

# ПОНЯТИЕ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

# План

- Структура сложной системы
- Классический подход при построения моделей
- Системный подход при построения моделей

# Структура сложной системы

- Специалисты по проектированию и эксплуатации сложных систем имеют дело с системами управления различных уровней, обладающими общим свойством — стремлением достичь некоторой цели.
- Система  $S$  — целенаправленное множество взаимосвязанных элементов любой природы.
- Внешняя среда  $E$  — множество существующих вне системы элементов любой природы, оказывающих влияние на систему или находящихся под ее воздействием.
- В зависимости от цели могут рассматриваться разные соотношения между системой  $S$  и внешней средой  $E$ , и могут иметь место различные взаимодействия системы с внешней средой.
- Системный подход — это элемент учения об общих законах развития природы и одно из выражений диалектического учения.

- При системном подходе к моделированию систем необходимо прежде всего четко определить цель моделирования. Поскольку невозможно полностью смоделировать реально функционирующую систему (систему-оригинал, или первую систему), создается модель (система-модель, или вторая система) под поставленную проблему. Таким образом, применительно к вопросам моделирования цель возникает из требуемых задач моделирования, что позволяет подойти к выбору критерия и оценить, какие элементы войдут в создаваемую модель М. Поэтому необходимо иметь критерий отбора отдельных элементов в создаваемую модель.
- Важным для системного подхода является определение структуры системы — совокупности связей между элементами системы, отражающих их взаимодействие. Структура системы может изучаться извне с точки зрения состава отдельных подсистем и отношений между ними, а также изнутри, когда анализируются отдельные свойства, позволяющие системе достигать заданной цели, т. е. когда изучаются функции системы. В соответствии с этим наметился ряд подходов к исследованию структуры системы с ее свойствами, к которым следует прежде всего отнести структурный и функциональный

