СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ В ВООРУЖЕННЫХ КОНФЛИКТАХ СОВРЕМЕННОСТИ

Лукьянчик В.Н.[1], Старков А.М. [2], Сарафанников В.С[3]

Ключевые слова: *структура, система управления, канал связи, информация, внешняя среда, технология, военные действия, принципы, компьютерные сети.*

Цель исследования: *Определить структуру и принципы построения телекоммуникационной сети с учётом её широкополосности на основе развития межвидовых связей и эффективного комплексного использования ресурсов множества распределённых и несовместимых устройств применяемого оборудования настоящего и бедующего (перспективного).*

Метод исследования: *Аналитический с привлечением математического аппарата для определения пропускной способности телекоммуникационной сети с учётом входного трафика, количества линий связи между узлами коммутации и интенсивности потока заявок для обслуживания без блокировки.*

Результат: *исследования в области создания перспективной телекоммуникационной сети связи для управления войсками при высокой динамичности изменения обстановки, для принятия и реализации своевременных эффективных решений и обеспечения согласованности действий войск при их взаимодействии.*

В результате проведенного анализа определены проблемные вопросы связанные с реализацией полносвязанной структуры системы связи с многочисленными взаимоувязанными средствами сете- и каналообразования при построении (создании) широкополосной высокоскоростной транспортной сети автоматизированных систем связи ВС, не только выстроенная по принципам их иерархий, но и с сильно развитыми межвидовыми связями, позволяющие осуществить вертикальную и горизонтальную интеграцию.

Проблемными вопросами являются интеграция и конвергенция различных видов и родов связи, включая информационный, системный и сетевой аспекты. Эти проблема преодолевается в рамках семиуровневой эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС) и регламентируется протоколами на всех уровнях ее организации.

Исходя из вышеизложенного, приведенной модели в статье приведены основные направления (принципы) организации телекоммуникационной сети в системном аспекте:

- *обеспечение максимальной информационной емкости для удовлетворения типового трафика на линиях при поддержании требуемой пропускной способности за счет снижением загрузки каналов;*
- *обеспечение максимальной связности структуры, при которой повышается устойчивость системы, определяющаяся надежностью и живучестью ТКС.В данном случае задача топологического синтеза сети сводится к нахождению рациональной структуры, удовлетворяющей ограничениям при наименьших затратах;*
- *сеть должна быть изотропной, что предполагает загрузку каналов по возможности равномерной и не зависящей от направления передачи информации, что не только упрощает решение оптимизационных задач, но и согласуется с условиями возникновения перегрузок;*
- *поддержание и обеспечение малых (незначительных) потерь целевой информации, обладающей минимальной избыточностью (принцип минимальных потерь);*
- *использование в сети минимального объема буферной памяти, достаточный для оптимального согласования параметров трафика с параметрами каналов связи;*
- *обеспечение одновременного использования иерархического и сетевого взаимодействия;*
- *создание многоуровневого распределенного доступ к ресурсам;*

Практическая полезность *заключается в научно-технических предложениях по созданию перспективной ТКС на широкополосных линиях связи, а на основе приведенного математического аппарата провести оптимизацию пропускной способности сети через коэффициент загрузки канала с учетом входного трафика и степени времени задержки сообщений.*

[1] Лукьянчик Валентин Николаевич, кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург. E-mail: v-lukyanchik@bk.ru

[2] Старков Артем Михайлович, кандидат технических наук, член Военно-научного комитета Главного управления связи Вооруженных Сил Российской Федерации, Москва. E-mail:starkov.am.spb@yandex.ru

[3] Сарафанников Виталий Семенович, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург. E- mail: Sarafannikovs@mail.ru

DOI 10. 24682/2222-5555-2024-1-59-67

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях, характеризующихся возрастанием вызовов национальной безопасности России, многовариантностью целей и задач, решаемых ее Вооружённых Сил (ВС) и высокой динамичностью изменения обстановки, для принятия и реализации своевременных эффективных решений и обеспечения согласованности действий войск требуется пересмотр принципов и подходов построения и применения телекоммуникационной компоненты системы управления и системы связи [1]. Комплексность современных угроз затрудняет решение проблем старыми методами. В этой связи все более актуальным и приоритетным направлением развития становится всесторонняя интеграция боевых формирований и повышение уровня их взаимодействия на основе создаваемого Единого информационного пространства ВС России и всех звеньев управления за счет реализации сетеориентированного подхода и интеграции оружия и его носителей, систем управления, связи и навигации, средств разведки и поражения.

