

УДК 004.5; 378.1

ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Соловьёв И.В., д.т.н., профессор, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
E-mail: i.v.soloviev54@mail.ru

Аннотация. Сформулированы принципы описания сложной организационно-технической системы (СОТС). Предложена концептуальная модель сложной организационно-технической системы. Типизированы элементы и связи СОТС. Предложен способ теоретико-множественного описания СОТС. Введено понятие «системное время» и раскрыта его структура. Введено понятие информационное пространство СОТС. Приведена информационная модель жизненного цикла СОТС. Раскрыто содержание стадий и фаз жизненного цикла СОТС.

Ключевые слова: система, сложная организационно-техническая система, информационное пространство системы, системное время, категориальная пара, жизненный цикл системы, информационная модель жизненного цикла, информационные связи, информационные потребности, интеллект.

PROBLEMS IN THE STUDY OF COMPLEX ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEM

Solovyov Igor, D. of Sci., professor, MSTU MIREA, Moscow, Russia
E-mail: i.v.soloviev54@mail.ru

Abstract. This article describes a complex organizational and technical system. Conceptual model of the complex organizational and technical system. Typed elements and connections COTS. Provides a method for set-theoretic description of COTS. Introduced the concept of "system time" and revealed its structure. Introduced the concept of information space COTS. Shows information lifecycle model COTS. Disclosure of stages and phases of the life cycle COTS/

Keywords: system, complex organizational and technical system, space information systems, system time, categorical steam system life cycle, life cycle information model, information communication, information needs, intelligence

Сложная организационно-техническая система является продуктом человеческой деятельности. Создание и развитие СОТС осуществляется в ходе развития человеческого общества. Сложная организационно-техническая система характеризуются следующими признаками:

- изменчивостью во времени собственной структуры и выполняемых функций;
- неполным соответствием своей структуры, изменяющимся во времени целям системы (или изменяющемуся вектору целей системы);

- непостоянством (изменчивостью) целей функционирования и невозможностью выразить их количественно;
- неполной априорной информацией о структуре и функционировании системы;
- отсутствием формальных критериев для принятия решений по поддержанию целостности и развитию системы;
- использованием крупных человеко-машинных комплексов, требующих всестороннего обеспечения;
- противоречивым поведением человека, действия которого могут не соответствовать заранее определенным целям, а принимаемые им решения - оказывать отрицательное влияние на систему;
- реализацией принципа единоначалия, означающего, что в каждой сложной организационно-технической системе имеется только одно лицо, принимающее решение.

Исходя из перечисленных признаков, поясним особенности СОТС. Все элементы СОТС являются самоуправляемыми или управляемыми извне в пределах объемлющего (иерархически высшего) управления на основе собственного интеллекта и информации, хранящейся в их памяти. Интеллект элемента [5] характеризуется следующим свойствами:

- способностью элемента сформировать, поддерживать и развивать внутреннюю субъективную информационную модель мира в категориях и понятиях;
- способностью элемента производить новые знания об окружающем мире, исходя из анализа фактов, взаимосвязей и отношений;
- возможностью элемента понимать и обучаться на своем и чужом опыте, способность приобретать ранее накопленные знания;
- способность субъекта к прогнозу и созданию альтернатив при принятии решений;
- способностью элемента ставить цель, расчленять, разбивать процесс достижения цели на периоды и этапы и адаптировать процесс достижения цели.

Каждый самоуправляющийся элемент системы обладает интеллектом, и им можно управлять извне, так как он может принимать и хранить информацию в памяти. Каждый элемент системы может распространять (передавать) информацию из своей памяти другим взаимодействующим¹ с ним элементам и окружающей среде и,

¹ Под взаимодействием будем понимать процесс отображения информации «среда-элемент», «элемент-среда».

следовательно, способен к развитию. Через каждый элемент возможно управление другими элементами системы (опосредованное управление) и окружающей средой.

Все процессы взаимного отображения информации между элементами внутри системы, а также между системами и средой² подчинены вероятностным предопределенностям, выражающимся в статистике. Информационный обмен между элементами в пределах системы и системы со средой носит неоднозначный характер в пределах, ограниченных вероятностными предопределенностями [2]. Вследствие этого элементы системы с интеллектом и памятью с течением времени накапливают информационные отличия друг от друга и могут обладать несколькими специализациями, то есть быть пригодными для использования по различным целевым функциям применения и развития. Благодаря этому, мгновенно незаменимые элементы, тем не менее, могут быть в течение некоторого времени заменены другими элементами, так как в их память может быть введена информация, обеспечивающая их новую специализацию при замене.

Наличие элементов системы с интеллектом и памятью обеспечивает гибкость её поведения. То есть реакция системы (ее фрагментов, элементов) на одно и то же воздействие среды однозначно не определена, хотя и предопределена в вероятностно-статистическом смысле на основе изменяющегося под воздействием среды информационного состояния системы.

Функционирование системы протекает под «давлением» среды. Давление среды обусловлено не стабильными условиями вмещающего ландшафта, который может быть как природным (географическим), так и антропогенным.

В связи с этим в системе объективно формируется две группы целей: во-первых, некоторым образом выдержать «давление» среды; во-вторых, свободные от сдерживания «давления» ресурсы употребить на удовлетворение потребностей, реализацию предназначения системы и её развитие.

Эти две группы целей порождают во времени два потока частных задач. По отношению к среде - внешние задачи; по отношению к системе - внутренние задачи. Очевидно, что если все ресурсы системы расходуются на поддержание устойчивого пребывания в среде (устойчивого пребывания в географическом или (и) антропогенном ландшафте), то степень реализации предназначения системы, ради которой она введена в среду и развитие системы, будет равна нулю. Одновременно, если система подавляется (вытесняется) средой, то о реализации ее предназначения также не может

² Для элемента системы внешней средой являются взаимодействующие элементы и составные части системы .

