка логических принципов системного исследования. Системный подход – общенаучная методология, которая не содержит конкретных средств исследования объекта (объектов информатизации), а разрабатывает и обосновывает принципы таких исследований. С объектами информатизации непосредственно взаимодействует система измерительная автоматизированная (СИА) для оценки параметров и характеристик элементов (систем) и объекта. СИА – совокупность функциональных средств измерений автоматизированных операций и средств вычислительной техники, снабженных общим управлением и предназначенных для выполнения измерения физических величин [16].

По функциональному назначению СИА относится к сложной системе, так как контролирует физические параметры и процессы.

Сложная система – это система, характеризующаяся множеством возможных состояний, каждое из которых описывается набором значений контролируемых (измеряемых) параметров [4].

Система обладает новыми системными свойствами. Оценка и оценивание в нашем случае относится в равной мере и к объекту информации, и к сложной системе СИА. Оценка объектов информатизации выполняет СИА получением измерительных данных. Благодаря расчету по определенным правилам получают показатели, сравниваемые с нормативными показателями. Для СИА определяют входные и выходные параметры измерительных сигналов. Информационный параметр входного сигнала СИА функционально связан с измеряемой величиной и используется для передачи ее значения [4].

Система измерительная автоматизированная и объект (ОИ) характеризуют пригодностью, под которой следует понимать совокупность существенных свойств информационных параметров СИА и ОИ, обуславливающих их использование по назначению. Оптимальность – интегральный показатель, устанавливающий степень соответствия достигнутых результатов поставленной цели (достижения наилучших показателей среди данного класса). Превосходство в нашем понимании определяет наивысший показатель над одноименными по типу как по качеству, так и по эффективности [8, 9].

Методологические основы, методы, методики количественного оценивания и анализа качества объектов определяют квалиметрию.

Под объектом понимают определенное множество элементов, взаимосвязь которых обуславливает их целостные свойства. Исследование объектов основано на их моделировании с помощью системного научного подхода. Системный научный подход – разработка логических и методологических принципов системного исследования.

Системный подход – общенаучная методология, которая не содержит конкретных средств исследования объекта, а разрабатывает и основывает принципы таких исследований.

## ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Математическое описание (формализацию) целесообразно проводить поэтапно. Упрощают модель, строя блочную структуру. Чрезмерная детализация и точность усложняет модель. Цель определяет сложность модели статистическими характеристиками при ее моделировании.

Точность – результат моделирования и его сложность.

*Автономное и комплексное цифровое моделирование.*

Модель на ПЭВМ исследует процесс любой сложности с учетом

- множества факторов;
- возможности контроля всех факторов в результате экспертизы, повторяемости результатов;
- моделирования и натурных испытаний, которые должны быть согласованы.

Общая задача отработки модели:

- а) установление подобия исходных данных, поступающих на вход модели и макета;
- б) установление подобия основных параметров модели и реальных устройств системы;
- г) объем и условия проведения эксперимента на модели и реальной системе;
- д) согласование результатов моделирования и натуральных экспериментов;
- е) доработка параметров и структурная доработка модели и статистических совместимых характеристик системы и модели по результатам эксперимента и моделирования.

Точность и достоверность определяют объем, вид, количество исходных данных, необходимых для моделирования натурального эксперимента, согласованного с результатом моделирования.

Теория моделирования устанавливает проблему рационального управления моделью:

- 1) система разделяется на подсистемы: обнаружение, выделение сигнала, обработка информации, контроль и обмен информацией. Необходимо учитывать, что для методологической задачи модель – отдельная подсистема с компенсацией связей и разрывом при моделировании;
- 2) упрощенные и последовательно объединенные частные модели;
- 3) обоснование степени упрощенной модели (точность моделирования);
- 4) модель с учетом случайных факторов.

Для построения модели определяют совокупность сведений о моделировании системы и условиях, при которых необходимо провести исследование [22].

Построение модели опирается на следующие принципы:

Принцип 1. Построение точной и сложной модели (повышение точности при ограничении сложности).

Принцип 2. Соразмерная погрешность моделирования, выравнивание ошибок моделирования над корректировкой.

Принцип 3. Достаточное разнообразие элементов модели.

Принцип 4. Принцип наглядности моделирования.

Принцип 5. Блочность моделирования.

Принцип 6. Динамичность моделирования.

Принцип 7. Числа показателей.

Моделирование включает:

а) моделирование подсистем с учетом частичных компенсаций связей, разрыв при моделировании (сохранение аспектов их функционирования времени, для выполнения комплексных операций);

б) стандартизацию моделирующих программ;

в) погрешности при разрыве связей;

г) обоснование степени упрощения модели;

д) моделирование с учетом случайных факторов.

Задачи моделирования:

- выбор вариант моделирования системы;
- упрощенная модель;
- контроль точности;
- корректировка модели в результате эксперимента;
- критерий;
- результаты прогона модели;
- обработка результатов.

Познание объектов, систем, процессов, явлений, описание существенных связей между ними, с внешними объектами, системами и окружающей средой целесообразно осуществлять с помощью математических, физических моделей.

Создание модели исследуемого объекта (явления, процессов) основано на четко сформулированной цели, учете существенных факторов и научных задач. Разработка и обоснование положений непосредственно связаны с теорией и подтверждаются экспериментами, устанавливают границы, в пределах которых подтверждаются гипотезы, уточняются модели, существенные факторы. Проверка на практике существенных факторов, адекватности модели средствам измерений (физический эксперимент) либо автоматизированным системам контроля, сочетающим как математические, так и физические формы сравнения степени адекватности экспери-

ментальных данных с полученными теоретическими предпосылками. Таким образом, научный эксперимент подтверждается экспериментальными данными, подлежащими статистической обработке. Результат измерений, представляющий статистическую характеристику, отличается от вероятностной (теоретической) характеристики, являющейся объектом измерения. Полученную статистическую характеристику принимают за искомую вероятностную характеристику, называя оценкой измеряемые вероятностные характеристики.

Измерение практически реализует достижение целевой задачи, доказывая численным экспериментом меру приближения к цели решаемого противоречия между действительностью и целевой задачей в виде функциональной зависимости либо числового значения, представляемого в виде критерия, достигнутой точности, чувствительности, параметров селективности и эффективности.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ

Моделирование – прием научного познания объекта в целом. Модели описывают объекты строго с помощью физических характеристик, их математическими аналогами при всех возможных моделях функционирования объекта. Оценивание параметров и показателей объекта информатизации в виде числовых характеристик показателя качества, полученных опытно-расчетным путем. Цель процесса оценивания – выработка суждения об исследуемом объекте (пригодность, оптимальность, превосходство), количественная характеристика (показатель) которого принимает измеренное значение [8].

Моделирование – представление некоторых совокупностей свойств каких-либо объектов, систем или процессов в виде моделей с использованием методов теории подобия.

Имитационное моделирование – моделирование динамического поведения объектов, заключающееся в создании их имитационной модели; применяется при исследовании сложных объектов, процессов или явлений.

Математическое моделирование – моделирование, заключающееся в создании математической модели объекта.

Физическое моделирование – моделирование, заключающееся в создании физической модели объекта.

Моделирование – системный метод изучения объекта, путем замещающей его модели с переносом полученной информации на изучаемый объект.

Моделирование – метод исследования систем от аналитических расчетов до физических моделей и макетирования

Цифровое моделирование – гибкое, наглядное, точнее, оптимизирующие, экономическое разрешение одной из проблем науки – сложность.

Модель – описание формализованного процесса функционирования, захватывая основные закономерности, математическое описание-формализация, синтез метода (алгоритм).

## МОДЕЛИ

Математическая модель – это относительная истина, изучающая определенные особенности изучаемых явлений. Формализованная на том или ином языке математическая модель отражает определенные свойства реальных процессов.

Требования к моделям противоречивы. С одной стороны, модель должна быть простой, с другой – весьма полной, т.е. учтены все существенные факторы. Математические модели – статические и аналитические.

Статистическая модель учитывает связи, факторы, разделение на простые составляющие.

Аналитическая модель устанавливает формульные зависимости между основными факторами операции. Статистические и аналитические модели наиболее реальные.

Модель – 1. Система объектов или процесс, свойства которых в каком-либо смысле подобны свойствам другой системы объектов или процесса. 2. Образец, используемый для серийного или массового производства изделий. 3. Устройство, воспроизводящее или имитирующее строение или действие какого-либо другого устройства.

Адаптивная модель – модель, способная к адаптации.

Аналитическая модель – математическая модель, характеризующая функциональные зависимости результатов (выходов) от параметров (входов).

Аналоговая модель – модель, параметры которой определяются зависимостями (закономерностями), аналогичными зависимостями, характеризующими модулируемый объект, процесс или явление.

Вероятностная модель – 1. Модель (тип) распределения вероятностей случайных величин (например, нормального или биномиального

распределения). 2. Модель, находящаяся в отношении вероятностного подобия к моделируемому объекту и содержащая случайные элементы.

Дескриптивная модель – модель, предназначенная для описания наблюдаемых свойств объектов.

Детерминированная модель – модель, характеризуемая тем, что для данной совокупности входных значений на выходе может быть получен единственный результат.

Динамическая модель – модель, описывающая моделируемый объект в развитии (т.е. в функции времени).

Дискретная модель – математическая модель, переменные и параметры которой являются дискретными величинами.

Стохастическая модель – математическая модель, в которой параметры, характеризующие функционирование и состояние моделируемого объекта, процесса, явления, представлены случайными величинами, связанными между собой случайными (стохастическими) зависимостями.

Структурная модель – модель, описывающая поведение объекта или системы без учета внутренней структуры этого объекта или системы.

Модель черного тела – модель, представляющая собой источник оптического излучения в виде изотермической полости внутри непрозрачного тела с малым отверстием, близкий по своим свойствам к черному телу и имеющий нормированные метрологические характеристики.

Числовая модель – модель, использующая конкретные численные значения параметров моделируемого объекта.

Закрытая модель – модель, в которой моделируемая система принимается изолированной от внешней среды.

Знаковая модель – модель, в которой используются знаки и символы.

Имитационная модель – модель, представляющая собой логико-математическое описание на ЭВМ динамического поведения объекта.

Информационная модель – модель, представляющая собой совокупность сведений и сигналов, несущих информацию об объекте, внешней среде и задачах, которые необходимо решать.

Модель испытаний – модель, представляющая собой изделие, процесс, явление или математическую модель, находящуюся в определенном соответствии с объектом испытаний и/или воздействиями на него и способная замещать их в процессе испытаний.

Концептуальная модель – модель, дающая предварительное, приближенное представление об объекте, процессе, явлении с использованием качественных, а не количественных категорий.

Линейная модель – модель, в которой все зависимости параметров принимаются линейными.

Математическая модель – модель, представляющая собой систему математических соотношений, отражающих важнейшие свойства моделируемого объекта.

Нелинейная модель – модель, в которой все или некоторые зависимости параметров принимаются нелинейными.

Нормативная модель – модель, предназначенная для выявления определенного состояния объекта (например, оптимального) путем сравнения с моделью.

Оптимизационная модель – модель, содержащая целевую функцию для выбора наилучшего варианта решения.

Открытая модель – модель, учитывающая взаимодействие моделируемого объекта, процесса, явления с окружающей средой.

Портретная модель – модель, точно повторяющая структуру объекта и отношения между его элементами.

Статическая модель – модель, в которой все зависимости отнесены к одному моменту времени.

Функциональная модель – модель, описывающая поведение объекта или системы без учета внутренней структуры этого объекта или системы.

Модель – явление, предмет, установка, знаковое образование или условный образ (описание, схема), находящиеся в некотором соответствии с изучаемым объектом и способные замечать его в процессе исследования, давая о нем информацию.

Моделирование – представление различных характеристик поведения физической или абстрактной системы с помощью другой системы [5].

Аналитическое моделирование – математическое описание объекта моделирования – задачи, процесса, системы [5]. Моделирование в реальном масштабе времени – режим моделирования процессов на ЭВМ, при котором учитываются временные ограничения с помощью машинного таймера [22].

Дискретное моделирование – моделирование при котором исследуемый процесс представляется дискретной последовательностью событий [22].

