

Тема: Особенности анализа и синтеза эргатических систем управления

Особенности эргатических (человеко-машинных) систем управления

Эргатические системы управления (ЭСУ) – это системы, которые включают в качестве элементов как технические системы, так и людей, взаимодействующих с этими системами.

Для эффективного функционирования подобных систем необходимо выбирать рациональные способы взаимодействия людей с техникой на основании выводов эргономики.

Эргатические системы управления делятся на простые, такие, как «автомобиль – водитель», «самолет – летчик», «ЭВМ – исследователь», «управляемый объект – оператор» и т. п., и большие сложные, которыми являются, например, автоматизированные системы управления (АСУ). Различают два основных типа АСУ: системы организационно-экономического, или административного, управления и системы управления техническими процессами. Для первых объектами управления являются предприятия, отрасли народного хозяйства, министерства, ведомства, т. е. коллективы людей, которые используют различные машины, процессы, приборы, устройства. В АСУ технологическими процессами основной формой передачи информации являются различные сигналы (электрические, световые, механические и др.), в системах же организационно-экономического управления основная форма передачи информации – документ. В настоящее время наметилась тенденция слияния двух видов систем в единые интегрированные системы управления, тем самым грани между ними, до известной степени, стираются.

Особенностью эргатических систем является то, что в контур управления, т. е. в управляющую систему, включен сам человек-оператор или коллектив людей-операторов.

Особенности управления ЭСУ состоят в том, что психофизиологические свойства человека-оператора должны быть включены в параметры (свойства) управляющей системы.

Закон управления для таких систем также может быть спроектирован заранее с гарантией качества управления, как и в технических системах. Если функционирование ЭСУ происходит в

условиях неопределенности, то качество управления обеспечивается качеством работы человека-оператора.

Более содержательное обобщение особенностей ЭСУ представлено в табл. 1.

Таблица 1

Особенности эргатических систем управления

Группы особенностей	Особенности и их сущности
Функциональные	Наличие общей задачи и единой цели функционирования для всей системы. Сложность поведения, связанная со случайным характером внешних воздействий и большим количеством обратных связей внутри системы. Устойчивость к внешним и внутренним помехам и наличие самоорганизации и адаптации к различным воздействиям. Надежность системы в целом, построенной из не абсолютно надежных компонентов. Способность к развитию, выражающаяся в способности изменять функции и структуру
Структурные	Большое количество взаимодействующих частей или элементов, составляющих систему – целостное образование. Возможность выделения групп взаимодействующих элементов-подсистем, имеющих свое специальное назначение и цель функционирования. Наличие иерархической структуры связей подсистем и иерархии критериев качества функционирования всей системы. Высокая степень неоднородности состава элементов. Большая территориальная рассредоточенность подсистем (элементов). Динамичность структуры.
Изготовления	Значительные затраты на разработку и изготовление. Многообразие возможных допустимых вариантов построения и функционирования системы. Необходимость привлечения для проектирования, создания системы многих научных дисциплин. Несоответствие проектных решений, определенных в документации, реализованным проектным решениям из-за расхождения моделей разработчиков на этапах проектирования. Необходимость ввода в строй одновременно всех элементов
Эксплуатационные	Большой объем циркулирующей в системе информации, эффективная обработка которой вручную практически

	<p>невозможна.</p> <p>Осуществление прогноза последствий нештатных (аварийных) ситуаций.</p> <p>Невозможность достоверно прогнозировать воздействие на систему непрерывно изменяющейся окружающей среды вследствие неполноты информации о возможных изменениях в среде за период жизненного цикла системы.</p> <p>Необходимость развитой инфраструктуры, обеспечивающей ремонт и восстановление компонентов ЭСУ.</p>
	<p>Многократное частичное изменение структуры и состава системы в процессе ее функционирования, связанной с непрогнозируемыми изменениями внешней среды, уточнением параметров самой системы и целей ее функционирования</p>
Эргономические	<p>Основной функцией человека в ЭСУ является управление.</p> <p>Способность человека оперировать нечеткими представлениями, воспринимать сложные объекты, процессы или явления как единое целое.</p> <p>Умение творчески, гибко действовать в сложных непредвиденных ситуациях в условиях недостаточной или не полностью достоверной информации.</p> <p>Способность переходить от одних технологий управления к другим в зависимости от конкретных управленческих ситуаций.</p> <p>Непредсказуемость поведения, настроения, работоспособности человека.</p> <p>Субъективный характер принимаемых человеком решений, особенно в условиях острого дефицита времени и отсутствия достаточно полной информации, возможность случайных и преднамеренных ошибок при обработке информации или формировании информационных сообщений.</p> <p>Низкая вычислительная мощность человека, неспособность воспринимать большое число вариантов исходов, прогнозировать результаты принятых решений.</p>

Инженерно-психологические проблемы создания и эксплуатации эргатических систем управления.