быть и речи. Поэтому одной из обязательных частных целей системы является обеспечение пребывания её в среде с некоторым запасом устойчивости с учётом возможного возрастания «давления» среды или наращивания темпов развития системы.

Система может содержать в себе множество вложенных систем. Глубина вложения систем, то есть число уровней иерархии, принципиально ограничена возможностями объемлющей системы по транспортировке и обработке информации. Взаимная вложенность систем предполагает существование элементов, одновременно принадлежащих нескольким системам. Это означает, что они могут одновременно участвовать в выполнении нескольких частных целей управления, реализуемых разными подсистемами. При несогласованности частных целей собственно объемлющая и вложенная система являются потенциально конфликтными.

СОТС относятся к эволюционирующим системам, так как с момента своего появления они сами и их элементы обладают, во-первых, некоторым запасом устойчивости по отношению к воздействиям окружающей среды, во-вторых, вследствие наличия интеллекта некоторым потенциалом развития своих качеств за счет изменения организации как внутри системы, так и внутри элементов. Состав элементов таких систем является возобновляемым, что обеспечивает им устойчивое существование в течение жизни многих поколений элементов в некотором балансирующем режиме.

Освоение потенциала развития системы либо ее элементов изменяет как характер взаимодействия системы со средой, так и внутреннюю организацию процессов в системе, что сопровождается возрастанием запаса устойчивости системы по отношению к давлению среды и (или) ростом мощности воздействия системы на среду в смысле своего основного предназначения [2].

«Давление», которое испытывает на себе система в плане частоты воздействия среды, имеет меньшую частоту по отношению к характеристикам «быстродействия» элементов системы. Это обеспечивает их устойчивое взаимодействие со средой, а система может устойчиво пребывать в среде. Способность системы устойчиво выдерживать воздействие среды определяется тремя факторами: «быстродействием» элементов по отношению к частоте воздействия среды; временем жизненного цикла элементов и структур, из них образованных; и организацией взаимодействия интеллектов элементов (прежде всего информационного) внутри системы. При неправильной организации информационного взаимодействия система может утратить принципиальную возможность устойчивого пребывания в среде или взаимодействия с объемлющей системой.

Рассмотренные признаки и особенности СОТС [3] позволяют сформулировать одиннадцать основных свойств сложной организационно-технической системы: динамичность, самоорганизация, производственные возможности (возможности по предназначению), готовность к выполнению предназначения, устойчивость, управляемость, организованность, наблюдаемость, интеллект, скрытность, самодостаточность.

Свойство динамичности означает, что как сама система в целом, так и ее элементы могут находиться во множестве состояний, и эти состояния могут изменяться как непрерывно, так и дискретно. Динамичность системы характеризуется энтропией - мерой вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния. Энтропия характеризует степень вариативности микросостояния системы. Чем выше энтропия, тем в большем числе существенно различных микросостояний может находиться система при данном макросостоянии.

Самоорганизация системы выражает ее способность на основании оценки воздействий со стороны внешней среды или оценки собственного состояния самостоятельно изменять свои свойства и, таким образом, приходиться к своему устойчивому состоянию, когда эффективность решения задач не будет меньше заданной.

Производственные возможности - свойство, отражающее потенциальные возможности системы по производству продукции и предоставлению услуг с требуемым уровнем эффективности.

Готовность к выполнению предназначения – способность СОТС на любых уровнях давления среды начать (инициировать) деятельность по выполнению поставленных задач (реализации предназначения).

Устойчивость - способность сохранять и реализовывать свойственные системе возможности в условиях различных видов воздействий.

Организованность - способность определять и устанавливать целесообразные организационные структуры элементов СОТС.

Управляемость - способность устанавливать и поддерживать необходимый уровень готовности элементов СОТС, а также неукоснительно выполнять принятые решения и планы.

Наблюдаемость - способность добывать информацию об объектах, средствах и состоянии среды, в которой действует система.

Интеллект - способность самостоятельно строить свое поведение в соответствии с поставленной целью и условиями обстановки [6] .

Скрытность - способность противодействовать наблюдаемости.

Самодостаточность – способность системы поддерживать свою целостность и выполнять стоящие перед ней задачи в течение некоторого отрезка времени без потребления внешних ресурсов и услуг.

Формальное описание сложной организационно-технической системы основывается на ее концептуальной модели, включающей в себя, во-первых, перечень типов ее элементов; во-вторых, перечень типов связей между элементами; в-третьих, информационные модели типов элементов (см. рис. 1). Основу модели СОТС составляют четыре типа элементов:

- решающий элемент (РЭ);
- элементы, обеспечивающие информационную поддержку решающим элементам (ЭОП РЭ);
- элементы носители потенциала по предназначению (ЭНП);
- элементы носители ресурсов и услуг (ЭНРУ).

Каждый из рассмотренных типов и модель системы в целом обладают свойством иерархичности, т.е. потенциально могут содержать в себе несколько уровней вложенности однотипных элементов (систем) и обладают памятью и интеллектом.

В качестве решающих элементов системы допустимо рассматривать руководителей, принимающих решение (ЛПР) на всех уровнях управления системой. Решающие элементы отражают конкретную реализацию принципа единоначалия в СОТС и поэтому инициируют все процессы управления в ней, организуют систему в соответствии с поставленными задачами. На решающие элементы возлагается вся полнота ответственности за выполнение системой своего предназначения и за последствия принятых решений.

Элементами, обеспечивающими информационную поддержку решающим элементам, являются органы управления (ОУ). Они обеспечивают оказание помощи ЛПР в подготовке принятия решения, планировании, доведении команд до подчиненных и контроле исполнения. Кроме того, эти элементы оказывают помощь ЛПР в поддержании готовности и всесторонней подготовке элементов носителей ресурсов и услуг.