Об этом свидетельствует опыт проведения специальной военной операции в составе развёрнутой системы связи ОГВ(с) развёрнуты сети, которые ранее не планировались: видеонаблюдения, межведомственного обмена, управления БПЛА, беспроводного широкополосного доступа и другие. В сетях для автоматизированного управления применяются абонентские терминалы на основе андроидов, ноутбуков со специальным программным обеспечением, маршрутизаторы. Все это потребовала динамика ведения боевых действий и особенности воздействия противника на средства и систему связи [2].

Однако в настоящее время имеется ряд проблемных вопросов в направлении создания ТКС и систем, действующих на принципах сетецентрического управления (СЦУ). Это, прежде всего, реализация полносвязной структуры системы связи с многочисленными взаимоувязанными средствами сете- и каналообразования, выстроенных по принципам их иерархий с сильно развитыми вертикальными и горизонтальными межвидовыми связями. Речь идет о создании технологической основы единого комплекса систем управления для всех видов и родов ВС РФ, способного охватить единым алгоритмическим пространством не только органы военного управления (ОВУ) Министерство обороны РФ, но и структуры оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в способности к функциональной адаптации и адекватно-пропорциональному реагированию в реальном времени в непрерывном спектре изменений оперативно-тактических и стратегических угроз.

В настоящее время многие разрабатываемые новые системы при всех их достоинствах и приближении к мировому уровню оказываются автономными и невстраиваемыми в единую бесшовную алгоритмическую среду единого информационного пространства ВС РФ, неспособными самосинхронизироваться (самоорганизоваться) при решении задач управления и достижении цели по сокращению времени цикла боевого управления в сетевой структуре. Особое значение имеет обеспечение устойчивого и надежного управления как существующими, так перспективными боевыми комплексами (ОНФП, РТК ВН, БПЛА), находящихся в любых средах (на земле, в воздухе, на воде и под водой) [3].

Все это требует:

расширения физических сред передачи информации и частотного диапазона, основанных на нетрадиционных физических принципах,

обеспечения бесшовного соединения различных видов и типов ТКС и систем боевого управления Сухопутных войск, выстроенного не только по принципам их вертикальных иерархий по звеньям управления, но и с горизонтальными связями,

обеспечения высокой структурной связности с динамично перестраиваемой структуры (посредством управляемого конфигурирования георасределенных ресурсов) в условиях воздействия агрессивной внешней среды в различных физических средах: атмосфера, космос, вода.

Перспективная ТКС должна обладать свойством семантической интероперабельности (способности любых прикладных систем одинаково понимать смысл информации, которой они обмениваются, даже если это не было предусмотрено при их создании) множества созданных информационных систем, и должны обеспечить управление оружием с учетом командной информации более старших звеньев управления.

Одна из проблем, возникающая при синтезе сложных информационных систем, заключается в появлении «проклятия размерности». Как показывают результаты исследований [4], реальные системы практически всегда неустойчивы по Ляпунову. Установлен статистически достоверный закон: если линейная динамическая система состоит из 10 или более переменных и ее связность выше 13%, то система неустойчива. Поэ-

тому при создании устойчивых информационных систем в ходе проводимых вычислений выделяются два процесса. Первый связан с непосредственными вычислениями текущих оценок качества поступающей информации об обстановке в режиме on-Line (он ограничен временем реакции системы на изменение обстановки, сложностью математического аппарата вычислений и заданным перечнем входных данных наблюдения). Второй процесс вычислений предназначен для формирования гипотез, правил, допущений и ограничений, обеспечивающих получение априорной информации (он ограничен замкнутым циклом расчетов, но отличается временем проведения вычислений– от момента поступления данных, до момента формирования рекомендаций). Цель второго процесса: обеспечение качества информации в первом процессе, поэтому их формирование заканчивается в момент завершения разработки новых знаний. Основное содержание второго процесса определяют данные, поступающие в систему от различных органов военного управления, которые уточняются по содержанию и объёму информации.

А поскольку ключевым системообразующим элементом системы управления являются средства связи, компьютерные и телекоммуникационные сети, обеспечивающие поддержание надежной работы всех элементов системы связи, необходимо рассмотреть основные проблемы их синтеза.

