

УДК 623.618.5

# Структурно-функциональное построение телекоммуникационной сети многофункциональной информационно-управляющей системы специального назначения

В статье приводится один из вариантов построения полевой цифровой телекоммуникационной сети (ТКС), которая входит в состав многофункциональной информационно-управляющей системы (МИУС) специального назначения (СН) тактического звена (ТЗ). Представлена структура мобильной ТКС СН, ориентированная на передачу значительных объемов пакетов сообщений (в контексте видеопотоков) в условиях активного влияния внешних дестабилизирующих факторов (ВншДФ). Рациональный выбор структуры беспроводной сети связи СН основан на принятых параметрах, характеризующих исследуемую систему со стороны своевременной передачи потоков информационных сообщений между элементами МИУС СН, и показателе эффективности работы ТКС во времени. Функционально беспроводная система связи МИУС СН состоит из совокупности взаимосвязанных подсетей, обеспечивающих направленную передачу и обработку пакетов цифровых сообщений посредством эффективных протоколов маршрутизации и адресации. Также в статье приведены собственные результаты экспериментальных исследований функционирования сетей широкополосной беспроводной связи, которые подтверждают правильность выбора основных сетевых параметров, определяющих пропускную способность системы связи СН.

**Введение.** Разработка и внедрение высокоэффективных МИУС СН ТЗ, функционирующих в условиях активного воздействия ВншДФ, создают предпосылки для корректировки направлений развития систем связи [1, 2].

В целях организации эффективного функционирования МИУС СН ТЗ с учетом развития информационных и телекоммуникационных технологий ведущими государствами проводятся исследования по следующим направлениям: 1) создание современных

подвижных (мобильных) пунктов управления в составе распределенной информационной системы СН [3]; 2) создание цифровых сетей передачи данных с высокой пропускной способностью каналов и сетевых устройств (СУ) [4]; 3) повышение устойчивости функционирования сетей связи СН к воздействию дестабилизирующих факторов [2].

Подвижность подразделений в условиях дестабилизирующего воздействия сторонних сил и, как результат, динамичность топологии сети связи



**С.В. КРУГЛИКОВ,**  
д-р воен. наук, к. т. н., доцент,  
зам. гендиректора по научной  
и инновационной работе

Объединенный институт  
проблем информатики НАН Беларуси

**А.Ю. ЗАЛИЗКО,**  
научный сотрудник

**В.Е. ЛАЗАРЕНКО,**  
научный сотрудник

**А.В. ХВИСЕВИЧ,**  
младший научный сотрудник

НИЛ системных проектов,  
Научно-исследовательская часть,  
Военная академия Республики Беларусь

определяют высокие требования по доступности в реальном масштабе времени должностных лиц органов управления к информации, циркулирующей в разведывательной и управляющей подсистемах МИУС СН ТЗ [2].

Для обеспечения доставки информации в реальном масштабе времени между распределенными в пространстве должностными лицами органов управления, находящимися на командных пунктах перспективной МИУС СН ТЗ, необходимо определить структуру и функции элементов сетей связи СН с учетом развития телекоммуникационных технологий, а также систему параметров и показатель эффективности функционирования телекоммуникационных сетей СН.

**1. Основной состав, порядок взаимодействия и функции элементов ТКС МИУС СН ТЗ.** Существующие и проектируемые ТКС СН строятся при помощи отечественного и зарубежного телекоммуникационного оборудования, которое обеспечивает канальную скорость для голосового и документального трафика [5]. Это является недостаточным условием при передаче видеосообщений в реальном масштабе времени, поэтому для обеспечения в МИУС СН высокой скорости обмена информацией и уменьшения степени воздействия радиопомех целесообразно применять широкополосные сети передачи данных [6].

Главной проблемой в проектировании систем связи СН является определение структуры транспортной части (состава и функций сетевых устройств) и основных телекоммуникационных технологий ее построения [5].

Транспортную составляющую (ТрС) перспективных полевых ТКС СН ТЗ управления Республики Беларусь целесообразно декомпозировать на два эшелона (сегмента) [3]: наземный полевой (мобильный) и воздушный.