В качестве элементов - носителей потенциала по предназначению могут рассматриваться объекты, способные производить товарную продукцию и услуги, а также объекты, способные поражать (воздействовать) или создавать непосредственную угрозу эвентуальному противнику. Как правило, к ним относятся: производственные цеха; подразделения оказания внешних услуг; транспортные подразделения;

подразделения, производящие научно-техническую продукцию; части, укомплектованные соответствующим вооружением.

В качестве элементов носителей ресурсов и услуг могут рассматриваться объекты, функциональное назначение которых в системе состоит в том, чтобы удовлетворять потребности любого другого типа элементов системы в ресурсах и услугах.

Не обладая потенциалом по предназначению системы, эти элементы обеспечивают ее целостность, восстановление работоспособности и требуемый уровень готовности элементов-носителей потенциала системы по предназначению. К таким элементам относятся: склады; базы и центры технического обслуживания; узлы связи и АСУ; информационно-вычислительные центры; инженерные и хозяйственные службы и др.

Между элементами системы будем рассматривать четыре типа связей: материальные, энергетические, информационные и комплектования.

Эти связи реализуются через композицию соответствующих процессов потребления и обмена ресурсами и услугами.

Материальные связи включают: поставку ресурсов и комплектующих для производства; финансовые потоки; поставку всех видов горюче-смазочных материалов; постройку объектов недвижимости; поставку продовольствия; поставку воды и др., а также услуги, необходимые для обеспечения этих поставок и потоков.

Энергетические связи включают поставку и потребление всех видов энергии, например, электроэнергии или тепловой энергии.

Информационные связи включают: информационные процессы, связанные с передачей командной информации; информационные процессы, связанные с обменом информацией состояния о всех типах элементов системы, например, в форме почтовой корреспонденции и др.; информационные процессы по сферам и предметным областям деятельности, а также информационные услуги, такие как соединение абонентов, удаленный доступ к информационным ресурсам, поиск информационных ресурсов и т. д.

Реализация информационных связей и процессов осуществляется в рамках информационной инфраструктуры системы с использованием различных форм представления информации: голосового обмена, прослушивания радиопередач, просмотра телепередач, обмена данными, факсимильного обмена, видеоконференций или селекторных совещаний, мультимедийного обмена. Информационные ресурсы и

информационная инфраструктура образуют внутреннее информационное пространство системы.

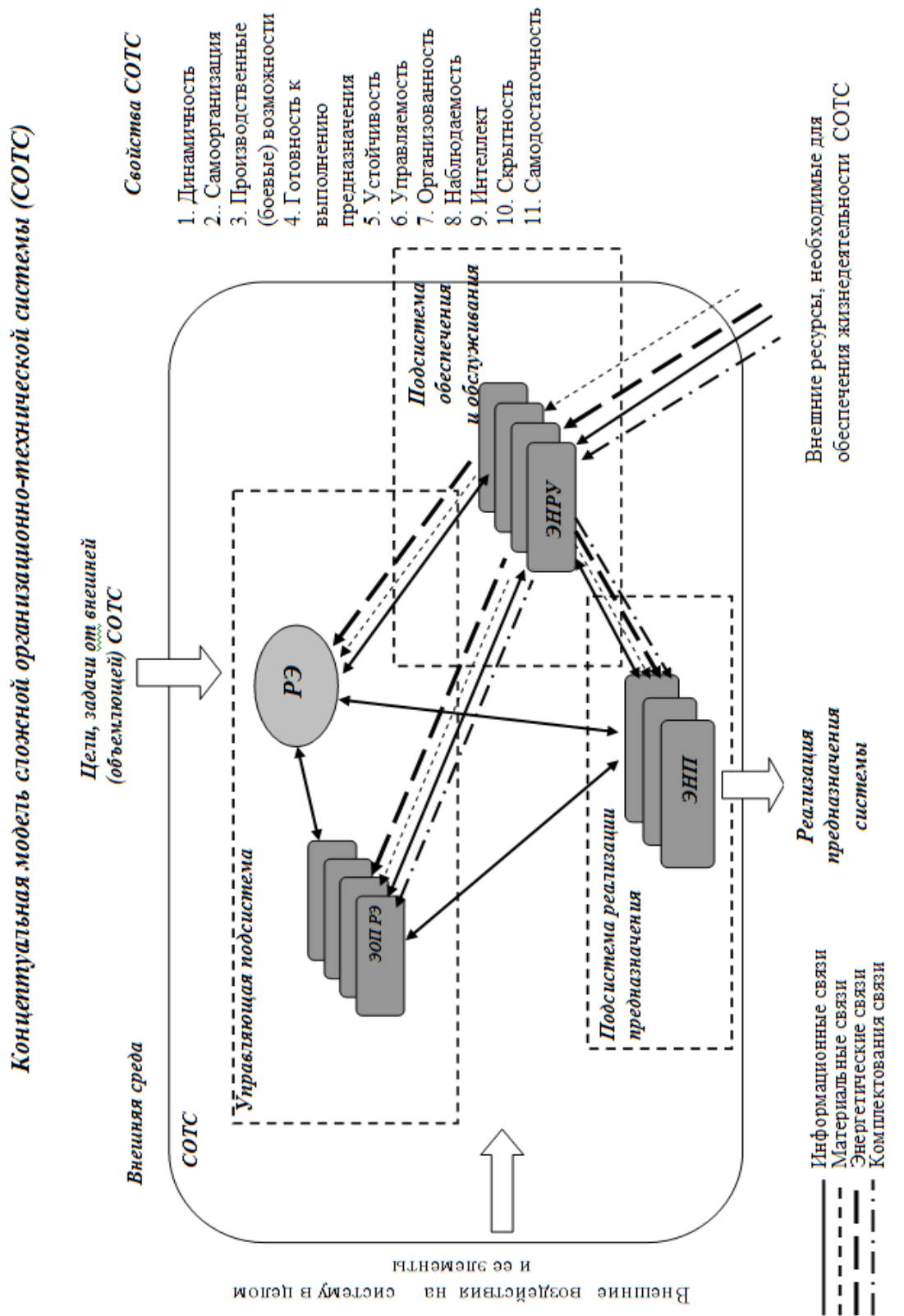


Рис. 1. Концептуальная модель сложной организационно-технической системы

Связи комплектования включают: укомплектование штатных должностей обученным и подготовленным персоналом, а также необходимые для этого услуги.