По мере усложнения ЭСУ все ощутимее становятся потери от несоответствия характеристик технических средств возможностям человека. При этом основные трудности связаны не только с совершенствованием технических и программных средств, но и с

недостаточным развитием методов учета человеческого фактора при создании и эксплуатации сложных ЭСУ.

Можно выделить следующие инженерно-психологические проблемы, требующие решения в процессе создания и эксплуатации сложных ЭСУ.

Первая проблема: компенсация ошибочных (в первую очередь непреднамеренных, но также и преднамеренных) действий человека, влекущих за собой негативные последствия для функционирования ЭСУ.

В ЭСУ должны быть учтены: забывчивость оператора, возможность его ошибки, непостоянство внимания и т. п.

Если решение, принятое человеком, может привести систему в аварийный режим (контроль осуществляет сама система), то это решение не должно восприниматься, о чем система должна сигнализировать оператору.

Подобные действия в состоянии выполнять лишь сложная система с хорошо развитыми средствами интеллектуальной поддержки операторов.

Вторая проблема: формализация психологических аспектов мыслительной деятельности человека в процессе выработки решений по реализации какой-либо задачи и учет их в системах искусственного интеллекта (ИИ), формирующих соответствующие решения.

Проблема формализации основных схем поведения и психологических характеристик человека-оператора связана с попытками создания математических моделей деятельности человека. Это обусловлено, прежде всего, необходимостью создания единого языка описания функционирования системы в целом, причем принято считать, что разработка математических моделей деятельности является одним из перспективных путей решения этой проблемы.

Вместе с тем в процессе проектирования деятельности подчас целесообразно автоматизировать те или иные функции человека-оператора, т. е. поручить выполнение их техническим средствам, носящим в себе черты модели, соответствующей деятельности человека.

Движение любого объекта обусловлено его собственными свойствами и действием на него управляющих сил. В целом объект и система управления им образуют динамическую систему, движение

которой может быть описано дифференциальными уравнениями. Класс таких дифференциальных уравнений определяется динамикой конкретной системы. Обычно динамическая система описывается сложной системой нелинейных дифференциальных уравнений высокого порядка со случайными параметрами, аналитического выражения для которых до сих пор не существует.

Для всех систем, за исключением простейших, истинное явление можно описать с помощью уравнений лишь приближенно. Это обусловлено тем, что мы не знаем всех факторов, влияющих на систему, или получаем слишком громоздкие уравнения, которые современными средствами решать весьма сложно. Обычно рассматривается небольшое число аспектов поведения ЭСУ.

Основной принцип построения моделей заключается в том, что результаты, получаемые с помощью моделей, должны соответствовать экспериментальным данным и, кроме того, модель должна давать возможность получать новую информацию о системе или объекте.

Третья проблема: определение «границ возможного» в деятельности человека и возможностей техники для оптимального распределения функций между ними.

Пределы функционирования сложных систем определяются условиями и воздействиями, приводящими к срыву деятельности.

В этом смысле срыв операторской деятельности является одной из глобальных проблем, стоящих перед проектировщиками сложных ЭСУ. Цель проектирования прежде всего состоит в том, чтобы избежать, исключить возможность аварий (прекращения деятельности) современных систем, которые неотвратимы при срыве деятельности человека-оператора.

Степень согласованности характеристик технических средств с психофизическими характеристиками человека-оператора определяет эффективность деятельности. Срыв деятельности характеризуется нулевой и даже отрицательной эффективностью. Он может наступить, например, при повышении темпа поступления информации.

Выделяют следующие аспекты срыва операторской деятельности, исследование которых необходимо при проектировании:

- определение критических значений потока информации в зависимости от способов деятельности;

- оценка влияния автоматизации процессов управления на устойчивость операторской деятельности;
- выявление «слабых» звеньев в структуре деятельности в целях проектирования наилучших способов деятельности;
- определение стадий (фаз) срывов деятельности с выявлением необходимых перестроек, переходов от одного способа деятельности к другому при обнаружении возможности срыва деятельности;
- определение допустимых границ изменений функционального состояния оператора;
- определение границ между областями устойчивой деятельности и срывов деятельности, т. е. определение тех требований, которые проектировщики систем могут предъявить к человеку-оператору в соответствии с функциональными возможностями операторов конкретных систем.

Четвертая проблема: формализация основных схем поведения (их еще называют алгоритмами, или последовательностями, деятельности) человека в зависимости от сложившейся ситуации и предложение оператору (лицу, принимающему решение) лучшей (по какому-то критерию) из них.

К этому классу задач относятся:

- классификация типов поведения;
- моделирование поступков;
- определение траектории поведения; а формирование поведения и др.