В наземном полевом сегменте ТКС СН ТЗ необходимо использовать сетевые ориентированные, унифицированные технические и программно-аппаратные решения со стандартной номенклатурой типовых беспроводных широкополосных каналов связи (ШКС). Узлы и линии связи наземного сегмента также должны обеспечить взаимодействие между техническими средствами воздушного сегмента. Полевой наземный сегмент ТКС СН рационально строить на общих принципах самоорганизующихся мультисервисных сетей с максимально возможным использованием унифицированных цифровых средств связи.

Воздушный сегмент ТКС СН ТЗ целесообразно строить на основе средств воздушно-наземной связи и ретрансляторов связи на летно-подъемных платформах различного назначения (самолеты,

вертолеты, аэростаты, беспилотные дистанционно-управляемые летательные аппараты). Воздушный сегмент ТКС СН должен включать в себя:

наземную часть, к которой относятся комплексы связи, размещаемые на наземных подвижных узлах связи;

воздушную часть, построенную на основе транспортной сети и включающую в себя бортовые комплексы связи, а также средства связи для сопряжения отдельных сетей наземного сегмента;

автоматизированную систему управления сетью связи с элементами наземного и воздушного базирования.

В соответствии с требованиями [3] основными телекоммуникационными технологиями, предназначенными для использования в перспективных подвижных системах связи, являются:

технологии сетевого уровня с пакетной передачей данных и «базисными протоколами X.25 (технология построения сети передачи данных с коммутацией пакетов), TCP (Transmission Control Protocol), IP (Internet Protocol) и UDP (User Datagram Protocol)» [7];

«технологии канального уровня стандарта локальных сетей Ethernet (Ether Network)» [8];

«технологии широкополосного беспроводного доступа (ШБД) физического и канального уровней эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС)» [8].

Для идентификации и нахождения места размещения мобильных СУ при обеспечении информационного взаимодействия прикладных процессов МИУС СН ТЗ в существующих ТКС с коммутацией пакетов сообщений применяются специальные системы адресации и маршрутизации [9]. В условиях скоротечности изменения топологии сети МИУС СН рационально использовать протоколы динамической маршрутизации (RIP, OSPF, BGP), обеспечивающие автоматическое формирование и модификацию маршрутных таблиц [10].

Существенным недостатком применяемых протоколов адресации и маршрутизации является то, что для упорядочивания передачи пакетов сообщений выделяется значительный информационный ресурс служебных данных (до 40 % канальной пропускной способности), что приводит к уменьшению пропускной способности сети связи [8]. Разработка новых алгоритмов динамической маршрутизации направлена на выполнение условия двусвязности внутри сети связи для обеспечения устойчивой передачи пакетов сообщений по нескольким независимым путям (маршрутам).

