

ЛЕКЦИЯ 3

3. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

План лекции

- 3.1. Наблюдение
- 3.2. Сравнение и измерение
- 3.3. Эксперимент
- 3.4. Индукция и дедукция
- 3.5. Анализ и синтез
- 3.6. Абстрагирование и формализация

Наука включает в себя методы исследования. *Метод* – это совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности, подчиненных решению конкретной задачи.

Любая научная теория, объясняя характер тех или иных процессов действительности, всегда связана с определенным частным методом исследования. Опираясь на общие и частные методы исследования, ученый получает ответ на то, с чего надо начинать исследования, как относиться к фактам, как обобщать, каким путем идти к выводам.

Методы научного исследования – это не привилегия профессиональных научных работников. В той или иной мере они необходимы в жизненной практике самым разным людям (например, в связи с распространением научных методов управления, научной организацией общественной жизни).

В соответствии с двумя взаимосвязанными уровнями научного познания (эмпирическим и теоретическим) различают эмпирические методы научных исследований (наблюдение, описание, сравнение, измерение, эксперимент, индукция и др.), с помощью которых осуществляется накопление, фиксация, обобщение и систематизация опытных данных, их статистическая обработка, и теоретические (анализ и синтез, аналогия и моделирование, идеализация, дедукция и др.); с их помощью формируются законы науки, теории.

В процессе научного исследования целесообразно использовать многообразные методы, а не ограничиваться каким-то одним.

3.1. Наблюдение

Наблюдение – это целенаправленное систематическое восприятие объекта, доставляющее первичный материал для научного исследования. Наблюдение – это метод познания, при котором объект изучают без вмешательства в него. Целенаправленность – важнейшая характеристика наблюдения. Наблюдение характеризуется также систематичностью, которая выражается в восприятии объекта многократно и в разных условиях, планомерностью, исключающий пробелы в наблюдении, и активностью наблюдателя, его способностью к отбору нужной информации, определяемой целью исследования.

Непосредственные наблюдения в истории науки постепенно сменились наблюдениями с помощью все более совершенных приборов – телескопов, микроскопов, фотокамер и т.п. Затем появился еще более опосредованный метод наблюдений. Он позволил не только приближать, увеличивать или запечатлевать изучаемый объект, но и преобразовывать информацию, недоступную нашим органам чувств, в доступную для них форму. В этом случае прибор-посредник играет роль не только "посыльного", но и "переводчика". Так, например, радиолокаторы трансформируют улавливаемые радиолучи в световые импульсы, которые могут видеть и наши глаза.

Как метод научного исследования наблюдение дает исходную информацию об объекте, необходимую для его дальнейшего исследования.

3.2. Сравнение и измерение

Важную роль в научных исследованиях играют сравнение и измерение. *Сравнение* представляет собой метод сопоставления объектов с целью выявления сходства или различия между ними. *Сравнение* – это операция мышления, посредством которой классифицируется, упорядочивается и оценивается содержание действительности. При сравнении производят попарное сопоставле-

ние объектов в целях выявления их отношений, сходственных или отличительных признаков. Сравнение имеет смысл только применительно к совокупности однородных предметов, образующих класс. Сравнимость предметов в классе осуществляется по признакам, существенным для данного рассмотрения; при этом предметы, сравниваемые по одному признаку, могут быть не сравнимыми по другому. Например, автомобильные двигатели сравнимы между собой по эффективной мощности, числу цилиндров, но далеко не все из них можно сравнивать по углу опережения впрыска топлива, дымности отработавших газов.

Измерение – это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Целью измерения является получение информации об исследуемом объекте.

Измерение может проводиться в следующих случаях:

- в чисто познавательных задачах, в которых осуществляется всестороннее изучение объекта, без четкого сформулированных идей по применению получаемых результатов в прикладной деятельности;
- в прикладных задачах, связанных с выявлением определенных свойств объекта, существенных для вполне конкретного применения.

Теорией и практикой измерения занимается метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Для точных наук характерна органическая связь наблюдений и экспериментов с нахождением числовых значений характеристик исследуемых объектов. По образному выражению Д. И. Менделеева, «наука начинается с тех пор, как начинают измерять».

Любое измерение может быть осуществлено в том случае, если имеются следующие элементы: *объект измерения*, свойство или состояние которого характеризует *измеряемая величина*; *единица измерения*; *способ измерения*; *технические*

средства измерения, проградуированные в выбранных единицах; наблюдатель или регистрирующее устройство, воспринимающее результат.

Различают прямое и косвенное измерения. При первом из них результат получают непосредственно из измерения (например, измерение длины линейкой, массы с помощью гирь). Косвенные измерения базируются на использовании известной зависимости между искомым значением величины и значениями непосредственно измеряемых величин.

3.3. Эксперимент

Важнейшей составной частью научных исследований является эксперимент. Более 2/3 всех трудовых ресурсов науки затрачивается на эксперименты. Основой эксперимента является научно поставленный опыт (опыты) с точно учитываемыми и управляемыми условиями, позволяющими следить за его ходом, управлять им, воссоздавать его каждый раз при повторении этих условий. Само слово эксперимент происходит от лат. *experimentum* – проба. Под опытом понимают воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов. Опыт – отдельная элементарная часть эксперимента.