Имитационное моделирование – исследование поведения сложной системы на ее модели [22].

Математическое моделирование – метод исследования процессов и явлений на их математических моделях. Используется в тех случаях, ко-

гда эксперимент невозможен, затруднен или нецелесообразен. Частным случаем является аналитическое моделирование [22].

Моделирование – воспроизведение характеристик некоторого объекта на другом объекте, специально созданном для их изучения. Этот последний называется моделью. Потребность в моделировании возникает тогда, когда исследование непосредственно самого объекта невозможно, затруднительно, дорого, требует слишком длительного времени и т. п. Между моделью и объектом, интересующим исследователя, должно существовать известное подобие. Оно может заключаться либо в сходстве физических характеристик модели и объекта, либо в сходстве функций, осуществляемых моделью и объектом, либо в тождестве математического описания «поведения» объекта и его модели. В каждом конкретном случае модель может выполнить свою роль тогда, когда степень ее соответствия с объектом определена достаточно строго. Определением такого соответствия занимается так называемая теория подобия, вырабатывающая некоторые критерии подобия. В зависимости от природы модели и тех сторон объекта, которые в ней воплощаются, различают модели физические и математические. В свою очередь, и те, и другие могут быть полными либо частичными, представлять некоторые свойства объекта либо выполняемую им функцию (в последнем случае модель называется функциональной) и т.п. Однако границы, проводимые между различными моделями, достаточно условны. Например, математическая модель, в отличие от физической, может быть осуществлена в виде характеристик иной, чем у моделируемого объекта, физической природы. Обязательно лишь, чтобы известные стороны модели описывались той же математической формулой, что и моделируемые свойства объекта. В наши дни широкое распространение получило моделирование на электронных вычислительных машинах (средствах вычислительной техники). Основные достоинства такого рода моделей – их универсальность, удобство, быстрота и дешевизна исследования. Так называемый метод моделей, основанный на сходстве функций, осуществляемых объектам различной природы (и прежде всего живыми организмами и машинами), является одной из основ кибернетики. Моделирование в научно-техническом исследовании является лишь одним из приемов научного познания в целом. Закономерности процесса построения чувственных и логических моделей исследуются в различных разделах теории познания (прежде всего в учении об истине), достижения которой лежат в основе научно-технической теории и практики моделирования.

Идеальная модель – воображаемая модель, настроенная с помощью идеальных образов, предметов, явлений на основе чисто функциональной аналогии [22].

## ОЦЕНИВАНИЕ

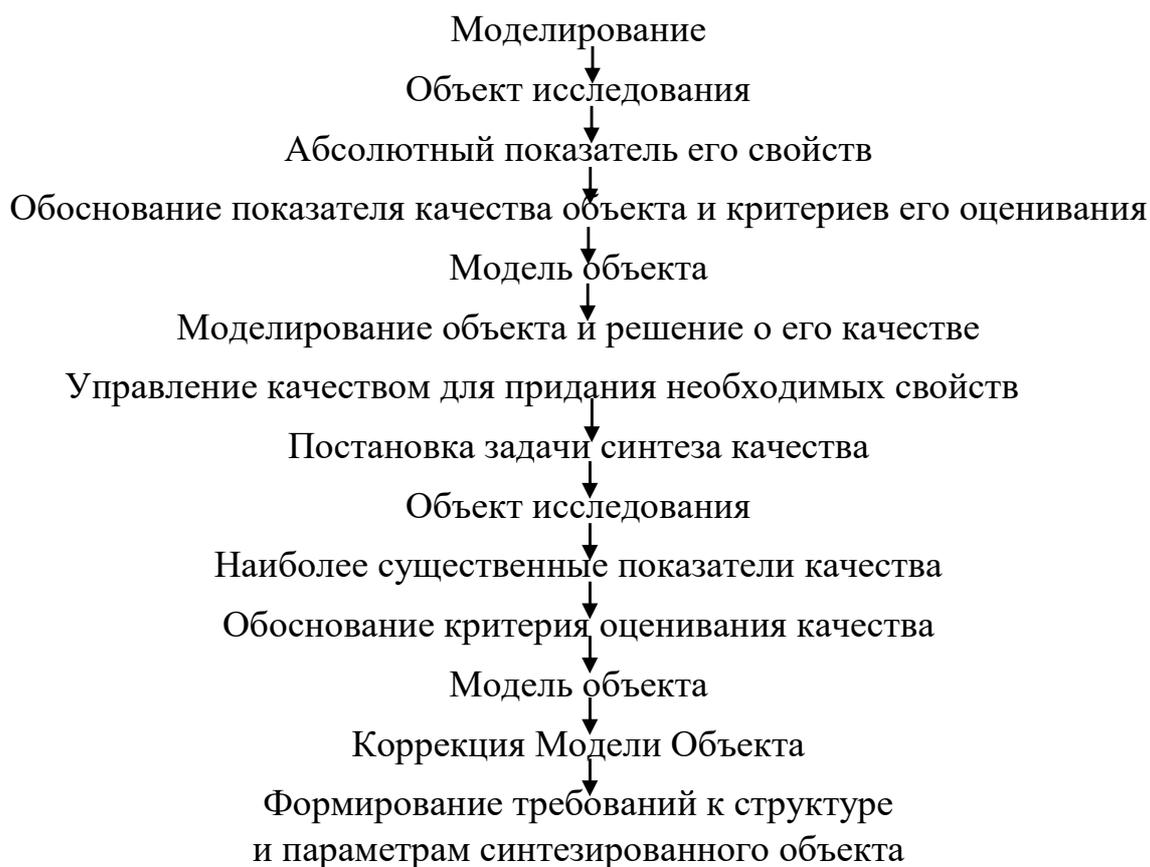
Оценивание – процедура принятия решения о качестве объекта (рис. 8). Предложенная на рисунке 8 схема позволяет определить насколько характеристики создаваемого объекта отвечают использованию его по назначению и необходимости создания на данном этапе.

Квалиметрия – методологические основы, методы и методики количественного оценивания и анализа качества объектов, их назначения и условия применения. Показатели качества – векторы, представляющие частные единичные показатели качества с существенными связями (векторный анализ). Качество задается условиями, которым должен удовлетворять значимый показатель.



**Рисунок 8 – Схема принятия решения о качестве объекта**

Анализ и исследование качества включает: объект исследования – абсолютный показатель его свойств – обоснование показателя качества объекта и критериев его оценивания – модель объекта – моделирование объекта и решение о его качестве.



Критерий – руководящее правило, вытекающее из принятых (положенных в основу исследований) концепций и принципов оценивания, реализуемых при принятии решений о качестве исследований объекта.

Оптимальной системой среди систем данного класса называется система, для которой показатель ее качества имеет экстремальное значение (min и max). Выбранный показатель качества называют критерием оптимальности системы.

Требуется найти такие значения параметров системы (одного или нескольких), при которых обеспечивается экстремум критерия оптимальности.

Для системы заданы тактико-технические параметры и характеристики систем, входные полезные сигналы, выходные сигналы. На систему могут вводиться ограничения (например, массогабаритные). Исходя из функционального назначения системы, условий эксплуатации, входных и выходных сигналов, необходимо для заданного класса систем, диапазона значений входных сигналов определить возможные, их параметры. Критерий оптимальности устанавливают в виде нормированных значений либо установленных заранее, исходя из параметров системы (входных и обусловленные их преобразованиях при функционировании системы). Стати-

стический обобщенный критерий надежности  $Q_0 = f(a_1, a_2, \dots, a_n)$  включает информационные элементы системы, вероятность безотказной работы, схемно-конструктивные решения, оценки защищенности от помех с учетом чувствительности, точности, возможности оценки тонкой структуры.

### КАЧЕСТВО

Качество – совокупность свойств изделия, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением. Качество определяется показателями качества, такими как надежность, точность, полнота, быстрдействие и т. п. [5].

### ИНФОРМАЦИЯ

В методическом и организационном отношении полезно рассмотреть структуризацию информатики по объектному признаку [15] (рис. 9):

- подход с позиций теории отражения и познания;
- учет связи информации со свойствами материи.



Рисунок 9. – Структура информации

Основные дискуссии о сущности и роли информации в природе и обществе в настоящее время концентрируются вокруг двух концепций – атрибутивной и функциональной. Яблоком раздора этих концепций является, в сущности, вопрос о наличии информации в неживой природе. Первая концепция рассматривает информацию как атрибут, присущий всем уровням материи, в то время как вторая связывает информацию с самоуправляемыми и самоорганизуемыми системами, сводя порой область бытия информации до человеческого общества. Для более детального раскрытия проблем и перспектив развития информатики приведем несколько структур ее срезов [15].

Теоретические основы информации: 1 – статистическая теория информации, качественная теория информации, криптография; 2 – теория информационных процессов; 3 – теоретические основы вычислительной техники и вычислительных сетей – теория связи; 4 – теория моделирования, теория языков программирования, теория алгоритмов, теория программирования, инженерия знаний, искусственный интеллект, много-агентные системы, базы данных, распознавание образов, теория роботов; 5 – теория синтеза организационных структур, методы управления разработками и программами [15].

Биоинформатика рассматривает общие закономерности и особенности протекания информационных процессов в объектах биосферы (живых организмах и растениях).

Отметим, что приведенная структуризация информатики является в определенной мере условной, возможно, субъективной. В зависимости от точки зрения (возможно, конъюнктуры) и результатов познания действительности можно выделить и другие виды информатики – экономическую, прикладную, правовую, экологическую, речевую, информатику неживой природы и т. д. Пока информатика в определенной мере повторяет в своем развитии путь кибернетики. В свое время кибернетика породила ряд дочерних направлений, к которым относятся теоретическая, техническая, военная, экономическая, медицинская, технологическая кибернетика и др.

Будем надеяться, что время и потребности общественного развития позволят более четко определить границы и внутреннюю структуру информатики как науки.

Информатика как наука формируется на стыке естественных, технических и общественных наук. Такой характер ее развития, а также комплексность и междисциплинарность информатики позволяют уже сейчас вычислить в составе этой науки вполне самостоятельные (по предметам

и методам исследований) направления. К ним в первую очередь можно отнести теоретическую, техническую (и/или прикладную), социальную и биологическую информатику.

Теоретическая информатика включает семантические основы, статистическую теорию информации, теорию информационных процессов, информационный подход и познание, теорию алгоритмов, основы информационного моделирования, теорию языков программирования, искусственный интеллект.

Техническая информатика изучает принципы и методы функционирования и построения технических средств информатики – вычислительной техники, средств телекоммуникаций, оргтехники, а также прикладные основы создания базовых, прикладных и вспомогательных информационных технологий.

Социальная информатика изучает общие закономерности информационного взаимодействия в обществе, включая проблемы социальной коммуникации, формирования информационных ресурсов и информационного потенциала общества, информатизации общества и образования инфо- и ноосферы.

## МЕТОД НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Наука – получение и использование на практике нового научного знания о различного рода объектах, их свойствах и отношениях. Научное знание должно отвечать определенным критериям: предметности, воспроизводимости, объективности, эмпирической и теоретической обоснованности, логической доказательности, полезности.

Системный метод исследования – совокупность методологических принципов анализа, синтеза объектов как систем для сложных и развивающихся объектов.

Объект – многоуровневая, иерархическая самоорганизующаяся большая техническая система.

Задача анализа систем – от абстрактного к конкретному.

*Метод сравнения и измерения.*

Сравнение – операция для классификации, упорядочения и оценивания объектов, явлений, фактов с учетом их однородности и важнейших признаков (критериев) оценивания.

Дедукция – новые знания выводятся на основании знаний более общего характера, полученных ранее путем обобщения.

Индукция – вид обобщения, превосходящий результаты наблюдений и эксперименты на основе данных прошлых опытов. Предметы должны обладать внутренней связью.

Неопределенность исходной информации об ОИ (информационной системе), многокритериальность качественных и количественных показателей и параметров обусловили необходимость их методологических исследований.