С учетом четырех типов связей будем полагать, что каждый из типов элементов системы обладает четырьмя типами ресурсов: материальными, людскими, энергетическими и информационными и, в случае необходимости, предоставляет услуги по их производству или потреблению.

Отметим также, что кроме свойств, присущих системе и рассмотренных нами ранее, важными для анализа и синтеза системы являются вмещающий ландшафт (зона, территория, акватория), в котором система реализует свое предназначение и ответственность (владение, пользование, распоряжение). Вмещающий ландшафт может быть природным, характеризующийся физико-географическими условиями (географическим) и антропогенным, характеризующийся наличием и взаимодействием искусственных антропогенных систем, экономическими, социальными, политическими и т.п. условиями.

В модели СОТС (см. рис. 1) представлены ее типовые элементы, которые сгруппированы по подсистемам. Таких подсистем четыре: подсистема реализации предназначения системы, управляющая подсистема, обеспечивающая и обслуживающая подсистемы (последние две на рисунке объединены в одну).

Кроме того, могут выделяться элементы, совокупности элементов, компоненты, подсистемы, объединяемые каким-либо одним типом связи (материальной, информационной, энергетической, комплектования). В контексте рассматриваемого типа связи между элементами системы может выделяться и самостоятельно рассматриваться их соответствующая инфраструктура. Например, самостоятельно может рассматриваться информационная инфраструктура системы, в которую, как правило, включают: системы и средства связи; системы и средства автоматизации; информационные системы и системы поддержки принятия решения; системы и средства добывания информации.

Состав типовых элементов модели (РЭ, ЭОП РЭ, ЭНП, ЭНРУ, четырех типов связей и типовых процессов, обеспечивающих практическую реализацию связей) достаточно универсален и позволяет в форме системы описывать объекты различного уровня сложности и масштаба от описаний небольших предприятий, учреждений до региональных (территориальных) объединений, а также описания организационных форм федерального масштаба, таких как федеральные Министерства и федеральные агентства.

Очевидно, что в сложной организационно-технической системе (СОТС)

протекают внутренние материальные, энергетические и информационные процессы. Темпы протекания этих процессов определяются многими факторами, главными из которых являются:

- этапы жизненного цикла (ЖЦ) системы (у каждой свой ЖЦ);
- состав и содержание элементов системы;
- внутренняя структурная организация системы;
- цели, задачи и потребности системы;
- наличие персонала системы – носителя естественного интеллекта и памяти.

Особую значимость для синхронизации и координации деятельности элементов системы имеет сопоставление темпов протекания системных процессов в пределах внутренней границы системы. В этом смысле наряду с астрономическим временем может быть использовано понятие «системное время». Понятие системное время [1] возникает, когда СОТС начинает реализовывать своё предназначение и удовлетворять материальные, энергетические и информационные потребности.

Системное время применительно к СОТС определяется астрономическим временем и численностью персонала системы. Системное время неразрывно связано с составом и содержанием потребностей системы, мотивируемых её внутренними и внешними целями и задачами. Для однозначного толкования понятия «системное время» введём несколько аксиом.

Аксиома 1. Системные потребности мотивируются внешними и внутренними целями и задачами системы и её элементов, взаимодействием со средой и деятельностью объемлющей системы.

Аксиома 2. Системное время СОТС тратится только на удовлетворение потребностей СОТС,

Аксиома 3. Каждой потребности СОТС удовлетворяет определённая часть системного времени.

Аксиома 4. Каждой части системного времени соответствует определённая системная потребность.

Мера системного времени, содержащая в себе единство противоположенностей качества и количества, имеет как количественную меру, так и структуру, отражающую качественный состав элементов системы.

Определение 1. Количественной мерой системного времени является произведение числа персонала СОТС на отрезок астрономического времени.

Определим единицу измерения системного времени как время жизни одного миллиона человек в течение года и обозначим эту единицу – 1 МГ. Единица

системного времени является инвариантом. С помощью этой единицы можно сопоставлять разнородные СОТС на протяжении любого отрезка астрономического времени. Системное время любой СОТС может быть нормировано к единице 1 МГ. Структура системного времени, исходя из аксиом 3 и 4, определяется перечнем потребностей системы.

Вместе с тем, при структурировании системного времени имеет место проблема идентификации и перечисления системных потребностей. Действительно, число потребностей системы и связей между ними велико, постоянно изменяется, и, хотя в принципе является счислимым, вопрос о полноте перечисленных потребностей всегда остаётся открытым. Практически неразрешимым остаётся вопрос о степени детализации системных потребностей, включённый в такой перечень.

Одним из путей решения проблемы идентификации и перечисления системных потребностей в контексте структурирования системного времени является дедуктивный анализ на основе категориальных пар, позволяющий уйти от их прямого перечисления и свести этот процесс к выделению типов потребностей.

При категориальном анализе категориальная пара, включающая два понятия, отражающих некоторое противоречие, делит целое на две части. Приложение к целому нескольких категориальных пар позволяет рассматривать целое с нескольких точек зрения. При этом число элементов, на которое разбивается целое, возрастает не по линейному закону, а по показательному закону, где основанием является число 2, а показателем число категориальных пар. В общем, категориальные пары позволяют целенаправленно типизировать элементы целого за счёт отнесения элементов к одной из составляющих категориальной пары.

