

СИСТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДИФИКАЦИИ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Гарькина И.А., Данилов А.М., Сухов Я.И.

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, Пенза, ул. Германа Титова, 28), e-mail: fmatem@pguas.ru

Предлагается методика системного проектирования сложных систем. Система рассматривается как совокупность взаимосвязанных, управляемых подсистем, объединенных общей целью функционирования. Выбор рационального варианта и оптимизация его параметров производится на основе показателя, отражающего эффективность решения поставленной задачи при минимальных суммарных затратах (за исключением некоторых особых случаев). Проектирование системы сводится к построению ее сложной модели. Для систем с длительным периодом эксплуатации используется прогноз ее изменения. В проекте учитывается ряд зависимостей между целями проектирования, возможными целями их достижения, окружающей средой и ресурсами. Рассматриваются способы преодоления неопределенностей при многокритериальной оптимизации. Приводится общая структурная схема системного проектирования сложных систем. Дается приложение методологии к проектированию композиционных материалов как сложных систем.

Ключевые слова: система, системное проектирование, критерии оценки, многокритериальная оптимизация, структурная схема синтеза.

SYSTEMS: DESIGN, MODIFICATION, EVALUATION CRITERIA

Garkina I.A., Danilov A.M., Sukhov Y.I.

Penza state university of architecture and construction (Russia, 440028, Penza, Titov str., 28), e-mail: fmatem@pguas.ru

Presented the method of system design of complex systems. System is considered as set of interrelated, of managed subsystems, united by a common the aim of functioning. Choice of rational variant of and optimization of its parameters is made on the basis of indicator reflecting the effectiveness of decision of a task at minimal total costs (except for some for special cases). System design reduces to the construction of complex model. For systems of with the long period exploitation is used forecast of its changes. The project takes into account a number of dependencies between the design goals, possible objectives for achieving them, the environment and resources. Discusses ways to overcome uncertainties in multi-criteria optimization. Is presented general block diagram of the system design of complex systems. Is given an application of the methodology for the design of composite materials such as complex systems.

Keywords: system, system design, evaluation criteria, multiobjective optimization, structural synthesis scheme.

Выбор проектного решения из числа возможных альтернативных вариантов (средство достижения целей проектирования) обычно осуществляется на основе показателей (критериев выбора), обобщенно характеризующих степень достижения поставленной цели в том или ином варианте проекта. На этой стадии проектирования система рассматривается как совокупность взаимосвязанных, управляемых подсистем, объединенных общей целью функционирования для решения заданной проблемы в некотором диапазоне условий. При выборе рационального варианта и оптимизации его параметров, как правило, используется и показатель «эффективность – стоимость», отражающий соотношение между эффективностью решения поставленной задачи и суммарными затратами на решение. Этим обеспечивается максимальная эффективность при заданных затратах (или минимальная стоимость при заданном уровне эффективности). При

решении отдельных задач, в том числе обороны страны, этот показатель может и не учитываться.

Обычно любые *изменения внешней среды* влияют на систему; верно и обратное: свойства внешней среды (динамическая система) изменяются при работе системы. Поэтому при проектировании системы с длительным периодом эксплуатации учитывается не только сегодняшнее состояние среды, но и прогнозируются ее изменения.

Система состоит из взаимосвязанных компонентов и представляет собой определенную целостность; изменение параметров любого из компонентов вызывает изменение работы системы и ее выходных параметров. Это приводит к необходимости предусматривать при проектировании возможные отказы (нарушение работоспособности) подсистем и передачу функций одних подсистем другим. В определенных случаях может использоваться резервирование подсистем (простейший случай – дублирование: наряду с основной подсистемой имеется и резервная подсистема).