В работе [21] методология познания представлена как исследование физических процессов, основанное на опыте и интуиции, абстрактных логических моделях, адекватность и целесообразность которых подтверждается практикой. Модели формируются абстрагированием, выделяя наиболее существенные свойства и признаки физических процессов в форме, необходимой для последующих теоретических и экспериментальных исследований. Полезные выводы, полученные при моделировании, являются критерием ее приемлемой адекватности. Наряду с физическим моделированием, важная роль определена математическим моделям (модель связи). Математическая модель охватывает класс абстрактных математических объектов (моделей), таких как числа или векторы и отношения между этими объектами.

Абстракция – модель, полученная в результате выделения и обобщения свойств ОИ.

Информационная модель – параметрическое представление процесса циркуляции информации, подлежащей автоматизированной обработке в системе управления.

Развитием предметной области науки и уровня объективных закономерностей для достижения поставленных целей исследования об ОИ реализует предмет познания. Зафиксированные в опыте (эксперименте) и включенные в процесс практической деятельности стороны, свойства и отношения ОИ, исследуемые с определенной целью в данных условиях и обстоятельствах (пригодность, оптимальность, превосходство), раскрывают сущность ОИ. Определяемые потребностью и необходимым уровнем развития практической деятельности и мерой развития знаний, свойства и характеристики ОИ раскрывают его новые стороны. Уровень познания характеризуется значимостью совокупных свойств, показателей, его существенных атрибутивных свойств, соответствующих его целевому назначению.

Атрибут – существенное свойство (признак), неотъемлемая принадлежность ОИ.

Познание науки – гипотетические предположения о существовании тех или иных объектов и их свойствах. Познание должно точно отражать

действительность, при помощи которой выделяются и исследуются существенные стороны действительности. Совокупность познаний отражает различие сторон действительности. На основе общего познания становится возможным выделение и познание видов предметов и отдельных предметов класса.

Познание – обусловленный законами развития и неразрывно связанный с практикой процесс отражения и воспроизведения действительности в теории и практике.

Цель познания – достижение объективной истины путем накопления знаний о реальных явлениях. Эти знания используют и совершенствуют наиболее общие и существенные свойства, стороны, отношения явлений действительности. Таким образом, процесс познания непрерывно связан с практикой. Только включение практики в теорию познания превратило ее в действительную науку, раскрывающую объективные законы происхождения и формирования знаний [7].

Истины науки практически подтверждаются непрерывно развивающимися процессами.

Истина – верное, правильное отражение действительности о предметах, существенных свойствах, критерием которых является практика. Существенные свойства определяют качество.

Отбор первичной информации и ее анализ заключается в установлении единичных факторов и систем сбора первичных данных путем наблюдения, анализа источников.

В результате исследования важно обеспечить, достоверность и устойчивость первичных данных, их упорядочение.

Способ обработки первичных данных основан на описании и классификации, системном анализе с помощью логических приемов анализа, синтеза, поиска статистических закономерностей, рассмотрения фактов в совокупности.

Результат установления проверки причинно-следственной связи в наблюдаемых явлениях, монографическое исследование различных сторон явления, процесса, явления формируется на основании обработки полученных данных.

Метод исследования зависит от назначения ОИ, теоретических предпосылок, предусмотренных программой исследования. Программа исследований включает изложение научных задач, целей исследования, основные понятия, отношение к анализу данных, возможные связи и зависимости между существенными характеристиками исследуемого ОИ.

Научно-обоснованный метод – существенные условия получения новых знаний. Метод – средство познания. Развитие познания – индукция, дедукция, анализ-синтез, аналогия, сравнение, эксперимент, наблюдение.

Метод связан с теорией, включает принципы научного исследования, его категории и понятия, выражает новые закономерности и правила.

Исследования выполняют для оценки параметров и их численных значений.

Термин – слово или словосочетание, точно обозначающее определенное однозначно понятие в науке, технике, искусстве, общественной жизни.

Понятие основывается на мышлении, с помощью которого раскрывается сущность процессов, явлений, обобщаются их существенные стороны и признаки, прогрессирующие в сторону адекватного отражения действительности. Понятие – продукт развития познания.

Сущность – совокупность глубин связей, отношений и внутренних законов, отражающих основные черты и тенденции развития материальной системы.

Сущность – главный признак или совокупность таких признаков в объекте или системе, определяющих ее качественное отличие от других объектов и систем. Наука стремится на основе установленных признаков предсказать новые [5]. Например, моделирование позволяет переносить знания, полученные в процессе исследования соответствующих моделей, на оригинал.

Теоретическое обоснование методов научного познания вызвано потребностями развивающейся науки.

## МЕТОД

Метод разрабатывается на основе методов познания объективных законов действительности. Метод познания лишь тогда научный, когда он отражает объективные законы самой действительности.

Методика – элемент методологии, конкретные рекомендации и средства разрешения стратегии.

Методика – совокупность способов и правил наиболее целесообразного выполнения работы, формулировки целей и задач объекта анализа, системы показателей, критерия [5, 7].

Метод – в самом общем значении способ достижения цели, определенным образом упорядоченная деятельность. Применение научно-

обоснованного метода является существенным условием получения новых знаний. В процессе развития познания вырабатывались такие общие принципы научного исследования, как индукция, дедукция, анализ и синтез, аналогия, сравнение, эксперимент, наблюдение [5, 7].

В основе всех методов познания лежат объективные законы действительности; метод неразрывно связан с теорией. Существуют конкретные методы специальных наук, поскольку последние изучают специфические предметы.

Метод – система принципов и приемов познавательно-теоретической и практической деятельности [5].

Вероятностный метод – метод исследования, моделирования или оценки, основанный на применении математического аппарата теории вероятностей. Вероятностный метод широко используется в различных разделах [12].

Метод весовых коэффициентов – метод, при котором для анализа или оценки каждому из множества показателей назначается определенный весовой коэффициент в зависимости от значимости (веса) показателя [23].

Метод декомпозиции – метод решения задач, состоящий из разделения исходной задачи на последовательность задач меньшей размерности.

Метод системной оптимизации – метод построения сложных, в том числе компьютерных систем, в основе которого лежат многокритериальная функция цели, конструирование и целенаправленное изменение области допустимых решений, активная роль лиц, принимающих решения в формировании целей, оценка промежуточных и окончательных решений (предложен В.М. Глушковым).

Объяснение – важнейшая функция научного исследования, раскрывающая сущность изучаемого объекта.

Предмет познания, заданного в опыте и включенный в процесс практической деятельности свойства и отношения объекта с определенной целью, в данных условиях и обстоятельствах раскрывает сущность определенной потребностью и уровнями развития общественной практики.

Принцип – руководящая идея, основное правило поведения предмета, выражения закона явлений, основание системы, представляющей обобщение и распространение для выявления в той области, в которой предмет абстрагирован.

Без абстракции нельзя раскрыть сущность.

Абстракция – расчленение объекта и выделение существенных сторон.

Познание сущности устанавливает подлинные объяснения содержания явления.

*Познание = раскрытие сущности + причинное обоснование и объяснение сформулированных ранее законов, отражающих сущность, значение параметров, границы действия [7].*

Всякая наука лишь тогда достигает зрелости и совершенства, когда она раскрывает сущности исследования ею процессов, явлений и в состоянии предвидеть их будущие изменения не только в сфере явлений, но и в сфере сущностей.

Вычислительный эксперимент – современная технология теоретического исследования, основанная на экспериментировании с помощью ЭВМ.

Автоматизация научных исследований – использование ЭВМ для выполнения разработки математической модели, проведение исследований с использованием модели, обработка полученных данных.

Аттестация программ – авторитетное подтверждение качества программ по общепринятой или официальной процедуре; комплекс проверок, обеспечивающий получение гарантированного соответствия программ своему назначению:

- 1) исследование объектов любой сложности и множества факторов;
- 2) простота организации экспериментов, ограниченное время, стоимость, имитирующие работу систем при случайных внешних воздействиях с учетом основных закономерностей.

Этап калибровки модели. Общие, частные модели.

Математическое описание – формализация процесса.

Комплексное цифровое моделирование – алгоритм.

Обработка сигналов – первичная, вторичная, траекторная, натурные испытания (затраты времени, средств).

## МЕТОДОЛОГИЯ

Методология – 1) совокупность приемов исследования, применяемых в какой-либо науке; 2) учение о методах, средствах и процедурах научной деятельности, часть теории научного познания [5, 7].

Индукция – метод исследования от единичных фактов к общим положениям.

Научная индукция представляет вывод от части элементов данного класса по всему классу, основанием для вывода раскрытие у исследуемых элементов класса существенных связей, необходимо обуславливающих данные признаки по всему классу.

Основное место в научной индукции занимают приемы раскрытия существенных связей. Последнее предполагает сложный анализ:

- индуктивные методы исследования причинной связи;
- метод единственного сходства;
- метод единственного различия;
- соединенный метод сходства и различия (метод двойного сходства);
- метод сопутствующих изменений;
- метод остатков.

Метод исследования индукции понимается как путь опытного изучения явлений, в ходе которого от отдельных фактов совершается переход к общим положениям (отдельные факты наводят на общие положения). В реальном познании индукция выступает в единстве с дедукцией (общее теоретическое знание из единичного).

Индукция – вид обобщения, превосходящий результаты наблюдений и экспериментов на основе данных прямых опытов. Предметы обладают внутренней связью.

Методология – система положений и методов изучения и определение общих направлений, принципов и способов решения проблемы, т. е. стратегия [5, 7].

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИИ И ИЗМЕРЕНИЯХ

Метрология – наука, устанавливающая новые закономерности, генерирует и накапливает характеризующиеся объективностью, воспроизводимостью, доказательностью, точностью и четкостью новые уникальные знания, внедренные и внедряемые в точные науки, технику и практику.

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Метрология – наука, предмет которой – изучение методологии извлечения качественной и количественной информации о свойствах объекта, явлений, процессов с заданной точностью и достоверностью. Метрология включает разделы: научный (теоретический), прикладной, законодательный [24].

Научная (теоретическая) метрология – раздел метрологии, занимающийся изучением проблем измерения в целом и разрабатывающих измерения элементов: средств и приборов измерений физических величин и их единиц, методов и методик измерений, результатов и погрешностей измерений и пр.

Прикладная метрология – раздел метрологии, посвященный изучению вопросов практического применения в различных средах деятельности результатов теоретических исследований.

Законодательная метрология – раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных общих правил, требований, норм, а также вопросы регламентации и государственного контроля, направленные на обеспечение единства измерения.

Методология – система положений и методов изучения каких-либо явлений. Методология определяет общие направления, принципы и способы решения проблемы, т. е. стратегию.

Методика – элемент методологии, конкретные рекомендации и средства реализации стратегии. Методика – совокупность способов и правил наиболее целесообразного выполнения какой-либо работы, формулировка целей и задач объекта анализа, системы показателей, критерия.

Методологическое обеспечение измерений является основой измерительной техники (рис. 10). Измерительная техника – отрасль науки и техники, предмет которой изучает методы разработки и создания средств для получения опытным путем информации о величинах, характеризующих свойства и состояние исследуемых объектов, явлений, производственных процессов [25].