Из всех существующих технологий ШБД развивающимися являются группы стандартов

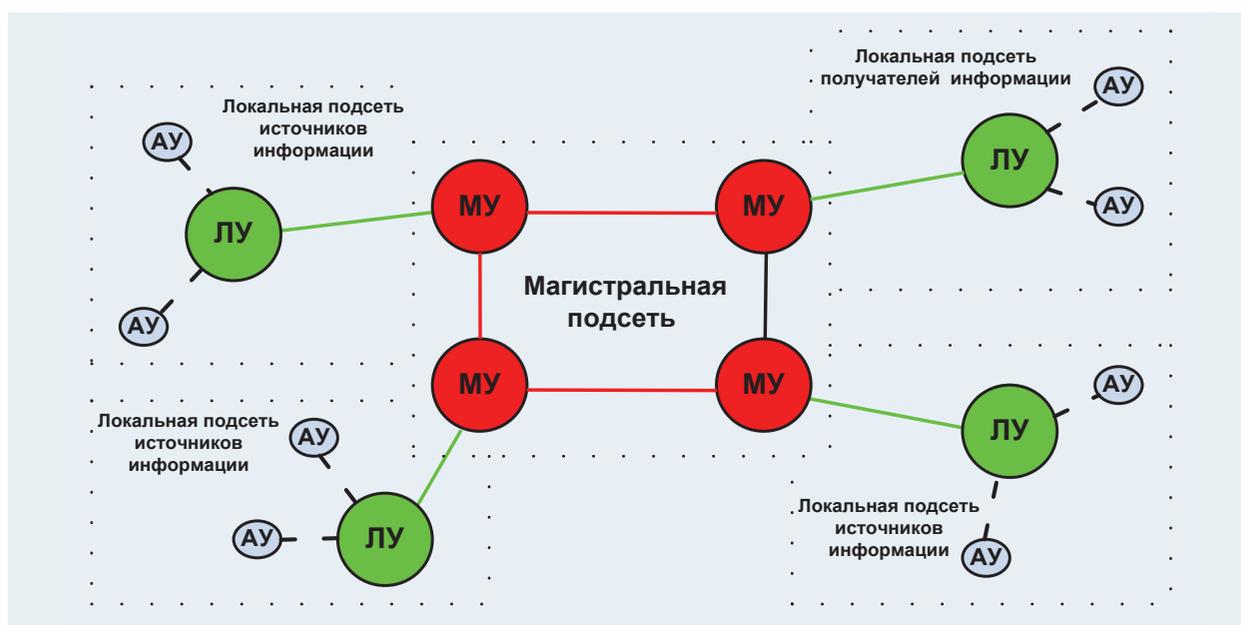


Рисунок 1 – Вариант концептуальной модели ТКС СН ТЗ

широкополосного радиодоступа (ШРД) [11]: IEEE 802.11x под общей аббревиатурой Wi-Fi (Wireless Fidelity); IEEE 802.16x под общей аббревиатурой WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access); LTE (Long Term Evolution).

Концептуальная модель беспроводной ТКС СН смешанного типа (рис. 1) может строиться на основе локальных подсетей, включающих точки доступа (локальные узлы – ЛУ) с функциями коммутаторов, объединяемых беспроводными сетевыми устройствами с функциями маршрутизаторов (магистральные узлы – МУ). Оконечные устройства локальных подсетей (абонентские устройства – АУ) могут функционировать как под управлением точек доступа (ЛУ), так и самостоятельно в составе одноранговой сети. Локальные подсети посредством ШКС магистральной подсети образуют единую обобщенную локальную подсеть.

Обмен потоками пакетов видеосообщений между оконечными устройствами ТКС СН целесообразно осуществлять по логическим каналам передачи данных, образующим виртуальные соединения между парами абонентов [10].

Для сетевых устройств ТКС СН с технологиями ШРД, кроме логических каналов, применяются ШКС [11], которые в зависимости от места использования делятся на узловые, образуемые узловыми элементами ТКС и включающие группы логических каналов связи между оконечными абонентскими устройствами, и локальные, формируемые группами логических каналов между элементами ТКС в пределах локальных подсетей.

С учетом принятой концептуальной модели системы связи вышеуказанные элементы ТКС СН должны выполнять основные функции, определенные в табл. 1.

Таблица 1 – Функции элементов ТКС СН

Функции элементов обобщенной локальной подсети	Функции элементов магистральной подсети
<p><b>Локальная подсеть</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• посредством широкополосных локальных каналов передачи данных направление информационных потоков в сторону как удаленных абонентов, так и собственных зарегистрированных пользователей;</li> <li>• обеспечение непрерывности передачи сообщений мобильным абонентам при их перемещении между смежными локальными сетями;</li> <li>• обеспечение адресности при передаче сообщений от абонентских устройств</li> </ul>	<p><b>Магистральная подсеть</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• с помощью прямых узловых широкополосных каналов связи увеличение зоны покрытия ТКС СН;</li> <li>• за счет необходимой узловой избыточности и динамических протоколов маршрутизации увеличение живучести ТКС СН</li> </ul>
<p><b>Абонентское устройство (радиомодем)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• обеспечение взаимодействия внешних прикладных процессов;</li> <li>• определение собственного местоположения;</li> <li>• определение адреса получателя и отправителя сообщений;</li> <li>• прием и передача широкополосных сигналов с пакетами сообщений;</li> <li>• определение ошибок в принятых пакетах</li> </ul>	<p><b>Магистральный узел (маршрутизатор и радиомодем)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• определение собственного местоположения;</li> <li>• формирование таблицы маршрутизации на основе структуры магистральной подсети;</li> <li>• маршрутизация цифровых пакетов сообщений в зависимости от выбранного протокола маршрутизации</li> </ul>
<p><b>Локальный узел (сетевой коммутатор и радиомодемы)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• определение собственного местоположения;</li> <li>• распределение пакетов сообщений между локальной и внешней подсетями;</li> <li>• формирование таблицы коммутации пакетов сообщений для собственной локальной подсети;</li> <li>• обеспечение приоритетности передачи пакетов сообщений относительно времени задержки в сети</li> </ul>	

На основе технологий ШРД (Wi-Fi, WiMAX) с коммутацией пакетов (протоколов стека TCP/IP) возможно создание систем связи, позволяющих организовывать сети различных топологий (соединение типа «точка-точка», «точка-многоточка») с обеспечением индивидуальной, групповой и широковещательной рассылки данных.