Итак, структура системного времени может быть определена на основе дедуктивного анализа с использованием категориальных пар. В качестве наиболее значимых категориальных пар для структурирования системного времени рассмотрим три категориальных пары, именно:

<необходимое - свободное >;

<элемент - система > или <внутреннее - внешнее>;

<информационные потребности – материально-энергетические потребности >

В соответствии с категориальной парой <необходимое - свободное > системное время T_C делится на две составляющие:

- необходимое системное время, T_H ,

- свободное системное время, $T_{Cв}$.

При этом $T_C = T_H + T_{Cв}$

Источником деления системного времени на необходимое и свободное является объективное наличие в системе, как мы говорили ранее, двух групп целей. Первая группа целей направлена на то, чтобы некоторым образом выдержать «давление» среды. Вторая группа целей направлена на то, чтобы свободное от сдерживания «давления» ресурсы употребить на удовлетворение потребностей, реализацию предназначения системы и её развитие.

Необходимое системное время – это часть системного времени, затрачиваемая на обеспечение достигнутого уровня удовлетворения системных потребностей или другими словами часть системного времени, которая расходуется на восстановление того, что разрушает астрономическое время и окружающая среда.

Свободное системное время – это часть системного времени, оставшаяся у системы после удовлетворения текущих потребностей (решения поставленных целей, задач). Этот «остаток» может расходоваться на саморазвитие элементов системы, творческую деятельность, научные исследования, генерацию идей.

Феномен возникновения свободного времени в СОТС объясняется наличием естественного интеллекта и памяти у элементов системы, включая также наличие у них эвристических алгоритмов отражения и переработки информации. Свободное время с одной стороны является источником развития СОТС, а, с другой, обеспечивает запас устойчивости системы.

В терминах категориальной пары <необходимое - свободное> применительно к системному времени можно сформулировать два взаимосвязанных основных закона развития СОТС, а именно закон экономии системного времени и закон возвышения потребностей.

Закон экономии системного времени устанавливает объективную тенденцию сокращения доли необходимого системного времени для удовлетворения устойчивых потребностей в системном времени СОТС в течение ЖЦ.

Закон возвышения потребностей устанавливает объективную тенденцию неограниченного возрастания потребностей системы в соответствии с ростом доли свободного системного времени в системном времени СОТС в течение ЖЦ, что является источником развития СОТС и запаса её устойчивости.

Категориальная пара <элемент - система > или <внутреннее - внешнее> делит системное время T_C на две структурные составляющие:

- системное время для удовлетворения внешних (системных) потребностей элементом системы, $T_{у.в.п.}$;
- системное время для удовлетворения внутренних потребностей элемента

системы, $T_{у. Вн. П.}$.

При этом $T_C = T_{у. В. П.} + T_{у. Вн. П.}$

$T_{у. В. П.}$ связано с реализацией предназначения СОТС. Если $T_{у. В. П.} = 0$ – это означает, что система не затрачивает ресурсов на реализацию своего предназначения и тратит всё системное время на удовлетворение внутренних потребностей элементов системы. При таком варианте функционирования СОТС в достаточно короткий срок деградирует и прекратит своё существование. Если $T_{у. Вн. П.} = 0$ – то система не тратит системного времени на удовлетворение внутренних потребностей элементов системы, что также ведёт к деградации и ликвидации системы. Между $T_{у. В. П.}$ и $T_{у. Вн. П.}$ существует некоторое соотношение, при котором система функционирует в соответствии со своим предназначением либо находится вблизи приемлемого уровня реализации своего предназначения.

Исходя из приведённых соображений, на рис. 2 приведена динамика жизненного цикла сложной организационно-технической системы, которая включает три стадии: стадия строительства (создания), стадия применения и стадия ликвидации. За счёт модернизации время жизни СОТС может продлеваться, оттягивая стадию ликвидации.

Графическое представление динамики жизненного цикла СОТС, основывается на соотношении системного времени для удовлетворения внешних (системных) потребностей элементами системы и системного времени для удовлетворения внутренних потребностей элементов системы

$$\Delta T(t) = T_{у. В. П.} + T_{у. Вн. П.}, \text{ где}$$

$\Delta T(t)$ - превышение системного времени для удовлетворения внешних (системных) потребностей над системным временем для удовлетворения внутренних потребностей.

Периодизация стадий жизненного цикла СОТС основана на соотношении системного времени для удовлетворения внешних (системных) потребностей и системного времени для удовлетворения внутренних (Вн) потребностей элементов системы и включает шесть фаз, а именно:

1. Инкубационная фаза $[0, t_0]$.

В рамках этой фазы формируется и реализуется умозрительная модель системы. Осуществляется её обоснование и проектирование, изготовление и установка компонентов системы,

$$\begin{array}{l} T(t_0)_{у. В. П.} = 0 \\ T(t_0)_{у. Вн. П.} - \uparrow \end{array}$$

t_0 - момент, когда система начинает реализовывать своё предназначение.

На этой фазе доминируют затраты системного времени для удовлетворения внутренних потребностей системы.

2. Фаза внедрения $[t_0, t_1]$.

В ходе этой фазы осуществляется укомплектование и отработка организационных структур и нормативных документов.

$$T_{у.в.п.}(t_1) = K_1 T_{у.вн.п.}(t_1)$$

K_1 - коэффициент, при котором система вводится в эксплуатацию.

$$\Delta T_1 = T_{у.в.п.}(1 - 1/\kappa_1), \text{ в интервале } [t_0, t_1] \quad \Delta T(t) \leq \Delta T_1$$

t_1 - момент ввода в эксплуатацию системы.

На этой фазе начинается рост затрат системного времени для удовлетворения внешних потребностей. Доминирование затрат системного времени для удовлетворения внутренних потребностей системы остаётся.