От обычного, обыденного пассивного наблюдения эксперимент отличается активным воздействием исследователя на изучаемое явление.

В научном языке и исследовательской работе термин «эксперимент» обычно используется в значении, общем для целого ряда сопряженных понятий: опыт, целенаправленное наблюдение, воспроизведение объекта познания, организация особых условий его существования. В это понятие вкладывается научная постановка опытов и наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явлений и воссоздавать его каждый раз при повторении этих условий.

Основной *целью* эксперимента являются выявление свойств исследуемых объектов и проверка справедливости гипотез

При проведении экспериментальных исследований могут решаться *две основные задачи*:

1. Выявление количественных закономерностей, устанавливающих отношение между переменными, которые описывают объект исследования.
2. Нахождение значений переменных, обеспечивающих оптимальный (по определенному критерию) режим функционирования объекта.

Различают натурный и модельный эксперимент. Если первый ставится непосредственно с объектом, то второй – с его заместителем – моделью. В настоящее время наиболее распространенными типами моделей являются математические, а эксперименты, проводимые на таких моделях называются вычислительными.

Для проведения эксперимента любого типа необходимо:

- разработать гипотезу, подлежащую проверке;
- создать программы экспериментальных работ;
- определить способы и приемы вмешательства в объект исследования;
- обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ;
- разработать пути и приемы фиксирования хода и результатов эксперимента; подготовить средства эксперимента (приборы, установки и т. п.);
- обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

Особое значение имеет правильная разработка методики эксперимента. *Методика* – это совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования.

Перед каждым экспериментом составляется его программа, которая включает:

- цель и задачи эксперимента; выбор варьируемых факторов (входных переменных);
- обоснование объема эксперимента, числа опытов;
- определение последовательности изменения факторов;

- выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками;
- обоснование средств измерений;
- описание проведения эксперимента;
- обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Перед экспериментом надо выбрать варьируемые факторы, т.е. установить основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс, проанализировать расчетные (теоретические) схемы процесса. Основным принципом установления степени важности характеристики является ее роль в исследуемом процессе.

Необходимо также обосновать набор *средств измерений* (приборов), машин, аппаратов. В первую очередь следует использовать стандартные, серийно выпускаемые машины и приборы, работа на которых регламентируется инструкциями, ГОСТами и другими официальными документами. Методы измерений должны базироваться на законах специальной науки – метрологии, изучающей средства и методы измерений.

При экспериментальном исследовании одного и того же процесса (наблюдения и измерения) повторные отсчеты на приборах, как правило неодинаковы. Отклонения объясняются различными причинами – неоднородностью свойств изучаемого тела (материал, конструкция и т.д.), несовершенностью приборов и классов их точности, субъективными особенностями экспериментатора и др. Чем больше случайных факторов, влияющих на опыт, тем больше расхождения цифр, получаемых при измерениях, т. е. тем больше отклонения отдельных измерений от среднего значения. Это требует повторных измерений, а следовательно, необходимо знать их минимальное количество. Под потребным минимальным количеством измерений понимают такое количество измерений, которое в данном опыте обеспечивает устойчивое среднее значение измеряемой величины, удовлетворяющее заданной степени точности. Установление потребного минимального количества измерений имеет большое значение,

поскольку обеспечивает получение наиболее объективных результатов при минимальных затратах времени и средств.

Важным разделом методики является выбор методов обработки и анализа экспериментальных данных. Обработка данных сводится к систематизации всех цифр, классификации, анализу. Результаты экспериментов должны быть сведены в удобочитаемые формы записи – таблицы, графики, формулы, позволяющие быстро и качественно сопоставлять полученное и проанализировать результаты. Все переменные величины должны быть оценены в единой системе единиц физических величин.

Нередко работа экспериментатора настолько хаотична и неорганизована, а ее эффективность так мала, что полученные результаты не в состоянии оправдать даже тех средств, которые были израсходованы на проведение опытов. Поэтому вопросы организации эксперимента, снижения затрат на его проведение и обработку полученных результатов являются достаточно актуальными.

Современные методы планирования эксперимента и обработки его результатов, разработанные на основе теории вероятностей и математической статистики, позволяют:

- существенно (зачастую в несколько раз) сократить число необходимых для проведения опытов;
- сделать работу экспериментатора более целенаправленной и организованной,
- существенно повысить как производительность его труда, так и надежность получаемых результатов.

3.4. Индукция и дедукция

Индукция – это вид обобщения, заключающийся в переходе от знания отдельных фактов и от менее общего знания к более общему знанию. При индуктивном способе исследования по частным фактам и явлениям устанавливаются

общие принципы и законы. Так, например, Д.И. Менделеев, используя частные факты о химических элементах, сформулировал периодический закон.

Процесс индукции обычно начинается со сравнения и анализа данных наблюдений и экспериментов. По мере расширения множества этих данных может выявиться регулярная повторяемость какого-либо свойства или отношения. Наблюдаемая в опытах многократность повторения при отсутствии исключений внушает уверенность в универсальности явления и приводит к индуктивному обобщению – предположению, что именно так будет обстоять дело и во всех сходных случаях.

