

МОДУЛЬ 1 ОСНОВЫ ТЕОРИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Лекция 1. Особливості функціонування та розвитку ПАТ. Технологічні процеси ПАТ

1.1 Цілі та пріоритети розвитку інфраструктури автомобільного транспорту

1.2 Види ПАТ та їх призначення

1.3 Характеристика умов функціонування інфраструктури автомобільного транспорту

1.4 Види технологічних процесів та їх основні характеристики

Цілі та пріоритети розвитку інфраструктури автомобільного транспорту

Метою розвитку транспортної системи є створення умов для соціально-економічного зростання, підвищення конкурентоспроможності національної економіки і життєвого рівня населення завдяки забезпеченню якості транспортних послуг та задоволенню соціальних, зовнішньоторговельних, оборонних та природоохоронних потреб суспільства.

Основними цілями розвитку транспортного сектору економіки України на період до 2020 року є:

розвиток транспортної інфраструктури та модернізація рухомого складу для забезпечення зростаючої мобільності населення та прискорення переміщення товаропотоків;

забезпечення конкурентоспроможності та якості транспортних послуг для економіки;

забезпечення доступності та якості транспортних послуг населенню;

інтеграція до Європейського Союзу і розвиток експорту транспортних послуг;

підвищення ефективності державного управління та розвиток конкурентного середовища;

підвищення екологічності, енергоефективності транспортних процесів та безпеки перевезень пасажирів і вантажів.

Основними пріоритетами Транспортної стратегії держави мають бути:

розвиток транспортної інфраструктури, її модернізація та приведення у відповідність із євростандартами, розбудова мережі міжнародних транспортних коридорів, швидкісних автомобільних доріг та мережі прикордонних пунктів пропуску, а також, зокрема, підготовка транспортної інфраструктури до проведення фінальної частини чемпіонату Європи 2012 року з футболу ;

підвищення державних соціальних стандартів транспортного обслуговування населення;

інтегрування транспортної системи України в європейську та світову;

прискорена адаптація вітчизняного законодавства до європейських норм та стандартів;

впровадження нормативних актів, які відповідають положенням та вимогам міжнародних угод;

розвиток експорту транспортних послуг, ефективна реалізація транзитного потенціалу України, підвищення конкурентоспроможності вітчизняного транспорту на міжнародному ринку транспортних послуг;

поліпшення інвестиційного клімату, залучення інвестицій на умовах концесій, державно-приватного партнерства, удосконалення механізму лізингу транспортних засобів;

створення сприятливих умов, які забезпечуватимуть привабливість транспортної діяльності для залучення приватного, у тому числі іноземного, капіталу;

формування ефективної конкурентної тарифної політики та забезпечення доходної бази підприємств галузі;

здійснення структурних реформ на залізничному, морському транспорті, міському і приміському громадському автотранспорті, у сфері дорожнього господарства з метою підвищення ефективності державного управління;

удосконалення державної системи забезпечення безпеки на транспорті та формування системи державного нагляду за безпекою руху, підконтрольної центральному органу виконавчої влади з питань транспорту та зв'язку, з метою розмежування функцій управління діяльністю та контролю;

стимулювання сталого розвитку транспорту шляхом надання переваги екологічно чистим та енергоефективним видам транспорту, зниження техногенного навантаження транспорту на довкілля, а також шляхом розвитку громадського пасажирського транспорту як альтернативи стрімкій автомобілізації країни.

Види ПАТ та їх призначення

Найбільш доцільним для структуризації АТ скористатися широко використовуваним до середини 90-х років минулого століття підходом розподілу даної інфраструктури на автотранспортні, автообслуговуючі (обслуговуючі транспортний процес і ті, що підтримують та відновлюють технічний стан автотранспортних засобів), авторемонтні підприємства. Враховуючи, що у процесі подолання монопольного положення державної власності і створення ринку транспортних послуг, основними суб'єктами цього ринку стали акціонерні і приватні підприємницькі структури, які за організаційно-правовою формою поділяються на юридичних і фізичних осіб, адаптуємо вказаний підхід до положень закону України про "Про автомобільний транспорт". У результаті інфраструктуру АТ можна представити у вигляді органінограми, наведеної на рисунку 1.