В настоящее время имеется ряд проблемных вопросов в направлении синтеза ТКС, «лежащих на поверхности» при создании системы управления (СУ). Это, прежде всего, реализация полносвязной структуры системы связи с многочисленными взаимоувязанными средствами сете- и каналообразования [1, 5]. Необходима широкополосная высокоскоростная транспортная сеть автоматизированных систем связи ВС, не только выстроенная по принципам их иерархий, но и с сильно развитыми межвидовыми связями, позволяющие осуществить вертикальную и горизонтальную интеграцию всех компонентов объединенных сил группировки. При этом широкополосная связность пространства должна доходить до мобильного высокоскоростного объекта. Основными требованиями при формировании такой «горизонтальной» интеграции являются: обеспечение необходимой пропускной способности каналов передачи данных; организация взаимодействия на любом уровне управления и другое. Главным принципом этой структуры становится обеспечение постоянной связи между любыми потребителями, в любое время, в любом месте (районе), в любой обстановке.

Развитие ТКС таковы, что до 30%…50% трафика составит видеотрафик, средняя скорость мобильных соединений вырастет в несколько раз, фактически, пропускная способность с точки зрения связи должна быть обеспечена по схеме «каждый с каждым». Потребности в пропускной способности в дальнейшем будут только возрастать. Кроме того, наращивание горизонтальной связности требует пересмотра общих принципов организации связи в сторону повышения роли связи взаимодействия, связи обеспечения боевых действий и связи оповещения (прежде всего межвидовых), наряду со связями боевого управления. Обмен разведывательной и оперативно-командной информацией в сетях управления должны обеспечить системы связи и обмена данными, строящиеся на сетевых принципах, но не как видовые, а как межвидовые открытые системы, позволяющие наращивать количество потребителей, независимо от их ведомственной принадлежности, места дислокации, выполняемых задач, в пределах их максимальной производительности .

Скорости и нагрузки это далеко не все самые «узкие» места в современных сетях связи. Проблемы есть и в управлении распределенными многоуровневыми ТКС. При этом современные инфокоммуникационные технологии работают на фундаменте, заложенном более 10 лет. Пропускная способность каналов связи уже приближается к насыщению не только в силу отставания в создании новых каналов, сколько из-за существующих методов и средств управления трафиком и в связи с тем, что архитектура современных ТКС не соответствует постоянно растущим требованиям [6]. И потому основным направлением совершенствования систем управления является создание интегрированных систем управления архитектурой сети, обеспечивающей реализацию единой информационно-управляющей структуры участников боевых действий на основе применения перспективных прорывных технологий.

Сетевая структура системы связи и системы обмена данными должна представлять собой необходимое количество узлов связи с автоматизированными коммутационными центрами и блоками управления на ЭВМ, объединенных радиорелейными, кабельными, оптоволоконными, спутниковым и другими линиями связи. Соответ-

DOI 10. 24682/2222-5555-2024-1-59-67

ственно, и результатом конструирования является система, а не совершенствование отдельных средств с улучшенными по отношению к антисредству характеристиками. А, следовательно, и подходить к созданию системы СЦУ надо как к качественно совершенно новой системе, предназначенной не столько для борьбы с отдельными средствами или их группой, а как к системе, предназначенной для разрушения всей системы нападения. Только объединив в единую систему все разнородные и разновидовые объекты сил (средства разведки, поражения, системы управления и связи), на основе комплексирования их возможностей можно достичь главной цели – эффективного использования канального ресурса в интересах всех пользователей.

Проблемы интеграции и конвергенции различных видов и родов связи, включая информационный, системный и сетевой аспекты, в последние годы остаются самыми актуальными в области телекоммуникаций. Трудность решения этих проблем связана с двумя особенностями ТКС как информационно технических систем с коллективно используемыми ресурсами: географической рассредоточенностью ресурсов и абонентов сети, а также пульсирующим характером сетевого трафика. Первая особенность определяет высокую стоимость сетевых ресурсов при их эффективном использовании. В распределенной системе конкурирующие за ресурсы требования не могут самоорганизоваться в согласованную очередь без затрат на их упорядочение и управление. Поэтому система управления должна обеспечить коллективный доступ к ресурсам сети в режиме разделения времени, предоставляя их пользователям общий профиль трафика с определёнными требованиями, обеспечивая равномерное их использование в силу «сглаживающего эффекта», подчиняясь закону больших чисел. Это потребует применения метода коммутации с промежуточным накоплением (коммутации пакетов) [1, 7].

