

Лекция 3 ПЛАНИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Методика и планирование эксперимента
2. Моделирование научных исследований

Вопрос 1

Процесс выполнения научно-исследовательской работы включает в себя шесть этапов.

1. Формулирование темы. На этом этапе предполагается общее знакомство с научной темой или проблемой, по которой предстоит выполнить работу и предварительное ознакомление с литературой, после чего формулируется тема исследования. Затем составляется план, разрабатывается техническое задание и определяется ожидаемый экономический эффект.

2. Формулирование цели и задач исследований. Этот этап включает подбор литературы и составление библиографических списков, проведение патентных исследований по теме НИР, составление аннотации источников и анализ обработанной информации. В заключении ставится цель и задача исследования.

3. Теоретические исследования. При выполнении этого этапа предполагается изучение физической сущности явления, формирование гипотез, выбор и обоснование физической модели. Затем производится математизация и анализ модели и полученных решений.

4. Экспериментальные исследования. После разработки цели и задачи экспериментального исследования производится планирование эксперимента, разрабатываются методики его проведения и выбор средств измерения. Заканчиваются экспериментальные исследования проведением серии экспериментов и обработкой полученных результатов.

5. Анализ и оформление научных исследований. На этом этапе производится сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными и анализ расхождений. Затем уточняются теоретические модели и проводятся дополнительные эксперименты, на основе которых становится возможным превращение гипотез в теорию. Научные работы на данном этапе завершаются формулированием научных выводов и составлением научно-технического отчета.

6. Внедрение результатов исследования в производство, определение экономического эффекта. Каждое теоретическое исследование требует больших затрат умственного труда, поэтому здесь могут быть и неудачи. Экспериментальная часть является наиболее трудоемкой и материалоемкой, особенно когда возникает необходимость в повторных исследованиях.

Правильная разработка методики эксперимента имеет особое значение. Методика – это совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой до-

стигается цель исследования. При разработке методики проведения эксперимента необходимо предусматривать:

- проведение предварительного целенаправленного наблюдения над изучаемым объектом или явлением с целью определения его исходных данных (выбор варьирующих факторов, гипотез;
- создание оптимальных условий, в которых возможно экспериментирование (подбор объектов для экспериментального воздействия, устранение влияния случайных факторов);
- систематическое наблюдение за ходом развития изучаемого явления и точные описания фактов;
- определение пределов измерений;
- проведение систематической регистрации измерений и оценок фактов различными способами и средствами;
- создание перекрестных воздействий, повторяющихся ситуаций, изменение условий и их характера;
- создание усложненных ситуаций с целью подтверждения или опровержения ранее полученных данных;
- переход от эмпирического изучения к логическим обобщениям, анализу и теоретической обработке полученного фактического материала.

Правильно разработанная методика экспериментального исследования предопределяет его ценность. Поэтому разработка, выбор, определение методики должно проводиться особенно тщательно. Исследователь при выборе методики эксперимента должен удостовериться в ее практической пригодности. В методике подробно разрабатывается процесс проведения эксперимента, составляется последовательность проведения наблюдений и операций измерений, детально описывается каждая операция в отдельности с учетом выбранных средств для проведения эксперимента, обосновываются методы контроля качества операций, обеспечивающие при минимальном (установленном ранее) количестве измерений их заданную точность и высокую надежность. Не менее важным разделом методики является выбор методов обработки и анализа экспериментальных данных. Обработка данных сводится к систематизации всех цифр, классификации и анализу. Результаты экспериментов должны быть сведены в графики, формулы, таблицы, позволяющие качественно и быстро сопоставлять, и анализировать полученные результаты. Все переменные должны быть оценены в единой системе единиц физических величин. Особое внимание в методике должно быть уделено математическим методам обработки и анализу данных, например, аппроксимации связей между варьирующими характеристиками, установлению эмпирических зависимостей, установлению различных критериев. Диапазон чувствительности или нечувствительности критериев должен быть стабилизирован. При разработке плана-программы эксперимента всегда необходимо стремиться к его упрощению без потери достоверности и точности. По своему объему эксперименты могут быть различными. В лучшем случае достаточно лабораторного, в худшем приходится проводить серию исследований: полигонных, поисковых или предварительных, лабораторных. На проведение любого экспери-

мента затрачивается большое количество ресурсов, производится множество наблюдений и измерений. Иногда может оказаться, что выполнено много лишнего и ненужного. Чаще это вызвано тем, что экспериментатор нечетко обосновал цель и задачи эксперимента. Поэтому важно, прежде чем приступить к проведению эксперимента, правильно и четко разработать его методологию. В последнее время исследователи чаще стали применять математическую теорию эксперимента, которая позволяет значительно уменьшить объем работы и повысить точность исследования. Методология эксперимента в этом случае включает такие этапы:

- разработка плана-программы;
- оценка измерений и выбор средств для проведения эксперимента;
- математическое планирование эксперимента с одновременным проведением эксперимента;
- обработка и анализ полученных данных.