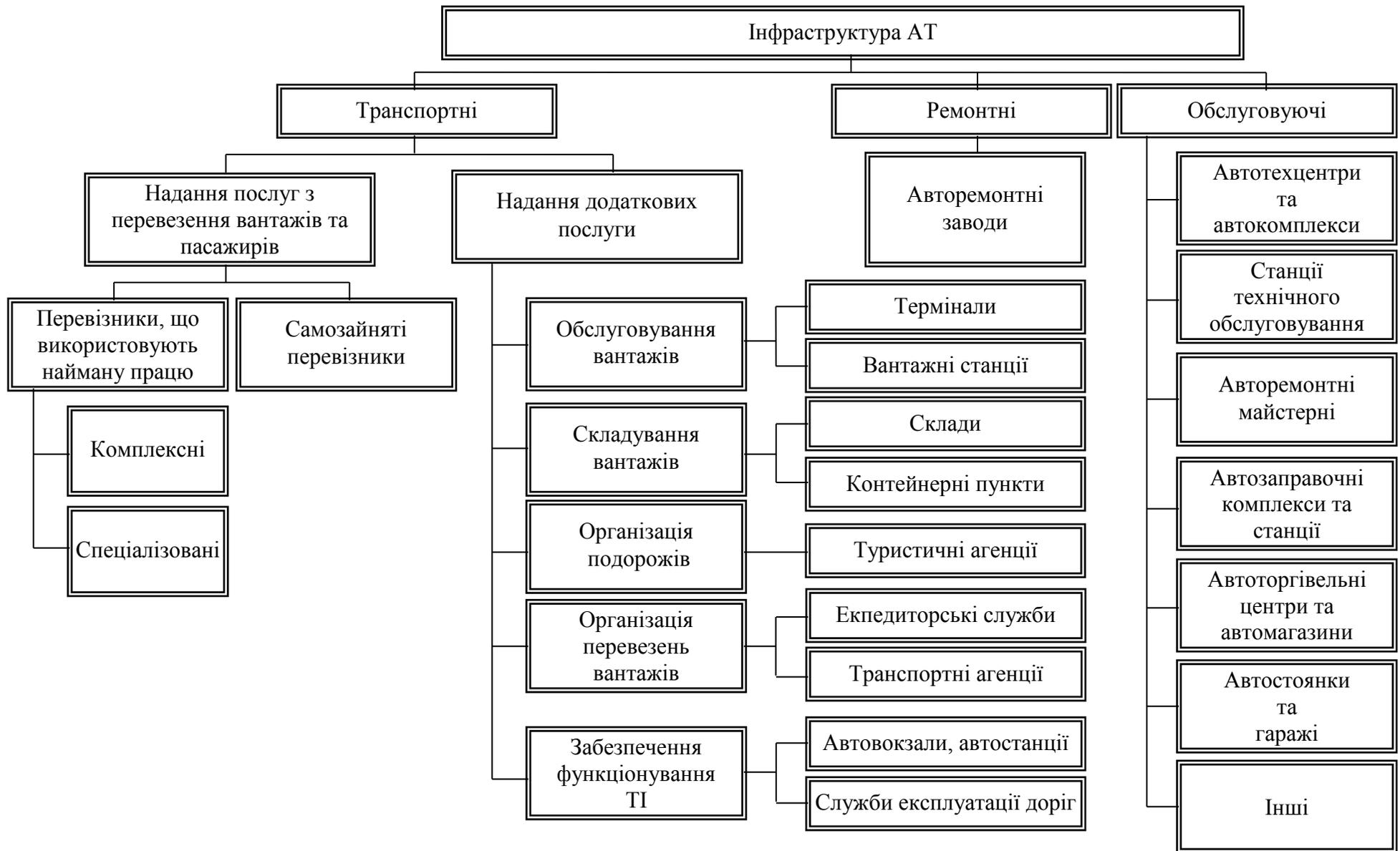


Рисунок 1 – Схема інфраструктури автомобільного транспорту

Характеристика умов функціонування інфраструктури автомобільного транспорту

З переходом від командно-адміністративної системи до системи господарювання, побудованої на ринкових принципах, у галузі автомобільного транспорту відбулися значні структурні зміни. Вони були пов'язані з виходом на ринок транспортних послуг великої кількості приватних перевізників.

Якщо до системи Міністерства автомобільного транспорту України входило понад 900 спеціалізованих підприємств, які здійснювали перевезення пасажирів і вантажів автомобільним транспортом загального користування, то сьогодні у цій сфері діяльності працює близько 55 тис. суб'єктів господарювання усіх форм власності, які отримали ліцензії (за попередніми оцінками ринок транспортних послуг складає понад 100 тис. перевізників).

Таблиця 1.1 – Динаміка основних показників транспортного процесу в Україні

Показники	Одиниці виміру	2000	2002	2004	2006	2008
Перевезення вантажів						
усього	млн. т	938,9	947,3	1027,4	1167,2	1266,6
автопідприємствами	млн.т	99,0	94,3	111,3	124,2	131,4
	%	10,54	9,95	10,83	10,64	10,37
Вантажооборот						
усього	млн.ткм	19281,6	20593,1	28847,1	40566,5	54877,2
автопідприємств	млн.ткм	5832,3	7476,9	10015,7	13148,2	15819,8
	%	30,25	36,31	34,72	32,41	28,83
Перевезення пасажирів						
	млн. пас.	2557	3069	3720	3988	4369
Пасажирооборот	млрд. пас.км	28,8	35,8	47,5	54,0	61,3

Незважаючи на адаптацію автомобільного транспорту до ринкових умов, його загальний стан не можна вважати оптимальним, а рівень розвитку достатнім. Причин такої ситуації декілька.

По-перше, відбувся процес децентралізації системи управління процесами технічного обслуговування (ТО) і ремонту вантажних та пасажирських транспортних засобів, контролю їхнього технічного стану. В період монопольного положення державної власності в АТК на всіх АТП незалежно від їхніх розмірів функціонувало допоміжне виробництво, яке дозволяло здійснювати ТО і поточний ремонт (ПР) автомобілів АТП у повному обсязі. Спеціальними службами здійснювався щоденний контроль технічного стану автомобілів. Капітальний ремонт відповідно до плану виконувався на авторемонтних заводах. Витрати на капітальний повнокомплектний ремонт були значно менше витрат на придбання нової техніки.

По-друге, для малих приватних підприємств, якими є дрібні АТП, та окремих фізичних осіб, що надають транспортні послуги характерні як нестационарні процеси роботи автомобілів, так і нестационарні процеси їх обслуговування. Такі підприємства, як правило, не мають своїх виробничих потужностей для виконання ТО і ремонту автомобілів, які їм належать. Витрати на створення таких потужностей значно перевищують доходи даних АТП. У підсумку ТО і ремонт автомобілів виконується

зусиллями їх власників у зоні їх збереження або, у кращому випадку, на орендованих потужностях більш великих АТП. У такій ситуації забезпечити необхідний рівень технічного стану автомобілів і його контроль практично неможливо.

По-третє, значно знизилася функціональні можливості виробничо-технічної бази (ВТБ) раніше існуючих АТП. Дана база створювалася протягом 70-80-х років і була орієнтована на продукцію вітчизняного автопрома, основу якої складають автомобілі вантажопідйомністю 8 і більш тон. Однак результат сучасного процесу реструктуризації попиту на автомобільні перевезення привів, практично, до паралізації рухливого складу даної вантажопідйомності та до необхідності поповнення парку АТП автомобілями вантажопідйомністю 1,5-3 т. У той же час низькі амортизаційні відрахування, які були здійснені АТП протягом усіх 90-х років, низькі темпи відновлення парку технологічного устаткування, не дозволяють ВТБ гнучко реагувати на зміни структури парку автомобілів АТП.

Четверте, діюча нормативна база не адаптована до сучасних умов експлуатації й обслуговування автомобілів. В умовах ринку максимізація прибутку можлива тільки при задоволенні споживчого попиту. Процес зміни обсягу і структури попиту на перевезення носить випадковий характер, тому основні характеристики як процесу перевезень, так і процесу ТО і ремонту автомобілів мають вірогідний характер. Це стає на перешкоді під час використання нормативів і рекомендацій діючого “Положення про технічне обслуговування і ремонт рухливого складу автомобільного транспорту”. У зв'язку з цим у скрутному стані є розробка плану з ТО і ремонту автомобілів малих підприємств, індивідуальних власників і визначення витрат на підтримку автомобілів у працездатному стані.