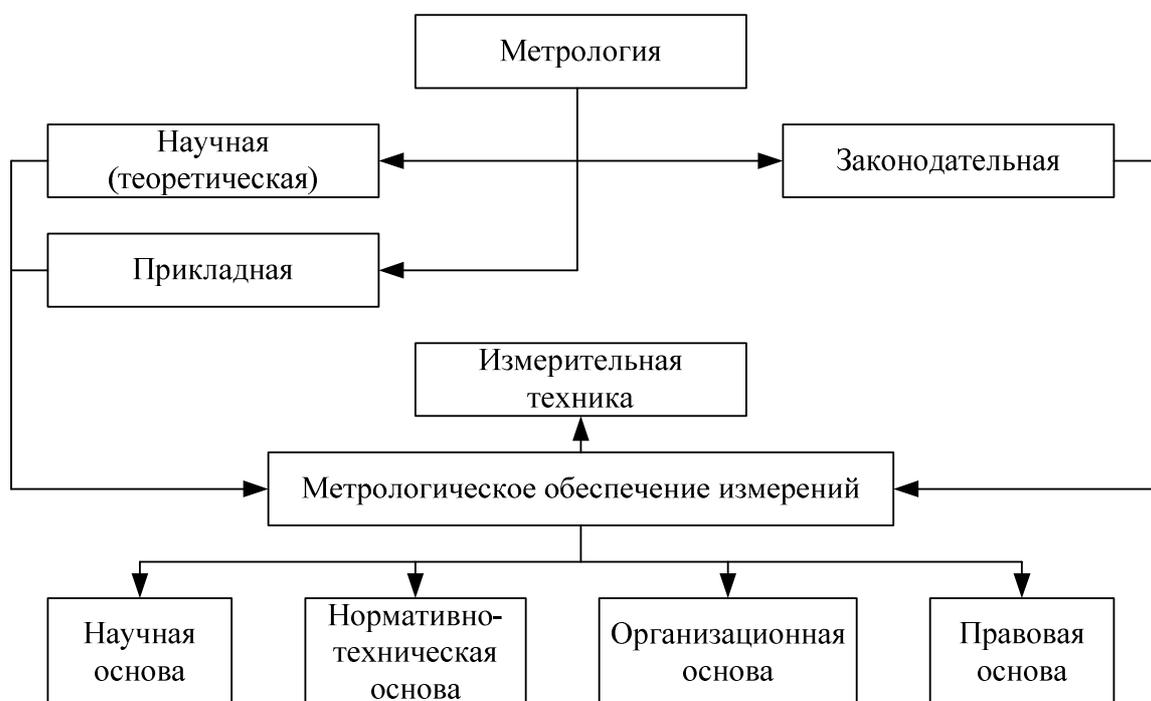


Рисунок 10. – Разделы метрологии и метрологическое обеспечение измерений

Метрология и техника точных измерений устанавливают развитие естественных и точных наук, новых технологий, усовершенствование технического контроля, диагностики и управления [36].

К основным проблемам метрологии относят создание общей теории измерений, образование физических единиц и систем единиц, разработку методов и средств измерения, методов определения точности измерения, основы обеспечения единства измерений, единообразия средств измерений, создание эталонов и образцов средств измерений [25].

Проблема единиц измерений представляет основную задачу не только метрологии, но и всех точных наук, где исследование имеет не только качественный, но и количественный характер.

Мера точности характеризует уровень развития науки.

Понятие о величине и ее истинном значении принадлежит к числу понятий науки. Измерение как способ количественного отражения свойств объективного мира является динамическим многогранным понятием. Каждая точная наука заинтересована в совершенствовании измерений. На всех этапах развития науки и техники всегда выделялись два аспекта, два уровня измерений: научный (теоретический) и прикладной. Научный уровень рассматривает измерения как основополагающую проблему, являющуюся источником развития точных наук. На этом уровне задача состоит в выявлении наиболее общих свойств и закономерностей измерений как качественного способа познания объективного мира.

Открытие закономерностей измерения количественно познает объективный мир, оказывает влияние на развитие той или иной точной науки. Слова, принадлежащие Д.И. Менделееву, раскрывают в полной мере значимость научной и прикладной теории измерений: «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять. Точная наука немислима без меры».

Точность результата измерений отображает его близость истинной величине, сходимость результата измерений отображает близость друг к другу одной и той же величины при выполнении одним и тем же методом в одинаковых условиях с одинаковой тщательностью [26, 36, 37].

Точность и достоверность утверждений опирается на обоснованные экспериментальные результаты при достаточном объеме статистических данных. Математические модели составляют элемент методологии эффективности каналов передачи информации. Модель канала передачи информации – это совокупность физических, математических представлений, утверждений, которые отражают их свойства с допустимыми приближени-

ями. В свою очередь, информация – это мера снижения неопределенности на основании сведений об объекте исследований.

Представим расчет статистической среднеквадратической погрешности результатов измерений [7, 9, 12]. Каждое отдельное измерение представляет значение измеряемой величины с некоторой случайной погрешностью, считая отсутствие систематических и грубых ошибок. Погрешность – это разность между действительным и измеренным значением измеряемой величины. Положим, что  $X$  – истинное значение измеряемой величины;  $\bar{x}$  – действительное значение измеряемой величины;  $\bar{x} - x_1, \bar{x} - x_2, \dots, \bar{x} - x_n$  – остаточные отклонения от действительного значения измеряемых величин  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

Считаем, что погрешности подчиняются закону Гаусса и их закономерности: 1) погрешности равные, но противоположные по знаку встречаются приблизительно одинаково; 2) погрешности меньших размеров встречаются чаще. При равноточных измерениях, выполненных тщательно одинаково, одним и тем же средством, одним наблюдателем, при одних и тех же условиях, наиболее приближенным к истинному является действительное значение величины  $\bar{X}$ , то есть среднее арифметическое.

Действительным значением измеряемой величины  $\bar{X}$  является значение среднего арифметического  $n$  измерений  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum x_i, i = \overline{1, n}, n \geq 30$ .

Среднее квадратическое отклонение

$$\mu_{\bar{x}} = \frac{\mu}{\sqrt{n}},$$

где  $\mu_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n-1}}$  – среднеквадратическое отклонение отдельного измерения.

Тогда

$$\mu_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n(n-1)}},$$

где  $\Delta_1 = \bar{x} - x_1; \Delta_2 = \bar{x} - x_2; \Delta_n = \bar{x} - x_n$ .

Мера точности для  $\bar{X}$

$$h_{\bar{x}} = \frac{1}{\mu_{\bar{x}} \sqrt{2}}.$$

Чем больше действительное значение  $a$  приближается к истинному значению измеряемой величины  $X$ , тем вероятность расхождений  $a - \bar{x}$ , численно большая и подчинена закону:

$$\frac{h_{\bar{x}}}{\sqrt{\pi}} e^{-kx(a-\bar{x})^2}.$$

Прикладной уровень предполагает изучение измерений с точки зрения практических, прикладных задач, стоящих перед точной (в частности, перед измерительной) техникой. Наиболее характерным примером такой прикладной задачи является задача обеспечения единства измерений (метрическая система мер, абсолютная система единиц Гаусса, международная система единиц СИ) [27].

Важнейшие задачи метрологии [28]:

1. Усовершенствование и расширение области единиц измерений внедрением международной системы СИ и на ее базе унификация единиц измерений. СИ устанавливает единообразие для всех областей науки и техники.

2. Обеспечение значительно повышающихся требований к высшему звену в средствах измерений путем совершенствования метрологических характеристик эталонов.

3. Более широкое использование в качестве основы более совершенных эталонов физических констант, характеризующиеся высокой стабильностью.

4. Передача с наименьшей потерей точности размера единиц от эталонов образцовым средствам измерений и соответственно от них рабочим.

5. Распространение точных измерений на области очень малых и больших значений измеряемых величин (исчезающие малые и сверхбольшие значения величин).

6. Обеспечение предельно точных измерений в предельных условиях (большие ускорения, вибрации, широкий диапазон температур, давлений др.).

7. Повышение производительности, быстродействия получения результата измерений и его точности, достоверности измерительной информации.

Научная теория измерений является более строгой, чем прикладная, и требует строгого понятия измерения. Прикладная теория измерений является менее строгой и более широкой, так как должна охватывать все ви-

ды измерений, возникающих перед измерительной техникой. Измерения в науке имеют свою специфику.

Основная задача измерений в науке заключается в следующем:

- 1) нахождение закономерностей и закономерных связей в физических, физико-химических, биологических и медицинских проблемах;
- 2) прогресс научных исследований, достижение высоких метрологических характеристик, методов и средств измерений;
- 3) высокая точность сопоставимости и достоверности результатов измерений, обеспечение автоматизации измерительного процесса.

Метрология – точная наука, и является фундаментальной для науки, техники и технологии.

Наука – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности. Непосредственные цели – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности, составляющих предмет ее изучения на основе открываемых ею законов [25].

Теория – рассмотрение, исследование, система основных идей той или иной отрасли знаний; форма научного знания, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях действительности. Критерий истинности и основа развития теории – практика [25].

Техника – «... материализованные знания и опыт, накопленные в процессе развития общественного производства...» [25].

Технология – совокупность теоретических основ и практических способов изготовления материалов и/или полуфабрикатов или изделий из них [28].

Технологичность продукции – свойство продукции, характеризующее ее качество и заключающееся в ее приспособленности к производству в требуемом объеме. Показателями технологичности могут быть, например, энергоемкость, материалоемкость [29].

Информационная технология – совокупность процесса сбора, передачи, переработки, хранения и доведения до пользователя с помощью аппаратных и программных средств [30].

## МЕТРОЛОГИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ

Чем сложнее научная проблема, тем большее влияние метрологии при ее решении. Опережающее значение метрологии в современных исследованиях неоспоримо. «Измерять, что измеримо, делать измеряемым то, что еще не измерено» (Г. Галилей). Развитие методологии измерений

должно быть несомненным, поскольку «пригодными могут быть лишь такие данные, которые носят в себе признаки значительной точности» (Д.И. Менделеев).

Метрологические термины должны иметь специализированные точно ограниченные научные значения. Точное знание конкретного явления требует точного определения его значения. Наука закрепляет в терминах достижения научного познания, точного их значения.

Измерение – основной познавательный процесс науки и техники, посредством которого неизвестная величина количественно сравнивается с другой, однородной с ней и считаемой известной [22].

Измерение – совокупность преимущественно экспериментальных операций, выполняемых с помощью технических средств, хранящих единицу величины, позволяющих сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить искомое значение величины.

По утверждению известного русского ученого Б.Я. Якоби, «искусство измерений является могущественным оружием, созданным человеческим разумом для проникновения в законы природы и подчинения ее сил нашему господству».

Автоматизация измерений гарантирует высокую точность, воспроизводимость результатов измерений в реальном масштабе времени.

Особенно ценно планирование эксперимента технология его выполнения.

Критерии оценки состояния измерительной техники в промышленности – высокая точность результатов измерений и автоматизированные системы контроля и измерений, обеспечивающие представление результатов в реальном масштабе времени.

Основные задачи:

а) обеспечение предельно точных измерений многочисленных параметров и характеристик больших систем с элементами различной физической природы в предельных условиях;

б) распространение точных измерений на области очень малых и очень больших значений измеряемых величин.

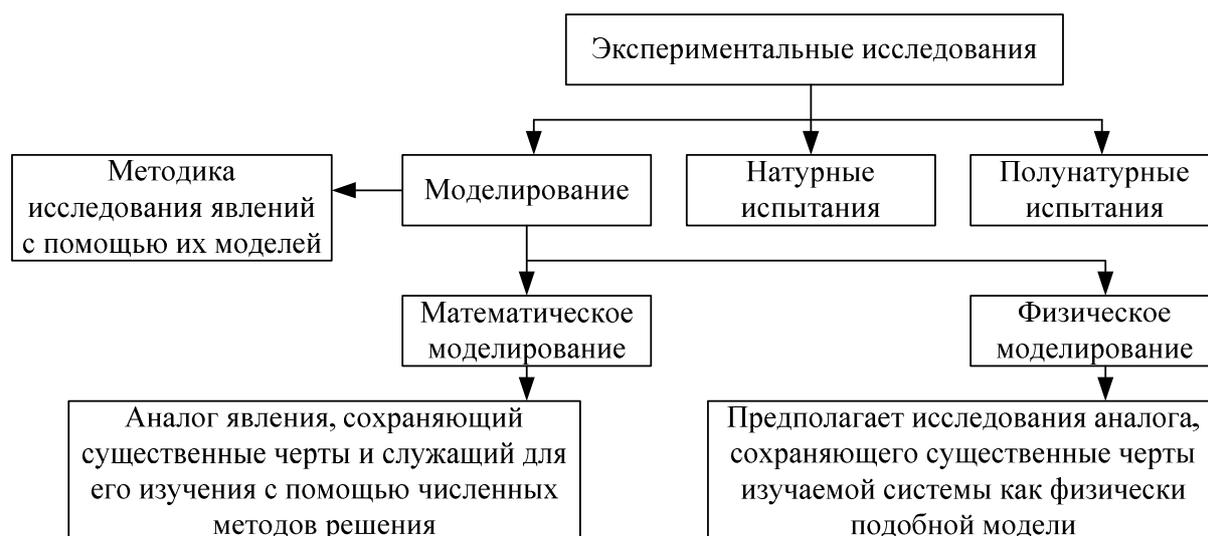
Совокупность научных терминов, используемых в отдельных отраслях науки и техники, образует терминологию. Терминология – язык науки, который задает основные научные термины, их значения и связи между ними. «Определите значение слов и Вы избавите человечество от половины его заблуждений» (Р. Декарт) [31].