Дедукция — это операция мышления, заключающаяся в том, что новые знания выводятся на основании знаний более общего характера, полученных ранее путем обобщения наблюдений, опытов, практической деятельности, т. е. с помощью индукции. При применении дедуктивного метода частные положения выводятся из общих закономерностей, аксиом и т. д. Так, например, на основе общих законов механики получают уравнения движения автомобиля.

Этот способ определяет конечный результат исследования, базирующийся на определенных известных логических связях, за пределами которых он не может быть использован. Недостатком дедуктивного способа исследования являются ограничения, вытекающие из общих закономерностей, на основе которых исследуется частный случай. Чтобы всесторонне исследовать движение автомобиля, недостаточно знать лишь законы механики, необходимо применить и другие принципы, вытекающие из анализа системы: «водитель – автомобиль – внешняя среда».

Индукция и дедукция тесно связаны между собой и дополняют одна другую. Например, научный работник, обосновывая гипотезу научного исследования, устанавливает ее соответствие общим законам естествознания (дедукция). В то же время гипотезу формулируют на основе частных фактов (индукция).

3.5. Анализ и синтез

Анализ (от греческого analysis — разложение): метод, применяя который исследователь мысленно разъединяет изучаемый объект на различные компоненты (как части, так и элементы), уделяя особое внимание связям между ними. Анализ необходимо связывать с синтезом.

Синтез (от греческого synthesis — соединение): применяя этот метод, исследователь мысленно объединяет различные компоненты (как части, так и элементы) изучаемого объекта в единую систему. Синтез необходимо связывать с анализом.

Методы анализа и синтеза одинаково используют в научных исследованиях. Так, выделяя отдельные элементы (системы и механизмы) при исследовании функционирования двигателя, применяют метод анализа, изучая двигатель как систему состоящую из элементов используют метод синтеза. Метод синтеза позволяет обобщать понятия законы, теории. Операции анализа и синтеза неразрывно связаны друг с другом; каждая из них осуществляется с помощью и посредством другой.

3.6. Абстрагирование и формализация

Абстрагирование — это метод научного исследования, основанный на том, что при изучении некоторого объекта отвлекаются от его несущественных в данной ситуации сторон, признаков. Это позволяет упрощать картину исследуемого явления и рассматривать его в «чистом» виде. Абстрагирование связано с представлением об относительной независимости явлений и их сторон, что позволяет отделить существенные стороны от несущественных. При этом, как правило, производится замещение первоначального предмета исследования другим — эквивалентным, исходя из условий данной задачи. Например, при исследовании работы какого-либо механизма анализируют расчетную схему, которая отображает основные, существенные свойства механизма.

Различают следующие виды абстрагирования:

— отождествление (образование понятий путем объединения предметов, связанных по своим свойствам в особый класс). Т. е. на основе одинаковости

некоторого множества предметов, сходных в некотором отношении, производится построение абстрактного предмета. Например, в результате обобщения-свойства электронных, магнитных, электромашинных, релейных, гидравлических, пневматических устройств усиливать входные сигналы возникла такая обобщенная абстракция (абстрактный предмет), как усилитель. Он является представителем свойств приравненных в определенном отношении разнокачественных предметов.

– изолирование (выделение свойств, неразрывно связанных с предметами). Изолирующая абстракция производится для вычленения и четкой фиксации исследуемого явления. Примером может служить абстракция действительной суммарной силы, действующей на границе подвижного жидкого элемента. Число этих сил, как и число свойств, жидкого элемента, бесконечно. Однако из этого разнообразия можно вычленить силы давления и трения путем мысленного выделения на границе потока элемента поверхности, через которую внешняя среда действует на поток с некоторой силой (причинами возникновения такой силы в данном случае исследователь не интересуется). Мысленно разложив силу на две составляющие, силу давления можно определить как нормальную составляющую внешнего воздействия, а силу трения – как касательную.

– идеализация соответствует цели замещения реальной ситуации идеализированной схемой для упрощения изучаемой ситуации и более эффективного использования методов и средств исследования. Процесс идеализации – это мысленное конструирование понятий об объектах несуществующих и неосуществимых, но имеющих прообразы в реальном мире. Например, идеальный газ, абсолютно твердое тело, материальная точка и т.п. В результате идеализации реальные объекты лишаются некоторых присущих им свойств и наделяются гипотетическими свойствами.

Современный исследователь часто с самого начала ставит задачу упрощения изучаемого явления и построения его абстрактной идеализированной модели. Идеализация выступает здесь как исходный пункт в построении теории.

Критерием плодотворности идеализации является удовлетворительное во многих случаях совпадение теоретических и эмпирических результатов исследования.

Формализация – метод изучения некоторых областей знания в формализованных системах с помощью искусственных языков. Таковы, например, формализованные языки химии, математики, логики. Формализованные языки позволяют кратко и четко фиксировать знания, избегать многозначности терминов естественного языка. Формализацию, основой которой являются абстрагирование и идеализация, можно рассматривать как разновидность моделирования (знаковое моделирование).