Види технологічних процесів та їх основні характеристики

Технологический процесс (ТП) – это упорядоченная последовательность взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения требуемого результата.

Практически любой технологический процесс можно рассматривать как часть более сложного процесса и совокупность менее сложных (в пределе — элементарных) технологических процессов. Элементарным технологическим процессом или технологической операцией называется наименьшая часть технологического процесса, обладающая всеми его свойствами.

Технологические процессы состоят из *технологических (рабочих) операций*, которые, в свою очередь, складываются из *технологических переходов*.

Технологическим переходом называют законченную часть технологической операции, выполняемую с одними и теми же средствами технологического оснащения.

Вспомогательным переходом называют законченную часть технологической операции, состоящей из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Для осуществления техпроцесса необходимо применение совокупности орудий производства – технологического оборудования, называемых средствами технологического оснащения.

В зависимости от применения в производственном процессе для решения одной и той же задачи различных приёмов и оборудования различают следующие *виды техпроцессов*:

– единичный технологический процесс (ЕТП). Разрабатывается индивидуально для конкретной детали.

– типовой технологический процесс (ТТП). Создается для группы изделий, обладающих общностью конструктивных признаков. Разработку типовых технологических процессов осуществляют на общегосударственном и отраслевом уровнях, а также на уровнях предприятия в соответствии с общими правилами разработки технологических процессов.

– групповой технологический процесс (ГТП).

Управление проектированием технологического процесса осуществляется на основе *маршрутных и операционных технологических процессов*.

Технологический процесс обработки данных можно разделить на четыре укрупненных этапа:

– начальный или первичный. Сбор исходных данных, их регистрация (прием первичных документов, проверка полноты и качества их заполнения и т. д.) По способам осуществления сбора и регистрации данных различают следующие виды ТП:

– подготовительный. Прием, контроль, регистрация входной информации и перенос ее на машинный носитель. Различают визуальный и программный контроль, позволяющий отслеживать информацию на полноту ввода, нарушение структуры исходных данных, ошибки кодирования. При обнаружении ошибки производится исправление вводимых данных, корректировка и их повторный ввод.

– основной. Непосредственно обработка информации. Предварительно могут быть выполнены служебные операции, например, сортировка данных.

– заключительный. Контроль, выпуск и передача результатной информации, ее размножение и хранение.

МОДУЛЬ 1 ОСНОВЫ ТЕОРИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Лекция 2. Основы теории систем и системного анализа.

2.1 *Определение системы*

2.2 *Виды систем и их свойства*

2.3 *Состояние и функционирование систем*

2.4 *Методология системного анализа*

Определение системы

В настоящее время нет единства в определении понятия «система». В первых определениях в той или иной форме говорилось о том, что система — это элементы и связи (отношения) между ними. Например, основоположник теории систем Людвиг фон Берталанфи определял систему как комплекс взаимодействующих элементов или как совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой. А. Холл определяет систему как «множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками». Ведутся и в настоящее время дискуссии, какой термин — «отношение» или «связь» — лучше употреблять.

Позднее в определениях системы появляется понятие цели. Так, в «Философском словаре» система определяется как «совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях между собой определенным образом и образующих некоторое целостное единство».

В последнее время в определение понятия системы наряду с элементами, связями и их свойствами и целями начинают включать наблюдателя, хотя впервые на необходимость учета взаимодействия между исследователем и изучаемой системой указал один из основоположников кибернетики У. Р. Эшби. М. Месарович и Я. Такахага в книге «Общая теория систем» считают, что система — «формальная взаимосвязь между наблюдаемыми признаками и свойствами», система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.

В соответствии с задачами системного исследования можно выделить два типа определения системы – дескриптивное и конструктивное.

Дескриптивное (описательное) - определение системы через ее свойства, через внешние проявления. Например, ключ – это предмет, легко открывающий замок.

Конструктивное определение – описание через элементы системы, связанные с основным системообразующим фактором – с функцией. В конструктивном плане система рассматривается как единство входа, выхода и процессора (преобразователя), предназначенных для реализации определенной функции.

Виды систем и их свойства

Системы разделяются на виды по различным признакам, и в зависимости от

решаемой задачи можно выбрать разные принципы классификации. При этом систему можно охарактеризовать одним или несколькими признаками. Чаще всего системы классифицируются следующим образом:

По виду научного направления - математические, физические, химические и т. п.;

По степени определенности функционирования: детерминированные и вероятностные. Детерминированной называют систему, если ее поведение можно абсолютно точно предвидеть. Система, состояния которой зависят не только от контролируемых, но и от неконтролируемых воздействий или если в ней самой находится источник случайности, носит название вероятностной. Приведем пример стохастических систем, это - заводы, аэропорты, сети и системы ЭВМ, магазины, предприятия бытового обслуживания и т.д.

По степени организованности-хорошо организованные, плохо организованные (диффузные), самоорганизующиеся системы.

По происхождению различают системы естественные, созданные в ходе естественной эволюции и в целом не подверженные влиянию человека (клетка), и искусственные, созданные под воздействием человека, обусловленные его интересами и целями (машина).

По основным элементам системы могут быть разделены на абстрактные, все элементы которых являются понятиями (языки, философские системы, системы счисления), и конкретные, в которых присутствуют материальные элементы.

По взаимодействию со средой различают системы замкнутые и открытые. Замкнутая система в процессе своего функционирования использует только ту информацию, которая вырабатывается в ней самой (система кондиционирования воздуха в замкнутом объеме). В открытой системе функционирование определяется как внутренней, так и внешней, поступающей на входы, информацией. Большинство изучаемых систем являются открытыми, т.е. они испытывают воздействие среды и реагируют на него и, в свою очередь, оказывают воздействие на среду.