Модель объекта измерений представляет совокупность логических, физических и математических формулировок (утверждений, которые отражают свойства реального объекта с допустимыми приближениями) [31].

Научным исследованиям, а следовательно, измерениям в области метрологии присущи эффективность и качество. Эффективность – свойство определенного процесса, обуславливаемое его количеством и качеством средств, участвующих в процессе, а также конкретной ситуацией, и позволяющее выполнять определенную задачу. Эффективность характеризуется соотношением между полученным суммарным эффектом и суммарными затратами на создание используемых средств, участвующих в процессе [35].

Качество – совокупность свойств веществ, изделий или процессов, обуславливающих их способность удовлетворить определенные потребности в соответствии со своими назначениями [35]. Количество и качество взаимосвязаны через меру. Мера – категория, отражающая единство качества и количеств какого-либо объекта или явления. Эти характеристики изменчивы и подвижны в некоторых пределах, за пределами которых количественные изменения переходят в изменения качественные. Эти границы определяются мерой. Мера точности характеризует уровень развития науки. В такой же взаимосвязи находятся теория и практика. Результат познавательного процесса – истина. Практика – источник, критерий и цель истины. Теория и практика находятся в непрерывном единстве. Основа этого взаимодействия – практика. Теория без практики мертва, практика без теории слепа. Теория – это система достоверных знаний, которая описывает, объясняет и позволяет предвидеть явления в определенных предметных областях [24].

Научный эксперимент есть одна из форм практики (рис. 11). Изучению явлений должны быть доступны измерения. В философии измерение рассматривается как инструмент процесса познания. Основа познания – наблюдение и эксперимент. Эксперимент – исследование какого-либо явления путем активного воздействия на него при помощи создания новых условий, соответствующих целям исследований или через изменения процесса в заданном направлении. Эксперимент – источник практического познания и критерий истинности гипотез и теорий. Наблюдение не предполагает активного воздействия на явления или процесс. Познавательный процесс реализуется измерительным экспериментом и созданием необходимых условий, устраняющих все мешающие воздействия. Эксперимент, как правило, включает моделирование изучаемых явлений. С развитием науки и техники сфера измерительных экспериментов расширяется, охватывая все новые, более сложные, явления материального мира.



**Рисунок 11. – Примерная схема эксперимента**

Моделирование в метрологии требует более высокой точности и количественной оценки явлений. Кроме модели в метрологии всегда должна определяться ее точность. Требование высокой точности модели в метрологии объясняется необходимостью идентификации моделей в точных науках и изучением явлений различной физической природы. Недостаточная точность результатов исследования метрологической модели увеличивает неопределенность результатов исследования в точных науках.

Проблема заключается в выборе лучшего из сравниваемых объектов. Для выбора лучшего из сравниваемых объектов необходимо оценивать их качество. Качество проявляется в процессе его использования по назначению (целевое функционирование). Наиболее объективным является оценивание качества по эффективности его применения. Для обоснования выбора предпочтительного объекта необходимо измерять эффективность целевого функционирования сравниваемых вариантов [35].

Объект – любое понятие (предмет, лицо, явление, абстракция), о котором могут быть получены сведения. Предмет, рассматриваемый с целью его использования по назначению, изучения, исследования или испытания. Объект измерения – тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими измерительными или подлежащими измерению физическими величинами [4].

Объектом измерения является избранная характеристика или параметр определенного предмета или явления, составляющего фрагмент действительности. Познавательные принципы исследования объектов реали-

зуются с учетом их целесообразности, связи между элементами и внешней средой и входными воздействиями. Адаптация структуры и многообразных связей между элементами объекта на всех его стадиях жизненного цикла является необходимым условием рационального исследования объекта. Принцип исследования объектов реализуется определением информации об их функциональном назначении и ограничениями, накладываемыми на избыточные связи с внешней средой и элементами внутренней структуры. Информация об объекте определяется полнотой учитываемых существенных факторов. Средством измерений устанавливаются метрологические требования, которые, в свою очередь, устанавливают метрологическую оценку совокупности параметров и характеристик, их поле допусков. В результате познавательный процесс реализуется измерительным экспериментом на основании разработанного плана измерения. Формулирование рационального плана измерения включает конечную цель измерений, задачи, вытекающие из цели измерительного эксперимента, условий получения и способы использования измерительной информации. Задача эксперимента – обеспечение измерительной информацией необходимой точности исследования, разработку, испытание, изготовление, эксплуатацию. Измерительные параметры устанавливаются определением множества состояний объекта, установлением измерительных параметров и характеристик. Анализ модели позволяет синтезировать рациональный алгоритм измерения и контроля работоспособности, используя сведения о режиме и условиях работы объекта, параметрах входных и выходных сигналов измерительной информации.

Информация – мера уменьшения неопределенности на основании сведений (полученных данных об объекте исследований).

Измерительная информация – данные о значениях измеряемых физических величин.

Физическая величина, представляющая характеристику свойства и/или состояния материи (вещества или физического поля) или явления и процесса, общую в качественном отношении для многих объектов, но в количественном отношении индивидуальную для каждого объекта, выражается только с использованием шкалы отношений [32].

Исследования, особенно в метрологии, должны быть системными. Концептуальными основами системных исследований являются [35]:

- объект и предмет исследования;
- цель и задачи исследования;

- концептуально-методические принципы;
- естественнонаучные основы;
- система исходных понятий, терминов и определений, образующих язык дисциплины;
- система основных понятий, постулатов, аксиом, теорем, образующих методологические основы теории;
- принципы построения адекватных моделей объектов исследования; экспериментально-информационная база;
- методы исследования;
- научно-обоснованная сфера приложения методов.

Точные измерения при системных исследованиях устанавливают развитие естественных и точных наук, новых технологий, систем контроля, управления и диагностирования. Научные исследования обусловлены потребностью практики в различных сферах деятельности человека. Фундаментальные исследования направлены на познание неизведанных явлений, на развитие теории. Изучения явлений должны быть доступны измерениям, так как измерение есть акт познания действительности, причем результат измерения должен удовлетворять требованиям объективной истины [33]. Познавательный процесс реализуется измерительным экспериментом на основании разработанного плана измерения.

Точность измерений – качество информации, отображающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Точность определяет доверие к результатам измерений и характеризует их значимость. Каждая точная наука в качестве наиболее существенного свойства выделяет ту его сторону, которая для нее является наиболее важной. Точность – степень приближения значения рассматриваемого параметра объекта, системы или процесса к истинному или действительному значению.

Кроме того, полезность измерительной информации об объекте исследования формируется на основании научно-обоснованных методов исследования сложных явлений и процессов. Информация об объекте определяется полнотой учитываемых существенных факторов, комплексом средств измерений, обеспечивающих получение измерительной информации в количественной форме. Высокая степень автоматизации измерительного процесса, представление измерительной информации в реальном масштабе времени – высшая форма качества и полезности измерений.

Измерению предшествует формирование априорной (доопытной) информации, включающей физическую или математическую модель объекта, его функциональное назначение и ограничения, накладываемые на его функционирование, требования к метрологической оценке параметров и характеристик, их поле допусков, определяющих состояние объекта исследования. Априорная информация формируется научным методом – системным анализом. Системный анализ – совокупность методов и средств исследования сложных физических объектов и процессов, позволяющих подготовить и обосновать управленческое решение. Системный анализ включает вычленение объекта – физической системы – и определение его структуры, границ, выявление целей функционирования либо развития, входов и выходов (формирование внешней структуры), формирование альтернативных вариантов развития системы, выбор предпочтительных.

Измерительная информация устанавливает степень ответственности принятия решения на основании ее точности, достоверности, надежности. Измерительный контроль параметров и характеристик устанавливает их соответствие значениям или пределам (допускам), определяющим нормальное функционирование объектов. Таким образом, контроль – проверка соответствия контролируемого объекта установленным требованиям [4].

Автоматизированный контроль – контроль измерительными техническими средствами.

Автоматический контроль – контроль, осуществляемый техническими автоматами без участия человека.

Перспективным является активный контроль – встроенный контроль в большие системы с обеспечением обратной связи с целью управления параметрами технологических процессов путем анализа переданной по цепи обратной связи информации для необходимой коррекции управляющего воздействия на параметры технологического процесса.

Дифференциальный контроль – отдельный контроль каждого параметра объекта.

Допусковый контроль – контроль, при котором устанавливают, находится ли значение, характеризующее свойство контролируемого объекта, между двумя заданными границами или выходит за одну из границ.

Измерительный контроль – контроль, осуществляемый с помощью средств измерений.

Контроль качества продукции – контроль количественных и/или качественных свойств продукции.

Контроль метрологической исправности – контроль, выполняемый для выяснения соответствия метрологических характеристик средства измерения предъявляемым требованиям.

Техническая диагностика (распознавание, определение) – наука о распознавании состояния технической системы с определенной точностью [34]. Цель технической диагностики – повышение надежности и ресурса технических систем, эффективности эксплуатации. Задача – распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации.

Второе важное направление технической диагностики – теория контролеспособности.

Контролеспособностью называется свойство изделия обеспечивать достоверную оценку его технического состояния и раннее обнаружение неисправностей и отказов. Задача теории контролеспособности – средства и методы получения диагностической информации, алгоритмы поиска неисправностей, разработка диагностических тестов, минимизация процесса установления диагноза [33].

Единство измерений – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимым первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

Физическая величина – одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Единица физической величины – физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, и применяемая для качественного выражения однородных с ней физических величин.

Измерение – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Погрешность измерений – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Точность средства измерений – характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю.

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Теоретическая метрология – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии.

Практическая (прикладная) метрология – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии. Иногда применяют термин «фундаментальная метрология».

«Всякое исследование основано на научной интуиции, экспериментальном искусстве, верном ощущении возможности техники и, что весьма важно, – на хорошем знании теории».

*Е. Скучик*

Методология – совокупность приемов исследования, учение о методах научного познания. Теоретической основой методов научного познания являются законы объективного мира. К числу универсальных форм и средств познания относят понятие, суждение, умозаключение, наблюдение, абстрагирование, индукцию, дедукцию, аналогию, экстраполяцию, интерпретацию, анализ, синтез, чувственную и интеллектуальную интуицию ... [5].

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Стандарт – нормативно-технический документ, регламентирующий требования и правила к изделиям, технологическим процессам и принятый соответствующей компетентной организацией в качестве официального документа.

Стандартизация – принятие соглашения по спецификации, производству и использованию аппаратных и программных средств вычислительной техники; установление и применение, стандартов, норм и правил.

Стандартизация терминов – процесс подготовки упорядоченной системы терминов и официального ее оформления в виде государственного стандарта.

Статус – характеристика объекта (ЭВМ, устройства, канала, программы, данных), определяющая специфику его функционирования.

Статус информации – правовое положение или состояние информации.

Статья – форма описания объектов данных.

Дескрипторная статья – основная структурная единица тезауруса, представляющая собой совокупность заглавного дескриптора и множества, связанных с ним ключевых слов и дескрипторов. Формула статьи:

$$ДС = Д [К, В, Н, А],$$

где Д – заглавный дескриптор;

К – множество ключевых слов;

В, Н, А – соответственно множества дескрипторов, подчиняющих заглавный, подчиненных заглавному и ассоциированных с ним.

Стандартизация – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной ситуации посредством установления положения для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих или потенциальных задач; проявляется в процессах разработки, опубликования и применения стандартов, в повышении степени соответствия продукции, процессов и услуг их функциональному назначению, в содействии научно-технического сотрудничества.

Стабильность – постоянство, неизменность времени, устойчивость.

Стабильность нуля – постоянство выходного параметра сигнала, оцениваемая его самостоятельным отклонением при неизменном, например нулевом, значении входного параметра в течение заданного интервала времени.

Стабильность средства измерений – качество средства измерений, отражающее неизменность во времени его метрологических характеристик.