Таким образом общая задача создания телекоммуникационной среды состоит в достижении эффективного коллективного использования ресурсов множества несовместимых устройств географически распределенной системы, в которой запросы на доступ к ресурсам возникают от асинхронных процессов в существенно неравные промежутки времени. Из общей задачи вытекает третья особенность телекоммуникационных систем– разнородность оборудования и применяемых сетевых технологий. Однако проблема совместимости различных устройств и унаследованных систем, преодолевается в рамках семиуровневой эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС) и регламентируется протоколами на всех уровнях ее организации.

Исходя из вышеизложенного и на основе исследований [1,4, 8], можно сформулировать основные принципы организации и планирования телекоммуникационной сети в системном аспекте.

1. Телекоммуникационная сеть должна иметь максимальную при заданных ограничениях информационную емкость (принцип максимальной емкости).

Модель сети представляется взвешенным графом G, состоящим из упорядоченного множества узлов коммутации (УК) z и соединяющих их линий h_{ij}, оба конца которых соединены с двумя УК i и j, где $i,j= (1,k)$, k– общее число УК графа G. Каждому УК и линии ставятся в соответствие некоторые веса, например, m_i – число элементов буферной памяти. V_{ij} и F_{ij} - пропускная способность линии связи и соответственно поток в ней. Каждая линия может иметь некоторое число каналов n_{ij} в каждом направлении. Тогда в соответствии с формулой Литтла, справедливость которой в широком спектре применений доказана многочисленными экспериментами [1,9], запишем:

$$\gamma T_{зад} = \sum_{ii}^{l} N_{ij} \ , \qquad (1)$$

где γ – общий трафик в сети; $T_{зад}$ – среднее время задержки пакетов в сети; l – общее число линий графа G; N_{ij} – число сообщений на входе в каждый канал (линию связи).

Управление (1) справедливо при условии, что

$$W=\gamma T_{зад}=const, \qquad (2)$$

и определяет стационарный режим работы сети, когда число сообщений (пакетов), поступающих в нее равно числу выходящих. Причем входной трафик равен выходному:

$$\gamma_{вх} T_{зад} = \gamma_{вых} T_{зад}. \qquad (3)$$

При невыполнении условия (3) если $\gamma_{вх} T_{зад} > \gamma_{вых} T_{зад}$. информация накапливается, приводя сеть к блокировке, при $\gamma_{вх} T_{зад} < \gamma_{вых} T_{зад}$, каналы используются неэффективно.

Правая часть уравнения (1) фактически определяет информационную емкость сети:

Рис. 1. Основные принципы организации и планирования телекоммуникационной сети

$$W = \sum_{ij}^{l} N_{ij} \qquad (4)$$

т.к. равна сумме всех сообщений в очереди и в каналах связи. Тогда в (4) вид функции

$$N_{ij}=f(\lambda_{ij},\mu_{ij},m_{ij},n_{ij}) \qquad (5)$$

определим как в системе массового обслуживания, моделирующей входы в каналы УК [12], где λ_{ij} и μ_{ij} – интенсивности потока заявок и их обслуживания. Тогда отношение

$$\chi = \frac{\lambda_{ij}}{n_{ij}\mu_{ij}} = \frac{L\lambda_{ij}}{L\mu_{ij}n_{ij}} = \frac{F_{ij}}{V_{ij}n_{ij}}, i, j = \overline{1,k} \qquad (6)$$

в виде коэффициента загрузки канала [9], справедливо при фиксированной длине пакета L, так что в дальнейшем выражение (5) запишем в виде

$$N=f(\chi_{ij},n_{ij},m_{ij}). \qquad (7)$$

Формула (1) является по существу единственным средством для решения на сетевом уровне ЭМВОС таких задач, как оптимизация пропускных способностей и распределение потоков в сети. Как следует из (2), рост входного трафика приводит к необходимости пропорционального снижения среднего времени задержки. Это достигается снижением загрузки каналов, что эквивалентно увеличению их пропускных способностей. При пульсирующем трафике сеть, рассчитанная на средние значения должна иметь максимальную информационную емкость для удовлетворения типового трафика. В качестве ограничения здесь выступает стоимость сети, определяемая стоимостью каналов связи и задается одной из наиболее распространенных форм функций стоимости:

$$C = k\sum_{ij}^{l} V_{ij} \qquad (8)$$

2. Телекоммуникационная сеть должна иметь максимальную при введенных ограничениях связность (принцип максимальной связности).