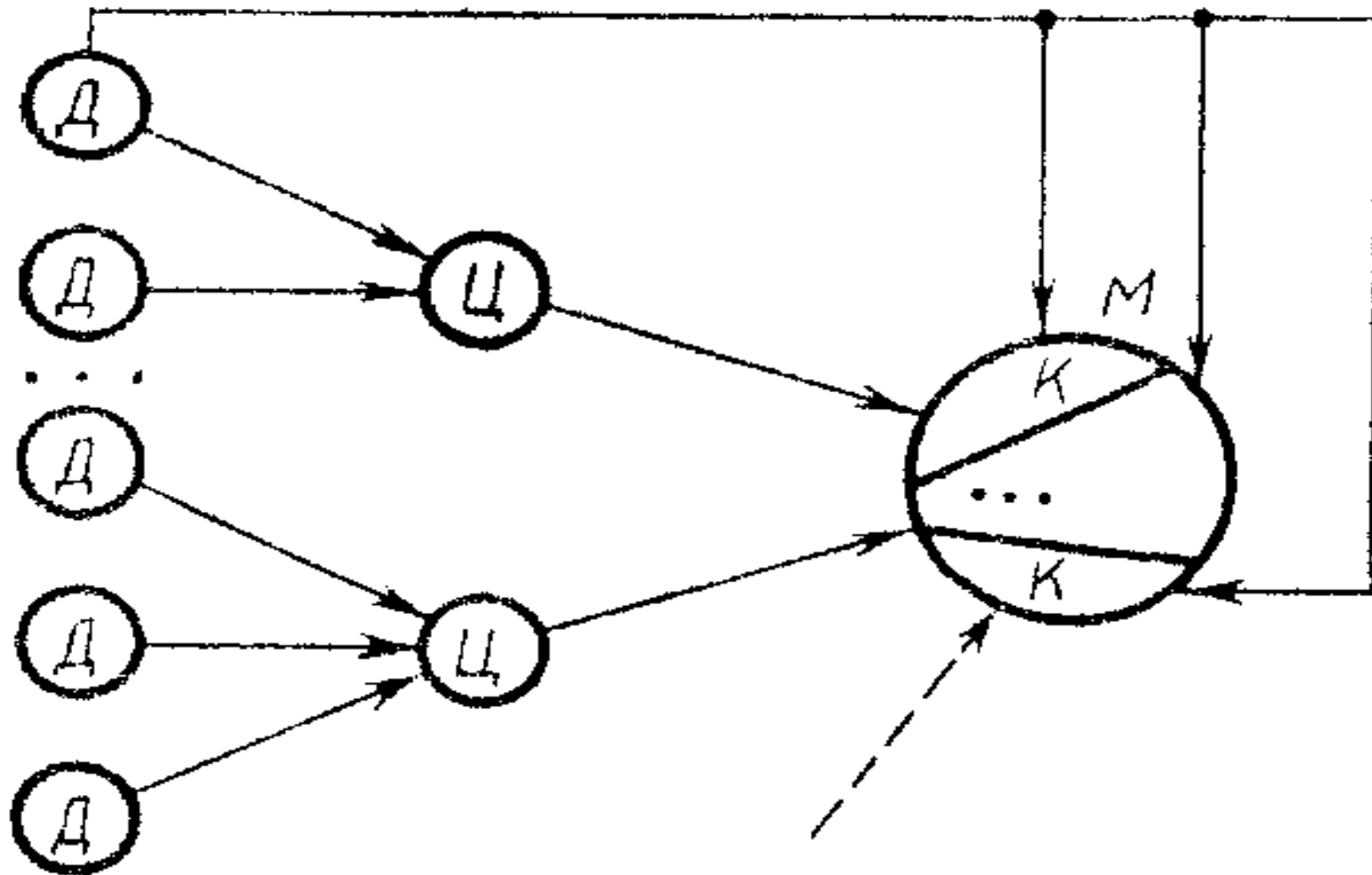
- При структурном подходе выявляются состав выделенных элементов системы  $S$  и связи между ними. Совокупность элементов и связей между ними позволяет судить о структуре системы. Последняя в зависимости от цели исследования может быть описана на разных уровнях рассмотрения. Наиболее общее описание структуры — это топологическое описание, позволяющее определить в самых общих понятиях составные части системы и хорошо формализуемое на базе теории графов.
- При функциональном подходе рассматриваются отдельные функции, т. е. алгоритмы поведения системы, и реализуется функциональный подход, оценивающий функции, которые выполняет система, причем под функцией понимается свойство, приводящее к достижению цели. Поскольку функция отображает свойство, а свойство отображает взаимодействие системы  $S$  с внешней средой  $E$ , то свойства могут быть выражены в виде либо некоторых характеристик элементов  $S_{i(j)}$  и подсистем  $S_i$ , системы, либо системы  $S$  в целом.
- При наличии некоторого эталона сравнения можно ввести количественные и качественные характеристики систем.

- Для количественной характеристики вводятся числа, выражающие отношения между данной характеристикой и эталоном.
- Качественные характеристики системы находятся, например, с помощью метода экспертных оценок.
- Проявление функций системы во времени  $S(t)$ , т. е. функционирование системы, означает переход системы из одного состояния в другое, т. е. движение в пространстве состояний  $Z$ . При эксплуатации системы  $S$  весьма важно качество ее функционирования, определяемое показателем эффективности и являющееся значением критерия оценки эффективности. Существуют различные подходы к выбору критериев оценки эффективности. Система  $S$  может оцениваться либо совокупностью частных критериев, либо некоторым общим интегральным критерием.
- Создаваемая модель  $M$  с точки зрения системного подхода также является системой, т. е.  $S' = S'(M)$ , и может рассматриваться по отношению к внешней среде  $E$ .