Для выбора рациональной структуры перспективной ТКС СН необходимо определиться с системой параметров, представляющих основные свойства сети связи относительно передачи информационных сообщений, и выбрать основной показатель эффективности функционирования таких сетей.

**2. Система параметров и показатель эффективности функционирования беспроводной телекоммуникационной сети специального назначения с пакетной коммутацией сообщений.** Основными параметрами, характеризующими ТКС СН с технологиями ШРД с точки зрения представления их многоуровневыми ЭМВОС, являются [11]:

$C_{\text{ТКС}}(t)$  – матрица пропускных способностей ШКС, входящих в состав ТКС СН;

$\max N_A$  – максимальное число одновременно действующих абонентов ТКС СН;

$S_{\text{ТКС}}$  – зона (площадь) обслуживания (покрытия) ТКС СН;

$t_{\text{з.доп}}$  – допустимое время обработки (задержки) пакетов сообщений в СУ ТКС СН.

Матрица  $C_{\text{ТКС}}$  имеет следующий вид:

$$C_{\text{ТКС}}(t) = \begin{bmatrix} 0 & C_{12}(t) & \dots & C_{1N_{\text{ШУ}}}(t) \\ C_{21}(t) & 0 & \dots & C_{2N_{\text{ШУ}}}(t) \\ \vdots & C_{bp}(t) & \ddots & \vdots \\ C_{N_{\text{ШУ}}1}(t) & C_{N_{\text{ШУ}}2}(t) & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $C_{bp}(t) \Big|_{b \in \{1, N_{\text{ШУ}}\}, p \in \{1, N_{\text{ШУ}}\}}$  – пропускная способность ШКС между  $b$ -м и  $p$ -м широкополосными устройствами связи (ШУС);

$N_{\text{ШУ}}$  – количество ШУС ТКС СН.

Исследование влияний на пропускную способность ШКС основных характеристик физического уровня ЭМВОС осуществлялось на сегменте сети ШРД [12].

Качество воспроизведения видео в режиме реального времени оценивалось:

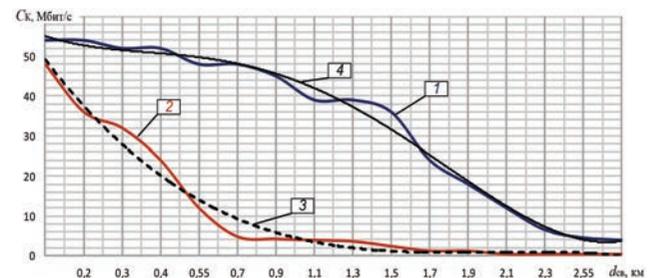
«удовлетворительно» – при получении изображения с требуемой задержкой по времени и с необходимой скоростью передачи данных в элементарных каналах, превышающей 2 Мбит/с [8];

«неудовлетворительно» – при получении изображения с существенно заметной задержкой по времени и с недостаточной скоростью передачи данных в элементарных каналах (менее 2 Мбит/с [8]).

Основные параметры ШКС контролировались с помощью вкладки операционной системы устройства Bullet M2-NP, подключенного через проводной Ethernet-интерфейс к автоматизированному рабочему месту (АРМ) исследователя ТКС СН. Расстояние между Bullet M2-NP определялось по сигналам GPS с помощью специального программного обеспечения.

Максимальная дальность между соседними корреспондентами выбиралась из условия стабильного приема видеопотока в масштабе реального времени [12].

На рис. 2 отображены две зависимости пропускной способности  $C_K$  ШКС от расстояния  $d_{\text{св}}$  между корреспондентами в условиях прямой видимости без препятствий (линия 1), с преобладанием на трассе связи густой растительности (линия 2) и их аппроксимирующие полиномиальные функции (линии 3 и 4 соответственно).