Таким образом, методика эксперимента – это система различных способов или приемов для последовательного и наиболее эффективного осуществления эксперимента. Каждый экспериментатор должен составить план или программу проведения эксперимента, который включает:

- постановку цели и задач эксперимента;
- обоснование объема эксперимента, числа опытов;
- выбор варьируемых факторов;
- определение последовательности изменения факторов;
- порядок реализации опытов;
- выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками;
- описание проведения эксперимента;
- обоснование средств измерений;
- обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Кроме перечисленных выше пунктов план эксперимента включает:

- наименование темы исследования;
- рабочую гипотезу, методику эксперимента, перечень необходимых материалов, приборов, установок; список исполнителей, календарный план и смету.

Таким образом, проведение эксперимента – это важнейший и наиболее трудоемкий этап, при его выполнении очень важна последовательность проведения опыта. Ведение журнала, в котором фиксируются все характеристики исследуемого процесса и результаты наблюдений, является обязательным требованием проведения эксперимента. Также одновременно с проведением эксперимента исполнитель должен проводить предварительную обработку результатов и их анализ. Планирование эксперимента необходимо производить в наиболее короткий срок и с наименьшими затратами, получая при этом достоверную и точную информацию. Этого можно достигнуть при планировании определенных правил, которые учитывают вероятностный характер результатов измерений и наличие внешних помех, которые могут воздействовать на изучаемый объект.

Все факторы, определяющие процесс, изменяются одновременно по специальным правилам, а результаты эксперимента представляются в виде математической модели, обладающей некоторыми статическими свойствами. Таким образом, можно выделить несколько этапов планирования эксперимента:

- сбор и анализ собранной информации;
- выбор входных и выходных переменных, области экспериментирования;
- выбор математической модели, при помощи которой будут представляться экспериментальные данные;
- план эксперимента и выбор критерия оптимальности;
- проведение анализа данных и определение метода;
- проведение эксперимента;
- проверка статических предпосылок для полученных экспериментальных данных;
- обработка полученных результатов;
- интерпретация и рекомендации по использованию полученных результатов.

В процессе сбора и анализа собранной и обработанной информации устанавливают и анализируют все известные данные об изучаемом процессе или объекте, какие факторы и как влияют на состояние процесса или объекта, их взаимосвязь, возможные пределы изменения и т.д. Основные требования для выбора входных факторов это возможность установления нужного значения данного фактора и поддержание его в течение всего опыта.

Вопрос 2

Аналитические методы исследований с использованием экспериментов. Любые физические процессы можно исследовать аналитически или экспериментально. Аналитические зависимости являются математической моделью физических процессов. Такая модель может быть представлена в виде уравнения или системы уравнений, функции и т.д.

Но математическим моделям присущи серьезные недостатки:

1. Для проведения достоверного опыта требуется установление краевых условий. Ошибка в их определении приводит к видоизменению исследуемого процесса.
2. Часто отыскать аналитические выражения, отражающие исследуемый процесс затруднительно или вообще невозможно.
3. При упрощении математической модели(допущения) искажается физическая сущность процесса.

Экспериментальные методы исследований позволяют более глубоко и детально изучить исследуемый процесс. Однако результаты эксперимента не могут быть перенесены на другой процесс, близкий по физической сущности. Это связано с тем, что результаты любого эксперимента отражают индивидуальные особенности лишь исследуемого процесса. Из опыта еще нельзя

определить, какие факторы оказывают решающее влияние на процесс, если изменять различные параметры одновременно.

Это означает, что при экспериментальном исследовании каждый конкретный процесс должен быть исследован самостоятельно. Экспериментальные методы позволяют установить частные зависимости между переменными в строго определенных интервалах их изменения.

Таким образом, аналитические и экспериментальные методы имеют свои достоинства и недостатки, и это затрудняет решение практических задач. Поэтому сочетание положительных сторон обоих методов является перспективным и интересным.

Методы системного анализа. Системный анализ – это совокупность методов и приемов для изучения сложных объектов – систем, которые представляют собой сложную совокупность взаимодействующих между собой элементов. Суть системного анализа заключается в выявлении связей между элементами системы и установлении их влияния на поведение системы в целом. Системный анализ обычно складывается из четырех этапов:

1. Постановка задачи. Определяют цели, задачи исследования и критерии для изучения процесса. Это очень важный этап. Неправильная или неполная постановка целей может свести на нет всю последующую работу.

2. Очерчивание границы системы и определение ее структуры. Все объекты и процессы, имеющие отношение к поставленной цели, разбивают на два класса: собственно систему и внешнюю среду. Различают замкнутые и разомкнутые. Влиянием внешней среды в замкнутой системе можно пренебречь. Затем выделяют структурные части системы и устанавливают взаимодействие между ними и внешней средой.

3. Составление математической модели системы. Сначала определяют параметры элементов и затем используют тот или иной математический аппарат (линейное программирование, теория множеств и др.).