Поскольку связность графа определяется числом узлов и рёбер (линий) их соединяющих, то в полносвязной структуре всегда существует соединяющая линия для любой пары узлов (схема «каждый с каждым»). При такой структуре повышается устойчивость системы, определяющаяся надежностью и живучестью ТКС. Задача топологического синтеза сети сводится к нахождению рациональной структуры, удовлетворяющей ограничениям при наименьших затратах. Эта задача относят к теории потоков, примечательной особенностью которой является принципиальная невозможность решения большинства ее постановок, поскольку в них не применимы методы комбинаторики и перебора вариантов из-за многоразмерности числа вариантов топологий Ко при заданном числе узлов коммутации:

$$K_0 = \sum_{l=V}^{l_0} C_{l_0}^{l} = \sum_{l-0}^{l_n} \frac{l_n!}{l!(l_n - l)!} \qquad (9)$$

где $l_n=(k(k-1))/2$ – число ветвей полносвязной сети.

Полносвязная структура, описанная выражением (9), является единственной, которую можно построить при заданном числе узлов коммутации (УК) в ТКС и которую можно анализиро-

вать аналитическими методами, например, методами линейного программирования при выборе алгоритмов маршрутизации и решении задач распределения потоков в сети. Существующие понятия, что полносвязная сеть имеет высокую стоимость, опровергается выражением (6). Заданную стоимость поддерживают на постоянном уровне снижением пропускной способности каналов при одновременном увеличении числа линий связи до полносвязности. Это оправдано тем, что полносвязная структура исключает возможность переполнения буферов УК транзитными потоками трафика.

Высокая связность усиливает действие гипотезы Клейнрока о независимости, оправдывая применение моделей ТКС в виде системы массового обслуживания М/М/п (с пуассоновским характером трафика и экспоненциальным распределением времени обслуживания), когда в каждом узле сходятся потоки с 3-5 независимых направлений [1].

Однако применение полносвязных структур вряд ли будет оправдано при использовании широкополосных линий связи (волоконно-оптических, космических). В этом случае наиболее приемлем подход с поиском процедур, обладающих вычислительной эффективностью и удовлетворяющей графам, имеющим определенную регулярность с равноправными узлами в смысле топологии. Задача синтеза таких графов решается аналитически для любого числа УК при связности, не ниже заданной. Регулярные графы одинаковой связности неограниченны в наборе структур, и отличаются порядком следования путевых потоков относительно выделенных корреспондирующих УК.

3. Телекоммуникационная сеть должна быть изотропной (принцип изотропности).

Это предполагает, что загрузка каналов должна быть по возможности равномерной и не зависеть от направления передачи информации, что не только упрощает решение оптимизационных задач, но и согласуется с условиями возникновения перегрузок,

$$\chi = \frac{\lambda_{ij}}{n_{ij}\mu_{ij}} = \frac{F_{ij}}{V_{ij}n_{ij}} = const \qquad (10)$$

Причем входной поток F_{ij} определяют априорно заданной матрицей тяготения между $|\lambda_{ij}|$ УК, а пропускная способность V_{ij} каналов должна иметь некоторой превышение над потоком для исключения блокировок ($\chi \leq 1$) и согласовываться с условием (6).

4. Телекоммуникационная сеть должна обеспечить малые потери целевой информации, обладающей минимальной избыточностью (принцип минимальных потерь). ТКС это распределенная динамическая система с ограниченными ресурсами. А при пульсирующем трафике высокое качество обслуживания пользователей обеспечить сложно. Принцип ориентирован на технологии, использующие в качестве транспортной магистрали среды с малым уровнем помех (волокно, космос), при которых оказывается возможным избежать необходимости регенерации и повторных передач (не хранить копии, не посылать подтверждений). В целях обеспечения временной прозрачности сети функции и объем заголовков ячейки ограничены технологически (принятой сетевой технологией). Основной функцией заголовка является идентификация виртуального соединения и обеспечение гарантии правильной маршрутизации при мультиплексировании виртуальных соединений в одном цифровом тракте, что позволяет совершенствовать алгоритмы кодирования и сжатия информации с целью уменьшения требуемой полосы пропускания.

5. Телекоммуникационная сеть должна использовать минимальный объем буферной памяти, достаточный для оптимального согласования параметров трафика с параметрами каналов связи (принцип гибкости).