1 – условия прямой видимости; 2 – пересеченная местность (трасса с преобладанием густой растительности); 3, 4 – полиномиальные аппроксимации зависимостей в условиях пересеченной местности и прямой видимости соответственно

**Рисунок 2 – Зависимости пропускной способности широкополосного радиоканала от расстояния связи между Bullet M2-NP**

Из данных рис. 2 следует, что:

на определенном расстоянии (до 700 м) между корреспондентами условия приема сигналов, применяемых в исследованиях характеристик оборудования ШРД, обеспечивают необходимую (свыше 2 Мбит/с) пропускную способность;

для увеличения пропускной способности ТКС СН нужно учитывать дополнительные настройки устройств Bullet M2-NP: уровень мощности передающего тракта радиомодема и выбор размеров пакетов сообщений с учетом типа передаваемого трафика.

Оценка зависимости пропускной способности ШКС от информационных затрат на служебные данные и применения многоантенных систем, схем модуляции, кодирования на основе практических исследований моделей локальных сетей LTE представлена в работе [13]. Из экспериментальных исследований следует, что затраты в ШКС на адресные данные могут достигать до 25 % от общей пропускной способности канала. При этом минимально необходимые затраты пропускной

способности на служебный канал составляют 11 % от общей пропускной способности ШКС. Практически за счет применения адаптивных протоколов маршрутизации возможно увеличение до 14 % информационной пропускной способности канала между СУ.

Согласно результатам исследований [13], при оценке пропускной способности ШКС ТКС СН необходимо принимать во внимание схемы модуляции и кодирования, затраты ресурсов служебного канала и использование технологий многоантенных систем. Так, при использовании технологии ММО 2×2 возможно увеличение пропускной способности ШКС в 2 раза, а при различных типах модуляции – в 1,5 раза. В свою очередь, при помехоустойчивом кодировании пропускная способность ШКС может понизиться в 1,5 раза.

Без учета выбора конкретного способа разделения каналов максимальное количество абонентов в ТКС СН  $\max N_A$  равно [14]:

$$\max N_A = \Lambda N_{\text{аб.ЛУ}}^{\max}, \quad (3)$$

где  $\Lambda$  – количество ЛУ, функционирующих в ТКС СН;  $N_{\text{аб.ЛУ}}^{\max}$  – максимальное количество АУ, обслуживаемое одним ЛУ.

В современных системах со способами разделения каналов CDMA (кодовое разделение) и OFDMA (разделение посредством ортогональных несущих) с технологиями обработки сигналов BLAST, ММО увеличение пропускной способности ШКС может составлять до нескольких раз. Принимая во внимание тактико-технические характеристики существующего оборудования ШРД, для определения количества одновременно действующих абонентов в качестве базовых методов многостанционного доступа выбраны FDMA (OFDMA) и TDMA.

Размер зоны обслуживания беспроводной ТКС СН, зависящий от задач, выполняемых подразделениями ТЗ, определяется перекрываемыми зонами обслуживания узловых элементов  $R_{\text{обл.УЭ}}$

$$S_{\text{ТКС}} = \sum_{i=1}^{\Lambda} \pi R_{\text{обл.УЭ}i}^2. \quad (4)$$

Основным параметром своевременности является время задержки  $t_3$  пакетов сообщений, которое измеряется от момента их ввода в систему до момента выдачи получателю и зависит прежде всего от вносимой сетевыми устройствами задержки обработки передаваемых пакетов сообщений [10]. Допустимое время  $t_{\text{з.доп}}$  задержки пакетов сообщений в устройстве ШРД при передаче потокового видео по элементарному каналу в беспроводных сетях жестко ограничено и, как правило, не превышает 15 мс [8].

Допустимое время задержки пакетов сообщений в устройстве ТКС СН исследовалось с помощью экспериментальной установки, описанной в работе [13].

Условия исследования и входные экспериментальные данные:

количество СУ и режимы их работы: Bullet M2-NP в режимах базовой станции (БС) и точки доступа (ТД);

расстояние между БС и ТД изменялось дискретно от 100 до 1000 м;

длина тестового пакета сообщения – 32 байта;

значения времени задержки пакетов сообщений между БС и ТД  $\tau_{\text{з.п.БС-ТД}}$ , полученные с помощью протокола ISMP [7].