По степени сложности различают простые, сложные и очень сложные системы. Простые системы характеризуются небольшим числом элементов, связи между которыми легко поддаются описанию (средства механизации, простейшие организмы). Сложные системы состоят из большого числа элементов и характеризуются разветвленной структурой, выполняют более сложные функции. Изменения отдельных элементов и (или) связей влечет за собой изменение многих других элементов. Но все же отдельные конкретные состояния системы могут быть описаны (автоматы, ЭВМ, галактики). Очень сложные системы характеризуются большим числом разнообразных элементов, обладают множеством структур, не могут быть полностью описаны (мозг, хозяйство).

По естественному разделению системы делятся на: технические, биологические, социально-экономические. Технические – это искусственные системы, созданные

человеком (машины, автоматы, системы связи). Биологические – различные живые организмы, популяции, биогеоценозы и т.п. Социально-экономические – системы существующие в обществе, обусловленные присутствием и деятельностью человека (хозяйство, отрасль, бригада и т.п.).

По определению выходных сигналов. Динамические системы характеризуются тем, что их выходные сигналы в данный момент времени определяются характером входных воздействий в прошлом и настоящем (зависит от предыстории). В противном случае системы называют статическими. Примером динамических систем является биологические, экономические, социальные системы; такие искусственные системы как завод, предприятия, поточная линия и т.д.

По изменению во времени. Если вход и выход системы измеряется или изменяется во времени дискретно, через шаг t , то система называется дискретной. Противоположным понятием является понятие непрерывной системы. Например: ЭВМ, электронные часы, электросчетчик - дискретные системы; песочные часы, солнечные часы, нагревательные приборы и т.д. - непрерывные системы.

По типу организации: централизованные (однополюсные, иерархические, биполярные с входным и выходным полюсами); децентрализованные (многополюсные сети, сети без полюсов с различной произвольной топологией; матричные сети с регулярной топологией, сети смешанной топологии: регулярной и произвольной)

По составу функций: одно- или многофункциональные, с постоянным или переменным составом функций;

Объектом изучения системного анализа являются в большинстве своем стохастические открытые сложные и очень сложные системы любого происхождения.

Состояние и функционирование систем

Процессы, происходящие в сложных системах, как правило, сразу не удаётся представить в виде математических соотношений или хотя бы алгоритмов. Поэтому, для того чтобы хоть как-то охарактеризовать стабильную ситуацию или её изменения, используются специальные термины, заимствованные теорией систем из теории автоматического регулирования, биологии, философии.

Рассмотрим основные из этих терминов.

Состояние. Понятием «состояние» обычно характеризуют мгновенную фотографию, «срез» системы, остановку в её развитии.

Состояние системы – совокупность состояний её n элементов и связей между ними (двусторонних связей не может быть более чем $n(n - 1)$ в системе с n элементами).

Поведение. Если система способна переходить из одного состояния в другое (например, $s_1 \rightarrow s_2 \rightarrow s_3 \rightarrow \dots$), то говорят, что она обладает поведением.

Равновесие. Понятие «равновесие» определяют как способность системы в отсутствии внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять своё состояние сколь угодно долго. Это состояние называют *состоянием равновесия*.

Устойчивость. Под устойчивостью понимают способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием *внешних* (а в системах с активными элементами – *внутренних*) возмущающих воздействий.

Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называют *устойчивым состоянием равновесия*.

Развитие. Это понятие помогает объяснить сложные термодинамические и информационные процессы в природе и обществе. Исследование процесса развития, соотношения *развития* и *устойчивости*, изучение механизмов, лежащих в их основе, – наиболее сложные задачи теории систем. Ниже будет показано, что целесообразно выделять особый класс *развивающихся (самоорганизующихся) систем*, обладающих особыми свойствами и требующих использования специальных подходов к их моделированию.

Входы системы x_i – это различные точки приложения влияния (воздействия) внешней среды на систему.

Входами системы могут быть информация, вещество, энергия и т.д., которые подлежат преобразованию.

Обобщённым входом (X) называют некоторое (любое) состояние всех r -входов системы, которое можно представить в виде вектора

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_k, \dots, x_r).$$

Выходы системы y_i – это различные точки приложения влияния (воздействия) системы на внешнюю среду.

Выход системы представляет собой результат преобразования информации, вещества и энергии.

Обратная связь – то, что соединяет выход со входом системы и используется для контроля за изменением выхода.

Ограничения системы – то, что определяет условия её функционирования (реализацию процесса). Ограничения бывают *внутренними* и *внешними*. Одним из внешних ограничений является цель функционирования системы. Примером внутренних ограничений могут быть ресурсы, обеспечивающие реализацию того или иного процесса.

Движение системы – это процесс последовательного изменения её состояния.

Вынужденное движение системы – изменение её состояния под влиянием внешней среды. Примером вынужденного движения может служить перемещение ресурсов по приказу (поступившему в систему извне).

Собственное движение – изменение состояния системы без воздействия внешней среды (только под действием внутренних причин). Собственным движением системы

«человек» будет его жизнь как биологического (а не общественного) индивида, т.е. питание, сон, размножение.

Процессы системы – это совокупность последовательных изменений состояния системы для достижения цели. К процессам системы относятся:

- входной процесс;
- выходной процесс;
- переходный процесс системы.

Входной процесс – множество входных воздействий, которые изменяются с течением времени.

Выходной процесс – множество выходных воздействий на окружающую среду, которые изменяются с течением времени.

Переходный процесс системы (процесс системы) – множество преобразований начального состояния и входных воздействий в выходные величины, которые изменяются с течением времени по определённым правилам.

Методология системного анализа

Методология научного познания изучает методы научного исследования. К ним относятся, во-первых, исходные основы и принципы научного исследования и, во-вторых, приемы и способы эмпирического и теоретического исследования в науке, опирающиеся на эти принципы. Методологию научного познания иногда отождествляют с логикой научного исследования. Такое отождествление нельзя считать правильным. Оно возникло в рамках логического позитивизма, преувеличивающего значение логики в познании до такой степени, что даже философию он стал рассматривать лишь как часть логики, а именно — как логический анализ языка науки.

Нетрудно понять, что содержание методологии научного познания шире, чем содержание логики научного исследования. Последняя обычно понимается как учение лишь о логических методах научного исследования. Методология же научного познания сверх того изучает исходные принципы познания, методы подготовки и проведения наблюдения и эксперимента, пути формирования и развития общих научных понятий и т.д.