# Классический подход при построения моделей

- Подход к изучению взаимосвязей между отдельными частями модели предусматривает рассмотрение их как отражение связей между отдельными подсистемами объекта. Такой (классический) подход может быть использован при создании достаточно простых моделей.
- Процесс синтеза модели  $M$  на основе классического (индуктивного) подхода представлен на рис. 1(а). Реальный объект, подлежащий моделированию, разбивается на отдельные подсистемы, т. е. выбираются исходные данные  $D$  для подходов моделирования и ставятся цели  $C$ , отображающие отдельные стороны процесса моделирования.
- По отдельной совокупности исходных данных  $D$  ставится цель моделирования отдельной стороны функционирования системы, на базе этой цели формируется некоторая компонента  $K$  будущей модели. Совокупность компонент объединяется в модель  $M$ .

-



- Рис. 1. Процесс синтеза модели па основе классического подхода

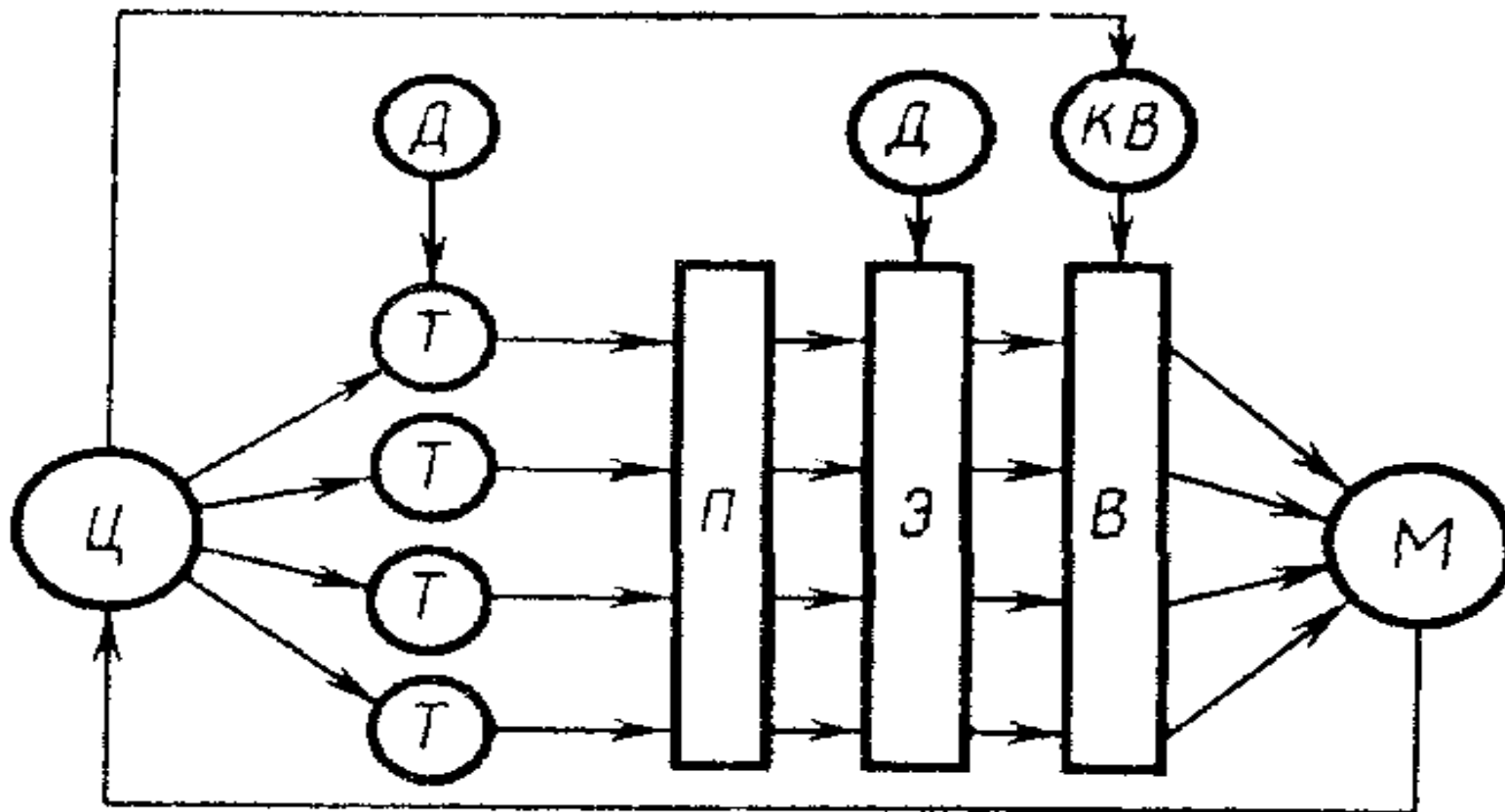


- Можно отметить две отличительные стороны классического подхода:
- ***наблюдается движение от частного к общему,***
- ***создаваемая модель образуется путем суммирования отдельных ее компонент и не учитывается возникновение нового системного эффекта.***
- С усложнением объектов моделирования возникла необходимость наблюдения их с более высокого уровня. В этом случае наблюдатель (разработчик) рассматривает данную систему  $S$  как некоторую подсистему какой-то метасистемы, т. е. системы более высокого ранга, и вынужден перейти на позиции нового системного подхода, который позволит ему построить не только исследуемую систему, решающую совокупность задач, но и создавать систему, являющуюся составной частью метасистемы.

# Системный подход при построения моделей

- Системный подход получил применение в системотехнике в связи с необходимостью исследования больших реальных систем, когда сказалась недостаточность, а иногда ошибочность принятия каких-либо частных решений. На возникновение системного подхода повлияли увеличивающееся количество исходных данных при разработке, необходимость учета сложных стохастических связей в системе и воздействий внешней среды  $E$ . Все это заставило исследователей изучать сложный объект не изолированно, а во взаимодействии с внешней средой, а также в совокупности с другими системами некоторой метасистемы.