Стандарт – нормативно-технический документ, разработанный в сотрудничестве и с согласия или общего одобрения всех заинтересованных сторон, в котором устанавливаются правила для всеобщего и многократного использования, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности, или их результат направлен на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной ситуации.

Государственный стандарт – стандарт, утверждаемый соответствующим государственным органом страны.

Синтез – объединение отдельных частей для получения целого. В составе программного обеспечения ЭВМ программами, выполняющими синтез, являются такие, как компоновщик, редактор связей, загрузчик.

Абстрактный синтез – синтез абстрактных автоматов.

Автоматический синтез графических программ – генерация по описанию графического документа программы, обеспечивающей получение изображения этого документа.

Автоматический синтез программ – генерация программ решения задач по описанию этих задач. Является основной функцией интеллектуальных систем программирования.

Автоматический синтез ЭВМ – описание функционирования ЭВМ на формальном языке и определение основных характеристик проектируемой машины.

Синтез алгоритмов – построение алгоритмов по заданным функциям; объединение отдельных алгоритмов или частей алгоритмов в единое целое.

Блочный синтез – конструирование средств вычислительной техники на основе блочного принципа.

Информационный синтез – процесс обобщения информации, полученной в результате информационного анализа документов, и подготовка результатов обобщения в текстовой или иной форме.

Лингвистический синтез – построение текста на естественном языке, понятном пользователю, либо на искусственном языке, понятном пользователю, либо на искусственном языке для ввода текста в ЭВМ. Включает этапы синтаксического и морфологического синтеза; семантический синтез следует отнести к внелингвистической обработке.

Морфологический синтез – построение конкретной словоформы естественного или профессионального языка по основе словоформы и приписанной ей морфологической информации.

Синтез речи – процесс генерации речевых сигналов (звуков) из цифровых данных, хранящихся в памяти ЭВМ. Различают два метода синтеза речи: формирование звуков по текстовым данным на основе лингвистических правил и синтез на основе анализа, когда информация запоминается после произношения слова пользователем, затем извлекается и преобразуется из цифровой формы в звуковой сигнал.

Структурный синтез – объединение отдельных элементов в единую структуру.

Синтез текста – объединение отдельных элементов текста в более крупные части.

Синтез ЭВМ – представление структуры проектируемой ЭВМ в виде композиции блоков, реализующих алгоритмы ее работы.

## ПЕРЕЧЕНЬ требований и условий для опубликования научных статей по результатам научных исследований

Научная статья представляет собой законченное и логически цельное произведение, посвященное конкретному вопросу, входящему в круг проблем (задач), решаемых соискателем ученой степени при выполнении диссертационного исследования. Научная статья раскрывает наиболее значимые результаты, полученные соискателем ученой степени, требующие развернутого изложения и аргументации.

Объем научной статьи по теме диссертации должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другое), если это допускается правилами, установленными для авторов соответствующим печатным изданием.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, включают, если иное не оговорено правилами, установленными для авторов соответствующим печатным изданием, следующие элементы:

- аннотацию;
- фамилию и инициалы автора (авторов) статьи и ее название;
- введение;
- основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);
- заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
- список цитированных источников;
- дату поступления статьи в редакцию печатного издания.

Дополнительно в соответствии с требованиями редакций научных изданий в структуру статьи могут быть также включены:

- перечень принятых обозначений и сокращений;
- аннотация на английском и (или) ином иностранном языке.

Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть кратким, содержать ключевые слова.

Аннотация должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи.

Во введении дается краткий обзор литературы по данной проблеме, указываются нерешенные ранее вопросы, формируется и обосновывается

цель работы и, если необходимо, указывается ее связь с важными научными и практическими направлениями.

Анализ источников, использованных при подготовке научной статьи, должен свидетельствовать о знании автором (авторами) статьи научных достижений в соответствующей области. Обязательными являются ссылки на работы других авторов, включая зарубежные публикации в данной области (при их наличии).

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, материалов, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть проанализированы с точки зрения их достоверности, научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками) и содержать анализ последних публикаций, посвященных решению вопросов, относящихся к данным подразделам.

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, нумеруются в соответствии с порядком цитирования в тексте.

В заключении кратко формулируются основные результаты, полученные автором.

## ГЛОССАРИЙ

Теория информации – наука, изучающая количественные закономерности, связанные с получением, передачей, обработкой и хранением информации.

Теория графов – раздел математики, изучающий графы и те их обобщения (транспортные сети, гиперграфы и т.п.), на которые распространяются некоторые из основных понятий и методов, относящихся к графам.

Теория информации – раздел кибернетики, занимающийся математическим описанием и оценкой методов передачи, хранения, извлечения и классификации информации.

Теория кодирования – раздел теории информации, изучающий способы отождествления сообщений с отображающими их сигналами.

Подобие – взаимно однозначное соответствие между двумя объектами или объектом и моделью, в котором функции перехода от параметров, характеризующих один из объектов, к другим параметрам известны.

Вероятностное подобие – подобие между процессами вероятностного характера в моделируемом объекте и модели.

Геометрическое подобие – подобие между пространственными характеристиками моделируемого объекта и модели.

Динамическое подобие – подобие между последовательно изменяющимися состояниями моделируемого объекта и модели.

Математическое подобие – подобие между величинами, входящими в математические выражения, характеризующие свойства моделируемого объекта и модели.

Неполное подобие – подобие между частью элементов, процессов, функций моделируемого объекта и модели.

Полное подобие – подобие между всеми элементами, процессами, функциями моделируемого объекта и модели.

Приближенное подобие – подобие, допускающее нарушение взаимно однозначного соответствия между моделируемым объектом и моделью.

Структурное подобие – подобие между структурой моделируемого объекта и структурной модели.

Физическое подобие – подобие, при котором моделируемый объект и модель имеют одинаковую или сходную физическую природу.

Функциональное подобие – подобие, предусматривающее выполнение моделируемым объектом и моделью аналогичных (сходных) функций.

Вычислительная математика – раздел математики, изучающий методы численного решения математических задач на ЭВМ. Включает создание математических моделей, разработку алгоритмов, решение проблем теории, практики и автоматизации программирования.

Прикладная математика – математика в аспекте ее приложения к решению задач, постановка которых, как правило, не связывается с потребностями самой математики.

Предмет познания – зафиксированные в опыте (эксперименте) и включенные в процесс практической деятельности стороны, свойства и отношения объектов информатизации, исследуемые с установленной целью в данных условиях и обстоятельствах (пригодность, оптимальность, превосходство), количественные характеристики которых принимают количественные либо качественные отношения.

Операция – целенаправленный процесс, упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий, направленных на достижение определенных целей.

Критерий оценивания – количественная характеристика (показатель), численное значение которого выработано на основе определенных (положенных в основу исследований) правил.

Критерий (совокупность критериев) – признак (или их совокупность), на основе которого производится оценивание, сравнение альтернатив, классификация объектов исследования или явлений.

Атрибут – существенное свойство (признак), неотъемлемая принадлежность объектов исследования.

Эффективность – свойство действия давать эффект, приспособленный к достижению цели.

Квалиметрия – область науки и теория познания, в которой разрабатываются методологические основы, методы, методики оценивания и анализа качества объекта исследования.

Эффективность – количественная согласованная с целью, задачами, критериями характеристика степени достижения полезного результата на этапах жизненного цикла проектирования, разработки, изготовления, эксплуатации объекта исследования и его элементов рациональными вариантами проектных решений.

Оценка – численная характеристика показателя, полученная опытным путем (экспериментом) в виде результата.

Результат моделирования – принятие решения о достижении цели моделирования.

Критерий оценивания – руководящее правило (условие или совокупность условий, вытекающих в основу исследований, концепций, принципов оценивания), реализуемого при принятии соответствующего решения.

Критерий – признак, который при оценке (сравнении) функционирования объектов рассматривается как наиболее существенный [1].

Параметрический контроль – контроль качества заключается в проверке соответствия или несоответствия параметров установленным нормам.

Критерий – признак (или совокупность признаков), на основе которого производится оценивание, сравнение альтернатив, классификация объектов и явлений [3].

Критерий истины – средство проверки истинности или ложности того или иного утверждения, гипотезы, теоретического построения. Успешное применение критерия истины на практике является истиной положения, подтвержденной в эксперименте связанным с наблюдением измерением, математической обработкой полученных результатов и путем логического доказательства на основе исходного положения той или иной теории [4].

Теория – совокупность знаний об объективном мире относительно самостоятельной системы знаний, воспроизводимой в логике понятий объективной логики.

Практика – деятельность, обеспечивающая существенное развитие процесса материальным производством.

Научный эксперимент – сфера исследования деятельности, направленной на производство новых знаний, включающих методы научных исследований, экспериментов и научного оборудования, методы научно-исследовательской работы, понятия и категориальный аппарат, систему научной информации, сумму научных знаний, либо предпосылка, либо средство, либо результат.

Научная деятельность – специфический вид деятельности, предметом которой является множество любых возможных объектов (эмпирических, теоретических и практических); целью – производство научного знания о свойствах, отношениях и закономерностях этих объектов, а также применение этого знания на практике; средствами – различные методы и процедуры эмпирического, теоретического и прикладного исследований.

Научная деятельность согласуется с научной рациональностью, стремлением к максимально достижимой определенности, точности, доказательности, объективной истинности рационального знания.

Критерий действенности – нормирующие условия, требования и показатели, согласно которым оценивается корректность реализации системы [5].

Логика – наука о законах и формах мышления, методах познания и условиях истинности знаний и суждений.

Метод – система принципов и приемов познавательно-теоретической и практической деятельности.

Вероятностный метод [probabilistic method] – метод исследования, моделирования или оценки, основанный на применении математического аппарата теории вероятностей. Вероятностные методы широко используются в таких разделах кибернетики, как теория массового обслуживания, оценка надежности, теория игр, распознавание образов.

Метод весовых коэффициентов – метод, при котором для анализа, выбора или оценки каждому из множества показателей назначается определенный весовой коэффициент в зависимости от значимости (веса) показателя.

Метод декомпозиции – метод решения задач, состоящий в разделении исходной задачи на последовательность задач меньшей размерности

Научный принцип – основание некоторой совокупности научных фактов, системы научных взглядов, научных знаний.

Анализ предметной области интуитивный (не используется модель принятия решения), необдуманый (игнорирование подготовительного этапа), эгоцентрический (собственная выгода), слепой (не учитывать последствия), эмоциональный (влияние настроений), самодовольный (игнорирование опыта специалистов), упрямый (глупое – повторение ошибок).

Квалиметрия и теория познания – область науки, в которой разрабатываются методологические основы, методы, методики оценивания и анализа качества объектов. Уровень объекта оценивается и характеризуется значимостью совокупных показателей его существенных – атрибутивных свойств, соответствующих его целевому назначению.

Критерий оценивания – правила, сформулированные на основе выработанных, определенных, положенных в основу исследований суждений об объекте (пригодность, оптимальность, превосходство), количественная характеристика которого приняла численное значение, полученное на основе положенных в основу исследований данных.

Операция – упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий, направленных на достижение определенных целей.

Критерий оценивания – количественная характеристика (показатель), которая приняла численное значение, выработанного на основе определенных (положенных в основу исследований) правил, формулируемых в виде критериев оценивания.

Оценка – численная характеристика показателя, полученный опытным путем (экспериментально) результат.

Оценивание – процедура принятия решения по предъявленным требованиям к объекту.

Критерий оценивания – руководящее правило (условие или совокупность условий), вытекающее из положенных в основу исследований концепций, принципов оценивания, реализуемого при принятии соответствующего решения.

Анализ объекта – выбор показателей его свойств, обоснование, показателей и критериев оценивания, построение модели объекта, исследование ее, оценивание показателей, анализ результатов моделирования и принятие решения.

Абстрагирование – исключение частных, второстепенных признаков с целью выделения главных.

Абстракция – представление внешних свойств объекта без учета его внутренней организации и конкретной реализации; модель, получаемая в результате выделения и обобщения свойств объектов. Абстракции широко применяются в информатике как средство понимания сложных предметов, процессов, явлений. Элементарная форма абстракции – обобщение объектов в типы.

Абстракция данных – использование в работе с объектами (данными) только определенных над ними операций без учета их внутреннего представления; методология программирования, при которой программа описывается как совокупность абстрактных типов данных. Обеспечивает большую, чем процедурная абстракция, модульность.