4. Теоретические исследования. При проведении любого теоретического исследования преследуются несколько целей:

- обобщение результатов всех предшествующих исследований и нахождение общих закономерностей путем обработки и интерпретации этих результатов и опытных данных;

- изучение объекта, недоступного непосредственному исследованию;

- распространение результатов предшествующих исследований на ряд подобных объектов без повторения всего объема исследований;

- повышение надежности объекта экспериментального исследования.

Теоретические исследования начинаются с разработки рабочей гипотезы и моделирования объекта исследования и завершаются формированием теории. Теория проходит в своем развитии путь от количественного измерения параметров объекта и качественного объяснения происходящих процессов до их формализации в виде методик, правил или математических уравнений.

В основе создания любой модели лежат допущения, принимающиеся с целью отсева незначительных факторов, которыми можно пренебречь без существенного искажения условий задачи. При этом исследователь должен

четко представлять соответствие принятой модели реальному объекту, поскольку необоснованное принятие допущений может привести к грубейшим ошибкам при проведении исследований. Но учет большого числа факторов, действующих на объект, может привести к сложным аналитическим зависимостям, которые не поддаются анализу.

Теоретические исследования включают в себя несколько характерных этапов:

- анализ физической сущности процессов и явлений;
- формулирование гипотезы исследования;
- построение физической модели;
- математическое исследование;
- анализ и обобщение теоретических исследований;
- формулирование выводов.

Процесс теоретических исследований сопровождается непрерывными постановкой и решением разнообразных задач, связанных с выявлением противоречий в принятых теоретических моделях.

Любая задача содержит исходные условия, определенные информационной системой, и требования, то есть цель, к которой нужно стремиться при ее решении. Исходные условия и требования задачи постоянно находятся в противоречии, и в процессе ее решения их приходится неоднократно сопоставлять и уточнять до тех пор, пока не будет получено решение задачи.

При проведении теоретических исследований в технических науках, как правило, стремятся к математической формализации выдвинутых гипотез и полученных выводов, используя при этом различные математические методы. Процесс математической формализации задачи

включает несколько стадий:

- математическая формулировка задачи;
- математическое моделирование;
- метод решения;
- анализ полученного результата.

Математическая модель представляет собой систему математических соотношений (функций, уравнений, формул, систем уравнений), описывающих те или иные стороны изучаемого объекта.

Первый этап математического моделирования включает в себя постановку задачи, определение объекта и целей исследования, задание критериев изучения объекта и управления им, установление границ его области влияния, то есть области значимого взаимодействия с внешними объектами. Внутри этой области объект может рассматриваться как замкнутая система с установленными начальными и граничными условиями решения задачи.

Выбор типа модели осуществляется на следующем этапе математического моделирования. Иногда строят несколько моделей одного и того же объекта и выбирают наиболее правильную сравнивая результаты исследования с реальным объектом.

При выборе типа математической модели объекта по экспериментальным данным устанавливают степень его детерминированности, то есть ста-

тичность или динамичность, стационарность или нестационарность, линейность или нелинейность.

Обычно теоретические исследования выполняют методом моделирования, т.е. изучения явления с помощью модели. Модель – искусственная система, отображающая основные свойства изучаемого объекта, то есть оригинала. При математическом моделировании физика явлений может быть различной, но математические зависимости одинаковы. При физическом моделировании физика явлений в объекте и модели и их математические зависимости одинаковы.

При изучении сложных процессов часто применяют математическое моделирование. При построении модели изучаемый объект и его свойства обычно упрощают. Однако надо иметь в виду, что чем ближе модель к оригиналу, тем ближе полученные при теоретическом исследовании результаты к действительным.

Модели могут быть физическими, математическими и натуральными.

Физические модели позволяют наглядно представить протекающие процессы в природе и исследовать влияние отдельных параметров на их свойства. Математические модели позволяют количественно использовать явления, трудно поддающиеся изучению на физических моделях.

Натуральные модели представляют собой масштабно-измененные объекты, они позволяют наиболее полно исследовать процессы, протекающие в натуральных условиях.

Модель должна отображать существенные явления процесса и быть оптимальной. Излишняя детализация усложняет модель и затрудняет теоретические исследования, делая их более громоздкими. Но в то же время слишком упрощенная модель не обеспечивает требуемую адекватность и точность. Изучить и проанализировать явление более полно можно лишь при условии, что его модель представлена описаниям физической сущности и имеет математический вид.

Теоретические исследования при изучении моделей значительно ускоряет компьютер. Применение компьютера для моделирования оказывается полезным, если аналитическими методами невозможно установить количественную связь между входящими и выходящими параметрами, а получение эмпирической зависимости сопряжено с большими затратами.

Процесс моделирования на компьютере содержит пять этапов:

- 1) выделение основных факторов и характеристик процессов и описание взаимосвязи между ними с помощью математических уравнений;
- 2) преобразование математического описания к виду, удобному для ввода в компьютер;
- 3) составление программы для компьютера;
- 4) анализ полученных результатов;
- 5) сопоставление этих результатов с опытными.

Также моделирование можно осуществлять с помощью компьютерных программ.