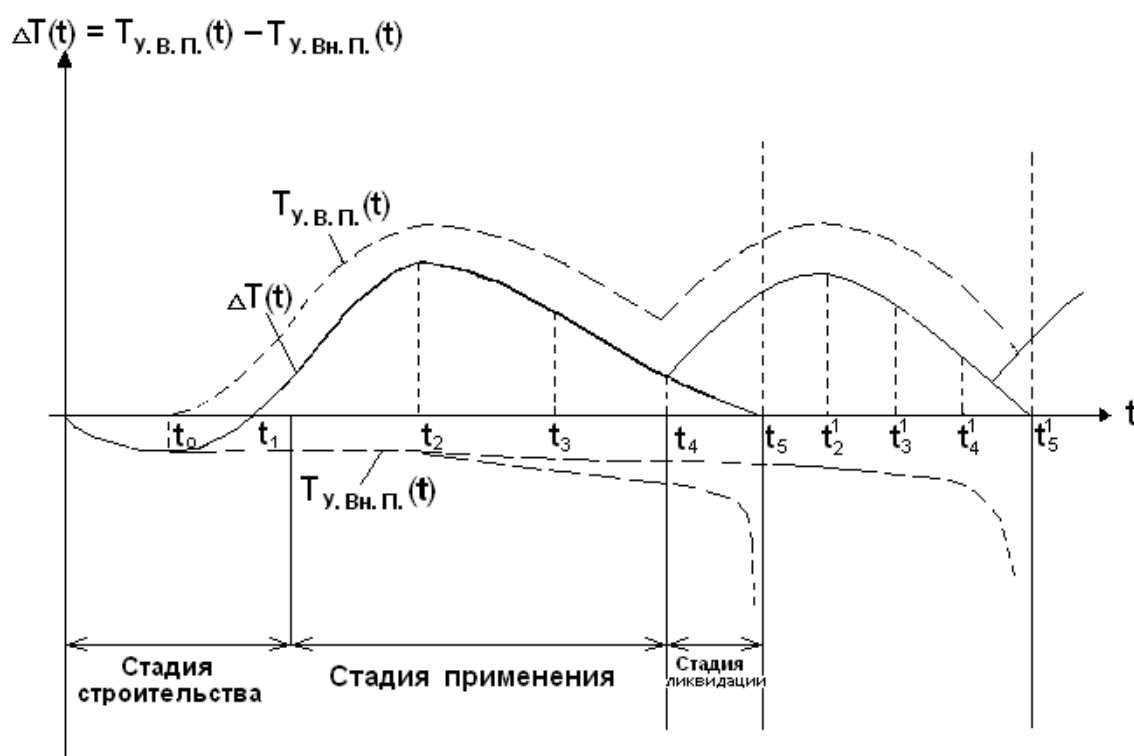


Рис.2. Динамика жизненного цикла сложной организационно-технической системы.

3. Фаза подъёма $[t_1, t_2]$.

Начинается применение системы по назначению без обновления составляющих её элементов, подсистем, конгломераций.

$$T_{у.в.п.}(t_2) = K_2 T_{у.вн.п.}(t_2)$$

K_2 - коэффициент, при котором в системе начинаются плановые

обновления элементов системы.

$$\Delta T_2(t_2) = T_{y.v.p.}(t_2)(1 - 1/\kappa_2), \text{ в интервале } [t_1, t_2] \quad \Delta T_1 \leq \Delta T(t) \leq \Delta T_2$$

t_2 - момент начала обновления элементов системы.

На этой фазе доминируют затраты системного времени для удовлетворения внешних потребностей системы. Идёт стабильный рост превышения затрат системного времени для удовлетворения внешних потребностей над затратами системного времени для удовлетворения внутренних потребностей.

4. Акматическая фаза (греч. "akmh", "пик") $[t_2, t_3]$.

Период применения системы в устоявшемся режиме с незначительным обновлением элементов.

$$T_{y.v.p.}(t_3) = K_3 T_{y.v.p.}(t_2)$$

K_3 - коэффициент, при котором принимается решение по модернизации.

$$\Delta T_3(t_3) = T_{y.v.p.}(t_3)(1 - 1/\kappa_3) \text{ в интервале } [t_2, t_3] \quad \Delta T_2 \leq \Delta T(t) \leq \Delta T_3$$

t_3 - момент начала модернизации системы.

На этой фазе доминируют затраты системного времени для удовлетворения внешних потребностей системы. Рост превышения затрат системного времени для удовлетворения внешних потребностей над затратами системного времени для удовлетворения внутренних потребностей прекращается. Устанавливается более менее устойчивое соотношение между $T_{y.v.p.}$ и $T(t_0)_{y.v.p.}$ с незначительным ростом $T(t_0)_{y.v.p.}$

5. Фаза модернизации $[t_3, t_4]$.

Период, когда осуществляется ограниченное применение системы с заменой ряда существенных элементов и подсистем на новые.

На этой фазе продолжают доминировать затраты системного времени для удовлетворения внешних потребностей системы. Однако существенно ускоряется рост затрат системного времени для удовлетворения внутренних потребностей системы.

t_4 - момент начала утилизации системы либо продолжения применения.

6. Фаза обскурации (лат., от obscurus – темный, потемнение) $[t_4, t_5]$.

Период, когда происходит утилизация системы, её разрушение, распад и исчезновение либо превращение в реликт.

Повторение третьей, четвертой и пятой фаз жизненного цикла системы свидетельствует о гомеостазе системы, то есть о таком устойчивом состоянии системы, когда она стабильно удовлетворяет внутренние и внешние системные потребности и востребована взаимодействующими системами.

Динамика жизненного цикла сложной организационно-технической системы

может быть детализирована информационной моделью жизненного цикла, (см. рис. 3). Эта модель задаёт основы формализации основных типов возможных состояний, в которых может находиться СОТС или ее элементы в течение трёх стадий жизненного цикла. В связи с этим Модель жизненного цикла системы имеет существенное значение для определения вектора состояния контрольных параметров системы и её общесистемной меры, представляющей многомерную вероятностную матрицу возможных состояний.