Так как существуют три категории методов познания и преобразования действительности, целесообразно выделить и три вида методологии:

- методологию как науку о всеобщем методе исследования;
- методологию как науку об общенаучных методах исследования;
- методологию как науку о частных, специальных методах познания.

Если первые две методологии в основном разработаны в философии и имеют более чем двухтысячелетнюю историю, то третий вид методологии только делает заявку на право существования. Ее разработка и исследование представляют наибольший интерес, так как единичных методов неизмеримо больше, чем общенаучных.

МОДУЛЬ 1 ОСНОВЫ ТЕОРИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Лекция 3. Модели. Моделирование

3.1 Основные понятия и определения

3.2 Цели и принципы моделирования

3.3 Аксиомы теории моделирования

3.4 Виды моделей и моделирования

3.5 Функции моделей

3.6 Факторы, влияющие на модель объекта

Основные понятия и определения

Термин «*модель*» (от лат. *modulus* - мера, образец, норма) вошел в математику в XIX в. в связи с развитием неевклидовой геометрии.

Сегодня в литературе можно встретить множество определений понятия «*модель*». Приведем лишь некоторые из них.

Под *моделью* понимают такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе познания (изучения) замещает объект-оригинал, сохраняя некоторые важные для данного исследования типичные его черты.

Модель - это упрощенное, можно сказать «упакованное» знание, несущее вполне определенную ограниченную информацию о предмете (явлении), отражающее те или иные его свойства.

Модель - объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.

Модель - реально существующая или мысленно представляемая система, которая, замещая и отображая оригинал с определенной целью, находится с ним в отношениях подобия (сходства).

Анализ опыта использования моделей в естественных, технических и гуманитарных науках позволяет сделать вывод, что модель - это наше представление об исследуемом объекте, своеобразная форма кодирования информации об объекте.

Таким образом, можно сказать, что *модель* - это объект любой природы, который при исследовании способен замещать реально существующий объект с целью получения новой информации о последнем. Это определение и примем за основное в рамках данной работы.

С моделями мы сталкиваемся еще в детстве, играя машинками, домиками, куклами, которые представляют собой уменьшенные копии (модели) реально существующих объектов. В кружке технического творчества ребенок учится создавать модели технических объектов. В школе практически все обучение осуществляется с применением моделей. Подрастая, мы привыкаем использовать мысленные образы-модели ситуаций для прогнозирования результатов своей

деятельности. Без преувеличения можно сказать, что в своей осознанной жизни человек имеет дело исключительно с моделями тех или иных реальных объектов, процессов, явлений.

Кроме понятия «*модель*» в моделировании есть еще ряд важных понятий.

Объект (от лат. предмет) - все, на что направлена человеческая деятельность. Любой объект исследования является бесконечно сложным и характеризуется бесконечным числом состояний и параметров.

Процесс - определенная совокупность действий, направленных на достижение поставленной цели.

Система - целенаправленное множество объектов любой природы.

Таким образом, можно сказать, что *система* - это совокупность взаимосвязанных элементов и компонентов, имеющая вполне конкретную структуру и вполне конкретное целевое назначение.

Элемент системы - часть системы, не подвергаемая дальнейшему делению.

Внешняя (окружающая) среда - множество существующих вне системы (объекта) элементов любой природы, оказывающих влияние на систему (объект) или находящихся под ее (его) воздействием.

Гипотеза (от гр. *hypothesis* - основание, предположение) - определенные предсказания, предположительные суждения о причинно-следственных связях явлений, основанные на некотором количестве опытных данных, наблюдений, догадок.

Аналогия (от гр. *analogia* - соответствие, соразмерность) - представление о каком-либо частном сходстве двух объектов (существенном либо несущественном).

Говоря о модели, нельзя не сказать о моделировании.

Моделирование - замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом, описанием или другим объектом (моделью) и познание свойств оригинала путем исследования свойств модели.

Моделирование - метод познания окружающего мира, который можно отнести к общенаучным методам, применяемым как на эмпирическом, так и на теоретическом уровне познания.

Моделирование - замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели.

Таким образом, можно считать, что *моделирование* - это построение (или выбор из уже существующих) модели, ее изучение и использование с целью получения новых знаний об исследуемом объекте. Примем это определение в качестве базового.

Цели и принципы моделирования

Создавая модель объекта, исследователь познает объект, т. е. выделяет его из окружающей среды и строит его формальное описание.

Основные цели моделирования:

- описание объекта;
- объяснение объекта;
- прогнозирование поведения и свойств объекта.

Цели описания и объяснения объекта можно объединить в одну - изучение объекта (познавательная цель). Модель нужна для того, чтобы понять, как устроен конкретный исследуемый объект, каковы его структура, внутренние связи, основные свойства, законы развития, саморазвития и взаимодействия с окружающей средой. Еще одна цель (прогнозирование поведения и свойств объекта) является частью стратегической цели - управлять объектом, определяя по модели оптимальные управляющие воздействия при заданных целях и критериях. Модель нужна и для того, чтобы прогнозировать последствия различных воздействий на объект.

В основе моделирования лежит *теория подобия*, согласно которой абсолютное подобие возможно только при замене одного объекта другим точно таким же. Эту идею хорошо выразили А. Розенблют и Н. Винер, когда сказали, что лучшей моделью кота является другой кот, а еще лучше - тот же самый кот. При моделировании абсолютное подобие не имеет места. Любая модель не тождественна объекту-оригиналу и не является полной, так как при ее построении исследователь учитывал только те особенности объекта, которые считал наиболее важными для решения конкретной задачи. Достаточно того, чтобы модель хорошо отражала интересующие исследователя свойства и проявления анализируемого объекта. Однако никто и ничто не может быть моделью самого себя.

Реальная польза от моделирования может быть получена при выполнении следующих условий:

- модель должна быть адекватной оригиналу в том смысле, что должна с достаточной точностью отображать интересующие исследователя характеристики оригинала;
- модель должна устранять проблемы, связанные с физическими измерениями каких-то сигналов или характеристик оригинала.