При проектировании должны предусматриваться различные модификации системы, так как возможные прогнозы не являются абсолютно точными. С системных позиций следует исходить из подчинения целей подсистем целям системы в целом (организмический принцип). Основная системная проблема определяется в виде: «целое – больше суммы его частей» (свойства предметов и способы действия на высших уровнях не могут быть представлены в виде суммы свойств и действий изолированных компонентов). Однако, если известны компоненты и существующие между ними отношения, то высшие уровни могут быть выведены, исходя из компонентов. Для того чтобы понять организованную целостность, нужно знать не только компоненты, но и отношения между ними. *Методологическая неприспособленность традиционной науки для анализа отношений в системах и недостаточность имеющихся математических методов является причиной того, что системные проблемы во многом до сих пор остаются философскими и до конца не сформировались как наука.* Пока многочисленные успехи классической науки не привели к пересмотру ее *фундаментальной парадигмы – однолинейной причинности и расчленении предмета исследования на элементарные составляющие.*

Формулировка общих принципов исследования систем в общей теории систем (логико-математическая область исследований) до сих пор не произведена. Хотя и предполагается, что осуществляемые в рамках этой теории точные формулировки таких понятий, как целостность и сумма, дифференциация, прогрессивная механизация, централизация, иерархическое строение и т.п., должны позволить применять эти понятия во всех дисциплинах, имеющих дело с системами. Только тогда системные законы будут

представляться в виде аналогий (законов, представляющихся идентичными формально, но относящихся к описанию различных явлений в рамках разных дисциплин).

Несмотря на внешнюю простоту, очевидны затруднения в тривиальных ответах по реализации понятия «система» на различных уровнях наблюдаемого мира. Первым шагом может быть выделение реальных систем (воспринимаемых или выводимых из наблюдения и существующих независимо от наблюдателя). Однако символические конструкции (логика, математика и др.) также можно рассматривать как системы – концептуальные системы (имеющие эквиваленты в реальности). В этом смысле их разграничение не всегда является простым. *Система может быть охарактеризована только через взаимодействие составляющих элементов.* Различие между реальными и концептуальными системами на уровне простого здравого смысла практически невозможно установить. Различные аспекты функционирования системы всегда будут изучаться на основе разных моделей и соответствующих теорий, что в конечном итоге может привести к их унификации.

Таким образом, *общая теория систем, являясь моделью определенных общих аспектов реальности, позволяет увидеть многое из того, что раньше не замечалось или эти вопросы обходились.* В этом и заключается основное методологическое значение теории систем. Как любая научная теория с широким диапазоном изучаемых вопросов, она связана с решением вечных философских проблем и попыткой найти на них ответы.

Системный объект в наиболее общем виде, таким образом, *обладает свойствами:*

- создается ради определенной цели и в процессе достижения этой цели функционирует и развивается (изменяется);

- управление системой осуществляется с использованием информации о состоянии системы, а также состоянии внешней среды по результатам моделирования поведения объекта;

- состоит из взаимосвязанных компонентов, выполняющих определенные функции в его составе;

- свойства системного объекта не исчерпываются суммой свойств его компонентов; все компоненты при их совместном функционировании обеспечивают новое свойство, которым не обладает в отдельности каждый из компонентов (*возможность управления свойствами целостной системы*).

Фактически *проектирование системы сводится к построению ее сложной модели.* Предполагается, что компоненты системы в свою очередь могут рассматриваться как системы. Проектируемая система является компонентом системы более высокого порядка (*надсистемы*). Определяется *иерархия систем* – расположение частей или элементов целого в порядке от высшего уровня к низшему. Проект системы объединяет частные,

взаимосвязанные, взаимообусловленные модели; отражает значительное число параметров и связей между ними, не всегда простых для формализованного описания. В этом смысле о проекте системы можно говорить, как о большой сложной модели, отражающей все свойства будущей реальной системы. *Проект представляет собой ряд зависимостей между целями проектирования, возможными целями их достижения, окружающей средой и ресурсами.*