Формирование модели жизненного цикла системы (элемента) осуществляется с учетом вектора целей управления, содержащего как внешние цели системы (применение по назначению), так и внутренние цели (развитие, поддержание в готовности, всестороннее обеспечение). Модель жизненного цикла системы является универсальной как для СОТС, так и для ее подсистем и элементов. Категориальная пара <информационные потребности – материально-энергетические потребности > делит системное время T_C на две составляющие:

- системное время для удовлетворения информационных потребностей элементом системы - $T_{у.и.п.}$

- системное время для удовлетворения материально-энергетических потребностей элементом системы – $T_{у.мэ.п.}$

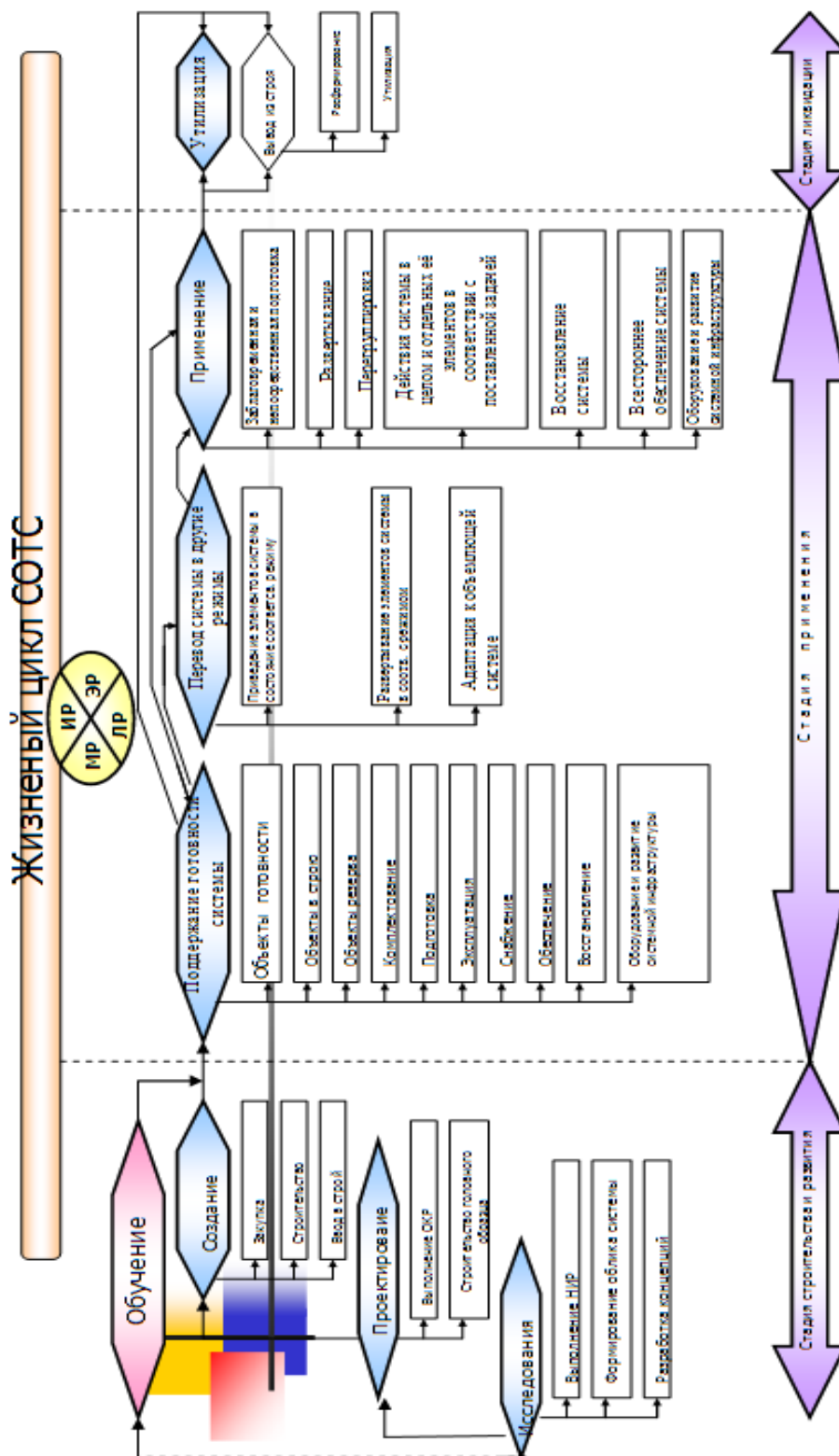
В дальнейшем представляется разумным рассматривать процесс удовлетворения информационных потребностей как процесс полностью включающий в себя процесс удовлетворения духовных потребностей. Такое деление позволяет локализовать затраты системного времени на удовлетворение информационных потребностей системы.

Структура системного времени с учётом деления системного времени тремя категориальными парами представлена на рис. 4. По структуре системного времени можно оценить вклад каждого структурного элемента в другие структурные элементы и структуру в целом.

Кроме рассмотренных категориальных пар для структурирования системного времени могут использоваться и другие категориальные пары, содержащие в себе некое противоречие, например: <управление - исполнение>, <элемент - система>, <подсистема - система> и др.

Исходя из содержания, структуры и свойств СОТС, сформулируем теоретико-множественный подход к её описанию. Сложная организационно-техническая система Θ (далее система) с многовариантной переменной структурой S , состоит из пересекающихся подсистем Θ_i и многофункциональных гетерогенных элементов ω_j ,

изменяющих свое место, функции и состояние во времени. Количество элементов ω_j в системе Θ является конечным.



- Состояния системы определяется моделью ее жизненного цикла.
- Содержание процессов управления системой определяется ее конкретным состоянием.
- В зависимости от состояний системы можно выделить типы процессов управления.
- Число типов процессов управления равно числу состояний.
- Каждый тип процесса управления может быть распараллелен относительно классов (родов, видов) элементов системы.
- Каждый тип процесса управления может быть представлен композицией функций управления.

Рис.3. Информационная модель жизненного цикла сложной организационно-технической системы.

Системное время, $T_{СВ}$		Свободное системное время, $T_{СВ}$		<необходимое-свободное> <элемент-система> <внутреннее-внешнее>	
		Необходимое системное время, $T_{НСВ}$		<информационные потребности – материально-энергетические потребности>	
Системное время на удовлетворение потребности элемента системы, $T_{УВЭД}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности элемента системы, $T_{УВЭД}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$
	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$
	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$
	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$	Системное время на удовлетворение потребности системы, $T_{УДС}$

Рис. 4. Структура системного времени

Таким образом

$$\Theta = \bigcup_i \Theta_i, \Theta = \bigcup_j \omega_j, \Theta_i = \bigcup_j \omega_{ij}.$$

Система Θ может входить в состав объемлющей системы Θ^1 , то есть $\Theta \subset \Theta^1$. Система Θ может выступать в качестве объемлющей системы по отношению к другим системам.

Свойства системы Θ не являются простой совокупностью свойств, составляющих ее элементов ω_j (подсистем Θ_i), т. е. $\Theta \neq \bigcup_{j=1}^n \rho_j$, где ρ_j – свойства ω_j , элемента системы; n – общее число элементов системы. Системные свойства Θ зависят от системозначимых свойств элементов ρ_j .

Время пребывания каждого конкретного элемента ω_j в системе Θ конечно. Каждый элемент СОТС обладает памятью и интеллектом. Состояние элемента ω_j , определяется двумя группами свойств, - материальной и информационной.

Материальная группа свойств ρ^m_j определяет существование (гибель) элемента ω_j . Информационная группа свойств ρ^u_j является основой развития (деградации) элемента ω_j . Состояние элемента ω_j , определяет его потенциальную возможность выполнять некоторые функции $f(\omega)$, и зависит от времени его пребывания в системе Θ .

В процессе существования, развития и деградации системы Θ реализуется и удовлетворяется множество потребностей ее элементов Π_k , состав которого может изменяться во времени. Каждая потребность характеризуется объемом Ω_{Π_k} .

Удовлетворение потребности Π_k в объеме Ω_{Π_k} осуществляется за счет выполнения перечисленных групп функций. Для удовлетворения потребностей Θ используется множество ресурсов $R^{(i)} = \{r_i\}$.

Обязательными ресурсами для каждого системного процесса являются: системное время, энергия, пространство.

Основной вариант структуры S системы Θ состоит из трёх подсистем и определяется составом функций, выполняемых каждым из элементов ω_j .

Θ_1 – управляющая подсистема;

Θ_2 – подсистема обеспечения и обслуживания;

Θ_3 – производящая подсистема.

Подсистемы Θ_i ($i=1,2,3$) состоят из элементов ω_j , включаемых в них на время выполнения функций $f(\omega_j)$. Между всеми подсистемами существуют прямые и обратные, положительные и отрицательные связи. Атрибутом системы Θ является

системное время T_c .

Системное время T_c системы Θ за заданный промежуток астрономического времени (t_1, t_2) , длительностью в ΔT , определяется произведением ΔT на число элементов ω_j , функционирующих в Θ . Атрибутом системы Θ является информационное пространство ИП. В основу описания информационного пространства ИП положим алгебраическую систему вида:

$$\text{ИП} = \langle C, R, O \rangle,$$

где ИП - информационное пространство;

$C = \{c_{isfj} : i \in I, f \in F, s \in S\}$ - множество информационных ресурсов;

$I = \{i : i \in \mathbb{N}\}$ - множество уровней иерархии системы;

$F = \{f : f \in \mathbb{N}\}$ - множество функций системы;

$S = \{s : s \in \mathbb{N}\}$ - множество типов элементов подсистемы Θ_1 ;

$R = \{r_j : j \in \mathbb{N}\}$ - множество отношений;

$O = \{o_i : k \in \mathbb{N}\}$ - множество операций.

В целом обобщённое описание сложной организационно-технической системы может быть представлено кортежем вида:

$$\Theta = \langle W, C, Ц, SR, T_c, \text{ИП}, N \rangle, \text{ где}$$

W - множество элементов системы ω_j ;

C - множество связей между элементами системы;

$Ц$ - множество целей системы

SR - множество входов и выходов системы;

T_c - системное время;

ИП - информационное пространство системы;

N - наличие наблюдателя.

Сформулированный теоретико-множественный подход к локализации и описанию сложной организационно-технической системы позволит перейти от интуитивного представления о системе, как о множестве элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность и единство, обладающее новым качеством, к её формализованному представлению.

Представляется важным, что в предложенном описании предусмотрена возможность описания информационных связей, информационных потребностей и информационного пространства сложной организационно-технической системы.

Список литературы

1. Гвардейцев М.И., Кузнецов П.Г., Розенберг В.Я. Математическое обеспечение управления. Меры развития общества // Под ред. М.И. Гвардейцева.- М.: Радио и связь.1996. - 176 с.
2. Матвеев В.В., Смирнова О.А, Достаточно общая теория управления. – СПб: СПбГТУ, 2003,-407, рисунки.
3. Розенберг И.Н., Соловьёв И.В., Цветков В.Я.,Комплексные инновации в управлении сложными организационно-техническими системами/ под ред. В.И. Якунина.- М.: Феория, 2010. – 248 с.: с ил.
4. Соловьёв И.В., Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Цветков В.Я Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 208 с.
5. Соловьёв И.В. Об информационном объекте и субъекте. // Дистанционное и виртуальное обучение. 2012. - №5. С. 80-84
6. Соловьёв И.В., Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Цветков В.Я., Кудж С.А. Концепция сетцентрического управления сложной организационно-технической системой. – М.: МАКС Пресс, 2010, - 135 с.