

УДК 517.9

***ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА  
В ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ***

***Данилов А.М.***

*д.т.н., профессор*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Пенза, Россия*

***Гарькина И.А.***

*д.т.н., профессор*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Пенза, Россия*

***Аннотация***

Рассматривается единая концепция проектирования сложных систем различной природы, основанная на использовании принципов системного анализа. Приводится опыт создания и оптимизации по данным функционирования обучающих комплексов для подготовки операторов; синтеза композиционных материалов с регулируемой структурой и свойствами; разработки систем обеспечения безопасности особо опасных производственных объектов; повышения качества образовательной системы.

**Ключевые слова:** сложные системы, проектирование, принципы, системный анализ, безопасность, повышение качества

***PRINCIPLES OF SYSTEM ANALYSIS  
IN DESIGN OF COMPLEX SYSTEMS***

***Danilov A.M.***

*doctor of technical sciences, professor*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Penza, Russia*

***Garkina I.A.***

*doctor of technical sciences, professor*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Penza, Russia*

### **Annotation**

We consider a unified concept of designing complex systems of various nature, based on the principles of system analysis. The experience of creation and optimization to the functioning of training complexes for the training of operators is presented; synthesis of composite materials with adjustable structure and properties; development of safety systems for highly hazardous production facilities; Improving the quality of the educational system.

**Keywords:** complex systems, design, principles, system analysis, safety, quality improvement

Сложная система определяется как «составной объект, части которого можно рассматривать как системы, закономерно объединённые в единое целое в соответствии с определенными принципами или связанные между собой заданными отношениями» (БСЭ). Ее можно (необязательно единственным образом) расчленить на конечное число частей (подсистем). Каждую подсистему (высшего уровня) можно, в свою очередь, расчленить на конечное число более мелких подсистем и т. д., вплоть до получения подсистем первого уровня (элементов; объективно не подлежат расчленению на части, либо относительно их дальнейшей неделимости имеется соответствующая договорённость). Свойства каждого из элементов в общем случае зависят от условий, определяемых поведением других элементов. Свойства же сложной системы в целом определяются не только свойствами элементов, но и характером взаимодействия между ними. Важно отметить, что две системы с попарно одинаковыми элементами, но с различными

взаимодействиями между ними, должны рассматриваться как две разные системы.

В настоящее время можно считать общепризнанной необходимость использования системного подхода к проектированию сложных систем различной природы (например, метод ПАТТЕРН и его модификации). В основе подхода лежит построение *иерархической структуры критериев* качества системы. На верхнем уровне находятся: полезность системы (выходные характеристики, важность, актуальность, перспективность, область применения (критерии *второго* уровня)); качество функционирования (помехозащищенность, точность, надежность, чувствительность, качество управления); организация системы (совершенство структуры, сложность и т.д.); эволюционная эффективность (осуществимость, ресурсы, возможности модификаций и др. характеристики развития); экономическая эффективность. Декомпозиция системы продолжают до получения на нижнем уровне уже разработанных типов элементов, либо формулируются задачи для создания новых необходимых элементов [1]. Далее строится *иерархическая структура собственно системы с оценками её элементов* (в соответствии с введенной иерархией критериев и выделенными комплексами решаемых частных задач). Она и является базой для перспективного планирования всего комплекса разработок.

Так, при разработке авиационных тренажеров *на первом уровне иерархии* находятся комплексные тренажеры (КТС), *на втором* – специализированные (штурманский, бортинженера и др.), представляющие конструктивно законченные изделия, состоящие из модулей (*третий уровень*). Предусматривается возможность любого объединения модулей, например, в тренажер для отработки слепого полета (без имитации визуальной обстановки); в штурманский тренажер или тренажер бортинженера; в тренажер для оператора бортовых систем и т.д. *Синтез систем* осуществляется из условий *адекватности* управляющих воздействий

оператора при управлении объектом (в частности, летательным аппаратом и АТ [2,3]) с использованием специально разработанных функционалов, использующих в своей структуре собственные числа матрицы дифференциальных уравнений движения с введением весовых констант. При принятой балльности шкалы (например,  $N = 10$  для шкалы Купера-Харпера) по экспериментальным данным строятся *области равных оценок качества*. Качество системы тем выше, чем меньше значение функционала качества.

*При синтезе материалов специального назначения с регулируемой структурой и свойствами* используется обобщенная модель и ее параметрическая идентификация для наиболее распространенных видов кинетических процессов (в основном, класс линейных моделей – задача Коши). Оказалось, что с заданной (требуемой) точностью синтез может производиться с использованием функционалов того же вида и структуры, что и при решении задач синтеза АТ (неудивительно, исходя из указанного выше первого принципа). Правильность и перспективность разработанных методологических принципов синтеза динамических систем подтвердились при решении обеих задач. Методика разработки и управления качеством материалов с регулируемой структурой и свойствами для защиты от радиации в [1] отмечалась в числе примеров «не тиражирования эталонных прикладных разработок теории идентификации в различные отрасли промышленности», а примера «инноваций: создания и внедрения прототипов новых систем идентификации».