Таким образом, из предыдущего непосредственно вытекает следующая *методология проектирования систем*. В ее основе лежит *общая формулировка технического задания на проектирование*. В частности, при разработке композиционных материалов нового поколения должны учитываться уже известные, традиционные: современные композиты существенно отличаются не только друг от друга, но и от их предшественников десяти-, двадцатилетней давности. Как правило, происходит лишь усложнение решаемых задач и, как следствие, увеличение сложности и стоимости проектирования, возрастают трудоемкость изготовления и время полного цикла создания. *Цель проектирования* остается прежней, но меняется подход к проектированию, его методология: разработка (синтез) проекта осуществляется *методом моделирования*. А именно, разрабатывается ряд частных моделей, описывающих отдельные свойства систем. Предполагается, что множество этих взаимосвязанных и взаимозависимых моделей будет описывать систему с необходимой точностью, отражая всю совокупность ее свойств. *Объект* рассматривается как система (системный объект) с возможностью изучения свойств на основе *системного подхода*; обладает определенной завершенностью, целостностью, состоит из взаимосвязанных элементов, отличается от окружающей его внешней среды и взаимодействует с ней.

Добиться оптимизации всех критериев одновременно невозможно в принципе. Реально возможно достичь только некоторого компромисса (сочетания требуемых качеств). В этом и заключается *основная проблема многокритериальности (неопределённости целей)*: как сформулировать единую цель при

$$q_1(\mathbf{x}) \rightarrow \max, q_2(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \dots, q_m(\mathbf{x}) \rightarrow \max.$$

Здесь математика хоть и не может дать однозначного ответа на вопрос, но может помочь принять правильное решение. Естественно, с ростом уровня качественного описания возрастает сложность модели.

Количественные показатели критериев качества в рамках выбранного класса модели (параметры $q_j(\mathbf{x})$) определяются на основе экспериментальных данных и всегда лишь приближенно. При формализации оптимизационной задачи предполагается, что известны точные виды функций $q_j(\mathbf{x})$. Естественен вопрос: как будут отличаться решения оптимизационных задач при точном и неточном задании $q_j(\mathbf{x})$? Если некоторый критерий качества

$q_j(\mathbf{x})$ носит ярко выраженный экстремальный характер, то даже при незначительных изменениях факторов x_1, x_2, \dots, x_n происходит значительное изменение $q_j(\mathbf{x})$; *ошибка в формализации $q_j(\mathbf{x})$ может привести к получению значительной ошибки при определении оптимального решения.* Так как при проектировании с системных позиций производится проектирование части целого как элемента целого, то *критериями оценки системы являются ее показатели, обеспечивающие оптимальность системы в целом и подсистем на соответствующих уровнях [1,3,4].* Таким образом, системное проектирование предлагается осуществлять в соответствии со структурной схемой синтеза, приводимой на рис.1.