Пятая проблема: определение психологических характеристик человека и их диапазонов для обеспечения комфортного общения человека и техники, использование современных технологий и техники для уменьшения потребности адаптации людей к системе.

Современные средства взаимодействия человека и техники представляют собой сложный комплекс, включающий различные компоненты: планирование, информирование и управление общением; формализацию облика информации, интерпретацию сообщений; представление, обработку данных и принятие решения; обеспечение надежности и др.

Основной тенденцией перспективного развития и совершенствования средств взаимодействия является создание адаптивных интеллектуальных систем, учитывающих целесообразное

распределение нагрузки между искусственным интеллектом ЭВМ и интеллектом.

Специфика анализа и синтеза эргатических систем управления

Задачи анализа ЭСУ решаются, как правило, на стадиях их эксплуатации, транспортировки, снятия с эксплуатации и списания. Анализ используется также для исследования вариантов вновь создаваемых ЭСУ с целью выбора лучшего варианта.

Задачи синтеза ЭСУ решаются на этапах их проектирования и создания.

К задачам синтеза ЭСУ относится процесс принятия решения о целесообразности того или иного нововведения и обоснованного выбора направлений предпроектных исследований.

Структурный анализ и синтез ЭСУ направлен на решение следующих задач: описание состава организации (ЭСУ) и построение ее структурной схемы; формирование рационального числа уровней управления; определение состава и мест размещения звеньев управления; определение функций отдельных подразделений, их структурной схемы; создание рациональной сетевой структуры, обеспечивающей требуемые характеристики устойчивости и оперативности управления; исследование отдельных технических устройств, входящих в состав ЭСУ; учет психологических характеристик человека-оператора при создании структур ЭСУ; построение обобщенной структурной информационной модели ЭСУ; описание материальных, вещественных и информационных связей.

Функциональный анализ и синтез ЭСУ направлен на решение следующих основных задач: анализ функций управления в структурных подразделениях, выбор состава автоматизируемых функций и определение их взаимодействий; определение способов сбора, хранения и отображения информации, необходимой для функционирования системы управления; определение порядка обработки информации с целью принятия управленческих решений и доведения их до исполнителей; создание системы контроля за доведением решений и их исполнением, а также оценка результатов выполненных решений; учет психологических факторов оператора при управлении сложными ЭСУ.

Особенности информационного анализа и синтеза ЭСУ заключаются в исследовании и поиске рациональных способов

сопряжения оперативного персонала с техническими средствами и решаемыми задачами управления.

При этом исследуются способы предоставления, ввода и вывода информации, определяется необходимый и достаточный состав формализованных сообщений (указаний, приказов, подтверждений, донесений), обеспечивающих эффективное управление.

Наряду с этим решаются общие задачи анализа и синтеза информационного обеспечения, включающего способы классификации и кодирования информации, языковые средства описания данных, унифицированную систему документации, программные средства обработки информационных массивов, базы и банки данных.

Параметрический анализ и синтез ЭСУ связаны с исследованием и количественной оценкой разнообразных свойств и различных условий функционирования оперативного персонала и используемых технических средств управления. Поэтому процедура выбора показателей, достаточно полно отражающих свойства подобных систем, довольно сложна, и в настоящее время нет четко установленного перечня подобных показателей. На практике для исследования свойств данных систем и их элементов используется несколько сотен различных показателей: количественные, качественные, экономические, технические, общие, комплексные, частные, основные, вспомогательные, специфические, исходные, производственные и т. п.

Типовые противоречия в процессе создания новых эргатических систем управления

При разработке сложных эргатических систем управления наиболее ответственным этапом является процесс принятия решения о целесообразности того или иного нововведения и обоснованного выбора направлений и методов предпроектных исследований. Основной целью деятельности на этом этапе является снижение неопределенности и степени риска, связанных с внедрением дорогостоящих нововведений. Под нововведением понимается деятельность, направленная на изменение ЭСУ на всех стадиях ее жизненного цикла и приводящих при этом к разнообразным последствиям в различных видах окружения ЭСУ.

Принятие решения о внедрении нововведения связано со знанием притиворечий, которые необходимо разрешить в процессе создания новых систем. Анализ основных тенденций в создании перспективных

ЭСУ позволяет сформулировать ряд противоречий, от разрешения которых существенно зависит как облик системы, так и работа по ее созданию. В табл. 2 приведены типовые противоречия, разрешаемые в процессе создания новых ЭСУ.