- Системный подход позволяет решить проблему построения сложной системы с учетом всех факторов и возможностей, пропорциональных их значимости, на всех этапах исследования системы  $S$  и построения модели  $M$ .

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



- Рис. 2. Процесс синтеза модели па основе системного подхода

# Стадии разработки моделей

- При разработке моделей выделяются две основные стадии проектирования:
- макропроектирование;
- микропроектирование.
- На стадии макропроектирования на основе данных о реальной системе  $S$  и внешней среде  $E$  строится модель внешней среды, выявляются ресурсы и ограничения для построения модели системы, выбирается модель системы и критерии, позволяющие оценить адекватность модели  $M$  реальной системы  $S$ . Построив модель системы и модель внешней среды, на основе критерия эффективности функционирования системы в процессе моделирования выбирают оптимальную стратегию управления, что позволяет реализовать возможности модели по воспроизведению отдельных сторон функционирования реальной системы  $S$ .
- Стадия микропроектирования в значительной степени зависит от конкретного типа выбранной модели. В случае имитационной модели необходимо обеспечить создание информационного, математического, технического и программного обеспечений системы моделирования. На этой стадии можно установить основные характеристики созданной модели, оценить время работы с ней и затраты ресурсов для получения заданного качества соответствия модели процессу функционирования системы  $S$ .

- Независимо от типа используемой модели  $M$  при ее построении необходимо руководствоваться рядом принципов системного подхода:
- 1) пропорционально-последовательное продвижение по этапам и направлениям создания модели;
- 2) согласование информационных, ресурсных, надежности и других характеристик;
- 3) правильное соотношение отдельных уровней иерархии в системе моделирования;
- 4) целостность отдельных обособленных стадий построения модели.
- Модель  $M$  должна отвечать заданной цели ее создания, поэтому отдельные части должны компоноваться взаимно, исходя из единой системной задачи. Цель может быть сформулирована качественно, тогда она будет обладать большей содержательностью и длительное время может отображать объективные возможности данной системы моделирования. При количественной формулировке цели возникает целевая функция, которая точно отображает наиболее существенные факторы, влияющие на достижение цели.