Моделирование базируется на нескольких основополагающих принципах:

1. *Принцип информационной достаточности* - при полном отсутствии информации об объекте построение его модели невозможно. Существует некоторый уровень априорной информации об объекте, только при достижении которого может быть построена адекватная модель. При наличии полной информации об объекте построение его модели не имеет смысла.

2. *Принцип осуществимости* - создаваемая модель должна обеспечивать достижение поставленной цели исследования с вероятностью, существенно отличающейся от нуля.

3. *Принцип множественности моделей* - создаваемая модель должна отражать в первую очередь те свойства реального объекта (системы), которые интересуют исследователя. Для полного исследования объекта необходимо достаточно большое

количество моделей, отражающих исследуемый объект с разных сторон и с разной степенью детализации.

4. *Принцип агрегатирования* - в большинстве исследований систему целесообразно представить как совокупность подсистем, для описания которых оказываются пригодными стандартные схемы.

5. *Принцип параметризации* - модель строится в виде известной системы, параметры которой неизвестны.

Аксиомы теории моделирования

Ранее было уже сказано, что моделирование сегодня является самостоятельной областью знаний, отдельной наукой. Многие науки базируются на некотором наборе аксиом (утверждений, которые принимаются «на веру» и не требуют доказательств). Есть такие аксиомы и в моделировании.

Аксиома 1. Модель не существует сама по себе, а выступает в тандеме с некоторым материальным объектом, который она представляет (замещает) в процессе его изучения или проектирования.

Аксиома 2. Для естественных материальных объектов модель вторична, т. е. появляется как следствие изучения и описания этого объекта (например, модель солнечной системы). Для искусственных материальных объектов (создаваемых человеком или техникой) модель первична, так как предшествует появлению самого объекта (например, модель самолета, модель двигателя).

Аксиома 3. Модель всегда проще объекта. Она отражает только некоторые его свойства, а не представляет объект «во всем великолепии». Для одного объекта строится целый ряд моделей, отражающих его поведение или свойства с разных сторон или с разной степенью детальности. При бесконечном повышении качества модели она приближается к самому объекту.

Аксиома 4. Модель должна быть подобна тому объекту, который она замещает, т. е. модель в определенном смысле является копией, аналогом объекта. Если в исследуемых ситуациях модель ведет себя так же, как и моделируемый объект, или это расхождение невелико и устраивает исследователя, то говорят, что модель *адекватна* оригиналу. *Адекватность* - это воспроизведение моделью с необходимой полнотой и точностью всех свойств объекта, существенных для целей данного исследования.

Аксиома 5. Построение модели не самоцель. Она строится для того, чтобы можно было экспериментировать не с самим объектом, а с более удобным для этих целей его представителем, называемым моделью.

Виды моделей и моделирования

Единой общепринятой классификации моделей и моделирования на сегодняшний день не существует. Данное пособие разработано для студентов

специальности «Профессиональное обучение» и учитывает интегративность их профессиональной подготовки - педагогическую и техническую компоненты. Поэтому мы будем опираться на два наиболее полных и понятных педагогам профессионального обучения подхода к классификации моделей и моделирования.

Модели характеризуются тремя основными признаками:

- принадлежностью к определенному классу задач (например, управление технологическими процессами, управление техническими объектами, планово-экономические задачи и т. д.);
- принадлежностью к определенному классу объектов (физические, биологические и т. д.);
- способом реализации.

По способу реализации модели подразделяются на материальные и идеальные. К этому условному делению приводит использование моделирования на теоретическом и эмпирическом уровнях познания.

Материальное моделирование - это моделирование, при котором исследование объекта выполняется с использованием его материального аналога, воспроизводящего основные физические, геометрические, динамические, функциональные характеристики объекта.

Идеальное моделирование отличается от материального тем, что основано не на материальной аналогии объекта и модели, а на аналогии идеальной, мыслеобразной и всегда носит теоретический характер. Идеальное моделирование является первичным по отношению к материальному.

Материальные модели объединяются в три основных подкласса:

- геометрически подобные, воспроизводящие пространственно геометрические характеристики оригинала (макеты зданий, муляжи и т. д.);
- воспроизводящие с масштабированием в пространстве и во времени свойства оригинала той же природы, что и модель (например, модели судов);
- воспроизводящие свойства оригинала в моделирующем объекте другой природы (например, электрогидравлические аналогии) или основанные на изоморфизме между формально описанными свойствами оригинала и объекта (все разновидности электронного моделирования).

Существует две основных разновидности *материального* моделирования: *натурное* и *аналоговое* моделирование. Оба вида основаны на свойствах геометрического или физического подобия. Теория подобия как раз и занимается изучением условий подобия явлений.

Натурное - это такое моделирование, при котором реальному объекту ставится в соответствие его увеличенный или уменьшенный аналог, допускающий исследование (в лабораторных условиях) с помощью последующего перенесения свойств изучаемых процессов и объектов на объект на основе теории подобия. Примерами натуральных моделей являются макеты зданий, ландшафтов, судов, самолетов и т. д. В

середине XIX в. с натуральных моделей моделирование начало развиваться как научная дисциплина, а сами модели стали активно использоваться при проектировании новых технических устройств.

Аналоговое - это моделирование, основанное на аналогии процессов и явлений, имеющих различную физическую природу, но одинаково описываемых формально [1]. В основу аналогового моделирования положено совпадение математических описаний различных объектов. Примерами аналоговых моделей могут служить электрические и механические колебания, которые с точки зрения математики описываются совершенно одинаково, но относятся к качественно отличающимся физическим процессам.

Идеальное моделирование разделяют на два основных типа: *интуитивное* и *научное* моделирование.

Интуитивное - моделирование, основанное на интуитивном (не обоснованном с позиций формальной логики) представлении об объекте исследования, не поддающемся формализации или не нуждающемся в ней [2]. Примером интуитивной модели окружающего мира можно считать жизненный опыт любого человека, его умения и знания, полученные от предков. Роль интуитивных моделей в науке чрезвычайно высока.

Научное - это всегда логически обоснованное моделирование, использующее минимальное число предположений, принятых в качестве гипотез на основании наблюдения за объектом моделирования [2]. Главное отличие научного моделирования от интуитивного заключается не только в умении выполнять необходимые операции и действия по собственно моделированию, но и в знании «внутренних» механизмов, которые используются при этом.