Абстракция операций – введение операций в условиях абстракции данных.

Процедурная абстракция – методология программирования, при которой программа описывается как совокупность процедур. При этом каждая процедура описывает некоторое законченное действие посредством элементарных операций или действий, определенных другими процедурами.

Абстракция – одна из сторон, форм познания, заключающаяся в мысленном отвлечении от ряда свойств предметов и отношений между

ними. Абстракция обозначает и процесс такого отвлечения, и его результаты. В результате процесса абстракции выступают различные понятия и категории. Всякое познание необходимо связано с процессами абстракции. Без них невозможно раскрытие сущности, проникновение вглубь предмета. Это определяется задачами практической и познавательной деятельности и природой исследования. Практика – критерий, насколько абстракции, вводимые в науку, являются научными.

Процесс – закономерное, последовательное изменение явления, его переход в другое явление.

Противоречие – категория, выражающая внутренний источник всякого движения, принцип развития. Изучение противоречия в самой сущности предметов.

Развитие – процесс движения от низшего к высшему.

Научный эксперимент – форма практики. Практика – критерий того, насколько абстракции, вводимые в науку, являются подлинно научными.

Категории (указание, свидетельство) в философии – основные понятия, отражающие наиболее общие и существенные свойства, стороны, отношения явлений действительности и познания. Категории образовались в процессе исторического развития познания на основе общественной практики. Они позволяют человеку глубоко познавать окружающий его мир. Процесс познания объекта не простой механический акт действительности в сознании человека, а сложный процесс перехода от чувствительных данных к абстракции, от единичного к общему и т.д. Одной из самых существенных черт абстрактного мышления является образование понятий, категорий. Основным принципом построения системы категорий является единство исторического и логического, развитие познания от явления к сущности, от внешнего к внутреннему, от абстрактного к конкретному, от простого к сложному. В связи с развитием объективной действительности и прогрессом научного знания обогащаются число и содержание научных категорий, система категорий все более приближается к полному и всестороннему отражению объективного мира. Выражая существенные связи развивающейся действительности, категории должны быть такими же.

Алгоритм – точное предписание о выполнении в определенном порядке некоторой системы операций, ведущих к решению всех задач данного типа на основе чего разрабатывают программу действий.

Анализ и синтез – процессы разложения целого на составные части и восстановление целого из частей – метод получения новых знаний.

Цель анализа – познание частей как элементов сложного целого, выделение сущности формы ее проявления.

Аналог – идеальный объект (понятие, теория, метод исследования, ...), адекватно отраженный, процесс, закономерность.

Аналогия – установление сходства, основных существующих признаков, связи должны быть более тесными. Цель аналогии – установление сходства объекта, но она должна указывать и на различие. Используется теория подобия, применяемая при моделировании.

Критерий действительности – это нормирующие условие, требование и показатели, согласно которым оценивается корректность информации [4].

Критерий – признак, который при оценке (сравнении) функционирующих объектов рассматривается как наиболее существенный [5].

Критерий эффективности функционирования – это показатель, по численному значению которого можно судить о степени достижения поставленных целей.

Критерий – признак или совокупность признаков, на основе которых проводится оценивание, сравнение альтернатив, классификация объектов.

Анализ – 1) метод исследования, состоящий в том, что объект исследования (предмет, явление, процесс), рассматриваемый как система, разделяется на составные элементы для изучения каждого из них в отдельности, выявления их роли и места в системе и обнаружения таким образом структуры системы; 2) исследование состава, структуры и физико-химических свойств веществ; 3) исследование параметров процессов.

Спектральный анализ – анализ совокупности гармонических колебаний, на которые может быть разложено данное сложное колебательное движение.

Спектральный анализ вибраций – спектральный анализ, основанный на определении спектра вибрации или спектра частот.

Спектральный анализ колебаний – спектральный анализ, основанный на определении спектра колебаний или спектра частот.

Статистический анализ – метод (или совокупность методов) математической статистики, предусматривающий систематизацию и обработку статистических данных с целью их удобного представления и интерпретации.

Статистический анализ случайных процессов – совокупность методов математической статистики, предусматривающих обработку и использование статистических данных, относящихся к случайным процессам.

Регрессионный анализ – совокупность методов математической статистики, предусматривающих исследование регрессионной зависимости между величинами по статистическим данным.

Корреляционный анализ – совокупность основанных на математической теории корреляции методов обнаружения корреляционной зависимости между случайными величинами.

Многомерный статистический анализ – совокупность методов математической статистики, предусматривающих изучение статистических данных, которые являются значениями многомерных качественных или количественных признаков.

Оптический анализ – анализ, основанный на использовании взаимодействия оптического излучения с исследуемым веществом или на использовании излучения веществом.

Гармонический анализ – анализ параметров процессов с помощью представления функций в виде рядов или интегралов Фурье.

Дискриминантный анализ – многомерный статистический анализ, предусматривающий решение задач, связанных с разделением совокупностей наблюдений.

Факторный анализ – статистический анализ, предусматривающий выявление и ранжирование факторов, влияющих на изучаемые величины с использованием ковариационных и корреляционных матриц.

Структурно-функциональный анализ – метод исследования системных объектов. Он строится на основе выделения в системах структурных составляющих и их функции относительно друг друга.

Метод (греч. *methodos* – буквально «путь к чему-либо») – в самом общем значении способ достижения цели, определенным образом упорядоченная деятельность. Применение научно обоснованных методов является условием получения новых знаний. В процессе развития познания выработались такие принципы научных приемов исследования, как индукция, дедукция, анализ и синтез, аналогия, сравнение, эксперимент, наблюдение, моделирование, абстрагирование. В основе всех методов познания лежат объективные законы действительности, поэтому метод неразрывно связан с теорией. Существуют специальные методы конкретных наук, поскольку последние изучают свои специфические предметы.

Методология – 1) совокупность приемов исследования, применяемых в какой-либо науке; 2) учение о методе научного познания. Теоретическое обоснование методов научного познания вызвано потребностями развивающейся науки. Метод познания лишь тогда может быть научным,

когда он отражает объективные законы самой действительности. Поэтому принципы научного метода, его категории и понятия – суть не сумма произвольных правил, а выражение закономерностей.

Сущность – совокупность глубинных связей, определяющих основные черты и тенденции развития, раскрытие причин, явлений – процессов, выражающих внешние стороны. Сущность устанавливает причины возникновения, источники развития рассматриваемого объекта, раскрытия путей его формирования или технического воспроизведения, в теории и практике создания его достоверной модели.

Системный подход – общенаучная методология обоснования принципов научных исследований системных свойств явлений, процессов, систем и их функционирования во взаимосвязи со следующими аспектами: компонентными (состав системы), структурными (структуры и строения), функциональными (функции и функциональные связи элементов системы), агрегативными (системообразующие факторы), ситуационными (взаимодействие с внешней средой) [1].

Системный анализ – совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам политического, научного, военного, экономического, юридического, технического и информационного характера.

Объект характеризуется совокупностью критериев, принадлежащих к одному из трех классов:

пригодность  $G$ , оптимальность  $O$ , превосходство  $S$

$O \in G$

$S \in O$

$G$  – универсальный критерий

Синтез информационный – процесс обобщения информации, полученной в результате информационного анализа, подготовленных результатов обобщения.

Синтез – объединение отдельных частей для получения целого.

Информационный синтез – процесс обобщения информации, полученной в результате информационного анализа.

Синтез объекта информатизации – структурное представление проекта ОИ в виде композиции систем, реализующих алгоритмы ее работы и ее элементов.

Структура – совокупность составляющих структуру элементов в их взаимосвязи друг с другом.

Целенаправленные системы – системы, поведение которых подчинено достижению определенной цели в объекте информатизации.

Самоорганизующиеся системы способны в процессе достижения цели изменять свою организацию, структуру, в том числе при внешнем управлении.

Теория связи – наука, включающая системы связи, сигналы для передачи информации с использованием математических и физических моделей, принципы функционирования.

Подобие – взаимно однозначное соответствие между двумя объектами или объектом и моделью, при котором функции перехода от параметров, характеризующих один из объектов, к другим параметрам модели и объекта известны.

Познание – процесс, использующий приемы сравнения, анализа, синтеза, абстрагирования, обобщения, умозаключения, индукцию, дедукцию включая понятия, гипотезы, теории, творчество.

Качество данных [quality of data] – совокупность свойств данных, обеспечивающих их пригодность для решения определенных задач. К показателям качества данных относятся точность, полнота, адекватность, непротиворечивость и др.

Качество документации [documentation quality] – характеристика программной документации, определяемая полнотой и точностью описания программного изделия, наглядностью и удобочитаемостью материала, что позволяет быстро осваивать и эффективно использовать эту систему.

Информация (разъяснение, изложение) – 1) некоторые сведения, совокупность каких-либо данных, знаний; 2) одно из основных понятий кибернетики. Научное понятие информации во многом отвлекается от содержательной стороны сообщений, беря их количественный аспект; так вводится понятие количества информации, определяемое как величина обратна пропорциональна степени вероятности того события, о котором идет речь в сообщении. Чем более вероятно событие, тем меньше информации несет сообщение о его наступлении, и наоборот. Выработка научного понятия информации раскрыла новый аспект материального единства мира. Позволила подойти к казавшимся совершенно различными процессами: передаче сообщений по техническим каналам связи, функционированию нервной системы, работе вычислительных машин, разнообразным процессам управления и т.д. Все это связано с процессами передачи, хранения

и переработки информации. Понятие информации сыграло здесь роль, аналогичную понятию энергии в физике, также дающему возможность с общей точки зрения описать самые различные физические процессы. В понятии информации следует различать два аспекта. Во-первых, информация представляет собой меру организации системы. Математическое выражение для информации тождественно выражению для энтропии, взятой с обратным знаком. Как энтропия системы выражает степень ее неупорядоченности, так информация дает меру ее организации. Так, понята информация составляет внутреннее достояние системы, процесса самого по себе, и может быть названа структурной информацией.

Математическая модель – способ описания операции, позволяющий исследовать ее с помощью математических методов.

Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях между собой, которые образуют определенную целостность, единство. Для систем характерно не только наличие связей и отношений между образующими ее элементами (определенная организованность), но и неразрывное единство со средой, во взаимоотношениях с которой система выражает свою целостность. Инвариантные аспекты системы определяют ее структуру. Иерархичность, многоуровневость характеризуют строение, морфологию системы и ее поведение, функционирование: отдельные уровни системы обслуживают определенные аспекты ее поведения, а целостное функционирование оказывается результатом взаимодействия всех ее сторон, уровней иерархии. Для большинства систем характерно наличие в них процессов передачи информации и управления. Сложность поведения, функционирования, развитие системного объекта проявляются не только в том, что он, как правило, состоит из большого числа частей, элементов, относительно обобщенных подсистем, богатого многообразия различных связей и отношений. К наиболее сложным типам системы относятся целенаправленные системы, поведение которых подчинено достижению определенной цели, и самоорганизующиеся системы, способные в процессе своего функционирования изменять свою организацию, структуру. Причем для многих систем (как живых, социальных, так и для большинства технических) характерно существование разных по уровню, часто не согласующихся между собой целей, и т.д. Построение системы организации и управления производством потребовало разработки строгих формальных дефиниций понятия системы. Такие определения строятся с помощью языков теории множеств, математической логики, кибернетики и т.д. Однако каждое такое формальное определение выражает лишь определенный ас-

пект содержания понятия системы, а общее определение системы во всем многообразии ее сторон может быть достигнуто только в результате построения семейства формальных определений, взаимно дополняющих друг друга.

Система – взаимосвязанный объект, объединенный общей целью.

Машинное моделирование [computer – aided engineering] – компоненты системы автоматического проектирования (САПР), связанные с моделированием функционирования проектируемого объекта с помощью средств вычислительной техники (СВТ).

Программное моделирование [software simulation] – 1) моделирование поведения устройства или системы с помощью программы. Разработаны специальные языки моделирования; 2) моделирование работы программного обеспечения.

Семантическое моделирование (моделирование семантики) [semantic simulation] – разработка и применение методов более полной передачи содержания данных (раздельным формальным способом) при сохранении независимости от реализации.

Модель [model, simulator] – материальный объект, система математических зависимостей или программа, имитирующие структуру или функционирование исследуемого объекта. Основное требование к модели – ее адекватность объекту.

Алгоритмическая модель [algorithmic model] – комплекс алгоритмов, описывающих функционирование систем.

Аналитическая модель [analytical model] – математическое представление системы или отдельных ее компонентов.

Аналитическая модель языка [analytical language model] – математическая модель языка, которая строится на базе зафиксированного множества речевых цепочек так, что на основе анализа поведения отдельных элементов в заданных цепочках формируются отношения между этими элементами с целью представить систему языка как набор таких отношений.

Модель данных [data model] – совокупность правил порождения структур данных в базе данных, операций над ними, а также ограничений целостности, определяющих допустимые связи и значения данных, последовательность их изменения; представление данных и отношений между ними математическими и программными средствами; формализованное описание информационных структур и операций над ними.

Идеальная модель [ideal model] – воображаемая модель, построенная с помощью идеальных образов предметов и явлений на основе чисто функциональной аналогии. Различают наглядно образные и знаковые идеальные модели.

Функциональная модель [functional simulator] – 1) модель, имитирующая внешние проявления прототипа, но возможно имеющая другую внутреннюю структуру; 2) математическое описание функциональной структуры системы с учетом определяющих прагматических процедур.

Иерархическая модель данных [hierarchical data model] – модель данных, в основе которой лежит граф типа «дерево». Вершине дерева соответствует тип записи, дуге – отношение между двумя типами записей.

Имитационная модель [simulated model] – алгоритм или программа, имитирующие функционирование системы.

Инфологическая (информационно-логическая) модель [information-logical model] – модель предметной области, определяющая совокупность информационных объектов, их атрибутов и отношений между объектами, динамику изменений предметной области, а также характер информационных потребностей пользователей. Создается по результатам предпроектного обследования предметной области и служит основанием для составления технико-экономического обоснования банка данных и разработки технического задания на его проектирование.

Информационная модель [information model] – 1) то же, что модель данных; 2) параметрическое представление процесса циркуляции информации, подлежащей автоматизированной обработке в системе управления.

Логико-лингвистическая модель [logical linguistic model] – модель знаний, в которой представление знаний основано на учете объектов предметной области, отношений между ними и использовании лингвистических средств. Примерами являются семантические сети и сети фреймов.

Математическая модель [mathematical model] – система математических зависимостей, описывающих структуру или функционирование объекта.

Структурная модель [structured data model] – модель данных, представленная в виде структуры – множества типов данных и связей между ними. Различают иерархические, сетевые и реляционные структуры.

Семантическая модель [semantic model] – представление понятий в семантической памяти в виде графа, в вершинах которого расположены понятия, в терминальных вершинах – элементарные понятия, а дуги пред-

ставляют отношения между понятиями. Примером семантической модели является семантическая сеть.

Эталонная модель соединения открытых систем [reference model of open system] – модель, разработанная Международной организацией по стандартизации и описывающая абстрактные принципы логического и функционального построения распределенных вычислительных систем (сетей ЭВМ). Система имеет семь уровней: прикладной, представительный, сеансовый, транспортный, сетевой, канальный и физический.

Модель языка [language model] – исчисление или алгоритм, который, исходя из конечного набора элементов и правил, может описать бесконечное множество предложений данного языка.

Модем [modem] – функциональное устройство, обеспечивающее модуляцию и демодуляцию сигналов; устройство, преобразующее цифровые сигналы в аналоговую форму и обратно для передачи их по линиям связи аналогового типа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Скучик, Е. Основы акустики : в 2 т. / Е. Скучик ; пер. с нем. А.А. Соседовой, В.П. Глотова ; под ред. Ю.М. Сухаровского. – М. : МИР, 1958. – Т. 1. – 618 с. ; ил.
2. Долматов, А.В. Основы развивающегося образования: Теория, методы, технологии креативной педагогики / А.В. Долматов ; под науч. ред. А.И. Рунеева. – СПб. : ВУС, 1998. – 196 с.
3. Павлов, Л.Н. Работа над диссертацией : пособие для аспирантов / Л.Н. Павлов, А.В. Планс. – СПб. : ПГУПС – ЛИИЖТ, 2002. – 35 с.
4. Корнеева, Т.В. Толковый словарь по метрологии, измерительной технике и управлению качеством. Основные термины: около 7000 терминов / Т.В. Корнеева. – М. : Рус. яз., 1990. – 264 с.
5. Лебедев, С.А. Философия науки: краткая энциклопедия (основные направления, концепции, категории) / С.А. Лебедев. – М. : Академический проект, 2008. – 693 с.
6. Микони, С.В. Теория и практика рационального выбора : моногр. / С.В. Микони. – М. : Маршрут, 2004. – 463 с.
7. Вакман, Д.Е. Вопросы синтеза радиолокационных сигналов / Д.Е. Вакман, Р.М. Седлецкий. – М. : Сов. Радио, 1973. – 312 с.
8. Петухов, Г.Б. Теоретические основы и методы исследования эффективности операционных целенаправленных процессов / Г.Б. Петухов. – М. : МО СССР, 1979. – 176 с.
9. Брахман, Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике / Т.Р. Брахман. – М. : Радио и связь, 1984. – 288 с.
10. Корн, Г. Справочник по математике. Для научных работников и инженеров : пер. с англ. / Г. Корн, Т. Корн ; под общ. ред. Н.Х. Розова. – М. : Наука, 1974. – 832 с.
11. Резников, А.П. Обработка накопленной информации в затруднительных условиях / А.П. Резников. – М. : Наука, 1976. – 242 с.
12. Бард, И. Нелинейное оценивание параметров / И. Бард ; пер. с англ. В.С. Дуженко, Е.С. Фоминой ; под ред. и с предисл. В.Г. Горского. – М. : Статистика, 1979. – 349 с.
13. Воднев, В.Т. Математический словарь высшей школы: Общая часть / В.Т. Воднев, А.Ф. Наумович, Н.Ф. Наумович ; под. ред. Ю.С. Богданова. – 2-е изд. – М. : МТИ, 1988. – 527 с.
14. Толковый словарь математических терминов : пособие для учителей / О.В. Мантуров [и др.] ; под ред. проф. В.А. Диткина. – М. : Просвещение, 1965. – 540 с.
15. Юсупов, Р.М. Научно-методические основы информатизации / Р.М. Юсупов, В.П. Заболонский. – СПб. : Наука, 2000. – 455 с.
16. Железняк, В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам : учеб. пособие / В.К. Железняк. – СПб. : ГУАП, 2006. – 188 с.
17. Железняк, В.К. Маскирование RGB-видеокадров синхронным и адаптивным шумовым RGB-видеокадром / В.К. Железняк, А.В. Барков // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки. – 2013. – № 12. – С. 2–7.
18. Железняк, В.К. Метод оценки защищенности информации преобразованный в цифровую форму / В.К. Железняк, Д.С. Рябенко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки. – 2012. – № 12. – С. 12–19.

19. Росин, М.Ф. Статистическая динамика и теория эффективности систем управления : учебник для вузов / М.Ф. Росин, В.С. Булыгин. – М. : Машиностроение, 1981. – 312 с.
20. Долгов, В.А. Радиоэлектронные автоматические системы контроля. Системный анализ и методы реализации / В.А. Долгов, А.С. Касаткин, В.Н. Сретенский ; под ред. В.Н. Сретенского. – М. : Сов. Радио, 1978. – 384 с.
21. Левин, Б.Р. Вероятностные модели и методы в системе связи и управления / Б.Р. Левин, В. Шварц. – М. : Радио и связь, 1985. – 312 с.
22. Веников, В.А. Теория подобия и моделирования / В.А. Веников. – М. : Высш. шк., 1966.
23. Ермаков, С.М. Математическая теория оптимального эксперимента : учеб. пособие / С.М. Ермаков, А.А. Жиглявский. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. – 320 с.
24. РГМ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 46 с.
25. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Сов. энциклопедия, 1985. – 1600 с.
26. Романовский, В.И. Теория ошибок / В.И. Романовский ; гл. ред. О.Ю. Шмидт. – М. : Большая советская энциклопедия. Гос. Ин-т «Советская энциклопедия» АГИС РСФСР, 1939. – Т. 43. – С. 726–727.
27. Данилов, Н.И. Единицы измерений. Справочник для преподавателей-физиков / Н.И. Данилов. – М. : Гос. учеб.-пед. изд-во М-ва просвещения РСФСР, 1961. – 304 с.
28. Бурдун, Г.Д. Основы метрологии : учеб. пособие для вузов / Г.Д. Бурдун, Б.Н. Марков ; под ред. проф. Г.Д. Бурдуна. – 2-е изд., доп. – М. : Изд-во стандартов, 1975. – 336 с.
29. Горохов, П.К. Толковый словарь по электронике. Основные термины: около 6000 терминов / П.К. Горохов. – М. : Рус. яз., 1993. – 246 с.
30. Большая советская энциклопедия / гл. ред.: О.Ю. Шмидт, П.А. Флоренский. – М. : Советская энциклопедия, 1928. – Т. VIII. – 651 с.
31. Кузнецов, В.А. Общая метрология / В.А. Кузнецов, Г.В. Ялунина. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 272 с.
32. Основные термины в области метрологии : Словарь-справочник. Более 400 терминов / М.Ф. Юдин [и др.] ; под ред. Ю.В. Тарбеева. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 113 с.
33. Пиотровский, Я. Теория измерений для инженеров : пер. с пол. / Я. Пиотровский. – М. : Мир, 1989. – 335 с.
34. Биргер, И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – Машиностроение, 1978. – 240 с.
35. Петухов, Г.Б. Теория эффективности направленных процессов : учеб. для вузов / Г.Б. Петухов. – М. : Изд-во МО СССР, 1989. – 660 с.
36. Кошечая, Л.А. Обеспечение единства испытаний. Концептуальные основы : моногр. / Л.А. Кошечая ; под науч. ред. Е.Т. Володарского. – Киев : Изд-во Нац. авиационного ун-та «Наудрук», 2009. – 176 с.
37. Володарский, Е.Т. Планирование и организация измерительного эксперимента / Е.Т. Володарский, Б.Н. Малиновский, Ю.Н. Туз. – Киев : Высш. шк., 1987. – 280 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ – ТРЕБОВАНИЕ ВРЕМЕНИ .....	5
ТВОРЧЕСТВО. ТВОРЧЕСКАЯ СПОСОБНОСТЬ .....	5
ОСНОВА НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ .....	7
КРИТЕРИЙ ИСТИННОСТИ ЗНАНИЯ .....	8
ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	13
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ .....	24
ИНФОРМАЦИЯ.....	26
СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫЕ .....	27
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД .....	30
ОБЪЕКТ ИНФОРМАТИЗАЦИИ.....	34
ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	35
МОДЕЛИРОВАНИЕ .....	38
МОДЕЛИ .....	39
ОЦЕНИВАНИЕ .....	43
КАЧЕСТВО .....	45
ИНФОРМАЦИЯ.....	45
МЕТОД НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....	47
МЕТОД.....	50
МЕТОДОЛОГИЯ.....	52
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИИ И ИЗМЕРЕНИЯХ .....	53
МЕТРОЛОГИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ.....	58
СТАНДАРТИЗАЦИЯ .....	66
ПЕРЕЧЕНЬ.....	69
ГЛОССАРИЙ.....	71
ЛИТЕРАТУРА .....	85

*Учебное издание*

ЖЕЛЕЗНЯК Владимир Кириллович  
БАРКОВ Александр Владимирович  
РЯБЕНКО Денис Сергеевич

## МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Пособие для магистрантов и аспирантов

Редактор О. П. Михайлова  
Дизайн обложки Н. В. Рожко

Подписано в печать 21.12.2018. Формат 60×84 1/16. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 5,11. Уч.-изд. л. 4,12. Тираж 30 экз. Заказ 1492.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

ЛИ 02330/0548568 от 26.06.2009      ЛП № 02330/0494256 от 27.05.2009

211440 г. Новополоцк, ул. Блохина, 29