Аналогичный подход использовался и при решении задач *обеспечения безопасности объектов хранения и уничтожения химического оружия (ОУХО)*. Количественные требования к безопасности ОУХО определялись с использованием концепции Фармера-Расмуссена. Риск от тяжелых аварий на ОУХО анализировался с точки зрения медико-биологических, экономико-экологических и глобально-социальных факторов при заданном «приемлемом риске». При составлении математической модели ОУХО, выборе и обосновании типа случайного процесса, адекватно описывающего

его состояние, использовались марковские цепи, диффузионные процессы, ветвящиеся процессы, случайные процессы со стационарными приращениями и т.д. Так, для марковских процессов с использованием уравнений Колмогорова-Смолуховского-Чепмена получались нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных относительно плотности распределения вероятностей для непрерывных случайных процессов или распределения для дискретных случайных величин. Последствие аварий, отображающее физико-химические изменения в окружающей среде находилось из решений уравнений математической физики. Анализ безопасности ОУХО сводился к определению точек бифуркации на основе линеаризации нелинейного оператора [4,5].

Рассматривались возможности упрощений при определении точек бифуркации нелинейного оператора (при известных функции последствий аварий или вероятности распределения). Функция последствий аварий определялась в результате расчета экологического состояния среды при заданном количестве разлитого отравляющего вещества и необходимого времени ликвидации последствий аварий. При известном распределении вероятностей (или плотности распределения), построив случайный процесс, определялись вероятности изменения состояния ОУХО во времени. Находилось значение критического риска, для которого вероятность скачкообразного изменения экологической обстановки (экологическая катастрофа) наибольшая.

Наконец, укажем итеративный способ многокритериальной оптимизации *образовательной системы* на основе системного подхода [6]. Здесь на *первом уровне иерархии* - инновации в содержании образования, в методиках, технологиях, методах, приемах, средствах учебно-воспитательного процесса; организация учебно-воспитательного процесса; управление ВУЗом; источники финансирования. На *втором уровне* - объемы преобразований: локальные, единичные, модульные, системные и т.д.).

Эффективность профессиональной деятельности выпускников ВУЗов определяется уровнем их *профессионально значимых качеств* (в качестве цели в современном образовании рассматривается формирование у специалиста соответствующих его профилю компетенций). Компетентностный подход в образовании возник как альтернатива практико-ориентированных качеств абстрактно-теоретическим знаниям (знания, умения и навыки – это единицы культуры и ее ценностей, а компетенции – единицы рыночной экономики и профессиональной деятельности). Это ответная реакция профессионального образования на изменившиеся социально-экономические условия, когда рынок предъявляет к специалистам новые жесткие требования (не столько к содержанию образования, сколько к целям и результатам обучения). Компетентностный подход ориентирует систему образования на обеспечение качества подготовки специалистов в соответствии с потребностями современного общества [7].

Для всех указанных систем совершенно разной природы подтвердилась эффективность использования системного подхода для их проектирования и оптимизации параметров на основе известных принципов системного анализа.

#### **Библиографический список:**

1. Будылина Е.А., Данилов А.М., Гарькина И.А. Моделирование с позиций управления в технических системах / Региональная архитектура и строительство. -2013. -№ 2. -С. 138-142.
2. Лапшин Э.В. Разработка и анализ математических моделей динамических систем / Труды международного симпозиума Надежность и качество. -2013. -Т. 1. -С. 241-243.
3. Лапшин Э.В., Корнеев А.М., Мирошникова Т.В. Разработка моделей анализа экономических показателей сложной промышленной системы / Надежность и качество сложных систем. - 2016. -№ 3 (15). -С. 22-27.

4. Голованов О.А., Курков С.Н., Александров А.Ю., Пруссаков А.М. Законы распределения случайных величин в задачах прогнозирования отказов технических систем / Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук.- 2010. -№ 66. -С. 106-109.
5. Голованов О.А., Плющ А.А. Методика прогнозирования аварийных ситуаций при эксплуатации боеприпасов на основе стохастических ветвящихся процессов / Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. -2013. -№ 11-12. - С. 59-63.
6. Данилов А.М., Гарькина И.А. Образовательная система с позиций идентификации и управления / Региональная архитектура и строительство. -2013. -№ 2. -С. 143-146.
7. Ефремова Н.Ф. Компетенции в образовании: формирование и оценивание. – М.: Национальное образование. –2012. –С.24.