Знаковым называют моделирование, использующее в качестве моделей знаковые изображения какого-либо вида: схемы, графики, чертежи, наборы символов и т. д. Примерами таких моделей являются языки общения, алгоритмические языки, ноты для записи музыкальных произведений, математические формулы и т. д. Знаковая форма используется для передачи как научного, так и интуитивного знания.

Мысленный образ реального объекта, сложившийся в голове исследователя, в научной литературе называется *когнитивной* моделью. Создавая такую модель, исследователь часто упрощает объект, чтобы получить более лаконичное и компактное описание. Представление когнитивной модели на естественном языке называется *содержательной* моделью. В естественно-научных дисциплинах и технике содержательную модель часто называют *технической постановкой проблемы*.

По функциональному признаку и целям содержательные модели делятся на *описательные, объяснительные, прогностические*.

Описательная модель - это любое описание объекта.

Объяснительная модель отвечает на вопрос, почему что-либо происходит.

Прогностическая модель должна предсказывать поведение объекта.

Концептуальной моделью называется содержательная модель, при формулировке которой используются понятия и представления предметных областей знаний, занимающихся изучением объекта моделирования.

Концептуальные модели бывают логико-семантическими, структурно-функциональными и причинно-следственными.

Логико-семантическая модель является описанием объекта в терминах и определениях соответствующих предметных областей знаний, включающим все известные логически непротиворечивые утверждения и факты.

При построении *структурно-функциональной* модели объект обычно рассматривается как целостная система, которую расчлняют на отдельные подсистемы, связанные структурными отношениями. Для представления подобных моделей чаще всего применяют схемы, диаграммы, карты.

Причинно-следственная модель часто используется для объяснения и прогнозирования поведения объекта и бывает ориентирована, прежде всего, на выявление главных взаимосвязей между составными элементами изучаемого объекта, определение влияния изменения каких-либо факторов на состояние компонентов модели и на понимание того, как в целом будет функционировать модель и будет ли она адекватно описывать динамику интересующих исследователя параметров объекта.

Формальная модель является представлением концептуальной модели с помощью формальных или алгоритмических языков. К формальным относятся *математические* и *информационные* модели.

С общенаучной точки зрения *математическое* моделирование - это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов.

С развитием вычислительной техники стали популярны *информационные* модели, представляющие, по существу, автоматизированные справочники, реализованные с помощью систем управления базами данных. Такие модели позволяют найти в базе данных информацию по запросу и не могут генерировать новое знание, отсутствующее в базе данных. В то же время использование информационных моделей в сочетании с весьма простыми математическими моделями (например, с применением регрессионного анализа) может привести к открытию новых закономерностей.

В работах по моделированию технических систем *материальное* моделирование называют *реальным* и конкретизируют иначе. Видами реального моделирования технических систем и процессов являются *натурное* и *физическое* моделирование. К *натурному* моделированию относят научный эксперимент, комплексные испытания, производственный эксперимент. К *физическому* моделированию - моделирование в

реальном масштабе времени, моделирование в нереальном (измененном) масштабе времени. При реальном моделировании исследования могут выполняться на самом объекте, на его части или на его модели.

Моделирование может быть и *мысленным*. При мысленном моделировании исследования проводятся на мыслеобразных конструкциях. Мысленное моделирование делится на *наглядное, символическое и математическое*.

При *наглядном* моделировании на базе представлений человека о реальных объектах создаются различные наглядные модели, отображающие явления и процессы, протекающие в объекте. Видами наглядного моделирования являются *гипотетическое* и *аналоговое* моделирование и *макетирование*.

В основе *гипотетического* моделирования лежит некая гипотеза о закономерностях протекания процесса в реальном объекте, которая отражает уровень знаний исследователя об объекте и базируется на причинно-следственных связях между входом и выходом изучаемого объекта. *Гипотетическое* моделирование используется в тех случаях, когда знаний об объекте недостаточно для построения формальных моделей (например, представление объекта исследований в виде «черного ящика»).

Аналоговое моделирование основывается на аналогиях различных уровней. Наивысшим уровнем является полная аналогия, имеющая место только для достаточно простых объектов (например, чертеж, схема, график, план, описание какого-либо явления, процесса или предмета).

Мысленное макетирование применяется в тех случаях, когда протекающие в реальном объекте процессы не поддаются физическому моделированию. Мысленное макетирование может предшествовать другим видам моделирования.

Символическое моделирование представляет собой искусственный процесс создания логического объекта, который замещает реальный и выражает основные свойства его отношений с помощью определенной системы знаков, отображающих набор понятий (*знаковое* моделирование), и символов из специального словаря, очищенного от неоднозначности (*языковое* моделирование) (пример знаковой модели - дорожные знаки, языковой - модель словообразования).

Математическое моделирование будет рассмотрено нами отдельно и подробно далее.

Моделирование может быть *статическим* и *динамическим*. *Статическим* называется моделирование, при котором среди параметров объекта и модели отсутствует время и сами параметры объекта со временем не изменяются. При *динамическом* моделировании объект исследования и его параметры во времени существенно изменяются.

Моделирование может быть *детерминированным* и *стохастическим*. *Детерминированное* моделирование отображает детерминированные процессы, т. е. процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий;

стохастическое моделирование отображает вероятностные процессы и события.

Моделирование может быть *дискретным* и *непрерывным*. Модель дискретная, если она описывает поведение системы только в дискретные моменты времени. Модель непрерывная, если она описывает поведение системы для всех моментов времени из некоторого промежутка времени. Возможны комбинированные варианты.

Наконец, моделирование может быть *полным*, *неполным* и *приближенным*.

Полным называется моделирование, при котором достигается полное подобие исследуемого объекта и модели во времени и в пространстве.

Неполным называется моделирование, при котором реализуется неполное подобие исследуемого объекта и модели во времени и в пространстве.

Приближенным называется моделирование, при котором некоторые проявления исследуемого объекта не моделируются совсем.

Функции моделей

Принято выделять следующие функции моделей:

- модель - средство осмысления действительности;
- модель - средство общения;
- модель - средство обучения и тренировки;
- модель - средство постановки эксперимента (компьютерный эксперимент).

Факторы, влияющие на модель объекта

Из изложенного выше понятно, что для любого объекта можно построить множество моделей. От чего зависит «характер» модели объекта? В первую очередь, от следующих факторов:

- 1) от объекта исследования (кого или что исследуем);
- 2) проблемы и задачи исследования (что хотим узнать об объекте);
- 3) априорной информации об объекте (что уже знаем об объекте исследования);
- 4) субъекта исследования (кто исследует объект);
- 5) от языка описания объекта (как исследуем и описываем объект).

1. Объект исследования

Объект исследования - все то, на что направлена человеческая деятельность. Для моделирования и исследования объекта необходимо выделить его из окружающего внешнего мира, а также выявить все воздействия на объект со стороны других окружающих объектов и реакцию исследуемого объекта на эти воздействия.

Каждый объект до начала исследования имеет свою структуру, свои свойства и характеристики. В теории моделирования воздействие со стороны окружающего мира на объект при его исследовании называют *входным воздействием* и представляют в виде *входных факторов* (в математических моделях их называют входными переменными).

Поведение объекта и его проявления в окружающем мире, возникающие от

внешнего воздействия, называют *откликом объекта* и представляют в виде *выходных факторов* (в математических моделях - выходных переменных).

Внешнее воздействие на объект можно разделить на *управляющее* и *возмущающее*. Под *возмущающим* обычно понимают воздействие на объект со стороны окружающей среды, параметры и закономерности которого случайным образом изменяются во времени и недоступны для измерения, контроля и тем более изменения в момент непосредственного исследования объекта. Под *управляющим* обычно понимают целенаправленное воздействие на исследуемый объект, параметры и закономерности которого могут быть измерены, проконтролированы и изменены по желанию субъекта в момент непосредственного исследования объекта.

Параметры *свойств* и *структуры* объекта могут быть известны (или определены) на момент начала исследования объекта и в дальнейшем изменяться под внешним воздействием, являясь объектами изучения.

Ранее было использовано понятие «фактор». В моделировании *фактор* - некоторая переменная величина, принимающая в каждый момент времени некоторое определенное значение из своей области определения и отражающая внешнее воздействие на объект или его отклик на это воздействие.

Тогда *входными факторами* можно считать свойства и структуру объекта до начала исследования, а также управляющее и возмущающее воздействие на объект в процессе его исследования; *выходными факторами* - свойства, структуру, поведение объекта, изменившиеся под влиянием входных факторов.

Все объекты имеют следующие характеристики:

- *сложность* - определяется количеством состояний, в которых может находиться объект (по этому параметру различают простые объекты, сложные объекты и большие системы);
- *управляемость* - способность объекта переходить из одного состояния в другое под воздействием извне и находиться в этом состоянии с заданной точностью заданный промежуток времени;
- *степень воспроизводимости результатов* - если наблюдать объект в одном и том же состоянии в различные моменты времени, то разница в наблюдениях не должна превышать некоторого заданного значения (точности измерения).

2. Проблема и задача исследования

В моделировании различают понятия «*проблема*» и «*задача*».

Проблема - разновидность вопроса, имеющая четко поставленную цель, но пути достижения этой цели в данный момент времени могут быть неизвестны.

Задача - разновидность вопроса, имеющая четко поставленную цель и известные пути достижения этой цели.

Рассмотрим классификации задач.

1. По поставленному вопросу:

- *прямые задачи* (отвечают на вопрос: «Какими будут поведение и

проявления исследуемого объекта, если известны внешнее воздействие, структура и свойства объекта?»);

- обратные задачи (отвечают на вопросы: «Какими должны быть структура и свойства объекта, если при известном внешнем воздействии известны поведение и проявления объекта?» и «Каким должно быть внешнее воздействие на объект, если известны структура и свойства объекта, поведение и проявления объекта?»).

2. По количеству шагов решения:

- одношаговые (очень простые) задачи;
- многошаговые задачи.

3. По условиям:

- детерминированные задачи;
- стохастические задачи.

4. По количеству выходных переменных (факторов):

- однокритериальные задачи;
- многокритериальные задачи.

3. Априорная информация об объекте

Информация (от лат. *information* - разъяснение, изложение) включает в себя какие-либо сведения и является объектом информационных технологий.

Различают два вида информации: *знания* и *данные*.

Знания - информация, на основании которой реализуется процесс логического вывода (философское знание о жизнедеятельности человека).

Данные - информация, представленная в формализованном виде, пригодном для обработки автоматическими средствами при возможном участии человека (как правило, данные - это зарегистрированные сигналы).

Можно сказать, что *информация* - это продукт взаимодействия данных и адекватных методов их преобразования.

Выделяют следующие особенности информации:

- динамический характер (информация меняется и существует только в момент взаимодействия данных и методов; информация существует только в момент протекания информационных процессов; все остальное время информация существует только в виде данных);

- диалектический характер взаимодействия данных и методов (информация возникает и существует в момент взаимодействия объективных данных и субъективных методов).

Рассмотрим классификации информации.

1. По области получения и использования:

- научная (логическая) информация - физическая, биологическая, химическая и др. (т. е. объективно существующая);
- техническая информация - конструкторская, технологическая, планово-экономическая, управленческая (т. е. созданная человеком).

2. По назначению:

- массовая информация;
- специальная информация.

3. По форме хранения и типу носителя:

- информация, представленная в машинном (цифровом) виде;
- информация, представленная в виде документа (на бумажном или другом подобном носителе).

Наиболее важными свойствами информации считаются:

- объективность и субъективность;
- полнота;
- достоверность;
- адекватность;
- доступность;
- актуальность.

В моделировании эти свойства можно рассматривать как требования к априорной информации.

4. Субъект исследования (моделирования)

Совершенно очевидно, что субъектом моделирования является только человек¹.

5. Язык описания объекта

Язык описания объекта соответствует виду моделирования, который выбирается исследователем (субъектом моделирования).

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое модель?
2. Что такое объект?
3. Что такое процесс?
4. Что такое система?
5. Что такое элемент системы?
6. Что такое окружающая среда?
7. Что такое гипотеза?
8. Что такое аналогия?
9. Что такое моделирование?
10. Обозначьте цели моделирования.
11. Назовите принципы моделирования.
12. Перечислите аксиомы моделирования.