Неконтролируемое использование накопителей для сглаживания трафика приводит к неограниченному росту очередей. Возникает ситуация, когда время задержки резко возрастает и ее величина становится зависимой от загрузки сети. Это приводит к нарушению масштаба времени и делает невозможным передачу online- трафика (телефонного, передачи данных, видеоконференцсвязи). Аналогичная ситуация возникает при недостатке буферов, когда при неконтролируемой нагрузке коммутатор просто отбрасывает пакеты, которые не в состоянии обработать, что делает невозможным передачу трафика данных, чувствительного к потере пакетов. Попытки компенсировать потери повторной передачей приводят к увеличению трафика и росту задержек, что делает также невозможным передачу сообщений. Минимизация потерь полосы пропускания при передаче информации, связанной с адресацией, приводит к дополнительной задержке. В [10] предложена методика оценки объема буферной памяти, ориентированная на технологии, использующие в качестве среды передачи широкополосные системы. Эти объемы необходимы лишь

для сглаживания трафика с целью оптимального согласования с параметрами сети и осуществления, в случае необходимости, обменных процессов. В этом случае предполагается иметь объем буфера вблизи области оптимальных решений.

6. Телекоммуникационная сеть должна гибко и быстро реагировать на изменение состояния ее элементов и внешней среды (принцип согласованности параметров).

Гибкость сети обеспечивается за счет того, что любой источник может генерировать информацию с той скоростью, которая ему необходима. Это дает возможность быстро реагировать на появление новых служб с еще неизвестными характеристиками. Все виды информации должны транспортироваться единым способом, что дает возможность их оптимального распределения путем статистического мультиплексирования и обеспечения высокой эффективности использования сетевых ресурсов. Так как все виды информации передаются одним методом, то это дает возможность организации, планирования, проектирования и ввода в эксплуатацию, а в дальнейшем – контроля, управления и технического обслуживания одной сети, что сокращает общие затраты на ее содержание. К таким сетям можно отнести разрабатываемую систему СЦУ.

7. ТКС должна обеспечивать одновременное использование иерархического и сетевого взаимодействия (принцип матричного взаимодействия).

Это важно при обеспечении бесшовного соединения и взаимодействия различных видов и типов ТКС и систем (авиации, сил флота и других), выстроенных не только по принципам их вертикальных иерархий (по звеньям управления), но и с горизонтальными связями.

8. ТКС должна обеспечивать многоуровневый распределенный доступ к ресурсам (принцип функциональной организации и доступа).

Принцип предполагает построение многоуровневой территориально распределенной ТКС, интегрирующей информационные ресурсы разных пользователей и систем, реализующих на основе унифицированных методов доступа к информации.

9. ТКС должна обеспечивать интеграцию существующих и вновь создаваемых технологий (принцип эволюционного развития). Это предполагает создание ТКС путем интеграции унаследованных, существующих и вновь создаваемых информационных систем, информационных ресурсов и технологической инфраструктуры видов ВС и родов войск с возможностью обновления и увеличения ее функциональности, непрерывной адаптации к изменению обстановки, условиям ведения боя и информационным потребностям органов управления.

Использование регулярных структур в сочетании с принципом изотропности позволяет получить аналитическое решение большинства задач оптимизации сетевых ресурсов, что облегчает интерпретацию результатов решения. Поддержание объема буферной памяти УК вблизи области оптимального решения позволяет осуществить сглаживание трафика с целью согласования его статистических характеристик с параметрами сети и при необходимости, реализацию обменных процессов с соблюдением требований поддержания постоянства основных качественных показателей.

ВЫВОДЫ

В статье, на основе имеющихся проблем, связанных с увеличением входного трафика по видам информационного обмена, потребностей с увеличением скорости передачи и органов управления, обеспечение совместимости существующих и перспективных средств, назрела необходимость создать ТКС на основе широкополосных каналов связи. Для реализации такой задачи выбран математический аппарат, с помощью которого при оптимизации пропускной способности на линиях в сети связи учитывались: интенсивность входного трафика и его колебания (пульсации), накопления информации на передачу, распределение потока в сети, варианты топологии сети при обеспечении её полносвязности, На основании приведенных соотношений появляется возможность построить при заданном числе узлов коммутации ТКС с последующим решением задач распределения потоков в сети.

В статье определены основные направления (принципы), на которых должны реализовываться (развёртываться) перспективные телекоммуникационные сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В. Г. Основы построения и оценки эффективности функционирования системы связи специального назначения в международном вооруженном конфликте на основе многосферной и конвергентной структуры ее элементов: Монография. – СПб.: ПОЛИТЕХ, 2023. – 298 с.