Таблица 2

Типовые противоречия, разрешаемые в процессе
создания новых ЭСУ

Тип противоречия	Смысл противоречия
Потребность – возможность	С одной стороны, существует потребность в создании новой системы, а с другой – отсутствует возможность ее создания. Это может быть вызвано различными причинами, например, отсутствием материальной базы
Необходимость предвидеть будущее – неопределенность будущего	При создании ЭСУ необходимо спроектировать ее облик, однако человеку не дано видеть то, чего еще нет в природе (в частности, невозможно предвидеть все последствия от производства и применения создаваемой системы)
Срок создания – темп морального старения	Новизна и сложность создаваемой системы требует увеличения срока создания, но с другой стороны, высокий темп НТП ведет к ее быстрому старению
Темпы роста сложности систем – темпы развития методов их проектирования	Темпы роста сложности технических систем (ТС) преобладают над развитием методов их проектирования. В среднем по всем отраслям техники число подсистем ТС удваивается каждые 15 лет. При этом производительность труда в проектировании с начала века выросла всего на 20 % (в производстве – на 1000 %)
Сложность – надежность	С повышением степени сложности создаваемых ТС падает их надежность
Уникальность ЭСУ – необходимость индустриального подхода	Большинство ЭСУ являются единственными в своем роде, но требование высокой надежности вынуждает применять индустриальный подход к их созданию, основанный на массовости, стандартизации, унификации комплектующих изделий и технологических операций

Содержание нововведений зависит от глубины реорганизации системы или создания более перспективных систем (табл. 3).

Таблица 3.

Содержание нововведений в зависимости от глубины реорганизации ЭСУ

Уровень реорганизации	Содержание нововведения
Параметрическая реорганизация системы	Изменение свойств, параметров системы или ее элементов
Функциональная реорганизация системы	Изменение функций, содержания решаемых задач, состава целей, оперативных направлений для отдельных элементов существующей системы
Структурная реорганизация системы	Изменения организационного или пространственного построения элементов существующих систем (варьирование структуры, направления, характера и количества связей; пересмотр мест дислокации и базирования и т. д.)
Полная реорганизация системы проектирования	Создание более перспективных систем, комплексов и отдельных образцов техники, предполагающих формирование новых или преобразование существующих организационных подразделений, осуществляющих обслуживание и применение систем подобного типа

Общую схему разрешения противоречий в процессе создания новых ЭСУ можно представить в виде последовательности формирования ответов на вопросы, стоящие перед исследователем (табл. 4).

Таблица 4

Основные вопросы, решаемые в процессе исследования

1. Выявление необходимости нововведения		Нужно ли оно в перспективе?	
		Да	Нет
Нужно ли оно сейчас?	Да Нет	Устойчивая потребность Перспективная потребность	Кажущаяся потребность Мнимая потребность
2. Выявление возможности нововведения		Возможно ли оно в перспективе?	
		Да	Нет
Возможно ли оно сейчас?	Да Нет	Устойчивая возможность Перспективная возможность	Кажущаяся возможность Мнимая возможность

3. Оценка последствий нововведения		Каковы последствия в перспективе?	
		Позитивные	Негативные
Каковы последствия в ближайшем будущем?	Позитивные Негативные	Устойчивые позитивные Последствия Позитивные последствия В перспективе	Перспективно-негативные Последствия Устойчиво-негативные последствия

Предлагая некое нововведение (например, замысел новой ЭСУ) исследователь задается тремя вопросами.

Первый вопрос – нужно ли оно (нововведение)?

Если в результате анализа потребности на текущий момент и прогнозирования ее изменений в перспективе выясняется, что потребность устойчива или перспективна, то делается вывод о необходимости нововведения. Если потребность оказывается кажущейся или мнимой, то фиксируется отрицательный ответ.

При положительном ответе на первый вопрос исследователь переходит ко второму вопросу.

Второй вопрос – возможна ли реализация этого нововведения?

Если в результате анализа возможности на текущий момент и прогнозирования ее изменений в перспективе выясняется, что возможность устойчива или перспективна, то на вопрос дается положительный ответ, в противном случае – отрицательный ответ. При положительном ответе на второй вопрос исследователь переходит к третьему вопросу.

Третий вопрос – каковы возможные последствия этого нововведения?

Если в результате анализа последствий на ближайшее будущее и прогнозирование их изменений на отдаленную перспективу выяснится, что последствия устойчиво негативны или становятся таковыми в будущем, то характер нововведений отрицательный.

При положительных ответах на поставленные вопросы исследователь может перейти к уточнению характеристик нововведения и к ответам на вопросы:

– какие конечные цели могут быть достигнуты посредством создаваемой ЭСУ;

– какую роль будет играть создаваемая ЭСУ в данной сфере деятельности; какими свойствами и строением может обладать ЭСУ при данных предположениях;

– какие принципы и стратегии могут быть положены в основу процесса создания и применения ЭСУ;

– какова степень технического и экономического риска, связанного с созданием ЭСУ.

Ответы на эти вопросы позволят исследователю перейти к формированию проблематики и комплексной программы НИР по выбранным направлениям.