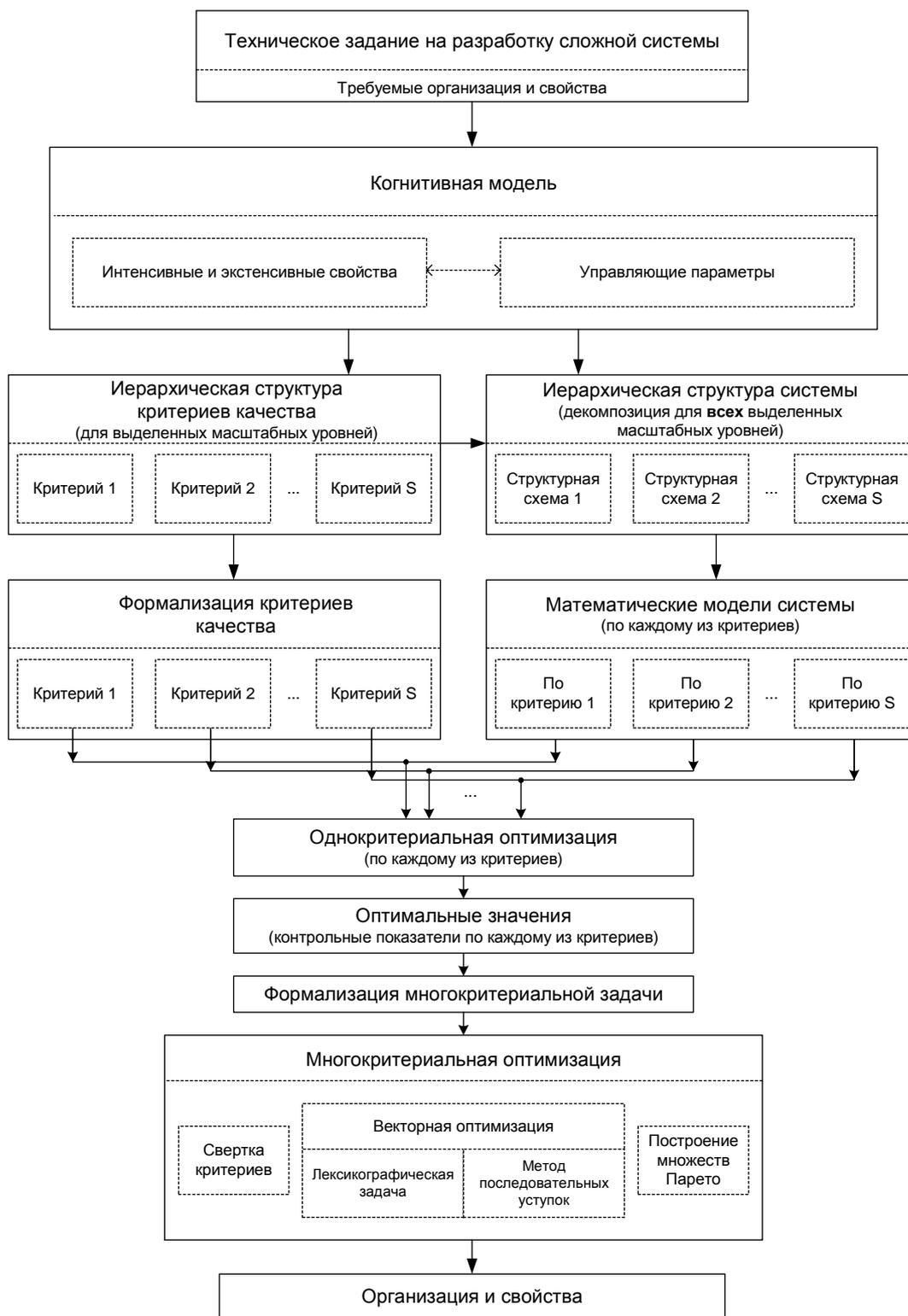


Рис.1. Структурная схема системного проектирования

Такая схема эффективно использовалась при разработке ряда композиционных материалов на основе их представления в виде сложных систем [2,5,6].

Список литературы

1. Баженов Ю.М., Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Системный анализ в строительном материаловедении: монография. – М.: МГСУ: Библиотека научных разработок и проектов, 2012. – 432 с.
2. Гарькина И.А., Данилов А.М., Петренко В.О. Из опыта разработки материалов специального назначения // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 235.
3. Данилов А.М., Гарькина И.А. Сложные системы: идентификация, синтез, управление: монография. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 308 с.
4. Данилов А.М., Гарькина И.А., Сорокин Д.С. Гомеостатическая концепция моделирования систем в строительном материаловедении // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 4. – С. 24-30.
5. E. Budylna, A. Danilov, I. Garkina. Control of multiobjective complex systems_ / Contemporary Engineering Sciences, vol. 8, 2015, no. 10, 441-445. <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5276>.
6. Danilov A., Garkina I. Systems approach to the modeling and synthesis of building materials // Contemporary Engineering Sciences. – Vol. 8. – 2015, no. 5. – P.219-225. <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.517>.

Рецензенты:

Родионов Ю.В., д.т.н., декан автомобильно-дорожного института ПГУАС, профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта», г. Пенза;

Логанина В.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управление качеством и технологии строительного производства» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза.