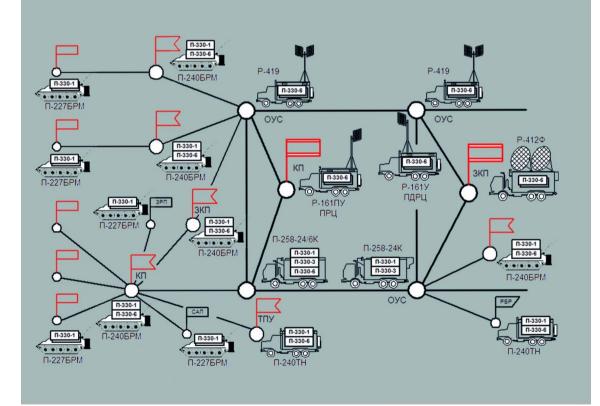
А.А.Киселев А.А.Моисеев

ОЕТИ СВЯВИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАВНАЧЕНИЯ ДЛЯ НУЖД ОБОРОНЫ СТРАНЫ КАК ОБЪЕКТ СИСТЕМНОГО АКАХ

Монография



А. А. Киселев А. А. Моисеев

СЕТИ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ НУЖД ОБОРОНЫ СТРАНЫ КАК ОБЪЕКТ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Монография



Санкт-Петербург 2022 УДК 621.391.28 ББК 68.517 К44

Репензенты:

Доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник AO «НИИ «Рубин» В. И. Курносов Доктор технических наук, профессор, ученый секретарь ПАО «Интелтех» П. А. Будко

Киселев А. А. Сети связи специального назначения для нужд обороны страны как объект системного анализа: монография / А. А. Киселев, А. А. Монсеев. — СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. — 86 с.

В монографии представлены основные результаты научной и практической деятельности в области построения сетей связи специального назначения в рамках системного анализа. В первом приближении рассмотрены вопросы систематизации, комплексирования и уточнения отдельных методологических основ построения сетей связи специального назначения для нужд обороны.

Монография предназначена для специалистов, занимающихся вопросами проектирования, планирования, управления и эксплуатации различных сетей связи специального назначения, а также для тех, кто решил посвятить свою дальнейшую профессиональную деятельность этим вопросам.

[©] Киселев А. А., Моисеев А. А., 2022

[©] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Место и роль сетей связи специального назначения	
для нужд обороны в государственном устройстве	8
2. Принципы построения сетей связи специального	
назначения для нужд обороны	12
3. Системный анализ как методологическая основа построения	
сетей связи специального назначения для нужд обороны	16
3.1. Расчленимость	19
3.2. Целостность	30
3.3 Связанность	31
3.4. Неаддитивность	32
4. Качество военной связи	34
4.1. Своевременность военной связи	38
4.2. Достоверность военной связи	39
4.3. Безопасность военной связи	43
4.1. Непрерываемость военной связи	45
5. Эффективность функционирования сетей связи	
специального назначения для нужд обороны	48
Заключение	76
Библиографический список	77
Приложения	80

Специалист подобен флюсу: полнота его односторонняя.

101-й афоризм из собрания мыслей и афоризмов «Плоды раздумья» (1854) Козьмы Пруткова.

Введение

На сегодняшний день имеется достаточно большое количество различных публикаций посвященных системам и сетям связи, в том числе и военных, различных форматов: научно-исследовательские, учебные, рекламные, обзорные, аналитические и др. Анализ этих работ показывает, что в подавляющем большинстве в них имеется как разночтение, так и неточности по отдельным фундаментальным вопросам построения сетей связи, а также определенная односторонность и однотипность.

В связи с этим в монографии предпринята попытка систематизации, комплексирования и уточнения отдельных методологических основ построения сетей связи специального назначения для нужд обороны (СССННО), а одной из главных задач системного анализа является как можно большая минимизация односторонности, вынесенное эпиграфом к введению. Зачастую специалисты в области инфокоммуникаций «видят» в сетях связи, в основном, узлы и линии связи, а также их элементы, некоторые иногда «вспоминают» о подсистеме управления сетью связи, и не более. Такой подход является в определенной степени ограниченным для таки сложных, больших организационно-технических систем, как СССННО. Этот вопрос также подлежит рассмотрению в предлагаемой работе.

Монография включает пять разделов и обобщает результаты научной и практической деятельности авторов в области проектирования, планирования, управления и эксплуатации различных сетей связи специального назначения под эгидой системного анализа.

В первом разделе определены место и роль сетей СССННО в государственном устройстве, как основы понимания существа описываемых вопросов последующих разделов работы.

Во втором разделе описаны принципы построения СССННО как общие руководящие положения (правила) по вопросам проектирования (планирования), функционирования и эксплуатации этих сетей в различных условиях.

Третий раздел раскрывает основы построения СССННО в рамках системного анализа, позволяющего в теоретическом аспекте исследования полно и всесторонне формулировать цель, задачи исследования, описывать и моделировать объекты и процессы, обоснованно вводить ограничения и допущения, а в практическом — выступает основой, базой для проектирования (планирования), как сети связи в целом, так и для отдельных ее элементов.

В четвертом разделе представлен подход к определению качества военной связи как совокупности основных свойств военной связи: своевременности, достоверности, безопасности и непрерываемости.

Пятый раздел посвящен раскрытию понятия эффективности функционирования СССННО и ее оценке, как основе обоснования сложных, многокомбинаторных решений, которое формирует комплексное мировоззрение на объект исследования и раскрывает многоаспектную сущность изучаемых явлений.

Отметим основные особенности системного анализа [1-4]:

- является языком междисциплинарного общения, современным средством межнаучной коммуникации — это его основное предназначение;
- интегрирует знания, методы и способы естественных и гуманитарных наук, формирует обширный взгляд на реальные процессы, сосредоточивает внимание не на частностях, а на закономерностях;
- не предоставляет готовых решений, а вооружает знаниями, позволяющими самостоятельно и творчески выявлять и разрешать проблемы для практической деятельности;

- основным предметом являются слабо структурированные проблемы, содержащие качественные и количественные элементы, при этом качественные, малоизвестные, неопределенные стороны имеют тенденцию доминировать;
- в ходе решения системных проблем существенную, иногда решающую роль играет интуиция, подкрепленная знаниями и творчеством, выступая источником появления новых идей и способов разрешения системных противоречий;
- важной прагматической задачей при решении системных проблем является поиск «золотой середины» (aurea mediocritas) в пространстве параметров системы;
- главной прагматической направленностью является изыскание конструктивных способов и технологий разрешения возникающих проблем, исключающих негативные варианты развития событий в проблемной области;
- центральной задачей является поиск таких вариантов разрешения проблемы, которые: исключают возникновение новых, еще более трудноразрешимых; не содержат в себе потенциала разрушения того позитивного, что было уже ранее создано; не нарушают, а поддерживают преемственность в развитии научных направлений так, чтобы каждое новое исследование не начиналось «от яйца» (ab ovo);
- раскрывает сущности и взаимосвязи явлений, которые обусловили возникновение проблемы посредством построения различных моделей;
- проводит всесторонний анализ возможных вариантов разрешения системных проблем с учетом таких реалий, как ресурсные ограничения, неопределенность условий внешней обстановки, финансовые и другие риски.

Перечисленные особенности системного анализа определяют первое, довольно-таки общее представление о нем, поэтому в приложениях 1-4 раскрываются его базовые составляющие, понятие «система» в теории системного анализа, характеристики и классы системы. Все это в совокупности определяет базовое представление о теории системного анализа. Для более

глубокого, детального изучения этой теории можно обратиться к [1-4], а также и другим источникам.

Авторы выражают благодарность всем коллегам по научному сообществу, которые в той или иной мере приняли участие в обсуждении ключевых вопросов в ходе работы над монографией. Особую признательность авторы выражают кандидату технических наук, доценту Судареву Аркадию Прокопьевичу за конструктивную дискуссию и обоснованные предложения, высказанные им в ходе этой работы.

Авторы надеются, что предлагаемая монография будет воспринята специалистами в области военных инфокоммуникаций как работа, позволяющая осознать необходимость использования системного подхода в своей профессиональной деятельности, а для тех, кто имеет намерения связать свою дальнейшую жизнь с этой профессией, послужит началом понимания что такое сеть связи.

1. Место и роль сетей связи специального назначения для нужд обороны в государственном устройстве

Понятия «место» и «роль» сетей связи специального назначения для нужд обороны (СССННО) в государственных структурах являются ключевыми в рамках системного анализа, т.к. именно «место» показывает положение, которое занимают СССННО в метасистеме (надсистеме), а «роль» определяется задачами, которые решают эти сети в интересах обороноспособности страны. Кроме того, на основе этих понятий формируется назначение, состав, порядок управления, эксплуатации, функционирования, обслуживания СССННО в различных условиях.

Место СССННО в государственных структурах определятся тем, что они являются составной частью двух метасистем:

- единой сети электросвязи (ЕСЭ) Российской Федерации [5-7] (рис. 1.1);
- системы управления Вооруженными Силами Российской Федерации [5, 6] (рис 1.2).



Рисунок 1.1 – Состав единой сети электросвязи Российской Федерации Согласно [5-7] ЕСЭ России состоит из расположенных на территории Российской Федерации сетей электросвязи следующих категорий (рис. 1.1):

- сеть связи общего пользования;
- выделенные сети связи;
- технологические сети связи, присоединенные к сети связи общего пользования;
 - сети связи специального назначения;
- другие сети связи для передачи информации при помощи электромагнитных систем.

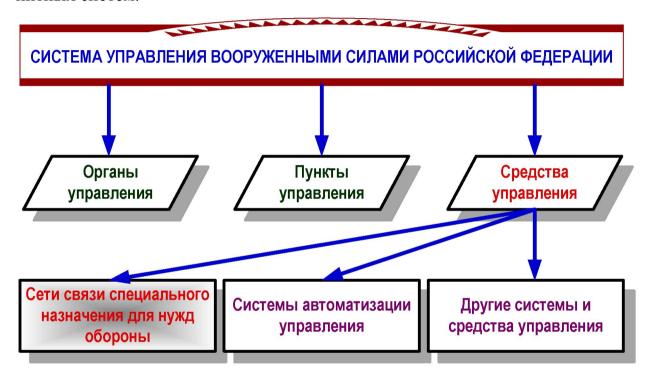


Рисунок 1.2 – Состав системы управления Вооруженными Силами Российской Федерации

Сети связи специального назначения предназначены для нужд органов государственной власти, нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка. Эти сети не могут использоваться для возмездного оказания услуг связи, услуг присоединения и услуг по пропуску трафика.

Для сетей связи специального назначения в рамках ЕСЭ России не устанавливаются требования по их проектированию, построению, эксплуатации, управлению ими или нумерации, применяемым средствам связи, организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования, в том числе в чрезвычайных ситуациях, защиты их от несанкционированного

доступа и передаваемой по ним информации, порядку ввода сетей связи в эксплуатацию [5].

По отношению к системе управления Вооруженными Силами Российской Федерации место СССННО в ее составе определяется тем, что они являются ее функциональной подсистемой, через которую обеспечивается непосредственное воздействие органов управления, находящихся на пунктах управления, на подчиненные силы и средства для успешного выполнения задач по предназначению.

При этом СССННО принадлежат соответствующему виду военного функционального управления и уровню его иерархии по видам и родам войск вооруженных сил, специальным и другим войскам Вооруженных Сил Российской Федерации.

Роль СССННО в государственном устройстве определяется целью их функционирования — обеспечением абонентов (потребителей) связью с заданным качеством в различных условиях мирного и военного времени.

Согласно этой цели СССННО должны решать следующие задачи [8]:

- обеспечение необходимого уровня боевой готовности и подготовки к боевому применению;
 - наращивание боевых возможностей и улучшение состояния;
- обеспечение полной готовности к работе в условиях управления санкционированным применением стратегического, оперативно-тактического и тактического ядерного оружия;
- гарантированного доведения приказов на применение ядерного оружия и оперативное развертывание войск;
- обеспечение устойчивого, непрерывного, оперативного и скрытого информационного обмена (передачи и приема сообщений) при решении задач войсками (силами) и оружием в мирное и военное время;
- обеспечение своевременного развертывания полевых сетей связи во всех уровнях иерархии управления в мирное и военное время;

- обеспечение требуемого уровня выучки личного состава в мирное и военное время, особенно в условиях ведения радиоэлектронного, информационного, огневого и иного противоборства;
- обеспечение повседневной эксплуатации и технического обслуживания, принятых на вооружение комплексов и средств связи и автоматизации управления;
- обеспечение устойчивой работы информационно-вычислительных систем (подсистем) на пунктах управления и систем (подсистем, сетей) передачи данных в АСУВС всех группировок войск, создаваемых на операцию;
- обеспечения в отношении связи управления оперативным и мобилизационным развертыванием войск;
- обеспечения в отношении связи управления действиями боеготовых (в мирное время) группировок войск по локализации (пресечению) вооруженных конфликтов, отражению агрессии со стороны любого противника;
- обеспечения в отношении связи управления войсками (силами) объединений, участвующими в отражении воздушно-космического и иного нападения противника;
- обеспечения в отношении связи управления действиями войск (сил) объединений в проводимых воздушных, оборонительных и наступательных (контрнаступательных) операциях по разгрому агрессора;
- обеспечения в отношении связи управления действиями войск (сил) во всех видах военного управления и уровнях его иерархии в мирное и военное время по видам и родам Вооруженных Сил, родам войск видов Вооруженных Сил, специальным и другим войскам и воинским формирования Вооруженных Сил страны.

Наряду с этим необходимо отметить, что задачи СССННО имеют тенденцию расширения и усложнения в связи:

- с развитием средств, характера и способов вооруженной борьбы;
- с совершенствованием военного искусства (стратегии, оперативного искусства, тактики);

- с созданием новых автоматизированных и автоматических средств управления, в том числе связи;
- с изменением условий, форм и методов (способов) подготовки и ведения операций;
- с нарастанием противоречия между повышающимися объемом, важностью и сложностью военной информации, необходимой для надлежащей оценки обстановки, принятия решений, применения выработанных (полученных) данных, особенно разведывательных, и сокращением допустимого времени на сбор, обработку и передачу военной информации.

В заключение отметим, что место и роль СССННО в государственном устройстве являются основополагающими для понимания существа описываемых вопросов последующих разделов работы.

2. Принципы построения сетей связи специального назначения для нужд обороны

Процесс построения СССННО предусматривает определенную технологию, которая включает в себя, в том числе, последовательность преобразования имеющихся ресурсов сил и средств связи в соответствии с поставленными задачами, требованиями к связи и определенными условиями обстановки, в рациональную структуру сети связи. Эта технология подразумевает применение совокупности различных способов и методов с учетом определенных принципов построения СССННО.

Принципы построения СССННО представляют собой наиболее общие руководящие положения (правила) по вопросам проектирования (планирования), функционирования и эксплуатации этих сетей в различных условиях. Они являются определяющими в ходе практической деятельности для определенного круга должностных лиц и исходной базой при принятии решения на построение СССННО.

Выделяют три группы принципов [8, 9] (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Принципы построения сетей связи специального назначения для нужд обороны

Первая группа принципов — соответствия, требует, чтобы построение СССННО производились с учетом единой технической политики, а также факторов, определяющих процесс их построения.

Эти группа принципов может быть реализована за счет:

- построения СССННО с целью обеспечения связи соответствующим должностным лицам в различных условиях;
- действий подразделений, обеспечивающих их построение в соответствии с их предназначением;
- доведения связи до определенных пунктов управления различных звеньев управления и с учетом минимально требуемого количества связей на различных информационных направлениях;
- опережающей готовности в построении СССННО относительно системы управления Вооруженными Силами Российской Федерации;
- применения подразделений, обеспечивающих построение СССННО, в соответствии с задачами, решаемыми в конкретных условиях.

Соответственно, реализация принципов соответствия может быть достигнута:

- своевременным, полным, обоснованным проектированием (планированием) СССННО;
- разработкой структуры СССННО в соответствии с факторами, определяющими организацию связи;
- действиями органов управления связью, адекватными планам вышестоящего командования;
- своевременным прогнозированием и моделированием процессов функционирования (построения, эксплуатационного обслуживания, наращивания и восстановления) СССННО в ходе выполнения задач;
- соответствием действий подразделений, осуществляющих построение
 СССННО разработанным и утвержденным планам, отданным распоряжениям
 и конкретным условиям обстановки;
- высокой профессиональной подготовкой соответствующих должностных лиц, обеспечивающих выполнение задач по построению и обеспечению связи в различных условиях и др..

Группа принципов единства предполагает:

- объединение сил и средств связи (стационарного и полевого компонентов) под единым руководством;
 - единство действий органов управления связью на всех уровнях;
- согласованное применение и тесное взаимодействие подразделений, обеспечивающих построение СССННО;
- организацию взаимодействия с органами управления связью других министерств и ведомств;
- техническое единство и сопрягаемость СССННО между собой и с сетями связи других министерств и ведомств России.

Принципы единства могут быть реализованы:

- единоначалием руководителей во всех структурных звеньях;

- созданием единых органов управления стационарным и полевым компонентами СССННО;
- разработкой единого плана связи для различных условий построения и функционирования СССННО;
- регламентацией деятельности соответствующих должностных лиц, определением зон их ответственности, использованием единых документов;
- использованием унифицированных устройств, средств и комплексов связи, единых технических норм на каналы (тракты) передачи (связи) с организациями (предприятиями, узлами, станциями) взаимодействующих министерств и ведомств;
- установлением единого организационно-технического порядка применения комплексов связи, установления и восстановления связи, настройки и регулировки различных средств связи, сдачи и приема в эксплуатацию каналов связи и др.

Достижение планируемого в процессе построения СССННО результата, отвечающего заданным требованиям, обеспечивается выполнением третьей группы принципов — рациональности. Степень рациональности отражает результативность принятых решений и действий подразделений в конкретных условиях.

Рациональность построения СССННО может быть достигнута выполнением требований:

- задачи по построению СССННО в различных условиях будут выполняться с оптимальным расходом сил и средств;
- показатели качества функционирования СССННО будут соответствовать требованиям, установленным системой управления;
- при построении СССННО будут использоваться современные способы организации связи, а при применении сил и средств – передовые методы проведения работ;
- средства различных родов и видов связи на направлениях связи будут использоваться комплексно;

- заранее будет предусмотрен резерв сил и средств связи, который должен находится в постоянной готовности в применению;
- будут организованы резервные каналы связи на основных информационных направлениях и др.

Представленные принципы определяют конкретную деятельность должностных лиц при построении СССННО и применении сил и средств связи и реализуются в процессе создания и функционирования СССННО.

Применение принципов построения СССННО необходимо осуществлять творчески, с учетом конкретных условий обстановки, что должно создавать необходимые предпосылки для успешного решения задач по обеспечению связи в различных условиях обстановки.

3. Системный анализ как методологическая основа построения сетей связи специального назначения для нужд обороны

В теории и практике научных исследований различной направленности на сегодняшний день активно укрепляется системный анализ. Научное сообщество пришло к пониманию необходимости применения системного подхода к решению проблем различного характера, при этом далеко не всегда есть понимание, каким образом использовать этот подход на практике. В некоторых случаях системность служит не более чем лозунгом, а иногда ширмой, прикрывающей, по сути, не полностью системные исследования. Отдельные дисциплины и научные направления, будучи системными по своему характеру, обосабливаются и, теряя связь с системной идеологией, приобретают черты однобокости или фрактальности [1, 3].

Негативные последствия такого разрозненного, дифференцированного подхода к познанию систем очевидны: подмена целого фрагментами приводит к недостоверным оценкам проблемных ситуаций, к необоснованности принимаемых решений и к различным просчетам при их воплощении в жизнь.

Научное направление построения и развития СССННО не является в этом случае исключением. Одна из причин сложившейся ситуации заключается в недостаточной разработки вопросов современного состояния теории и практики создания (проектирования, планирования) и модернизации сетей связи. Большинство монографий, научных публикаций и учебных источников по этой тематике, как правило, разрознены и отражают в основном частные результаты, которые были достигнуты и получены авторами в этой стремительно развивающейся отрасли научных знаний.

Поэтому, исходя из диалектической логики, в качестве основы комплексного, всестороннего исследования СССННО выбран системный анализ.

Предмет системного анализа и его место в общей структуре научных знаний определяются, прежде всего, тем, что он воплощает на практике идеологию системного подхода к изучению природных и общественных явлений с целью разрешения возникающих проблем. Это означает, что в основе его категориального аппарата, концепций, методов и приемов лежат идеи системного подхода, конкретизированные применительно к решаемой проблеме. Основные, фундаментальные основы системного анализа представлены в приложениях 1-4.

Вместе с тем, системный подход и системный анализ это различные научные направления. Системный подход выступает по отношению к системным аналитическим исследованиям своеобразной базой идей, философской основой. В свою очередь системный анализ не просто редуцирует идеи и концепции системного подхода, а наполняет их конкретным содержанием и наделяет соответствующей интерпретацией. Совместное развитие этих научных направлений идет через разрешение диалектического противоречия «общее-частное», ведущее к их взаимному обогащению [2, 4].

Объектом системного анализа в нашем случае выступают СССННО, которые необходимо создать (спроектировать, спланировать) или модернизировать, с целью предоставления услуг абонентам (потребителям) с заданным качеством. Для корректного описания СССННО будем рассматривать

некоторую обобщенную, гипотетическую сеть связи из их состава, без привязки к назначению, задачам, условиям ее функционирования, средствам ее образующим [10, 11].

На сегодняшний день появилось такое понятие как «инфокоммуникационная сеть», которая представляет собой не что иное, как симбиоз телекоммуникационной сети и аппаратно-программных средств получения, хранения, передачи, приема и обработки информации. Или другими словами – все элементы, которые входят в состав сети связи, включая и оконечные устройства, предоставляющие услуги связи. Элементы сети связи содержат в своих схемных решениях микропроцессоры, которые работают под определенной операционной средой, общим и специальным программным обеспечением, имеют информационную составляющую в виде различных баз данных, знаний и т. п.

Для более полного и всестороннего понимания дальнейших рассуждений необходимо уточнение определений некоторых терминов. В первую очередь это касается определений системы и сети связи.

В телекоммуникациях (инфокоммуникациях) понятие «система» имеет двоякое значение. В более масштабном плане система связи это взаимоувязанная совокупность сетей связи, с единым управлением, обеспечением, резервами. На более низком уровне, как составная часть сети связи, система — это конкретное техническое устройство: передачи, приема, обработки, коммутации, маршрутизации, хранения и т. п.

Сеть связи это организационно-техническое объединение сил и средств связи, построенных (развернутых) на определенной территории для выполнения задач по обеспечению связи.

Для стационарных сетей связи употребляют термин построение, а для полевых – развертывание.

Сеть связи может функционировать отдельно, обособлено или входить в состав системы связи. Когда сеть связи является составной частью системы связи некоторые подсистемы (составные части) могут быть общими для раз-

личных сетей связи, входящих в систему связи. По сути СССННО не что иное, как система связи специального назначения для нужд обороны. В данном случае не будем противоречить основному документу [5], определяющим это понятие.

Любая сеть связи является системой с точки зрения ее изучения в теоретическом и практическом аспектах.

В теории системного анализа утверждается, что сущность такого предельно широкого и емкого понятия, как система, невозможно раскрыть через другие более частные сущности, и соответственно сформулировать его определение в виде одной сколь угодно сложной синтагмы. Вероятно, и стремиться к этому нет особой необходимости. С практической точки зрения его следует признать открытым, непрерывно развивающимся понятийным объектом, не определяемым исчерпывающим образом в рамках каких бы то ни было логических или формальных построений.

Будем исходить из того, что при проведении системных аналитических исследований сущность таких первообразных понятий может быть раскрыта только через выработанные практикой неформальные признаки, характеристики и классификации. Причем их не следует воспринимать как догму — в зависимости от целей и задач исследования они могут пополняться, уточняться и модифицироваться.

В настоящее время общепринято, что неформальными, содержательными признаками системы являются: расчленимость, целостность, связанность и неаддитивность [1, 4].

3.1. Расчленимость

Изучаемый объект расчленим, если существует возможность выделить в нем фиксированное число составных частей первого уровня, а в них части второго уровня и так далее вплоть до последнего уровня, состоящего из неделимых далее частей. Составные части представленного таким образом объекта, кроме частей последнего уровня, называются подсистемами. Части по-

следнего или низшего уровня принято именовать элементами. Элементы и подсистемы обозначаются обобщающим термином «компоненты».

Понятие «уровень» употребляется в системном анализе в четырех значениях [1, 2] (рис. 3.1):

- 1. Уровень трактуется в организационном плане (уровни-эшелоны).
- 2. Уровнем фиксируется определенная общность законов функционирования, единство пространственно-временной топологии и субстанционального построения определенных компонентов изучаемой системы (уровнистраты).
- 3. Понятием уровня выражается точка зрения исследователя на различные аспекты изучаемой системы (уровни-слои).
- 4. Определением уровня часто выражается оценочная характеристика анализируемого объекта или явления (уровни-оценки).



Рисунок 3.1 – Понятие «уровень» в системном анализе

Тогда уровни представления для СССННО, с точки зрения системного анализа, можно записать в виде упорядоченной последовательности (кортежа) уровней:

$$Y_{\text{CCCHO}} = \langle Y_{\mathcal{A}}, Y_{\text{C}_{\mathcal{I}}}, Y_{\mathcal{C}_{\mathcal{I}}}, Y_{\mathcal{O}} \rangle, \tag{3.1}$$

где $Y_{\mathfrak{Z}}$ — уровни-эшелоны, $Y_{\mathsf{C}_{\mathsf{T}}}$ — уровни-страты, $Y_{\mathsf{C}_{\mathsf{J}}}$ — уровни-оценки.

С этой точки зрения СССННО можно представить в виде следующих уровней-эшелонов (рис. 3.2).



Рис. 3.2 – Организационное представление сети связи специального назначения для нужд обороны

СССННО собственно и является системой, которая подлежит описанию и дальнейшему исследованию. В свою очередь она включает подсистемы: узлов (станций), линий, управления, обеспечения, резервов.

Подсистема узлов (станций) обеспечивает передачу, прием, обработку, хранение и предоставление информации, образование необходимого количества каналов (трактов) связи для удовлетворения инфокоммуникационных потребностей абонентов (пользователей) в услугах (телекоммуникационных, информационных и дополнительных) с требуемым качеством.

Подсистема линий связи выполняет задачи по образованию каналов (трактов) связи и их распределению по узлам (станциям).

Общими элементами для перечисленных подсистем являются устройства передачи, приема и обработки сигналов, а также различная природная среда распространения сигналов для линий передачи.

Подсистема управления осуществляет целенаправленное воздействие на подсистемы и элементы СССННО для выполнения возложенных на нее задач и обеспечения выполнения требований, предъявляемых к ней.

Для реализации цели управления сетью создается совокупность элементов, которая включает, в общем случае, органы управления, объекты управления и каналы связи между ними, образованные средствами управления.

Подсистема обеспечения необходима для решения вопросов всестороннего материального, технического, финансового, программного, электрического, геоинформационного и т. п. снабжения. Представленный перечень элементов подсистемы обеспечения может быть изменен или дополнен, в зависимости от конкретных задач, решаемых СССННО.

Подсистема резервов предназначена для решения внезапно возникающих задач, связанных с изменениями условий функционирования СССННО, когда возникает необходимость резервирования, восстановления или наращивания для полноценного восстановления работоспособности СССННО. Элементами этой подсистемы являются специально создаваемые (выделяемые) силы и средства.

Кроме перечисленных подсистем необходимо учитывать обслуживающий персонал (личный состав), который присутствует во всех подсистемах и элементах СССННО, без которого, собственно, невозможно проектирование (планирование), управление, построение (развертывание), функционирование, обслуживание, обеспечение и т. п. всех составных частей сети связи.

Необходимо отметить, что можно продолжить детализацию организационного построения СССННО, но представленный состав исследуемого объекта вполне соответствует заявленному целеполаганию.

Таким образом, признак расчленимости СССННО на подсистемы, с точки зрения организационного построения (эшелона), можно представить в виде:

$$Y_{\mathfrak{S}} = \langle Ps_{\mathsf{c}}, Ps_{\mathsf{n}}, Ps_{\mathsf{y}}, Ps_{\mathsf{o}}, Ps_{\mathsf{p}}, S_{\mathsf{O\Pi}} \rangle, \tag{3.2}$$

где $Ps_{\rm c}$ — подсистема узлов (станций), $Ps_{\rm n}$ — подсистема линий связи, $Ps_{\rm y}$ — подсистема управления, $Ps_{\rm o}$ — подсистема обеспечения, $Ps_{\rm p}$ — подсистема резервов, $S_{\rm OII}$ — обслуживающий персонал (личный состав).

Аналогично можно записать для элементов подсистем СССННО. Для подсистемы узлов (станций):

$$Ps_{c} = \langle E_{c\pi 1}, E_{pc1} \rangle, \tag{3.3}$$

где E_{cnl} — элементы узловых (станционных) подсистем передачи, приема, обработки сигналов, E_{pcl} — среда распространения сигналов для узловых средств.

Для подсистемы линий связи:

$$Ps_{\pi} = \langle E_{\text{cn2}}, E_{\text{pc2}} \rangle, \tag{3.4}$$

где E_{cn2} — элементы линейных подсистем передачи, приема, обработки сигналов, E_{pc2} — среда распространения сигналов для линейных средств.

Для подсистемы управления:

$$Ps_{y} = \langle E_{oy}, E_{ny}, E_{cy} \rangle, \qquad (3.5)$$

где $E_{\rm oy}$ — элементы органов управления, $E_{\rm ny}$ — элементы пунктов управления, $E_{\rm cy}$ — элементы средств управления.

Для подсистемы обеспечения:

$$Ps_{o} = \left\langle E_{\text{Mat}}, E_{\text{Tex}}, E_{\text{фин}}, E_{\text{пр}}, E_{\text{эл}}, E_{\text{ги}} \right\rangle, \tag{3.6}$$

где $E_{\text{мат}}$ — элементы материального обеспечения, $E_{\text{тех}}$ — элементы технического обеспечения, $E_{\text{фин}}$ — элементы финансового обеспечения, $E_{\text{пр}}$ — элементы программного обеспечения, $E_{\text{эл}}$ — элементы электрического обеспечения, $E_{\text{ги}}$ — элементы геоинформационного обеспечения.

Для подсистемы резервов:

$$Ps_{\mathbf{p}} = \langle \mathbf{E}_{\mathbf{cp}}, \mathbf{E}_{\mathbf{сил}} \rangle,$$
 (3.7)

где ${\rm E_{cp}}$ — элементы средств резерва, ${\rm E_{cun}}$ — элементы сил резерва.

Для обслуживающего персонала (личного состава) в целом:

$$S_{\text{O\Pi}} = \langle \Theta_{\text{oy}}, \Theta_{\text{oning}} \rangle,$$
 (3.8)

где $\Theta_{\rm oy}$ — руководящий состав, который входит в органы управления различных уровней, $\Theta_{\rm onno}$ — обслуживающий персонал (личный состав) подсистем и элементов СССННО.

В завершении организационного представления СССННО необходимо отметить, что подсистемы узлов (станций) и линий связи являются системообразующими, которые и реализуют целевую установку функционирования сети связи, а остальные подсистемы «работают» на них. Именно поэтому подавляющая часть исследований и публикаций рассматривают сеть связи с точки зрения узлов (станций) и линий связи, а остальные подсистемы и обслуживающий персонал, остаются «за кадром», в лучшем случае иногда упоминается подсистема управления. Такое не полное описание СССННО приводит к усеченному пониманию состава сети связи и, как результат, в дальнейшем к принятию необоснованных решений.

С позиций общности законов функционирования, единства пространственно-временной топологии и субстанционального построения определенных компонентов рассматриваемой системы СССННО могут рассматриваться на различных уровнях (социальном, экономическом, информационно-управленческом, технологическом и т. п.). Имеющиеся на сегодняшний день представления о СССННО [10, 12, 13] позволяют их стратифицировать по следующим уровням (рис. 3.3): по виду связи ($St_{\rm BC}$); по функциональному признаку ($St_{\rm фп}$); по территориальному делению ($St_{\rm TZ}$); по типу присоединяемых абонентских терминалов ($St_{\rm ar}$); по количеству видов связи ($St_{\rm kBC}$); по виду коммутации ($St_{\rm kOM}$); по технологии распределения информации ($St_{\rm pu}$); по характеру среды распространения сигнала ($St_{\rm cp}$); по обеспечению функционирования ($St_{\rm ф}$); по уровням взаимодействия ($St_{\rm B3}$); по функциональным областям управления ($St_{\rm фоy}$); по признакам передаваемого сообщения ($St_{\rm mic}$); по виду программного обеспечения ($St_{\rm BIO}$); по уровню программного обеспечения обеспечения ($St_{\rm BIO}$); по уровню программного обеспечения ($St_{\rm BIO}$); по уровню программного обеспечения ($St_{\rm BIO}$); по уровню программного обеспе

чения (St_{yno}); по виду информационного фонда ($St_{u\phi}$); по виду базы данных ($St_{бд}$); по виду системы управления базами данных (СУБД) ($St_{субд}$); по назначению услуг (St_{ycn}); по важности услуг ($St_{вycn}$); по характеру использования услуг (St_{xycn}); по группам пользователей (абонентам) (St_{af}), т. е.

$$Y_{\text{CT}} = \left\langle St_{\text{BC}}, St_{\phi \Pi}, St_{\text{TZ}}, St_{\text{aT}}, St_{\text{KBC}}, St_{\text{KOM}}, St_{\text{pu}}, St_{\text{cp}}, St_{\phi}, St_{\text{B3}}, St_{\phi \text{oy}}, \right\rangle.$$
(3.9)

Проведенная стратификация не является исчерпывающей и завершенной, ее можно считать открытой, т. е. в зависимости от рассматриваемой конкретной сети связи, от ее модернизации и развития уровни могут добавляться, изменяться или устранятся.

В различных источниках по инфокоммуникациям (телекоммуникациям) регулярно и довольно часто встречается термин «транспортная сеть», в некотором смысле даже вошедший в моду. Многие из этих источников не затрудняют себя объяснениями что это такое. В некоторых такое объяснение есть, но, как правило, оно не очень понятно и убедительно. Регулярное появление этого термина в нашей стране можно отнести к началу-середине 1990 гг. и в 1998 г. Приказом Госкомсвязи России № 187 от 19.10.1998 г. были утверждены «Правила технической эксплуатации первичных сетей взаимоувязанной сети связи Российской Федерации» [9], в которых, в частности, раскрывается понятие «транспортная сеть»: «в настоящее время, учитывая цифровизацию сетей электросвязи, трехуровневое представление первичной сети все чаще заменяется двухуровневым на транспортную сеть и сеть доступа (п 3.2.8). Аналогичные формулировки содержат и другие руководящие документы того времени, т. е. «транспортная сеть» по классификационному признаку является одной из составных частей первичной сети связи по территориальному делению, оно появилось при переходе от аналоговых сигналов, передаваемых по сети связи, на цифровые, вместо магистральных и внутризоновых сетей. Руководящий документ [9] является действующим, а СССННО являются составной частью ЕСЭ России, как было показано в первом разделе.

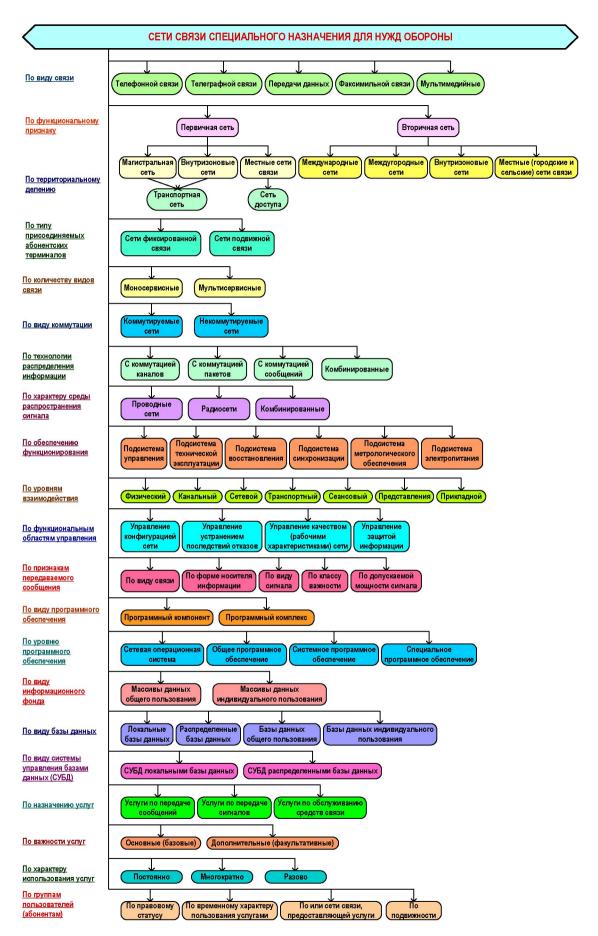


Рисунок 3.3 – Стратификация сети связи специального назначения для нужд обороны сети по уровням

Из представленных уровней следует, что современные СССННО являются многоуровневыми и сложными объектами, исследовать которые без использования системного анализа представляется довольно затруднительно. Именно системный анализ убедительно обосновывает и раскрывает необходимость приоритета применения системного подхода.

Следующим представлением СССННО являются уровни-слои. Они отражают отношение исследователя к данному объекту, фиксируя способы познания его свойств, характеристик, глубину проникновения в сущность изучаемого объекта. В качества типового примера можно назвать детерминистический и вероятностный слои представления одного и того же процесса, явления.

Зачастую слоями называют структурные компоненты системы, выделенные по временному признаку или по типу решаемых задач. С этих позиций для СССННО можно выделить следующие слои (рис. 3.4): прогнозирование, проектирование (планирование) и управление.



Рисунок 3.4 – Уровни-слои сети связи специального назначения для нужд обороны по временному признаку и по типу решаемых задач

Как и в предыдущих случаях, логично этот уровень представить следующим выражением:

$$Y_{\rm C,\pi} = \left\langle Sl_{\rm mp}, Sl_{\rm n\pi}, Sl_{\rm ymp} \right\rangle, \tag{3.10}$$

где $Sl_{\rm np}$ — слой прогнозирования, $Sl_{\rm nn}$ — слой проектирования (планирования), $Sl_{\rm vnp}$ — слой управления.

Прогнозирование включает в себя комплекс методов, раскрывающих и отражающих результаты построения и реализации причинно-следственных связей компонентов СССННО и происходящих в ней процессов в обозримой, или даже необходимой и возможной, перспективе.

В основе проектирования (планирования), а также модернизации СССННО находится стратегическая целевая установка — удовлетворение потребностей абонентов (пользователей) в услугах с заданным качеством.

Наиболее полно и всесторонне такое прагматическое, прикладное значение СССННО проявляется в ходе ее функционирования и управления ею. При этом под управлением понимается его самое широкое толкование, включающее целенаправленное воздействие на систему и ее элементы в процессе их построения (развертывания), функционирования и модернизации.

Уровни-слои имеют между собой не только прямые, но и обратные связи, которые позволяют судить о полноте и завершенности решения задач по созданию, функционированию и развитию СССННО.

Четвертым значением понятия «уровень» является оценочная характеристика анализируемого объекта или явления. В этом случае, как правило, оперируют двумя важными характеристиками: качеством предоставления услуг и эффективностью функционирования СССННО.

В общем случае, применительно к СССННО под качеством понимается совокупность существенных свойств объекта, отличающих его от других объектов и характеризующих его соответствие назначению. Наиболее полно этот вопрос раскрывается в четвертом разделе монографии.

В свою очередь, эффективность – комплексное свойство целенаправленного процесса функционирования СССННО, характеризующее его приспособленность к достижению цели, реализуемой сетью. Этому вопросу посвящен пятый раздел работы.

Качество услуг, представляемых СССННО определяется процессом ее целевого функционирования. С этих позиций наиболее объективным является оценивание качества услуг сети связи по эффективности ее целевого применения. Этот подход проиллюстрирован на рис. 3.5, где в левой части представлены объекты оценивания, а в правой — их существенные свойства. Пунктирной стрелкой показана обратная связь, обеспечивающая изменение требований к СССННО и процессу ее функционирования при трансформации требований к инфокоммуникационным услугам, а также при расширении их перечня.

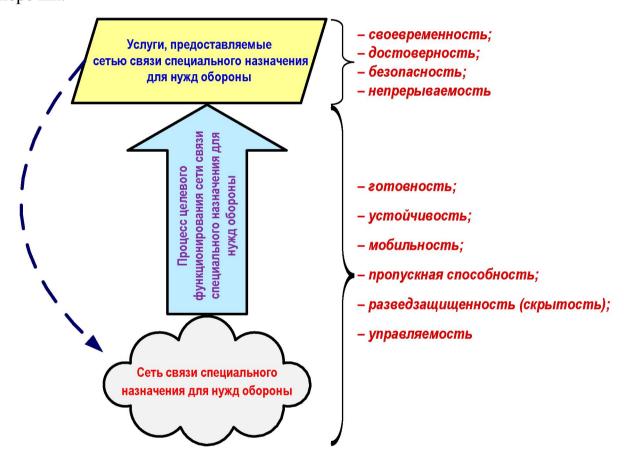


Рисунок 3.5 – Оценочный уровень представления сети связи специального назначения для нужд обороны

Оценочную характеристику функционирования СССННО запишем в виде:

$$Y_{O} = \langle O_{\text{CCCHHO}}, O_{\text{пиф}}, O_{\text{y}} \rangle, \tag{3.11}$$

где $O_{\rm CCCHHO}$ — оценочная характеристика СССННО, $O_{\rm nup}$ — оценочная характеристика процесса функционирования СССННО, $O_{\rm y}$ — оценочная характеристика услуги, предоставляемой СССННО.

3.2. Целостность

Следующим содержательным признаком системы является целостность. Она исторически выступает родовым признаком системы.

Формальное содержание этого признака заключается в следующем.

Объект, состоящий из нескольких выделенных частей, обладает целостностью, если [1, 4]:

- а) в нем в результате взаимодействия частей образуется новое качество (общесистемное свойство), отсутствующее у частей;
- б) каждая составная часть приобретает иные качества (системные свойства компонентов) по сравнению с качествами, присущими этим же частям вне данного объекта.

Примером признака целостности, в плоскости рассматриваемых вопросов, выступает СССННО, позволяющая обмениваться различными видами связи абонентам (пользователям), территориально разнесенным на десятки, сотни или тысячи километров. Ни один взятый отдельно элемент сети не способен самостоятельно обеспечить такой обмен. Кроме того, одной из сред распространения радиосигнала в СССННО служит воздушное пространство, которое в других системах может использоваться и используется в другом качестве.

Таким образом, признак целостности отражает особенности не всякого, а определенного вида целого, такого, где достаточно выражено единство и где обязательно имеются выделенные части, влияющие друг на друга. Простое механическое вычленение какого-либо объекта из такого целого приводит к тому, что в итоге получается другой объект.

С целостностью тесно связано понятие эмерджентности – возникновения новых связей и свойств при объединении элементов в подсистемы, под-

систем в систему. Сущность этого явления заключена в накоплении и усилении одних свойств компонентов одновременно с нивелированием, ослаблением и скрытием других свойств за счет их взаимодействия.

3.3 Связанность

Третьим, содержательным признаком системы, является связанность. Связанность для СССННО следует рассматривать как признак, свидетельствующий о том, что целостные свойства сети и особые свойства ее частей формируются за счет межкомпонентных (внутриуровневых и межуровневых) отношений, связей и взаимодействий.

При анализе систем, помимо внутренней связанности, выделяют внешнюю связанность, то есть отношения, связи и взаимодействия изучаемой системы с окружающей ее средой. Среда в свою очередь рассматривается как система высшего эшелона, то есть в качестве надсистемы по отношению к данной системе. В такой трактовке среды-надсистемы важно учитывать, что она представляет собой некоторое множество систем, каждая из которых посвоему взаимодействует с системой – объектом анализа. Выделяют четыре ситуативных класса такого взаимодействия [1, 3]: содействующее, нейтральное, противодействующее и смешанное. Содействующей выступает среда, которая оказывает положительное влияние на функционирование и развитие системы, способствуя достижению ее целей и повышению эффективности функционирования. Противодействующая среда, наоборот, подавляет функционирование и снижает эффективность функционирования системы, препятствуя достижению целей. В случае нейтральности среда не оказывает непосредственного воздействия на систему, но и тогда необходимо учитывать ее присутствие, так как нейтральность есть неустойчивое состояние, в котором формируются условия, обусловливающие переходы к содействию или противодействию. В случае СССННО применима смешанная среда, для которой характерны все перечисленные выше варианты ее влияния на систему.

Учет влияния среды на функционирование изучаемой системы является необходимым компонентом любого системного исследования. В теории системного анализа эта проблема считается не формализуемой в том смысле, что не существует универсальных методов учета факторов влияния среды применительно к любой системе.

Все возможные воздействия среды на изучаемую систему должны быть типизированы, сведены в некоторые группы по признаку общности ожидаемого эффекта влияния на систему. Для этого можно использовать принцип, предложенный А.Д. Армандом [1], суть которого заключается в разделении всех воздействий среды на три класса: константы, существенные и шумы. Константой по отношению к системе выступает воздействие, для которого выполняется соотношение:

$$\Delta X_{\rm B} / \Delta t << \Delta X_{\rm A} / \Delta t$$
, (3.12)

где $\Delta X_{\rm A}$, $\Delta X_{\rm B}$ — существенное приращение параметра, характеризующего системный процесс и воздействие среды соответственно, Δt — характерное время, имеющее порядок среднего времени существования системы.

Воздействие среды, для которого

$$\Delta X_{\rm B} / \Lambda_t \approx \Delta X_{\rm A} / \Lambda_t$$
, (3.13)

следует рассматривать как существенно влияющее на функционирование изучаемой системы.

И, наконец, то воздействие среды, для которого

$$\Delta X_{\rm B} / \Lambda_t \approx \Delta X_{\rm A} / \Lambda_t$$
, (3.14)

выполняет для системы роль «шума».

3.4. Неаддитивность

Заключительный признак системы — неаддитивность проявляется в том, что свойства изучаемого объекта невозможно свести к свойствам его частей, а также вывести лишь из них. Этот признак в несколько иной интерпре-

тации можно выразить формулой: если изучаемый объект представляется в данном исследовании как система, то при любом способе разделения такого объекта на части невозможно выявить его целостные свойства.

Неаддитивность является следствием так называемого синергетического эффекта, физический смысл которого можно пояснить следующим образом. В процессе взаимодействия объектов, объединенных в систему, происходит их самосинхронизация: под воздействием либо внешних, либо внутренних факторов они начинают вести себя таким образом, что поведение каждого отдельного компонента приобретает согласованную направленность. Их действия становятся когерентными, или кооперативными. Результирующий эффект такого когерентно-коллективного действия получается иным, нежели простая сумма эффектов действий каждого компонента в отдельности. Так, если речь идет о синергетическом «сложении» мощностей, то когерентность выражается в том, что система начинает черпать дополнительную энергию из окружающего пространства и концентрировать ее в нужном направлении. В результате суммарная сила действия превышает сумму действий частей.

Неаддитивный характер взаимодействия компонентов систем порождает известный парадокс: не расчленив систему на части, очень трудно ее изучать, но, обособив составные части, можно легко потерять суть целого и неправильно установить свойства частей. Выход из такого положения, который предлагает теория системного анализа, состоит в совместном применении принципов «от целого к частям» и «от частей к целому», то есть в организации процесса исследований в виде поэтапного разукрупнения изучаемого объекта на эшелоны, страты и слои с одновременным установлением связей между ними за счет организации итеративных циклов.

Таким образом, рассматриваемый объект, СССННО, показан как система, так как он идентифицируется по признакам расчленимости, целостности, связанности и неаддитивности, а само исследование относится к классу системных, так как оно процедурно строится без нарушения положений этих признаков.

Представленный подход системного описания СССННО:

- в теоретической области исследования инфокоммуникаций позволяет полно и всесторонне формулировать цель, задачи исследования, описывать и моделировать объекты и процессы, обоснованно вводить ограничения и допущения;
- в практической, производственной области может выступать основой, базой для проектирования (планирования), как сети в целом, так и отдельных ее элементов.

4. Качество военной связи

Одной из важнейших и основных характеристик сети военной связи является качество предоставляемых пользователю (абоненту) услуг, которое регламентируется различными стандартами и нормативными документами.

В ходе создания (проектирования, планирования), модернизации СССННО требования по качеству связи должны задаваться, как правило, техническим заданием на сеть или ее элементы. Практический опыт показывает, что не всегда заказчик, а также и разработчик имеют четкое представление о конечном результате организации работ по созданию СССННО, как объекта, обеспечивающего предоставление связи с заданным качеством.

Качество связи, с точки зрения пользователя (абонента), можно оценить при рассмотрении ее основных свойств.

Любое явление, процесс, система (ее элемент) или объект обладают определенной совокупностью характерных признаков (свойств), определяющих их сущность. Эта совокупность обусловливает различие или сходство объекта исследования с другими объектами и проявляется при взаимодей-

ствии с ними, то есть представляет собой перечень свойств, который позволяет характеризовать объект со всех сторон.

Достаточно полную и объективную оценку свойств любого объекта дают его количественные и качественные характеристики. Количественной характеристикой свойства является параметр, а качественной – показатель. Зависимость количественных и качественных характеристик свойства выражается через критерий его оценки. Под критерием понимают количественную меру оценки свойства процесса (объекта), определяемую путем сравнения вычисленного параметра данного показателя с требуемым (нормируемым) (рис. 4.1). Применение критериев оценки позволяет делать вывод о соответствии свойств объекта исследования заданным, что является основой для принятия управленческого решения.

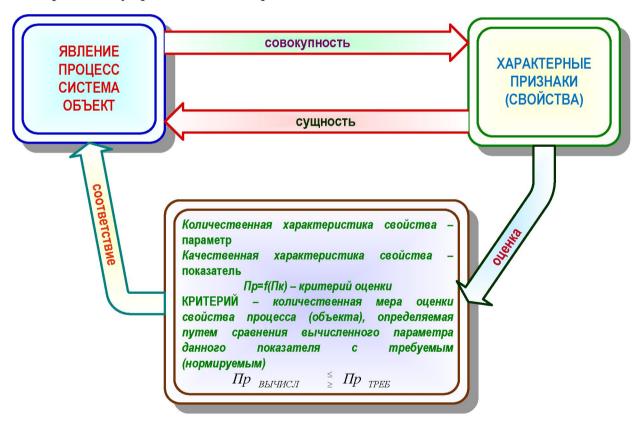


Рисунок 4.1 – Определение существенных свойств явления, процесса, системы, объекта

Военная связь как процесс доставки сообщений также обладает совокупностью определенных свойств, которые обусловливают ее пригодность удовлетворять потребностям пользователей в соответствии с ее основным предназначением.

Эти свойства характеризуют качество военной связи и ее отличие от других видов связи.

В ходе организации военной связи, как и любой другой связи, доставка сообщений практически невозможна без использования определенных специальных технических средств и комплексов, объединенных в различные сети связи [8, 12, 13]. Поэтому сеть связи как физический объект предопределяет основные свойства военной связи и ее качество.

Так как динамика функционирования любой сети связи состоит в непрерывном обслуживании потока заявок (вызовов, телеграмм, сообщений и т. п.) (далее — сообщений), поступающих от пользователей (абонентов) на вход сети связи, то качество военной связи определяется характеристиками доставки каждого отдельного сообщения (качеством доставки) и обслуживания потока заявок (качеством обслуживания).

Качество доставки единичного сообщения до пользователя (абонента) является результатом функционирования множества элементов СССННО под воздействием обслуживающего систему связи персонала при установлении соединения и передачи сообщения. То есть, связь как процесс доставки единичного сообщения от пользователя (абонента) к пользователю (абоненту) состоит из процессов установления соединения и передачи сообщения.

При этом качество процесса установления телекоммуникационного соединения характеризуется [8, 14] *своевременностью* военной связи, а качество собственно передачи сообщения — *достоверностью*, *безопасностью* и *непрерываемостью* военной связи (рис. 4.2).

Оценка качества доставки сообщения осуществляется с помощью физических характеристик, связывающих параметры системы передачи сообщений с результатами функционирования СССННО, таких, например, как точность воспроизведения переданных сообщений, степень их защищенности

от различных угроз и других. Подобная оценка качества обычно производится при установленном телекоммуникационном соединении.



Рисунок 4.2 – Свойства военной связи

Качество обслуживания потока заявок (вызовов) определяется количеством абонентских и коммутационных устройств СССННО, ее канальной емкостью, интенсивностью общения пользователей (абонентов) в сети связи (нагрузкой), принятыми системами обслуживания пользователей (абонентов), способами составления соединений. Оценка качества функционирования СССННО по обслуживанию потока заявок производится по отношению числа задержанных в процессе обслуживания заявок к общему их количеству (потери сообщения), а также по производным от этой величины показателям – интенсивности обслуживания, среднему времени ожидания обслуживания, коэффициенту готовности по нагрузке и т. д. [15-17].

Приведенные характеристики для конкретных технических систем описываются теорией массового обслуживания и не используются при рас-

смотрении процессов доставки сообщения, являющихся основными вопросами организации и обеспечения военной связи.

Таким образом, военная связь предоставляет пользователям (абонентам) возможность своевременного, достоверного, безопасного и непрерываемого общения между собой.

4.1. Своевременность военной связи

Под *своевременностью военной связи* принято понимать ее способность обеспечивать передачу (доставку) сообщений в заданные (установленные, нормативные) сроки.

Своевременность связи характеризуется временем установления соединения $(t_{\rm ycr})$ и допустимым его значением (t^*) , превышение которого может привести к возможной потере ценности информации, содержащейся в сообщении. Своевременность связи может иметь статистическую или вероятностную характеристику.

В общем случае показателем своевременности является время установления соединения ($t_{\rm ycr}$), определяемое временем ожидания пользователем (абонентом) соединения ($t_{\rm ox}$) и временем непосредственного предоставления установленного соединения ($t_{\rm mpex}$):

$$t_{\text{VCT}} = t_{\text{OЖ}} + t_{\text{пред}}. \tag{4.1}$$

Оценить своевременность военной связи можно путем сравнения времени установления соединения с допустимым (нормируемым) временем ($t_{\rm ycr}^*$), задаваемым нормативными документами для конкретной СССННО. Критерием оценки в этом случае является выражение

$$t_{\text{VCT}} \le t_{\text{VCT}}^*. \tag{4.2}$$

Для телефонной связи своевременность зависит от способов составления соединений при установлении связи и принятого порядка обслуживания пользователей (абонентов).

Для документальной связи время установления соединения для передачи сообщения включает время вручения и регистрации сообщения, время преобразования его к удобному для передачи виду и время возможного предварительного шифрования, а также время ожидания в очереди для передачи сообщения требуемому пользователю (абоненту).

Показатели своевременности связи необходимо учитывать при анализе и синтезе СССННО.

Следовательно, своевременность связи является характеристикой процесса установления соединения при доставке сообщения.

4.2. Достоверность военной связи

Качество собственно процесса передачи сообщения, как было указано ранее, характеризуется достоверностью, безопасностью и непрерываемостью.

Под достоверностью военной связи принято понимать ее способность обеспечивать с заданной точностью воспроизведение передаваемых сообщений в пунктах приема.

Достоверность определяется отношением правильно принятых элементов сообщения к общему количеству переданных и характеризуется разборчивостью, вероятностью ошибок и другими показателями.

С целью учета специфики отдельных видов электросвязи используются различные частные показатели достоверности.

Нормативный (эталонный) уровень качества устанавливается таким образом, чтобы при приеме можно было восстановить не только смысл переданного сообщения, но и основные физические его свойства — громкость, тембр голоса, разборчивость речи и др.

Естественно, что каждое сообщение имеет бесчисленное количество различных свойств (оттенки голоса, особенности почерка, используемая бумага и т. д.), воспроизвести которые полностью при приеме, как правило, не представляется возможным, то есть на практике допускают некоторые потери свойств сообщений, но без ущерба для их основного содержания.

Так, при передаче разговоров ограничивается полоса частот, что приводит к потере некоторых оттенков голоса, но при этом сохраняются основные интонации, позволяющие абонентам узнавать друг друга.

При передаче телеграфных и факсимильных сообщений нельзя определить тип бумаги, на которой было написано исходное сообщение, но сохраняются текст сообщения и его стилистические особенности. Поэтому достоверность связи нормируется не из прямого сопоставления оригинала и его воспроизведенной копии, а с учетом возможностей, предоставляемых конкретным видом связи, и используемых технических средств, то есть с некоторыми потерями информации передаваемых сообщений.

Нормативы устанавливаются исходя из наихудших условий функционирования СССННО, поэтому превышение максимально допустимого или снижение минимально допустимого норматива приводит к нарушению качества передачи сообщений по каналам связи.

Достоверность речевых (телефонных) сообщений определяется в основном качеством разговорного тракта, то есть характеристиками канала связи (канала передачи), влияющими на степень вносимых в передаваемое речевое сообщение искажений, величиной затухания уровня сигнала между разговаривающими абонентами, уровнем окружающего шума, а также особенностями речи и слуха абонентов.

Кроме того, общаясь по каналу, военные абоненты связи, по возможности, должны узнавать друг друга, выделять особенности голоса, дикции, а не только разбирать передаваемую речь.

Используя криптографические способы защиты информации, не представляется возможным полностью восстановить все оттенки речи при приеме сообщения, поэтому воспроизведенные элементы речи (их разборчивость, громкость, интонацию, тембр) можно оценивать только с относительной точностью.

Основным показателем достоверности телефонной связи при приеме речевых сообщений служит артикуляция (A), или разборчивость:

$$A = \frac{M_0}{M},\tag{4.3}$$

где M_0 и M — количество правильно принятых и количество переданных элементов речи соответственно.

Существует два подхода к определению артикуляции речи — вероятностный и статистический.

При вероятностном подходе рассматриваются вероятности правильного приема форманты (звука, слога, слова, фразы), которые являются выражением их артикуляции.

При статистическом подходе артикуляция понимается как отношение правильно воспринятых на приемном конце формант, звуков, слогов, слов, фраз к общему числу переданных.

Учитывая, что все виды артикуляции связаны между собой, практически не имеет значения, каким из них пользоваться для оценки достоверности речи. Обычно при передаче речи только фразы содержат в себе законченную мысль, и поэтому именно фразовая артикуляция (разборчивость) наиболее часто применяется для оценки достоверности телефонных сообщений. Однако слоговая разборчивость определяет собой естественность звучания речи а, следовательно, является более жестким показателем достоверности военной связи.

Показателем достоверности факсимильной и видеотелефонной связи является вероятность опознавания передаваемых образов (букв, знаков и т. п.), расположенных на площади детального участка репродукции:

$$P_{\text{опозн}} = \lim_{Z \to \infty} \frac{Z_{\text{опозн}}}{Z}, \tag{4.4}$$

где $Z_{\text{опозн}}$ и Z — число правильно опознанных и число переданных образов (элементов графики, букв, знаков) соответственно.

При передаче данных оператор (абонент) не может непосредственно убедиться в соответствии принятого сообщения переданному (в отличие от телефонного разговора) без применения каких-либо специальных устройств.

К тому же передача может осуществляться с высокой скоростью, а данные, поступающие по каналу связи, содержать ценную информацию, искажение которой недопустимо. Поэтому к качеству передачи данных предъявляются более жесткие требования, чем к телефонной связи, а системы передачи данных должны обеспечивать более высокую достоверность принятой информации. Кроме того, в передаваемом сообщении вследствие различных мешающих воздействий могут возникнуть определенные ошибки (сбои). Если в пункт приема поступит информация, не полностью соответствующая переданной, то вся дальнейшая обработка данных может потерять смысл.

Достоверность передачи данных (документальной связи) принято оценивать отношением количества ошибочно принятых (искаженных, не принятых) элементов сообщения ($N_{\rm om}$) к общему количеству переданных элементов (N):

$$k_{\text{ош}} = \frac{N_{\text{ош}}}{N}.$$
 (4.5)

Это отношение называют коэффициентом ошибок (коэффициентом недостоверности), $k_{\rm om}$.

Аналогично можно определить коэффициент достоверности $(k_{\rm д})$ как отношение числа правильно принятых элементов сообщения к общему числу переданных:

$$k_{\rm A} = \frac{N_{\rm np}}{N} \,. \tag{4.6}$$

Поскольку $N_{\rm out}+N_{\rm mp}=N$, то $k_{\rm out}+k_{\rm g}=1$.

При ограниченном времени передачи величина $k_{\rm out}$ является случайной и зависит от интервала наблюдения. Если же общее время передачи информации достаточно велико, то коэффициент недостоверности можно считать близким к вероятности ошибки приема одного элемента сообщения $P_{\rm out}$. Поэтому часто достоверность документальной связи (Q) оценивается вероятностью ошибочного приема одного элемента сообщения, то есть отношением

числа искаженных элементов сигнала ($N_{\rm om}$) к общему числу переданных элементов (N):

$$P_{\text{ош}} = \lim_{N \to \infty} \frac{N_{\text{ош}}}{N} \,. \tag{4.7}$$

Зная вероятность ошибки ($P_{\text{ош}}$), можно получить значение достоверности документальной связи (Q):

$$Q = 1 - P_{\text{our}}.\tag{4.8}$$

Таким образом, требования к достоверности передачи в основном зависят от конкретного назначения СССННО. Иногда оказывается достаточной вероятность ошибки порядка 10^{-4} , то есть допускается ошибка при приеме одного знака из десяти тысяч переданных. Однако, очень часто требуется значительно меньшая вероятность (10^{-5} - 10^{-8}). При передаче данных для некоторых категорий пользователей вероятность ошибки на знак не должна превышать $P_{\text{ош}} \leq 10^{-9}$. Такой же уровень требований выдвигается системой управления к вероятности потери сообщения.

4.3. Безопасность военной связи

Специфической особенностью качественных свойств военной связи является защита от возможных угроз пользователей в процессе передачи сообщений, т. е. безопасность.

В общем случае безопасность военной связи определяется состоянием защищенности от различных угроз процесса доставки сообщений и собственно сообщений при их передаче. Поэтому при описании свойств военной связи, с точки зрения ее безопасности, традиционно рассматривался процесс защиты информации, содержащейся в сообщениях, при их передаче (обработке) в сетях связи.

Защищенность от угроз, приводящих к нарушениям или срывам процессов установления связи и передачи сообщений, описывается такими свойствами связи, как своевременность, достоверность и непрерываемость.

Таким образом, под *безопасностью военной связи* понимается состояние защищенности информации (сохранение ее в тайне и целостности), содержащейся в сообщениях при их передаче (приеме, обработке) в СССННО.

Безопасность как свойство связи определяется интегральным показателем, характеризующим процесс передачи сообщения с точки зрения защиты абонента связи (пользователя) от возможных угроз:

- несанкционированного получения, размножения (копирования, тиражирования) и использования информации лицами, не имеющими на это соответствующих полномочий;
- нарушения физической целостности информации в сообщении, то есть искажения или уничтожения элементов этой информации;
- ввода ложной информации в сообщение или несанкционированной модификации передаваемой информации.

Частными показателями безопасности военной связи ($B_{\rm BC}$) являются:

- вероятность дешифрования перехваченного сообщения и получения содержания передаваемой информации ($P_{\text{леш}}$);
- вероятность несанкционированного доступа к содержанию передаваемой информации в процессе ее обработки, передачи и хранения ($P_{\rm нсл}$);
 - вероятность ввода в сеть связи ложной информации ($P_{\text{п. инф}}$).

То есть безопасность военной связи можно представить в виде функции

$$B_{\rm BC} = f(P_{\rm деш}, P_{\rm HCД}, P_{\rm л. \, инф}). \tag{4.9}$$

Вероятность дешифрования перехваченного сообщения — это вероятность того, что время дешифрования перехваченного сообщения ($t_{\rm деш}$) будет менее допустимого времени ($t_{\rm деш}^*$), определяемого ценностью передаваемой информации:

$$P_{\text{лени}} = P\left(t_{\text{лени}} < t_{\text{лени}}^*\right). \tag{4.10}$$

Вероятность дешифрования сообщения, как правило, оценивается криптостойкостью применяемых шифрсредств и шифрдокументов. Крипто-

стойкость шифрсредств и шифрдокументов зависит в основном от уровня развития криптографии в стране, а при организации и обеспечении военной связи она определяется комплексом организационных и технических мероприятий.

Вероятность несанкционированного доступа к содержанию передаваемой информации — это вероятность того, что время доставки сообщения ($t_{\rm дост}$) превышает время обеспечения защиты от угроз процесса доставки передаваемого сообщения:

$$P_{\text{HCJ}} = P(t_{\text{ДОСТ}} > t_{\text{ЗАШ}}). \tag{4.11}$$

Вероятность ввода в систему связи ложной информации — вероятность того, что пользователям может быть предоставлена преднамеренно либо непреднамеренно искаженная (ложная) информация. Данный показатель характеризует имитостойкость связи. Он количественно не оценивается и может задаваться вероятностью ввода ложной информации ($P_{\text{п. и}}$) при разработке (модернизации) конкретных СССННО.

Таким образом, суммарный (интегральный) показатель качества военной связи по критерию ее безопасности может быть представлен в виде

$$B_{\rm BC} \ge B_{\rm BC}^*. \tag{4.12}$$

Безопасность связи обеспечивается комплексным использованием всех способов и средств защиты информации, которые реализуются в зависимости от конкретных условий и задач выполнением организационно-технических, воспитательных, оперативных и других мероприятий.

4.1. Непрерываемость военной связи

Под *непрерываемостью военной связи* понимают ее способность обеспечивать сохранность установленного в конкретных условиях соединения в течение периода времени, необходимого для передачи сообщения.

Непрерываемость связи характеризуется отсутствием преждевременного разъединения установленного соединения в процессе передачи сообщения и определяется коэффициентом непрерываемости:

$$K_{\text{Hemp}} = 1 - \frac{t_{\text{mpep}}}{t_{\text{mpg}}},\tag{4.13}$$

где $t_{\rm прер}$ — общее время возможных прерываний установленного соединения, $t_{\rm прд}$ — общее время передачи сообщения (обмена сообщениями).

При увеличении времени обмена информацией коэффициент непрерываемости стремится к вероятности непрерывного обмена информацией ($P_{\text{непр}}$) от момента установления соединения (начала передачи сообщения) до окончания передачи:

$$P_{\text{Hemp}} = 1 - \lim_{t_{\text{прд} \to \infty}} \frac{t_{\text{прер}}}{t_{\text{прд}}}, \tag{4.14}$$

то есть непрерываемость установленного соединения — это вероятность того, что передача любого сообщения при установленном коммутируемом соединении будет осуществляться без перерывов в течение заданного временного интервала:

$$P_{\text{Hemp}}\left(t_{\text{npep}} \le t_{\text{npep}}^*\right). \tag{4.15}$$

Для телефонной связи преждевременное разъединение установленного соединения определяется как прерывание разговора. Соединение может быть прервано полностью (в этом случае для дальнейшей передачи сообщения требуется восстановление ранее установленного соединения абонентом, оператором) или кратковременно, когда происходит так называемый «сбой» в канале связи, не приводящий к нарушению установленного соединения.

Так, для ЕСЭ России на телефонной сети общего пользования под прерыванием принято понимать один сбой длительностью более 10 с или несколько сбоев длительностью менее 10 с, если произведение средней длительности каждого из них на частоту появления сбоев (т. е. среднее число сбоев в секунду) превышает 0,005. Допустимая вероятность преждевремен-

ного разъединения установленного соединения на этой сети составляет $27 \cdot 10^{-5}$, то есть на 100 минут непрерывно передаваемых сообщений допускаются прерывания общей длительностью 1,2 с.

На сетях телефонной связи $t_{\text{прер}}^*$ определяется в основном техническими характеристиками аппаратуры шифрования, установленной на каналах связи.

Для документальной связи непрерываемость характеризуется особенностями установления, коммутации (маршрутизации), возможного хранения, обработки, доставки и предоставления сообщений, характерными для каждой службы переноса или телеслужбы электросвязи. Кроме того, эти особенности в значительной мере определяются принятыми принципами и способами организации связи.

При передаче документальных сообщений в коммутируемых сетях связи с обеспечением обмена информацией между абонентами в реальном масштабе времени порядок оценки непрерываемости аналогичен порядку, приведенному для телефонной связи.

Таким образом, непрерываемость характеризует процесс передачи сообщений без перерывов, т. е. без нарушения установленного соединения.

Точность же воспроизведения переданных сообщений, подверженных сбоям, не приводящим к нарушению установленного соединения, характеризуется достоверностью связи.

Необходимо отметить, что для пользователя (абонента) не представляет интерес, каким образом было передано сообщение, в большей степени его интересует возможность использования (доступность) различных услуг связи. Качество услуг, предоставляемых пользователю (абоненту) сетью связи, определяется ее разветвленностью, доступностью и удобством пользования различными средствами связи.

Представленные основные свойства военной связи позволяют оценить качество военной связи $K_{\rm BC}$ как кортеж показателей своевременности $C_{\rm BC}$, достоверности $D_{\rm BC}$, безопасности $B_{\rm BC}$ и непрерываемости $T_{\rm BC}$:

$$K_{\rm BC} = \langle C_{\rm BC}, D_{\rm BC}, B_{\rm BC}, T_{\rm BC} \rangle. \tag{4.16}$$

С точки зрения системного подхода, показанные в исследовании основные свойства военной связи не являются исчерпывающими и окончательными, их перечень и показатели можно считать открытыми, т. е. в зависимости от рассматриваемой конкретной сети военной связи они могут добавляться, изменяться или устраняться.

5. Эффективность функционирования сетей связи специального назначения для нужд обороны

При проектировании (планировании) СССННО, а также в ходе эксплуатационного обслуживания ее элементов решается основная задача (цель) — обеспечение абонентов (потребителей) связью с заданным (требуемым) качеством. Для решения этой задачи предусматривается и реализуется целый комплекс определенных организационно-технических мероприятий.

Наиболее рациональным подходом к обеспечению качества военной связи является ее оценка по эффективности применения физического объекта, реализующего данный процесс – СССННО, т.к. именно эффективность является комплексным показателем функционирования СССННО.

В результате для обоснованного выбора наиболее целесообразного варианта построения СССННО при ее создании (проектировании, планировании) необходимо сравнение эффективности ее функционирования по возможным вариантам построения сети.

В этом аспекте возникает необходимость рассмотрения определения эффективности. На протяжении уже нескольких десятков лет это понятие вошло «в моду», и его не использует, разве, что ленивый. Различные источ-

ники дают самое разное толкование этого термина, хотя некоторые даже себя этим и не затрудняют.

Применяя ретроспективный подход, в контексте рассматриваемого вопроса, вспомним историю появления этого термина. В 1945 году в трудах Математического института им. В.А. Стеклова была опубликована статья академика А.Н. Колмогорова «Число попаданий при нескольких выстрелах и общие принципы оценивания эффективности стрельбы», в которой предлагалось проводить оценку эффективности артиллерийской стрельбы не на основе частных показателей, а по степени объективной возможности выполнения основной задачи, для которой эта стрельба проводится [18]. Этот труд можно сказать без преувеличения, положил начало новому научному направлению — теории эффективности целенаправленных процессов, которая на сегодняшний день имеет свой методологический базис [19]. Возьмем за основу положения этой теории для исследования эффективности функционирования СССННО, опираясь на научно-методический аппарат системного анализа [1-4].

Эффективность (от лат. effectus — исполнение) СССННО — это комплексное свойство СССННО, характеризующее ее приспособленность к достижению цели реализуемой сетью, это способность давать эффект, действенность такой способности, т. е. результативность, соотнесенная с затратами ресурсов всех видов (эксплуатационных, материальных, временных, энергетических, информационных, программных и т. п.).

Или иными словами, под эффективностью СССННО понимается количественная или качественная характеристика, позволяющая судить о степени выполнения сетью присущих ей функций.

Эффективность невозможно наблюдать непосредственно и измерять тем или иным способом [4].

Необходимо отметить, что процесс функционирования СССННО определяется не только ее целью, т. е. заданным каким-либо способом состоянии, в которое она стремится попасть, а еще целым рядом других факторов. К ним можно отнести: условия ее функционирования; ресурсы, которыми она рас-

полагает для нормального функционирования; возможные способы действий и временной интервал, в течение которого СССННО реализует свои функции. Кроме того, понятием цели не охватывается все многообразие функций сети, в частности, остаются в стороне неосновные функции непреднамеренного характера, весьма существенно влияющие на ее эффективность.

Эффективность анализируемой системы характеризуется показателями - количественными величинами или качественными понятиями, с помощью которых можно оценивать системы и сравнивать их между собой. Наряду с показателями в системных исследованиях широко используется термин «критерий эффективности». Показатели и критерии эффективности по сути являются взаимосвязанными категориями. Поэтому зачастую они употребляются как синонимы, что является неверным и приводит к путанице. Если показатель – это число или понятие, характеризующее эффективность системы, то критерий эффективности – это правило, позволяющее судить о степени достижения системой поставленных целей либо о качестве выполнения функций. В системном анализе показатели эффективности не выводятся (например, аналитически), а подбираются и назначаются в результате поиска компромисса между требуемым состоянием и реальным. При таком подходе субъективизм неизбежен. Задача состоит в устранении не субъективизма, а произвола при назначении показателей. Для этого выбираемые показатели должны удовлетворять условиям [3]:

- представительности (адекватности),
- чувствительности (критичности),
- полноты (комплексности),
- стохастичности,
- «простоты».

Представительность (адекватность) означает, что показатель эффективности должен предоставлять возможность принимать обоснованные решения на основе полученных результатов научных исследований.

Под чувствительностью (критичностью) понимается способность показателя эффективности реагировать на изменения характеристик объекта изучения в рамках заданных (требуемых) вычислительных погрешностей.

Выбранный показатель эффективности обладает свойством полноты (комплексности), если в нем находят свое отражение наиболее существенные стороны изучаемой системы.

Стохастичный (вероятностный) показатель позволяет учитывать неопределенность условий функционирования, обусловленную воздействием случайных факторов и всегда сопутствующую функционированию сложных систем и определению их эффективности. Кроме того, как правило, показатели имеют разнородные единицы измерения.

Показатель эффективности должен быть достаточно «простым» (при необходимой (достаточной) комплексности), чтобы его вычисление и последующий анализ эффективности функционирования системы могли быть реализованы в приемлемые сроки и имели бы наглядную интерпретацию.

Категория эффективности системы имеет двойственную природу. С одной стороны, эффективность внутренне присуща самой системе, а с другой – связана со свойствами надсистемы и является характеристикой, внешней по отношению к исследуемой системе. Такая двойственная природа эффективности определяет два подхода к формированию показателей эффективности – телеологический (от греч. teleos – достигший цели) и естественнофизический. При телеологическом подходе оцениваемая система рассматривается с позиции задач надсистемы. Ее эффективность трактуется как мера влияния (положительного или отрицательного, преднамеренного или непреднамеренного), оказываемого системой на функционирование надсистемы. Конкретное содержание системы при таком подходе уходит на второй план, и показатели эффективности носят, как говорят, функциональный характер. В сущности, при телеологическом подходе задача обоснования показателей эффективности системы переносится в исследование надсистемы. К достоинствам функциональных показателей относят их интуитивную прием-

лемость и однозначность связи с функциями системы, а к недостаткам — неоднозначность связи с внутренними характеристиками системы и отсутствие инвариантности, т. е. зависимость эффективности от условий функционирования системы (одна и та же система может иметь разную эффективность в зависимости от того в состав какой надсистемы она входит).

Что касается естественно-физического подхода, то в его основе лежит простая и очевидная схема: если взаимодействия между компонентами системы и между системой и надсистемой имеют физическую природу, то практически приходится иметь дело с физическими величинами, которые можно измерять. А это означает, что показатели эффективности должны иметь конкретное и вполне реальное физическое содержание (вещественное, энергетическое, информационное, временное и т. п.). В такой постановке проблема выбора показателей эффективности состоит в сведении всего многообразия факторов взаимодействия к нескольким, достаточно представительным физическим величинам. Такие показатели трактуют как переменные или выходные состояния системы. Главными достоинствами показателей этого типа являются их измеримость и инвариантность по отношению к надсистеме, а недостатки связаны с трудностями установления зависимости между физическими показателями и функциями системы. В практике системного анализа применяются оба подхода. Причем они не противопоставляются, а используются совместно в процессе изучения систем.

Показатели функционирования СССННО назначим исходя из определения эффективности и источников [1, 19]:

- результативность функционирования СССННО ($\psi_{\text{СССННО}}$);
- ресурсоемкость СССННО ($\mathfrak{R}_{\text{СССННО}}$);
- время функционирования СССННО ($T_{\ensuremath{\Phi\text{CCCHHO}}}$).

Результативность функционирования СССННО определяется получаемым в итоге целевым эффектом, который обусловливается основными свойствами СССННО. СССННО, как любая сложная система, обладает некоторым счетным множеством свойств, характеризующих ее с точки зрения соответствия основному целевому предназначению — информационнотелекоммуникационному обеспечению абонентов связью с требуемым качеством. То есть, она должна обеспечить пользователям безопасную, своевременную, непрерываемую и достоверную доставку сообщений, а также удобство в пользовании средствами связи.

Рассмотренные свойства связи являются по существу внешними (функциональными) свойствами, определяющими требования к построению и функционированию сети связи. Кроме того, любая сеть связи характеризуется внутренними (структурными) свойствами, позволяющими обеспечить требуемое качество связи. Для реализации функциональных требований (внешних свойств) система связи должна находиться в состоянии постоянной готовности к обеспечению пользователей информационнотелекоммуникационными услугами и обладать определенными свойствами: устойчивостью, мобильностью, пропускной способностью, разведзащищенностью (скрытостью) и управляемостью [8, 21].

Под готовностью СССННО понимается ее состояние, позволяющее выполнить задачи по предназначению в установленные сроки и в любых условиях обстановки.

Состояние СССННО изменяется в зависимости от внешних условий и определяется *степенью ее готовности*. Каждой степени готовности соответствуют конкретные значения показателей основных свойств сети связи, которые в целом определяют ее возможности при выполнении задачи по предназначению. Степень готовности сети связи определяет состояние ее структурных элементов, в котором они могут в установленные сроки

¹ Зачастую в различных источниках, применительно к системе и сетям связи используется термин «скрытность», что с точки зрения русского языка не является правильным. Слова «скрытный» и «скрытый» являются паронимами – созвучными и схожими в написании словами, но имеющими разное значение [20]. Скрытный – не склонный делиться с другими своими мыслями, переживаниями, намерениями, неоткровенный.

Скрытый – тайный, не обнаруживающийся явно.

подготовиться и выполнить задачи связи в условиях перехода с мирного на военное время.

Оценивая внутренние свойства сети, можно судить о ее подготовленности к выполнению задач по предназначению в этой степени готовности, то есть о качественном состоянии сети и результативность деятельности должностных лиц, обеспечивающих ее планирование, построение (развертывание), функционирование и развитие (модернизацию).

Оценить готовность СССННО к выполнению задач по предназначению в мирное время и при переводе на военное время можно с помощью коэффициента готовности СССННО ($K_{\text{гСССННО}}$). Он определяется отношением количества выполненных мероприятий по переводу сети (ее элементов) в высшую степень готовности ($N_{\text{вып}}$) к общему количеству требуемых основных мероприятий (N^*) за установленное время перевода:

$$K_{\text{rСССННО}i} = \frac{N_{\text{вып}i}}{N_i^*}, \text{при } t_{\text{пер}i} \le T_{\text{пер}i}^*,$$
 (5.1)

где i — требуемая степень готовности; $t_{{\rm nep}\,i}$ — время перевода СССННО (ее элементов) в степень готовности; $T_{{\rm nep}\,i}^*$ — нормированное время перевода СССННО (ее элементов) в степень готовности.

Если условие $t_{\text{пер }i}$, $T_{\text{пер }i}^*$ выполнено и $K_{\text{гСССННО}i} = 1$, считается, что СССННО переведена в i-е состояние готовности.

Если $K_{\text{rCCCHHO}i}$ < 1, то СССННО находится в состоянии, не позволяющем ей в полном объеме выполнить задачи, определяемые i-й степенью готовности.

Конкретные степени и мероприятия по переводу сети (ее элементов) в различные степени готовности определяются соответствующими документами по организации и обеспечению связи.

Оценить готовность разрабатываемой (проектируемой) СССННО можно по вероятности выполнения требуемого комплекса мероприятий за планируемое (допустимое, нормативное, требуемое) время перевода:

$$P_{\text{вып}} \left[N_{\text{вып } i} / \left(t_{\text{пер } i} \le T_{\text{пер } i}^* \right) \right]. \tag{5.2}$$

Для оценивания свойств СССННО необходимо знание ее состояния в соответствии с установленной (введенной) степенью готовности в данный момент времени. При этом значимость других свойств СССННО и требования к их показателям могут измениться.

Под *устойчивостью* понимают способность СССННО выполнять заданные функции в установленном объеме с требуемым уровнем качества в течение определенного периода или в произвольный момент времени, т. е. сохранять свою работоспособность при воздействии различных дестабилизирующих факторов.

Все факторы, дестабилизирующие устойчивое функционирование СССННО, условно подразделяются на внешние и внутренние, которые, в свою очередь, могут быть преднамеренными и случайными. В результате их воздействия в СССННО могут происходить повреждения, приводящие к разрушению ее элементов, что повлечет за собой ухудшение качества или полное прекращение связи.

Воздействия, разрушающие СССННО, могут проявляться в мирное (в условиях стихийных бедствий, катастроф и т. п.) и военное время (при воздействии противника на элементы СССННО).

К внешним факторам относятся факторы естественного или искусственного происхождения. Случайными факторами естественного происхождения являются землетрясения, грозы, тайфуны, цунами, наводнения, оползни и другие стихийные явления, последствия воздействия которых на СССННО предсказать задолго до их начала очень трудно. Среди факторов искусственного происхождения важное место занимают так называемые влияющие системы — электрические железные дороги, мощные теле- и радиоцентры, высоковольтные линии электропередач и т. п. Кроме того, к факторам искусственного воздействия относятся преднамеренное радиоэлектронное воздействие на СССННО. Наиболее разрушительное воздействие на СССННО в военное время может оказать современное мощное оружие, в том числе и ядерное, обладающее многими поражающими факторами. Возможно и сочетание факторов (когда искусственный из них может вызывать естественный, например, в результате применения современного мощного оружия могут быть вызваны наводнения, землетрясения, лавины, пожары и другие естественные явления).

К внутренним дестабилизирующим факторам относятся, как правило, случайные воздействия на элементы СССННО. Они могут проявляться в виде отказов аппаратуры и оборудования по техническим причинам или вследствие ошибок обслуживающего персонала. В результате их воздействия отдельные элементы СССННО могут разрушаться или нарушаются установленные режимы их работы, что приводит к перерывам связи.

Устойчивость СССННО в условиях внешних дестабилизирующих воздействий характеризуется живучестью, внутренних — надежностью, а внешних и внутренних воздействий электромагнитных помех — помехоустойчивостью.

Под живучестью понимают способность СССННО устойчиво функционировать при воздействии на нее дестабилизирующих факторов, существующих вне сети и приводящих к разрушению или значительным повреждениям ее элементов (линий, станций и узлов связи). То есть, она позволяет определить способность СССННО (ее элементов) выполнять свои функции в заданном минимальном объеме, необходимом для обеспечения связи в условиях воздействия стихийных или искусственных факторов.

Помехоустойчивость характеризует способность СССННО противостоять воздействию внутренних и внешних электромагнитных помех, дестабилизирующих работу ее элементов. Они могут быть преднамеренными и случайными, узкополосными и рассредоточенными по спектру, длительными и кратковременными, регулярными и нерегулярными во времени и т. п., а

также могут быть представлены в виде их различных сочетаний. Вопросы, связанные с выполнением технических мероприятий по защите от электромагнитных помех, то есть технической помехоустойчивости, рассматриваются на этапах проектирования и разработки радиоэлектронных средств связи.

Помехоустойчивость при обеспечении связи достигается выполнением организационных и организационно-технических мероприятий по помехозащищенности и электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (ЭМС РЭС).

Под *помехозащищенностью* понимается способность СССННО обеспечивать функционирование ее элементов в условиях воздействия внешних преднамеренных и непреднамеренных помех. Внешние преднамеренные электромагнитные помехи в военное время могут создаваться противником для нарушения связи, а непреднамеренные помехи естественного происхождения возникают вследствие различных природных явлений — северного сияния, грозовых разрядов, электромагнитных бурь и пр.

Под электромагнитной совместимостью понимается способность СССННО обеспечить одновременное функционирование различных близко расположенных радиоэлектронных средств с требуемым качеством в условиях воздействия внешних и внутренних непреднамеренных радиопомех искусственного происхождения.

Мероприятия по обеспечению помехоустойчивости СССННО от помех, вызванных различными причинами ЭМС РЭС, проводятся как в мирное, так и в военное время.

Надежность характеризует способность элементов СССННО устойчиво функционировать во времени с сохранением в установленных пределах значений всех своих эксплуатационных показателей.

Понятие *надежность* СССННО включает техническую и эксплуатационную надежность.

К снижению надежности СССННО (ее элемента) могут привести случайные отказы техники связи, вызываемые физико-химическими процессами

при старении аппаратуры, дефектами технологии ее изготовления, невыполнение или нарушение правил эксплуатации средств связи и электропитающих устройств и другие неправомерные действия обслуживающего персонала.

Под технической (аппаратурной) надежностью понимают способность средств и комплексов СССННО обеспечивать их устойчивое функционирование с сохранением в период эксплуатации значений технических характеристик (показателей) в требуемых пределах. Техническая надежность характеризуется эксплуатационным ресурсом (наработкой на отказ) средств связи, их ремонтопригодностью и возможностями ремонтных органов по восстановлению и ремонту. При планировании связи показатели технической надежности не рассчитываются, так как они учитываются на этапе проектирования средств и комплексов связи и реализуются в виде различных устройств резервирования.

Эксплуатационная надежность СССННО определяется способностью ее элементов обеспечивать требуемые показатели качества в заданный период при соблюдении правил эксплуатации обслуживающим их персоналом.

К показателям качества элементов СССННО относятся такие, как: запас уровня высокочастотного сигнала, требуемая шумовая защищенность, вероятность ошибки и др. Показатели эксплуатационной надежности рассчитываются в процессе проведения энергетических и строительных расчетов линий передачи.

Реальные показатели технической и эксплуатационной надежности, а также помехозащищенности и электромагнитной совместимости (помехо-устойчивости) в конкретных условиях функционирования элементов СССННО должны учитываться при оценивании ее устойчивости.

Таким образом, устойчивость функционирования СССННО в общем случае является интегральным свойством, которое определяется в виде функции от его частных свойств — живучести ($J_{\rm CCCHHO}$), помехоустойчивости ($H_{\rm CCCHHO}$) и надежности $Q_{\rm CCCHHO}$:

$$Y_{\text{CCCHHO}} = f(J_{\text{CCCHHO}}, H_{\text{CCCHHO}}, Q_{\text{CCCHHO}}).$$
 (5.3)

Так как живучесть, помехоустойчивость и надежность являются аргументами функции ее устойчивости, то и оценивающие их показатели будут однотипными, а собственно устойчивость СССННО определяется обобщенным показателем и оценивается априорно или апостериорно.

Обычно устойчивость определяют отдельно для каждого элемента СССННО (направления, узла, линии или средства), а затем по полученным результатам оценивают устойчивость СССННО в целом.

Показателем (количественной мерой оценки) устойчивости i-го элемента СССННО проектируемой или планируемой к строительству или развертыванию, является вероятность ($P_{y\phi CCCHHO\ i}$) устойчивого функционирования (выполнения им задач по предназначению) в течение промежутка времени (Δt).

При условии, что различные воздействия на СССННО независимы друг от друга, вероятность устойчивого функционирования элемента сети (направления) связи определяется как произведение вероятностей выживания ($P_{\text{выжСССННО}\,i}$) данного элемента по живучести, помехоустойчивости и надежности:

$$P_{\text{уфСССННО}i}(\Delta t) = P_{\text{выжСССННO}}^{J}(\Delta t) \cdot P_{\text{выжСССННO}}^{H}(\Delta t) \cdot P_{\text{выжСССННO}}^{Q}(\Delta t).$$
 (5.4)

Вероятность выживания i-го элемента СССННО ($P_{\text{выжСССННО }i}\left(\Delta t\right)$) при воздействии на него различных дестабилизирующих факторов за промежуток времени Δt определяется как

$$P_{\text{выжСССННО }i}(\Delta t) = P(O_{\text{pCCCHHO }i} \ge O_{\text{minCCCHHO }i}, \Delta t),$$
 (5.5)

где $O_{\text{pCCCCHH}i}$ — сохранившийся уровень работоспособности, а $O_{\min\text{CCCHHO}i}$ — минимальный заданный уровень работоспособности элемента СССННО.

Под уровнем работоспособности данного элемента СССННО понимается отношение числа исправных его составных частей (каналов, аппаратных, станций, линий, узлов и т. п.) к их общему числу. Элемент СССННО считается исправным, когда он способен обеспечить выполнение определенных требований: при оценке живучести – своего основного функционального предназначения; помехоустойчивости – соотношения уровней (мощностей) сигнала и помехи; надежности – требуемого качества связи.

Критерием оценки живучести (помехоустойчивости, надежности), проектируемого или планируемого к строительству или развертыванию элемента СССННО, является выполнение условия

$$P_{\text{выжСССННО }i}^{J,H,Q}(\Delta t) \ge \left(P_{\text{выжСССННО }i}^{J,H,Q}(\Delta t)\right)^*,$$
 (5.6)

где $\left(P_{\text{выжСССННО}}^{J,H,Q}(\Delta t)\right)^*$ — требуемая для нормального функционирования элемента СССННО вероятность выживания.

В процессе функционирования СССННО оценивание устойчивости того или иного направления, линии связи, канала связи производят на основе анализа среднего времени исправной его работы и определения коэффициента исправного действия направления (линии, канала) связи.

Коэффициент исправного действия характеризует устойчивость любого элемента СССННО в целом, то есть является обобщенным показателем его живучести, помехоустойчивости и надежности.

Коэффициент исправного действия ($K_{\text{идСССННО}\ i}$) элемента СССННО определяется выражением

$$K_{\text{идСССННО }i} = \frac{\sum_{l=1}^{n} t_{\text{идСССННО }ij}}{t_{\phi}},$$
 (5.7)

где $t_{\text{илСССННО}\ ij}$ — продолжительность исправной работы i-го элемента СССННО, $l=[1,n],\ n$ — количество интервалов его исправной работы за общее время функционирования (наблюдения) — t_{ϕ} .

На практике иногда удобнее использовать коэффициент простоя $K_{\Pi i}$ элемента системы связи:

$$K_{\text{nCCCHHO }i} = \frac{\sum_{k=1}^{m} t_{\text{nCCCHHO }ik}}{t_{\text{do}}},$$
 (5.8)

где $t_{\text{пСССННО}\ ik}$ — продолжительность перерыва в работе i-го элемента, m — количество интервалов его неисправной работы за время функционирования.

Коэффициент простоя можно также определить и через коэффициент исправного действия:

$$K_{\text{nCCCHHO}i} = 1 - K_{\text{udCCCHHO}i}.$$
 (5.9)

При определении коэффициента исправного действия для элемента СССННО (направления, линии), состоящей из *п* элементов, соединенных друг с другом последовательно, справедливым будет следующее соотношение:

$$K_{\text{идСССННО}} = \prod_{i=1}^{n} K_{\text{идСССННО } i}, \qquad (5.10)$$

то есть живучесть (помехоустойчивость, надежность) функционирования направления или линии связи при последовательном соединении ее элементов будет меньше наименьшего показателя одного элемента, входящего в это направление (линию) связи.

Для параллельно соединенных элементов направления или линии связи коэффициент исправного действия будет больше большего коэффициента исправного действия входящего в него элемента ($K_{\text{идСССННО}\,i}$), то есть

$$K_{\text{идСССННО}} = 1 - \prod_{i=1}^{n} K_{\text{идСССННО } i}$$
 (5.11)

Определив коэффициент исправного действия (простоя) элемента СССННО и сравнив его с заданным (нормированным) значением, делают вывод об исправности оцениваемого элемента сети:

$$K_{\text{идСССННО}} \ge K_{\text{идСССННО}}^*$$
 (5.12)

Такая оценка позволяет сделать вывод о количестве работоспособных (исправных) направлений, линий или каналов связи функционирующей СССННО.

Под *мобильностью* СССННО понимается ее способность своевременно изменять свою структуру и состояние в соответствии с поставленными задачами и условиями их выполнения.

Показателем мобильности СССННО является время изменения ее структуры или состояния ($t_{\rm измСССННО}$), которое требуется для выполнения необходимого комплекса мероприятий ($N_{\rm M}^*$). Критерием оценки мобильности СССННО является выражение, показывающее степень соответствия времени изменения ее структуры (состояния) установленному (допустимому) времени:

$$t_{\text{измСССННО}} \le t^*$$
, при $N_{\text{M}} \le N_{\text{M}}^*$. (5.13)

Иногда вместо временного показателя мобильности используют ее обратную величину, характеризующую интенсивность изменения структуры или состояния СССННО ($I_{
m MCCCHHO}$) в единицу времени:

$$I_{\text{MCCCHHO}} = \frac{N_{\text{M}}}{t_{\text{M3MCCCHHO}}}.$$
 (5.14)

Время изменения структуры или состояния сети зависит от поставленных задач и условий их выполнения. Оно рассчитывается как сумма времени на подготовку СССННО к перестроению ($t_{\rm nogr.nep}$) и времени непосредственного перестроения ($t_{\rm nep}$):

$$t_{\text{измСССННО}} = t_{\text{подг. nep}} + t_{\text{nep}}. \tag{5.15}$$

Время подготовки СССННО к перестроению своей структуры определяется от момента постановки задач на перестроение до момента окончания выполнения подготовительных работ. Оно, как правило, включает в себя время, затрачиваемое на деятельность подразделений связи в ходе подготовки к перестроению, решение вопросов взаимодействия, всестороннего обеспечения и пр.

Время перестроения СССННО определяется от момента начала перестроения структуры до момента окончания выполнения поставленной задачи (окончания перестроения).

Для стационарного компонента СССННО оно будет начинаться с момента начала переключения (набора дополнительных и установления новых) каналов связи и создания (открытия) новых элементов (узлов, станций, линий связи) СССННО, а для полевого, как правило, — с началом выдвижения подразделений к местам выполнения поставленных им задач.

Перечень работ (действий), осуществляемых в ходе подготовки и непосредственного перестроения, может изменяться. Поэтому общее время изменения СССННО (ее элемента) в каждом конкретном случае рассчитывается в зависимости от реальных условий обстановки.

Значение устанавливаемого (требуемого или нормативного) времени изменения структуры или состояния (t^*) не должно стремиться к минимуму, т.к. неоправданное его уменьшение может привести к невыполнению поставленных задач по связи (вызвать отказы техники связи или автотранспорта, ухудшение качества связи, различные нарушения безопасности связи, эксплуатации, правил техники безопасности и т. п.). Оно обусловливается оперативной обстановкой, условиями организации связи и существующими нормативными документами.

Это время определяется должностными лицами органов управления связью и доводится ими до подчиненных.

Показатель мобильности СССННО ($t_{\rm измСССННО}$) является случайной величиной. Поэтому существует вероятность такого события, когда сеть изменит свою структуру или перейдет из текущего состояния в заданное за время, не превышающее установленное.

Вероятностным критерием оценки мобильности служит выражение

$$P_{\text{MCCCHHO}}\left(t_{\text{измCCCHHO}} \le t^*, N_{\text{M}}^*\right) \ge P_{\text{MCCCHHO}}^*,$$
 (5.16)

где $P_{\text{мСССННО}}$ — вероятность для оценки мобильности СССННО; $P_{\text{мСССННО}}^*$ — допустимая вероятность для оценки мобильности СССННО.

Максимальное значение этой вероятности говорит о соответствии СССННО требованиям по мобильности (о ее способности выполнить поставленную задачу в отведенное время).

В общем случае под *пропускной способностью* понимается свойство СССННО передавать максимальное количество сообщений (потоков сообщений) с требуемым качеством в единицу времени.

Для определения пропускной способности СССННО необходимо знать, передачу каких объемов сообщений по каждому виду связи требуется обеспечить на каждом информационном направлении. При этом передаваемые сообщения могут иметь различное число слов или групп, слова или группы – различную длину, а на передачу различных знаков может потребоваться различное число символов и т. д.

Пропускная способность сети (направления) связи ($U_{\rm CCCHHO}$) определяется как функция от потока поступающих заявок на передачу сообщений (λ), объема передаваемых сообщений (W) и скорости их передачи (V), а также от числа каналов ($N_{\rm K}$), необходимых для передачи необходимого объема сообщений с заданной (допустимой) вероятностью потерь ($P_{\rm H}$):

$$U_{\text{CCCHHO}} = f(\lambda, W, V, N_{\kappa}, P_{\Pi}). \tag{5.17}$$

При этом поток поступающих заявок может быть простейшим, тогда пропускная способность может определяться из распределения Эрланга, а при поступлении потока от ограниченного числа источников (то есть, примитивного потока) – из распределения Энгсета.

Таким образом, для обеспечения необходимой пропускной способности сети (направления) связи должны выполняться условия:

$$\lambda \ge \lambda^*$$
 и $W \ge W^*$ при $N_{\kappa} \le N_{\kappa}^*$ и $V \le V^*$. (5.18)

То есть, на каждом информационном направлении организуется такое количество каналов связи $(N_{\rm K})$, которое позволяет обеспечить передачу необходимого количества сообщений (λ) определенного объема (W) для различных видов связи в часы наибольшей нагрузки. Кроме того, для каналов

документальной связи требования по пропускной способности, как правило, определяются скоростью передачи сообщений.

Пропускную способность СССННО можно оценить матрицей пропускной способности отдельных направлений связи. Тогда пропускная способность отдельного направления должна оцениваться отдельно для каждого вида связи.

Однако, такая характеристика пропускной способности справедлива лишь в предположении об абсолютной устойчивости линий (узлов) связи и может характеризовать только техническую пропускную способность вторичной сети на направлении связи.

Техническая пропускная способность СССННО ($U_{\text{тСССННО}}(\lambda)$) определяется величиной, численно равной суммарной нагрузке, исполненной в единицу времени по всем направлениям (L) СССННО при соблюдении значений показателей качества обслуживания, заданных по каждому направлению связи:

$$U_{\text{TCCCHHO}}(\lambda) = \sum_{i=1}^{L} U_{\text{TCCCHHO}\,i}(\lambda). \tag{5.19}$$

В конкретных условиях обстановки могут возникнуть различного рода воздействия на сеть (направление) связи, приводящие в первую очередь к снижению ее канального ресурса. Поэтому вводят понятие «реальная пропускная способность» сети (направления) связи.

Реальная пропускная способность ($U_{\text{реалСССННО}}(\lambda)$) СССННО в конкретных условиях обстановки всегда меньше технической.

Взаимосвязь технической и реальной пропускной способностей определяется с помощью коэффициента пропускной способности ($K_{\rm проп. cn}$) выражением

$$U_{\text{peanCCCHHO}}(\lambda) = K_{\text{mpon.cn}} \cdot U_{\text{TCCCHHO}}(\lambda).$$
 (5.20)

Коэффициент пропускной способности ($K_{\rm проп.сп}$) сети (направления) связи характеризует причиненный ей ущерб и определяется отношением об-

щего количества исправных каналов связи ($N_{i \text{ киспр}}$) к общему количеству организованных каналов (N_{κ}):

$$K_{\text{проп.сп}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_{i \text{ к испр}}}{N_{\text{к}}}.$$
 (5.21)

Общее количество каналов (суммарная скорость передачи всех каналов связи), организованных в сети (направлении) связи, определяет их потенциальную пропускную способность $U_{\text{потСССННО}}(\lambda)$, при этом $U_{\text{потСССННО}}(\lambda) \ge U_{\text{тСССННО}}(\lambda) \ge U_{\text{реалСССННО}}(\lambda)$.

Так как в сети (направлении) связи реальная (реализованная) пропускная способность в любых условиях ее функционирования должна быть не хуже требуемой ($U_{\rm peanCCCHHO} \ge U_{\rm peanCCCHHO}^*$), то можно говорить о вероятности обеспечения требуемой пропускной способности в конкретных условиях обстановки:

$$P_{\text{проп.спСССННО}} \left(U_{\text{реалСССННО}} \ge U_{\text{реалСССННО}}^* \right).$$
 (5.22)

Эта вероятность должна быть не меньше требуемой, определяемой руководящими (нормативными) документами:

$$P_{\text{проп.спСССННО}} \left(U_{\text{реалСССННО}} \ge U_{\text{реалСССННО}}^* \right) \ge P_{\text{проп.спСССННО}}^*.$$
 (5.23)

Под разведзащищенностью понимают способность СССННО противостоять различным видам разведки противника.

СССННО должна выполнять свои задачи в условиях ведения вероятным, возможным, эвентуальным противником в мирное и военное время активных разведывательных действий, направленных на вскрытие ее структуры, фактов передачи и содержания передаваемых сообщений по сетям связи, развертывания новых информационных направлений, линий, узлов связи и др.

Ведение разведывательных действий позволяет противнику нанести ущерб СССННО вследствие возможного непосредственного доступа к охраняемым сведениям, которые содержатся в потоках сообщений и базах данных. Охраняемые сведения могут быть получены и косвенно, за счет наличия

в средствах связи и автоматизации демаскирующих признаков и возможности их сбора различными средствами разведки (электромагнитной, оптической, радиолокационной и др.).

Наличие в СССННО общих и присущих только ей демаскирующих признаков позволяет разведке противника производить классификацию и идентификацию средств, объектов и сетей связи; оценивать их состояние и выявлять принадлежность; определять координаты или районы расположения элементов системы — выявлять структуру СССННО. А выявление структурно-топологических связей между основными элементами сети дает возможность разведке определить характерные признаки их деятельности, состояние готовности и работоспособности.

Таким образом, обработка и анализ различных сведений о функционирующей СССННО позволяют противнику осуществлять различного рода воздействия на нее. Поэтому наряду с обеспечением безопасности связи необходимо защищать от вскрытия как сами элементы сети, так и истинный характер их функционирования, то есть обеспечивать разведзащищенность СССННО.

Особенностью СССННО является наличие определенных демаскирующих признаков значительной части объектов связи, входящих в ее состав, позволяющих идентифицировать их принадлежность.

Кроме того, большинство этих объектов могут иметь в своем составе преимущественно радиоэлектронные средства, которые в наибольшей степени обладают ярко выраженными и достаточно характерными демаскирующими признаками. Эти радиоэлектронные средства способны излучать электромагнитные сигналы на значительные расстояния, поэтому они являются объектами различных видов разведки.

Под демаскирующими признаками объектов (средств) связи принято понимать их характерные технические, оперативно-тактические, опознавательные и другие признаки, раскрывающие принадлежность к СССННО, которые создаются, отражаются или искажаются средствами связи.

Все демаскирующие признаки, в зависимости от типа разведывательной аппаратуры, можно разделить на радиоразведывательные и видовые, а по уровню возможного распознавания разведкой — на типовые и индивидуальные.

Анализируя их, противник может принять решение на дальнейшую доразведку объектов СССННО, их огневое поражение или радиоэлектронное подавление.

Для защиты от таких воздействий в СССННО должны приниматься адекватные меры по обеспечению разведзащищенности и в первую очередь скрытие. Скрытие сети (элементов, объектов) связи от разведки противника заключается в создании условий, исключающих или существенно затрудняющих получение средствами разведки охраняемых сведений об объектах защиты, устранении или ослаблении демаскирующих признаков, раскрывающих эти сведения.

Разведзащищенность СССННО зависит от ее состава, способов ее построения и организации связи, ресурса и возможностей системы разведки противника, времени ведения разведывательных действий, тактикотехнических характеристик РЭС и их демаскирующих признаков, физикогеографических условий местности, времени года, состояния погоды и других факторов.

Таким образом, данное свойство носит вероятностный характер, описываемый сложными случайными динамическими процессами, как правило, с помощью методов имитационного моделирования.

Разведзащищенность СССННО принято оценивать с помощью временных и вероятностных показателей.

К основным показателям разведзащищенности относятся среднее время скрытой от разведки противника работы $(t_{\rm ckp})$ сети (элемента, объекта) связи и вероятность такой работы $(P_{\rm ckp})$.

Они определяются на основе оценки частных показателей, характеризующих степень подверженности сети (элемента) связи разведке противника.

Частными показателями разведзащищенности являются время и вероятность обнаружения и распознавания объекта СССННО ($t_{\text{обн}}, t_{\text{расп}}, P_{\text{обн}}, P_{\text{расп}}$).

Кроме того, выделяют частные показатели разведзащищенности от различных видов разведки: вероятности электромагнитной, частотной, поляризационной и временной доступности ($P_{\rm ЭМД, част, пол, вр}$); время (среднее время) и вероятность вскрытия ($t_{\rm вскр}, P_{\rm вскр}$), дальность ведения радиоразведки ($r_{\rm pp}$); вероятность и точность определения местоположения объекта СССННО ($P_{\rm MII}, R_{\rm ck}$) и др.

Оценку разведзащищенности производят на объектовом и сетевом уровнях.

В первом случае разведзащищенность отражает способность элементов сети скрывать факт и место своей работы, а также принадлежность к конкретному объекту связи (пункту, звену управления, ведомству и т. п.).

Разведзащищенность на сетевом уровне определяется как способность СССННО сохранять в тайне от противника свой состав и структурнотопологические характеристики.

Критерий оценки разведзащищенности сети (элемента, объекта) связи определяется в результате сравнивания среднего времени скрытой работы и его допустимого значения с требуемой вероятностью:

$$\bar{t}_{\text{CKD}} \ge t^* \quad P_{\text{CKD}} \ge P^*. \tag{5.24}$$

Требования по разведзащищенности определяются задачами, решаемыми объектами СССННО, их способностью обеспечить скрытую от разведки работу и возможностями вероятного противника по ведению разведки.

Для достижения максимальных показателей основных свойств (готовности, мобильности, устойчивости, разведзащищенности и пропускной способности) СССННО в различных условиях обстановки она должна быть управляемой.

Управляемость СССННО – это способность сети при воздействии на нее должностных лиц органов управления связью изменять свое состояние в необходимых пределах.

Это свойство СССННО является по своей сути регулирующим свойством. Оно определяет степень реализации рассмотренных свойств СССННО в конкретных условиях обстановки в соответствии с задачами по организации и обеспечению связи при условии всестороннего, своевременного, полного и качественного обеспечения системы и действий подразделений связи. Под состоянием СССННО понимаются состав, структура и показатели сети, характеризующие ее свойства в данных условиях и в конкретный момент времени. СССННО при планировании и обеспечении может оцениваться по этим показателям на объектовом, структурном или функциональном уровне.

Управляемость характеризуется степенью влияния органов управления на состояние СССННО (элементы сети), а также ее возможностью изменить свое состояние в конкретных условиях.

Степень влияния органов управления определяется реакцией системы управления ($t_{\rm peaky}$) на изменение состояния (необходимость такого изменения) СССННО:

$$t_{\text{реакц}} \le t_{\text{реакц доп}}$$
. (5.25)

Возможность СССННО к изменению своего состояния определяется коэффициентом устойчивости управления ($K_{\rm упр}$), характеризующим пределы изменения показателей (ΔG) свойств СССННО в заданные сроки с учетом внутренних и внешних воздействий:

$$K_{\text{ymp}}^{\text{r,m,y,mpon.cn, p3}} = 1 - \frac{\Delta G}{G_{\text{max}}},$$
 (5.26)

где G_{\max} — максимальное (потенциальное, предельно заданное) значение показателя каждого из свойств СССННО. Пределы изменения регулируемых показателей (ΔG) определяются как разность максимального их значения с реальными ($G_{\rm pean}$), достигаемыми в процессе регулирования, т. е.

$$\Delta G = G_{\text{max}} - G_{\text{pea}\pi}. \tag{5.27}$$

Таким образом, способность СССННО изменять свое состояние в необходимых пределах под воздействием подсистемы управления за время, не превысившее допустимое (то есть ее управляемость), может быть определена как вероятность (P(G)). Она является характеристикой такого события, при котором значение регулируемого показателя достигает своего предельного значения (в данных условиях) за время, не превышающее допустимое:

$$K_{\text{упр min}} < K_{\text{упр}} \le 1$$
 и $t_{\text{реакц}} \le t_{\text{реакц}}^*$. (5.28)

В качестве критерия вероятностной оценки управляемости СССННО принято выражение

$$P_{\text{ynpCCCHHO}}(G) \ge P_{\text{ynpCCCHHO}}^*(G).$$
 (5.29)

Управляемость СССННО является относительно новой, по сравнению с другими свойствами сети, характеристикой, поэтому теоретические и прикладные (практические) аспекты ее научно-методического аппарата ждут, так сказать, своей разработки.

В итоге, целевой эффект результативности функционирования СССННО определяется основными свойствами сети (готовностью к обеспечению пользователей информационно-телекоммуникационными услугами, устойчивостью, мобильностью, пропускной способностью, разведзащищенностью (скрытостью) и управляемостью):

$$\psi_{\text{СССННО}} = \left\langle \begin{matrix} K_{\text{гСССННО}}, J_{\text{СССННО}}, H_{\text{СССННО}}, Q_{\text{СССННО}} \\ t_{\text{измСССННО}}, U_{\text{СССННО}}, t_{\text{скр}}, K_{\text{упр}} \end{matrix} \right\rangle. \tag{5.30}$$

Pесурсоемкость СССННО ($\Re_{\text{СССННО}}$), определяется использованием (затратами) всех видов ресурсов СССННО для обеспечения ее нормального функционирования. Под ресурсами СССННО понимают совокупность экс-

плуатационно-технических $(r_{\rm эпр})$, временных (r_t) , частотных (r_f) , энергетических $(r_{\rm 9})$, управленческих $(r_{\rm y})$, обеспечивающих $(r_{\rm of})$, резерва сил и средств $(r_{\rm pe3})$ и других ресурсов [14, 19]:

$$\Re_{\text{CCCHHO}} = \left\langle r_{\text{этр}}, r_t, r_f, r_9, r_{\text{y}}, r_{\text{of}}, r_{\text{pes}} \right\rangle. \tag{5.31}$$

Уточним понятие временных ресурсов, которые складываются из времени на подготовку элементов СССННО к функционированию, времени на проведение различных видов технического обслуживания и регламентов, времени на ремонт и восстановление объектов СССННО и т. п. То есть время функционирования СССННО в эту составляющую не входит.

Время функционирования СССННО ($T_{\Phi CCCHHO}$), определяется периодом, в течение которого абонентам (пользователям) СССННО предоставляются услуги с заданным (требуемым) качеством связи. По логике это время можно отнести к ресурсам СССННО, но оно выделено отдельно подчеркивая тем самым этап функционирования сети связи в течение которого обеспечивается достижение цели и соответственно при этом достигается необходимая (требуемая) эффективность. Оно будет определяться:

$$T_{\Phi \text{CCCHHO}} = t_{\text{общ}} - t_{\text{пр}}, \qquad (5.32)$$

где $t_{\text{общ}}$ — общее время работы СССННО, $t_{\text{пр}}$ — время простоя, когда абонентам (пользователям) СССННО услуги с заданным (требуемым) качеством связи не могут быть предоставлены по различным причинам.

Учитывая неопределенность (стохастичность) условий функционирования СССННО, которая обусловлена воздействием случайных факторов, разнородность единиц измерения, показатели эффективности и сама эффективность функционирования СССННО будут носить вероятностный характер:

$$P_{\text{эфСССННО}}(T_{\text{фСССННО}}) = P(\psi_{\text{СССННО}} \cdot \Re_{\text{СССННО}} \cdot T_{\text{фСССННО}}).$$
 (5.33)

Вероятность $P_{\text{эфСССННО}}(T_{\text{фСССННО}})$ есть не что иное, как вероятность достижения цели функционирования СССННО (вероятность выполнения за-

дачи) и является показателем эффективности функционирования СССННО, т. е. мерой степени достижения цели.

Эффективность и показатели функционирования СССННО представлены на рис. 5.1.

Эффективность (от лат. effectus – исполнение) СССННО – это комплексное свойство СССННО, характеризующее ее приспособленность к достижению цели реализуемой сетью, это способность давать эффект, действенность такой способности, т.е. результативность, соотнесенная с затратами ресурсов всех видов (эксплуатационных, материальных, временных, энергетических, информационных, людских и т.п.).

Под эффективностью СССННО понимается количественная или качественная характеристика, позволяющая судить о степени выполнения сетью присущих ей функций

Эффективность системы характеризуется показателями — количественными величинами или качественными понятиями, с помощью которых можно оценивать системы и сравнивать их между собой.

<u>Показатель</u> – это число или понятие, характеризующее эффективность системы.

<u>Критерий</u> – это правило, позволяющее судить о степени достижения системой поставленных целей либо о качестве выполнения ей функций.

Показатели эффективности не выводятся (например, аналитически), а подбираются и назначаются в результате поиска компромисса между требуемым состоянием и реальным

Выбираемые показатели должны удовлетворять условиям:

- представительности (адекватности),
- чувствительности (критичности),
- полноты (комплексности),
- стохастичности,
- «простоты»

Подходы к формированию показателей эффективности – <u>телеологический</u> (от греч. teleos – достигший цели) и <u>естественно-физический</u>

Показатели функционирования СССННО:

- результативность функционирования СССННО;
- ресурсоемкость СССННО;
- время функционирования СССННО

Рисунок 5.1 – Эффективность и показатели функционирования СССННО

Критерием вероятностной оценки эффективности функционирования СССННО является:

$$P_{\text{эфСССННО}}(T_{\text{фСССННО}}) \ge P_{\text{эфСССННО}}^*(T_{\text{фСССННО}}).$$
 (5.34)

Необходимо отметить, что полная характеристика функционирования СССННО возможна только при комплексном учете приведенных выше показателей и не может быть представлена одним или несколькими перечисленными показателями, это, во-первых. Во-вторых, с точки зрения системного анализа, представленный комплекс показателей функционирования СССННО не может являться окончательным и законченным, т. е. в зависимости от конкретной сети, от ее организационно-технического построения, условий функционирования, каких-либо дополнений или ограничений и т. п. показатели могут добавляться, изменяться или удаляться.

На основании представленного подхода к определению эффективности функционирования СССННО можно сформировать общую последовательность ее оценки, позволяющую осуществить выбор наиболее рационального варианта построения СССННО для различных условий, который представлен на рис. 5.2.

Результатом оценки эффективности функционирования СССННО является определение качества военной связи (качества услуг, предоставляемых СССННО), т. е.

$$K_{BC} = f(P_{\text{эфСССННО}}). (5.35)$$

Этим самым обеспечивается выполнение целевой установки функционирования СССННО – обеспечение абонентов (пользователей) связью с заданным (требуемым) качеством.

Представленный подход описания эффективности функционирования СССННО и ее оценки, в отличие от известных, позволяет

- проводить как предварительную оценку эффективности функционирования СССННО на этапе ее проектирования (планирования), так и при эксплуатационном обслуживании;
- обеспечить выбор наиболее целесообразного варианта построения СССННО по критерию эффективности ее функционирования;
- использовать методологические аспекты теории эффективности целенаправленных процессов и системного анализа, которые являются не только основой обоснования сложных, многокомбинаторных решений, но форми-

руют комплексное мировоззрение на объект исследования и раскрывают многоаспектную сущность рассматриваемых (изучаемых) явлений.

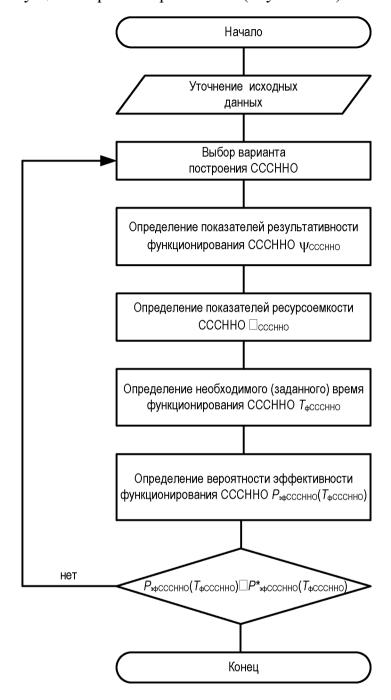


Рисунок 5.2 – Общая последовательность оценки вариантов построения сети военной связи по критерию эффективности ее функционирования

Заключение

В работе, в первом приближении, в основном вербально, представлены результаты использования основных положений системного анализа и теории эффективности целенаправленных процессов для описания СССННО. Кроме того, проведено уточнение отдельных теоретических положений построения СССННО.

Проведенный «задел» позволяет перейти к фундаментальным и прикладным исследованиям построения и функционирования конкретных СССННО в различных условиях в виде разнообразных моделей, методов (методик), алгоритмов и научно-практических положений (предложений).

Авторы возлагают надежду, что материалы монографии вызовут интерес будущих и настоящих специалистов в области проектирования (планирования) и эксплуатационного обслуживания различных сетей связи специального назначения.

Библиографический список

- 1. **Новосельцев, В. И.** Теоретические основы системного анализа / Новосельцев В.И. [и др.]; под ред. В. И. Новосельцева. М.: Майор, 2006. 592 с.
- 2. **Бобронников, В. Т.** Системный анализ в инженерных исследованиях / В. Т. Бобронников. М. : Изд-во МАИ, 2018. 144 с.
- 3. **Згуровский, М. З.** Системный анализ. Проблемы. Методология. Приложения: монография / М. З. Згуровский, М. Д. Панкратова. Киев: Наукова Думка, 2011. 726 С.
- 4. Теория систем и системный анализ в управлении организациями : справочник / под ред. В. Н. Волковой, А. А. Емельянова. М. : Финансы и статистика, 2006. 848 с.
- Российская Федерация. Законы. О связи [№ 126-ФЗ от 18 июня
 2003 г.]: федер. закон.
 - 6. ГОСТ Р 53801-2010. Связь федеральная. Термины и определения.
- 7. Основные положения развития Взаимоувязанной сети связи Российской Федерации на перспективу до 2005 года: Руководящий документ. Книга 1. Концептуально-целевые основы развития и общие организационнотехнические положения. М.: НТУОТ, Министерство связи России, 1996.
- 8. **Ермишян, А.Г.** Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях. Часть 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи / А. Г. Ермишян. СПб. : ВАС, 2005. 740 с.
- 9. Руководящий документ отрасли. Правила технической эксплуатации первичных сетей Взаимоувязанной сети связи Российской Федерации. Книга первая. Основные принципы построения и организации технической эксплуатации. М.: Госкомсвязи, 1998. 152 с.
- 10. **Моисеев, А. А.** Инфокоммуникационная сеть, как объект системного анализа / А. А. Моисеев, А. А. Киселев А.А., А. В. Чуев, Д. В. Салюк Д.В.

- // Техника средств связи. Научно-технический сборник. Выпуск 6 (145). СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 181 с. С. 150-158.
- 11. **Киселев, А. А.** Моделирование сети связи для стационарных и динамических условий функционирования / А. А. Киселев // Техника средств связи. Научно-технический сборник. Выпуск 6 (145). СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 181 с. С. 112-119.
- 12. **Моисеев, А. А.** Имитационная модель сети военной связи / А. А. Моисеев, А. А. Киселев, А. В. Чуев, А. А. Миронов // Техника средств связи. Научно-технический журнал. № 3 (147). 2019. 98 с. С. 53-69.
- 13. **Моисеев, А. А.** Применение мобильных аппаратных связи для обмена данными с морскими объектами / А. А. Моисеев, А. А. Киселев // Техника средств связи. Научно-технический журнал. № 2 (150). 2020. 97 с. С. 10-17.
- 14. **Боговик, А. В.** Эффективность систем военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. СПб. : ВАС, 2006. 183 с.
- 15. **Киселев, А. А.** Концептуальный подход к исследованию инфокоммуникационной сети / А. А. Киселев, М. А. Сазонов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научнотехническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. ст. в 4 т. / Под. ред. С. В. Бачевского; сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич. СПб. : СПбГУТ, 2017. Т. 2. 594 с. С. 392-397.
- 16. **Моисеев, А. А.** Качество военной связи как совокупность ее основных свойств / А. А. Моисеев, А. А. Киселев, А. В. Чуев // Техника средств связи. Научно-технический сборник. Выпуск 7 (146). СПб. : Изд-во Политехн. ун-та. 2018. 162 с. С. 119-125.
- 17. Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Концепция управления качеством связи в Российской Федерации. Проект. Москва, 2015. 63 с.
- 18. **Колмогоров, А. Н.** Число попаданий при нескольких выстрелах и общие принципы оценки эффективности системы стрельбы /

- А. Н. Колмогоров // Сборник статей по теории стрельбы. 1 / Тр. Матем. ин-та им. В. А. Стеклова, М.: Изд-во АН СССР, 1945, с. 7-25.
- 19. **Петухов, Г. Б.** Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем / Г. Б. Петухов, В. И. Якунин. М. : АСТ, 2006. 504 с.
- 20. **Бельчиков, Ю. А.** Словарь паронимов русского языка / Ю. А. Бельчиков, М. С. Панюшева. М : ООО «Издательство АСТ» : ООО «Издательство Астрель», 2004. 458 с.
- 21. **Моисеев, А. А.** Оценка основных свойств применения мобильных аппаратных связи / А. А. Моисеев, А. А. Киселев // Техника средств связи. Научно-технический журнал. № 1 (153). 2021. -97 с. С. 55-65.

БАЗОВЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Системный подход

база идей, философская основа по отношению к системным аналитическим исследованиям

Системный анализ

редуцирует идеи и концепции системного подхода, наполняет их конкретным содержанием, наделяет соответствующей интерпретацией, являясь междисциплинарным научным направлением (наука о межсистемных и внутрисистемных связях, взаимодействиях и отношениях, а также об их влиянии на эффективность и качество функционирования систем)

Методический базис системного анализа

методы теории исследования операций

Предмет системного анализа

- концепции и принципы постановки и разрешения практических проблем на основе системной идеологии;
- · способы интегрирования методов и результатов исследования специальных дисциплин в целевую технологию, направленную на разрешение возникшей проблемы;
- методики, приемы и модели комплексного исследования и проектирования различных системных объектов

Объект системного анализа

утилитарные проблемы различного иерархического уровня, связанные с созданием новых и совершенствованием (модернизацией) существующих систем различной природы

Признаки системных проблем

- 1. Слабая структурированность качественные и количественные элементы, причем качественные, малоизвестные, неопределенные стороны имеют тенденцию доминировать.
- 2. **Конфликтность** явные или скрытые конфликты различного масштаба и значимости, угрожающие перерасти в кризисы. Компромиссный характер разрешения системных проблем, связанный с многофакторностью и множественностью критериев качества. Разрешимы путем урегулирования противоречий в динамике их развития и нахождения компромисса между желанием достичь определенных целей и существующими для этого возможностями.
- 3. Неопределенность нет исчерпывающих данных относительно обстоятельств, сопровождающих проблему, ее связей с другими проблемами и ресурсов, потребных для ее разрешения. Учет всех ситуаций при разрешении системной проблемы невозможен.
- 4. *Неоднозначность* несколько вариантов разрешения, которые затруднительно ранжировать по их предпочтительности.
- 5. *Наличие риска* вложение определенных ресурсов сопровождается элементами риска, обусловленными противодействием со стороны как внешних, так и внутренних сил. Любой вариант разрешения системной проблемы отвечает интересам одних субъектов и ушемляет интересы других.
- 6. *Многоаспектность* затрагивается множество разнородных сторон той субстанции, в которой возникают и развиваются системные проблемы, а между этими сторонами существуют связи взаимного влияния. Одна из важнейших прагматических задач системного анализа нахождение «золотой середины» в пространстве параметров системной проблемы.
- 7. **Комплексность** круг научно-практических интересов не должен замыкаться рамками одной теории, какую бы прогностическую силу она не декларировала. Основное предназначение системного анализа рациональное объединение знаний и методов различных наук, согласование частных результатов исследований и концентрирование усилий на наиболее важных направлениях.
- 8. Саморазрешимость способность системных проблем разрешаться естественным образом, без приложения научных методов и знаний. Главная прагматическая направленность анализа систем состоит в изыскании конструктивных способов и технологий разрешения возникающих проблем, исключающих негативные варианты развития событий в данной проблемной области.
- 9. **Эволюционность** центральная задача анализа систем поиск вариантов разрешения проблемы, которые исключают возникновение новых, еще более трудноразрешимых проблем; не содержат в себе потенциала разрушения позитивного, что было уже создано; не нарушают, а поддерживают преемственность в развитии научных направлений так, чтобы каждое новое исследование не начиналось с нуля

БАЗОВЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА (окончание)

Базовые концепции системного анализа

- 1. Объективный субъективизм с одной стороны интересы людей (субъективизм), с другой опора на объективно наблюдаемые факты и фиксируемые закономерности. Вводимые ограничения касаются целей (желаемых результатов) исследования и связаны с возможными способами их достижения в рамках отведенных ресурсов.
- 2. Отверительное оптимальности в системных исследованиях не ставится и не решается задача поиска оптимального варианта разрешения проблемы, когда желаемым можно поступиться в угоду возможному, а границы возможного могут быть существенно расширены за счет стремления достичь желаемого. В рамках системного анализа устанавливается приоритет существа проблемы над методами математической оптимизации. Последние могут и должны применяться как рабочий инструмент для решения частных хорошо структурированных задач, но их не следует использовать в качестве концептуальной основы разрешения серьезной системной проблемы.

 3. Конструктивный прагматизм строгая ориентация на разрешение конкретных практических проблем по заданию заказчика, в интересах потребителя, в установленные сроки и в пределах выделенного объема финансирования. Каждое системное исследование имеет неповторимый, уникальный характер и проводится не само по себе, а в тесной взаимосвязи с фундаментальными поисковыми и конструкторскими исследованиями. Выявляемые закономерности и формулируемые обобщения носят характер не

Общие принципы системных исследований

(в совокупности позволяют синтезировать известные походы к изучению систем от целого к частям)

1. Этиписты - процесс разрешения системной проблемы разделяется на ряд последовательных этапов так, чтобы ими охватывался весь жизненный шикл системы.

всеобщих, но локальных тенденций – направлений, по которым может развиваться изучаемое явление при определенных условиях

- Цикличность организация процесса разрешения системной проблемы на каждом из выделенных этапов в виде совокупности типовых операций, выполнение которых дает некий законченный результат, позволяющий принять промежуточное или окончательное решение.
- \(3). Итверативность неоднократное повторение типовых операций анализа с постепенным уменьшением доли априорных данных и наращиванием объема апостериорных данных.

Аксиомы системного анализа

- системный анализ является **отмерытьм**, допускающим постоянное изменение своего количественного и качественного состава за счет непрерывного информационного обмена знаниями со специальными науками и с практикой, аксиомы системного анализа не являются непререкаемыми истинами:
- системная аксиоматика носит преимущественно мягкий регулируемый характер, системные утверждения не категоричны в своей основе, степень семантической мягкости аксиом регулируема, т.е. в зависимости от наблюдаемых фактов или результатов опытов усходные утверждения могут приобретать весь спектр градаций от строго категоричных до полностью неопределенных

КЛАССЫ СИСТЕМ В ТЕОРИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Специфика системных классификаций

- не являются ни целью, ни результатом, а выступают лишь вспомогательным приемом, позволяющим анализировать систему с различных сторон за счет выделения в ней различных аспектов. Допускается существование классификаций, которые заимствуются или создаются по мере возникновения конкретных задач анализа;

- системные классификации никогда не бывают полными и непротиворечивыми, они всегда открыты для изменений, дополнений и уточнений

1.Физические, биологические и социальные системы

Физические системы образованы компонентами неживой природы различных уровней организации — от элементарных частиц до метагалактики. В зависимости от законов, определяющих поведение физических систем, они подразделяются на механические, термодинамические, электромагнитные, релятивистские, квантово-механические и торсионные.

Биологические системы образованы разнообразием живых существ, начиная с уровня молекулярных белковых соединений и заканчивая уровнем биосферы.

Социальные системы — в качестве главных компонентов рассматриваются люди (в статусе социальных единиц) и образованные ими различного рода общности (цивилизации, национальности, движения, партии, трудовые коллективы, семьи и т.п.). В эти системы включаются объекты биологической и неживой природы, наиболее тесно связанные с деятельностью человека

2. Закрытые, открытые и частично открытые системы

Закрытые системы не обмениваются с внешним миром ни веществом, ни энергией, ни информацией. Им присущ только внутренний метаболизм.

Отикрытые (диссипативные) системы осуществляют постоянные вещественные, энергетические и информационные взаимодействия их компонентов не только между собой, но и с компонентами других систем, для них характерен как внутренний, так и внешний метаболизм.

Частично отикрытые системы характеризуются отсутствием отдельных форм внешнего метаболизма.

ᠺ В природе не существует абсолютно закрытых и абсолютно открытых систем. В определенные периоды времени могут создаваться условия, обособляющие систему от внешнего мира

3. Детерминированные, вероятностные и детерминированно-вероятностные системы

Детерминированные системы - полная определенность поведения, присутствует однозначная зависимость между состояниями входов и выходов, что позволяет при фиксированных внешних условиях сколь угодно точно прогнозировать их движение.

Вероятностиные системы – множество выходных переменных связано с множеством входных воздействий вероятностными зависимостями, их поведение можно прогнозировать с некоторой вероятностной мерой.

Понятие вероятности используется в субъективном, статистическом и физическом и физическом смысле. Субъективная вероятность связывается с лицом, принимающим решение, и выражает степень его уверенности относительно результата наблюдаемого события или меру личного (персонального) доверия к какому-либо утверждению. Статистическая вероятность применима к событиям, которые могут быть многократно повторены без изменений условий опыта, либо к массовым однократным событиям. Физическая вероятность связывается с процессами, происходящими внутри изучаемого объекта, выступая мерой его внутреннего

Детерминированно-вероятностные системы – в одних условиях они ведут себя детерминировано, а в других – вероятностно

4. Сложные и простые системы

Сложность системы связывается с характером ее реакции на внешние воздействия

Сложные системы реагируют на внешние воздействия, сообразуясь с внутренней целью, которую надсистема или наблюдатель не могут достоверно определить ни при каких обстоятельствах. Характерно множество локальных областей слабой устойчивости. но тем слабее устойчивость в каждой из них.

Простые системы – это подсистемы (части) какой-либо сложной системы, «живущие» в ее пространственно-временной метрике и подчиняющиеся ее законам. Характеризуются одной областью сильной устойчивости

5. Адаптивные, целенаправленные, целеполагающие и самоорганизующиеся системы

Адаптивные системы – приспосабливаются как к среде, так и к изменениям внутри самих себя.

Целенаправленные (предопределенные) — адаптируются к условиям существования и действуют в соответствии с некоторой перспективой или планом, основные параметры которого определяются извне, развиваются строго в соответствии с определенным, заранее оптимизированным планом.

Целеполагающие системы— самостоятельно формируют цели и планируют свое поведение в зависимости от обстоятельств, обладают некоторой совокупностью ценностей, на основе которой сами формируют последовательность целей, причем последующие цели выдвигаются и уточняются в зависимости от достижения предыдущих. Отличительным признаком является относительное постоянство ее структуры и функционирования на фоне целевой динамики.

Самоорганизующиеся системы объединяют в себе черты адаптивных, целенаправленных и целеполагающих. Доминирование внутренних факторы – ограничения на внешними, отсутствие предначертанности в самом развитии. Внутренние факторы – самоорганизация, а внешние факторы – ограничения на возможность конкретных проявлений самооразвитие систем вне зависимости от их природы

КЛАССЫ СИСТЕМ В ТЕОРИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА (окончание)

6. Естественные, искусственные и концептуальные системы

Естественные системы – их возникновение и развитие не связано или почти не связано с деятельностью человека.

Искусственные системы – результат практической деятельности человека.

Концептуальные системы – выраженные в символьной форме представления людей, отражающие прошлую, настоящую и будущую реальность.

Формальные концептуальные системы – заменой символов минимизируется межсимвольная информация, сохраняя при этом смысловой объем полной информации.

Абстрактные концептуальные системы – составляющие их символы содержат в себе минимум смысловой информации

7. Гомогенные, гетерогенные и смешанные системы

Гомогенные системы – все компоненты одинаковы.

Гетерогенные системы – содержат компоненты разных типов.

Смешанные системы – часть компонентов гомогенна, другая часть – гетерогенна

8. Прогрессирующие и регрессирующие системы

Прогрессирующие системы — развитие идет в направлении достижения ими своей потенциальной эффективности. Их состав и структура меняются таким образом, что со временем сокращается разность между реальной и предельно возможной эффективностью.

Регрессирующие системы – с течением времени все хуже и хуже выполняют свою основную функцию. Разность между их реальной и потенциальной эффективностью постоянно возрастает, по прошествии некоторого периода времени достигают области своей естественной пибели

9. Многоуровневые и иерархические системы

Многоуровневая система – в объекте выделяются страты или слои его устройства совместно с существующими между ними отношениями, связями и взаимодействиями.

. Иерархическая система – эшелонированное строение, следствие ограниченных способностей управляющих компонентов системы по приему, обработке и выдаче информации

10. Информационные системы

Информационная система — взаимосвязанная совокупность информационных ресурсов, процессов и технологий, собирающих, преобразующих и распространяющих информацию, необходимую для принятия угравленческих решений. Классифицируются по разным признакам: предметная область и степень ее детализации, управленческий уровень; вид поддерживаемых информационных ресурсов; функции обработки информационных ресурсов; среда хранения информационных ресурсов; объем и скорость переработки информационных ресурсов; состав лингвистических ресурсов; архитектура системы; расписание функционирования и регламент обслуживания пользователей; способы и характер доступа к информационным ресурсам; реализуемые интерфейсы, поддерживаемые стандарты и программно-аппаратная платформа; коммуникационное оборудование; программное обеспечение и состав системного персонала; методология и инструментальные средства разработки системы

ПОНЯТИЕ «СИСТЕМА» В ТЕОРИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Система

понятие невозможно раскрыть через другие более частные сущности, и соответственно сформулировать его определение в виде одной сколь угодно сложной синтагмы, является открытым, непрерывно развивающимся понятийным объектом, не определяемым исчерпывающим образом в рамках каких бы то ни было логических или формальных построений

Неформальные, содержательные признаки системы

- 1. *Расчленимость* возможность выделить в объекте фиксированное число составных частей первого уровня, а в них части второго уровня и так далее вплоть до последнего уровня, состоящего из неделимых далее частей. Компоненты: подсистема(ы) →элементы.
- 2. Целостность родовой признак системы. Объект, состоящий из нескольких выделенных частей, обладает целостностью, если:
- а) в нем в результате взаимодействия частей образуется новое качество (общесистемное свойство), отсутствующее у частей;
- б) каждая составная часть приобретает иные качества (системные свойства компонентов) по сравнению с качествами, присущими этим же частям вне данного объекта.
- Эмерджентность возникновение новых связей и свойств при объединении элементов в подсистемы, подсистем в систему,
- 3. **Связанность** целостные свойства объекта и особые свойства его частей формирующиеся за счет межкомпонентных (внутриуровневых и межуровневых) отношений, связей и взаимодействий. Отношения и связи это ненасыщенные физическим содержанием взаимодействия.

Помимо внутренней связанности, выделяют внешнюю связанность, т.е. отношения, связи и взаимодействия системы с окружающей ее средой – системой высшего эшелона (в качестве надсистемы по отношению к данной системе).

4. Неаддитивность— свойства объекта невозможно свести к свойствам его частей, а также вывести лишь из них (если объект представляется в исследовании как система, то при любом способе разделения такого собъекта на части невозможно выявить его целостные свойства

Многоуровневый принцип организации системы

Стратификация – выделение уровней в системе с учетом взаимосвязей между ними

- 1. Организационный уровень эшелоны:
- 2. Уровень общности законов функционирования, единство пространственно-временной топологии и субстанционального построения определенных компонентов системы *страты*.
- 3. Уровень точки зрения исследователя на различные аспекты системы (структурные компоненты системы, выделенные по временному признаку или по типу решаемых задач.) слои.
- 4. Уровень оценочной характеристики анализируемого объекта или явления **оценки**:
- В частном случае эшелоны, страты и слои могут совпадать

Выделение эшелонов, страт и слоев в объекте производится исходя из целей и задач исследования, и не формализуется, а осуществляется на основе опыта и знаний исполнителей

Учет влияния среды на функционирование системы

(проблема считается не формализуемой в том смысле, что не существует универсальных методов учета факторов влияния среды применительно к любой системе)

- 1. При анализе системы в качестве объекта изучения должна рассматриваться не только она сама, но и ее окружение (среда). Не самое худшее решение системной проблемы может быть достигнуто только при равнопрочном анализе как ее внутреннего содержания, так и сопутствующих обстоятельств.
- 2. Слишком большое количество отношений, связей и взаимодействий между системой и средой свидетельствует о том, что на самом деле исследуется не система, а нечто другое (какой-либо ее компонент или несколько тесно связанных систем).
- 3. Все возможные воздействия среды на изучаемую систему должны быть типизированы, сведены в некоторые группы по признаку общности ожидаемого эффекта влияния на систему

Общая схема анализа системы

Не расчленив систему на части, очень трудно ее изучать, но, обособив составные части, можно легко потерять суть целого и неправильно установить свойства частей. Выход из такого положения, который предлагает теория системного анализа, состоит в совместном применении принципов «от целого к частям» и «от частей к целому», т.е. в организации процесса исследований в виде поэтапного разукрупнения объекта на целоны, страты и слои с одновременным установлением связей между ними за счет организации итеративных циклов

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ В ТЕОРИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Характеристики системы

Набор параметров, позволяющих получить достаточно полное представление о системе. При этом степень достаточности и полноты заранее не устанавливается, а определяется в процессе исследования исходя из поставленных целей и задач, а также сообразуясь с природой объекта изучения

1. Функции и эффективность

Функция – совокупность результатов воздействий, оказываемых системой на среду, на другие системы и на саму себя. Этой характеристикой определяются роль, которую играет система в надсистеме, и место, которое она занимает среди окружающих объектов. Любая система, вне зависимости от ее природы, обладает основной и неосновными функциями – позитивными, негативными и нейтральными, преднамеренными и непреднамеренными. Часть из них проявлена, а другая – скрыта.

Эффективность — количественная или качественная характеристика, позволяющая судить о степени выполнения системой присущих ей функций. В общем случае эффективность системы предпочтительнее связывать не с ее целенаправленностью, а со всем компремсов присущих ей функций. Показатели эффективности не выводятся, а подбираются и назначаются в результате поиска компромисса между заказчиком и исполнителем. Для устранения субъективизма и произвола выбираемые показатели должны удовлетворять условиям представительности, чувствительности и полноты

2. Состав, иерархия и морфология

Состав – перечень компонентов системы с указанием отношений «часть-целое». Его описывают многоярусным древовидным графом, ярусы которого соответствуют эшелонам, корневые вершины – элементам, промежуточные вершины – подсистемам, наивысшая вершина – всей системе в целом, а ребра – отношения «часть-целое». В системных исследованиях подобные описания называют предметной иерархией. Без указания страты или слоя системы невозможно однозначно установить ее состав.

Иерархия — многоуровневое вое представление системы с указанием отношений соподчиненности между уровнями (внешнеуровневая иерархия) и между компонентами внутри каждого уровня (внутриуровневая иерархия). Иерархический принцип построения системы вовсе не означает жесткого, беспрекословного подчинения низшего высшему. Каждый низший по иерархии компонент системы должен обладать определенной свободой в выборе своего поведения, сообразуясь не только с системными интересами, но и исходя из своих внутренних потребностей.

Морфология — совокупность компонентов системы с указанием отношений и связей между ними. Характеристика системы, отражающая ее состав, иерархию и связи, реализующие отношения между уровнями и компонентами. Особое внимание уделяется обратным связям. По характеру своего действия обратные связи подразделяются на отрицательные и положительные. Они бывают детерминированными и случайными, стабильными и нестабильными, компенсирующими вывают детерминированными и случайными, стабильными и нестабильными, компенсирующими), транслирующими и преобразующими

3. Структура

Совокупность устойчивых отношений, связей и взаимодействий между уровнями и компонентами системы, обеспечивающих сохранение ее целостности в условиях внешних и внутренних возмущений. Это наиболее общая характеристика системы, включающая в себя иерархию и морфологию как частный случай. Структуры различают по: пространственной топологии, характеру развития, типам отношений, видам взаимодействий и связанности. По пространственной топологии выделяют объемные и плоские, рассредомоченные и сосредомоченные структуры. По характеру развития выделяют экстенсивные и интенсивные, редуцирующие объемные, рассредомоченные и временные. По типу отношений структуры подразделяются на предметные, функциональные, организационные и временные. По виду взаимодействий структуры подразделяются на вещественные, энергетические и информационные. По характеру связанности различают линейные, централистские, сетевые, сотовые скепетные, полносеязанные и другие структуры, образованные их сочетаниями

4. Состояние и поведение

Состояние характеризует положение системы, которое по ряду наблюдаемых признаков можно отличить от других положений.

Поведение – траектория движения точки стояния системы в функциональном пространстве в течение определенного интервала времени.

Переходы системы из одного устойчивого состояния в другое обусловливаются внешними воздействиями, навязывающими ей структуру и функционирование целевыми или ограничительными способами. Смена состояний происходит под действием внутренних и внешних флуктуаций случайного характера, которые хотя и не задают цель развития системы, но влияют на траекторию ее движения, отклоняя ее в ту или иную сторону. Основным источником самодвижения выступает конфликтность, имманентно присущая всем системам, которая может порождать системные кризисы, уводящие систему из равновесного состояния и в то же время приводящие ее к некоторому новому равновесию.

5. Внутреннее время

В системном анализе время рассматривается как естественная характеристика системы, несущая в себе тройственный смысл:

- время играет роль координатора, обеспечивающего за счет введения единой событийной метрики функционирование системы в масштабе надсистемы. Это договорное, астрономическое время;
- время выступает физическим параметром, отражающим частоты происходящих в системе событий, их взаимную корреляцию и изменения под давлением внешних и внутренних обстоятельств. Такое, персонифицированное для каждой системы время, это внутреннее время-параметр, согласовывающее функционирование ее компонентов;

- время рассматривается как оператор преобразования – некое устройство в составе системы, воспринимающее сигналы из будущего и преобразующее их в управляющие воздействия, изменяющие текущее состояние системы

Описать систему

установить ее функции, эффективность, структуру (состав, иерархию, морфологию), возможные состояния и характер поведения, а также ее отношения, связи и взаимодействия со средой. Кроме того, необходимо задать ее временную и пространственную метрику, т.е. условиться о системе координат, в рамках которой следует проводить анализ

Киселев Алексей Алексеевич Моисеев Анатолий Алексеевич

СЕТИ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ НУЖД ОБОРОНЫ СТРАНЫ КАК ОБЪЕКТ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Монография

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93, т. 2; 95 3004 — научная и производственная литература

Подписано в печать 27.12.2021. Формат 60×84/16. Печать цифровая. Усл. печ. л. 5,5. Тираж 50. Заказ 6345.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного авторами, в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета. 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.