DOI 10. 24682/2222-5555-2024-1-59-67

2. Будко П.А., Чихачев А.В., Баринов М.А., Виноградeнко А.М. Принципы организации и планирования сильносвязной телекоммуникационной среды специального назначения // T-Comm: телекоммуникации и транспорт 2013. Т.7. № 6. С. 8-12.

3. Попов И. М., Хамзатов М. М. Война будущего: концептуальные основы и практические выводы. Очерки стратегической мысли. – М.: Кучково поле, 2016. – 832 с.

4. Фурсов В. А. Лекции по теории управления / Самара: Издательство Самарского университета, 2021. – 136 с.: ил.

5. Иванов В. Г. Модель технической основы системы управления специального назначения в едином информационном пространстве на основе конвергентной инфраструктуры системы связи: Монография. – СПб.: СПбПУ, 2018. – 214 с.

6. Лукьянчик В.Н., Иванов В.Г., Заикин Р.В. Автоматизированная система контроля и управления узлом связи // В сборнике: Инновационные исследования молодых ученых и проблемы Индустрии 4.0. Сборник научных статей по материалам конференции. Санкт-Петербург, 2024. С. 75-82.

7. Калашников П.Н., Завьялов Ю.А., Старков А.М. Динамика управления трафиком конфигурируемых сетей в облачной инфраструктуре // В сборнике: ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ. СВЯЗЬ. материалы научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 286-291.

8. Макаренко С. И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки / С. И. Макаренко. – Санкт-Петербург: Издательство «Наукоемкие технологии», 2020. – 337 с. – ISBN 978-5-6044429-5-1. – EDN TGMYLY.

9. Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXV Международной научной и учебно-практической конференции. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 13–14 октября 2021 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. – 556 с. – EDN COYNWY.

10. Затуливетер Ю.С., Семенов С.С., Николашин Ю.Л., Мирошников В.И, Будко П.А. Общий подход к формированию единого информационно-управляющего пространства морской компоненты Вооруженных Сил Российской Федерации. Часть II. Принципы формирования сильносвязной телекоммуникационной подсистемы единого информационно-управляющего пространства военно-морского флота России // Морская радиоэлектроника. 2015 № 1 (51). С.22-28.

SYSTEM ASPECTS OF BUILDING TELECOMMUNICATION NETWORK IN MODERN ARMED CONFLICTS

Lukyanchik V. N.[1], Starkov A. M.[2], Sarafannikov V. S.[3]

Keywords: *structure, control system, communication channel, information, external environment, technology, military operations, principles, computer networks.*

Objective. *To determine the structure and principles of telecommunication network construction taking into account its broadband on the basis of development of interspecies links and effective complex use of resources of a set of distributed and incompatible devices of applied equipment of the present and future (prospective).*

Research method. *Analytical with the involvement of mathematical apparatus to determine the capacity of the telecommunications network taking into account the input traffic, the number of communication lines between switching nodes and the intensity of the flow of applications for service without blocking.*

The result *of research in the sphere of creating a promising telecommunication network for troop control at high dynamism of changes in the situation, for making and implementing timely effective decisions and ensuring the consistency of actions of troops in their interaction.*

As a result of the analysis, the problematic issues related to the implementation of a fully interconnected structure of the communication system with multiple interconnected network and channel-forming means in the construction (creation) of a broadband high-speed transport network of automated communication systems of the armed forces, not only built on the principles of their hierarchies, but also with strongly developed inter-service links, allowing for vertical and horizontal integration.

[1] Lukyanchik Valentin Nikolaevich, Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Research Center of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg. E-mail: v-lukyanchik@bk.ru

[2] Artem Mikhailovich Starkov, Candidate of Technical Sciences, member of the Military Scientific Committee of the Main Directorate of Communications of the Armed Forces of the Russian Federation, Moscow. E-mail:starkov.am.spb@yandex.ru

[3] Sarafannikov Vitaly Semenovich, Senior Researcher at the Scientific Research Center of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg. E- mail: Sarafannikovs@mail.ru

Integration and convergence of different types and genera of communications, including information, system and network aspects, are problematic issues. These problems are overcome within the framework of the seven-level reference model of open systems interaction and are regulated by protocols at all levels of its organization.

On the basis of the above mentioned model, the main directions (principles) of telecommunication network organisation in the system aspect are given in the article:

- *providing maximum information capacity to meet the typical traffic on the lines while maintaining the required throughput capacity by reducing the channel load;*
- *providing maximum connectivity of the structure, at which the stability of the system, determined by the reliability and survivability of the TCN, increases. In this case, the task of topological synthesis of the network is reduced to finding a rational structure that satisfies the constraints at the lowest cost;*
- *the network should be isotropic, which implies that channel loading should be as uniform as possible and independent of the direction of information transmission, which not only simplifies the solution of optimisation problems, but also agrees with the conditions of congestion occurrence;*
- *maintaining and ensuring small (insignificant) losses of the target information with minimal redundancy (principle of minimal losses);*
- *using in the network a minimum amount of buffer memory capacity for optimal matching of traffic parameters with the parameters of communication channels;*
- *ensuring simultaneous use of hierarchical and network interaction;*
- *creation of multilevel distributed access to resources.*

Practical usefulness *and technical proposals on creation of perspective TCN on broadband communication lines, and on the basis of the given mathematical apparatus to carry out optimisation of throughput capacity of a network through a coefficient of loading of a channel taking into account input traffic and a degree of time of delay of messages.*

REFERENCES

1. Ivanov V. G. Osnovy postroenija i ocenki jeffektivnosti funkcionirovanija sistemy svjazi special'nogo naznachenija v mezhdunarodnom vooruzhennom konflikte na osnove mnogosfernoj i konvergentnoj struktury ee jelementov: Monografija. SPb.: POLITEH, 2023. 298 s.

2. Budko P.A., Chikhachev A.V., Barinov M.A., Vinogradenko A.M. Principles of organization and planning of a highly connected telecommunications environment for special purposes // T-Comm: telecommunications and transport 2013. Vol.7. No. 6. C. 8-12.

3. Popov I. M., Hamzatov M. M. Vojna budushhego: konceptual'nye osnovy i prakticheskie vyvody. Ocherki strategicheskoj mysli. M.: Kuchkovo pole, 2016. 832 s.

4. Fursov V. A. Lekcii po teorii upravlenija / Samara: Izdatel'stvo Samarskogo universiteta, 2021. 136 s.

5. Ivanov V. G. Model' tehnicheskoj osnovy sistemy upravlenija special'nogo naznachenija v edinom informacionnom prostranstve na osnove konvergentnoj infrastruktury sistemy svjazi: Monografija. SPb.: SPbPU, 2018. 214 s.

6. Luk'janchik V.N., Ivanov V.G., Zaikin R.V. Avtomatizirovannaja sistema kontrolja i upravlenija uzlom svjazi // V sbornike: Innovacionnye issledovanija molodyh uchenyh i problemy Industrii 4.0. Sbornik nauchnyh statej po materialam konferencii. Sankt-Peterburg, 2024. S. 75–82.

7. Kalashnikov P.N., Zav'jalov Ju.A., Starkov A.M. Dinamika upravlenija trafikom konfiguriruemyh setej v oblachnoj infrastrukture // V sbornike: TEHNOLOGII. INNOVACII. SVJaZ". materialy nauchno-prakticheskoj konferencii. Sankt-Peterburg, 2023. S. 286-291.

8. Makarenko, S. I. Modeli sistemy svjazi v uslovijah prednamerennyh destabilizirujushhih vozdejstvij i vedenija razvedki / S. I. Makarenko. – Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo «Naukoemkie tehnologii», 2020. 337 s. ISBN 978-5-6044429-5-1.– EDN: TGMYLY.

9. Sistemnyj analiz v proektirovanii i upravlenii: Sbornik nauchnyh trudov XXV Mezhdunarodnoj nauchnoj i uchebno-prakticheskoj konferencii. V 3-h chastjah, Sankt-Peterburg, 13–14 oktjabrja 2021 goda. Tom Chast' 1. – Sankt-Peterburg: Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija "Sankt-Peterburgskij politehnicheskij universitet Petra Velikogo", 2021. – 556 s. – EDN COYNWY.

10. Zatuliveter Y.S., Semenov S.S., Nikolashin Y.L., Miroshnikov V.I., Budko P.A. A general approach to the formation of a unified information and control space of the marine component of the Armed Forces of the Russian Federation. Part II. Principles of formation of a highly connected telecommunications subsystem of the unified information and control space of the Russian Navy // Marine radio electronics. 2015 No. 1 (51). S.22-28.