На основании экспериментальных и расчетных данных время задержки тестового пакета в Bullet M2-NP  $\tau_{\text{з.п. BM2NP}}$  равно:

$$\tau_{\text{з.п. BM2NP}} = \frac{\tau_{\text{з.п. БС(ТД)}} - 2\tau_{\text{БС-ТД}}}{2}, \quad (5)$$

где  $\tau_{\text{з.п.БС(ТД)}}$  – время задержки тестового пакета при обработке в БС (ТД);

$\tau_{\text{БС-ТД}}$  – время задержки тестового пакета между БС и ТД.

Согласно выражению (5) полученные экспериментальные данные представлены на рис. 3. При изменении расстояния между БС и ТД значение среднего времени  $\tau_{\text{з.п. BM2NP}}$  задержки обработки пакетов сообщений составило 17,4 мкс. Это значение не превышало допустимого времени  $\tau_{\text{з.доп}}$  обработки пакетов сообщений в СУ при передаче потокового видео по элементарному каналу связи.

С учетом принятой системы параметров показателем эффективности функционирования ТКС СН в условиях воздействия ВнШДФ выступает ее пропускная способность. При этом значение пропускной способности отдельного элемента ТКС СН зависит, прежде всего, от производительности процессора и быстродействия буфера памяти СУ [11].

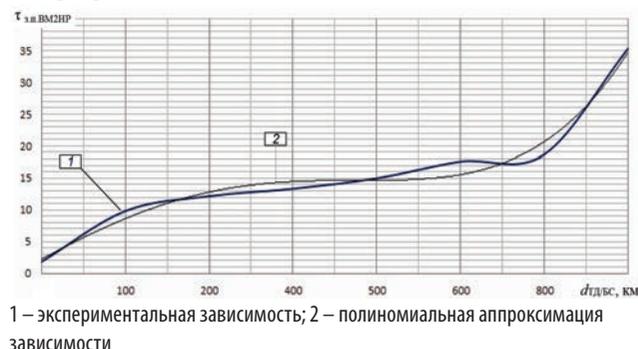


Рисунок 3 – Зависимость среднего времени задержки обработки тестового пакета в Bullet M2-NP от расстояния между корреспондентами  $d_{\text{ТД/БС}}$

Пропускная способность элементарного  $ij$ -го (логического) канала связи определяется как минимальной пропускной способностью СУ, входящего в элементарный канал связи, так и минимальной пропускной способностью ШКС [15]:

$$W_{эл\ ij}(t) = \min(\min W_{ЛУ}(t), \min W_{МУ}(t), \min C_{шк}(t)), \quad (6)$$

где  $\min W_{ЛУ}(t) = \min[W_{ЛУ1}(t), \dots, W_{ЛУN}(t)]$  – минимальная пропускная способность множества ЛУ, выделяемая  $ij$ -му элементарному каналу связи;

$\min W_{МУ}(t) = \min[W_{МУ1}(t), \dots, W_{МУE}(t)]$  – минимальная пропускная способность множества МУ, выделяемая  $ij$ -му элементарному каналу связи;

$$\min C_{шк}(t) = \min \left\langle \begin{array}{l} \min[C_{шк1}(t), \dots, C_{шкN}(t)], \\ \min[C_{шк12}(t), \dots, C_{шк(N-1)N}(t)] \end{array} \right\rangle -$$

минимальная пропускная способность ШКС  $ij$ -го элементарного канала связи как окончательных сетевых устройств  $[C_{шк1}(t), \dots, C_{шкN}(t)]$ , так и между

смежными СУ  $[C_{шк12}(t), \dots, C_{шк(N-1)N}(t)]$ .

Пропускные способности логических каналов связи выражения (6) и каналов связи матрицы (1) определяют состояние ТКС при обеспечении информационного взаимодействия объектов МИУС СН.

Исходя из анализа рассмотренных общесетевых параметров, для оценки эффективности сети выбран показатель средней пропускной способности ТКС МИУС СН:

$$\bar{W}_{ТКС}(t) = \frac{W_{ТКС}(t) - W_{ДФ}(t)}{N_3(t)}, \quad (7)$$

где  $W_{ТКС}(t) = \sum_{i=1}^{N_3} W_i(t)$  – суммарная пропускная способность ТКС без учета ВншДФ;

$$W_{ДФ}(t) = \sum_{j=1}^{M_3} W_j(t) - \text{суммарная пропускная}$$

способность  $j$ -х элементарных каналов связи, введенных из строя воздействием ВншДФ;

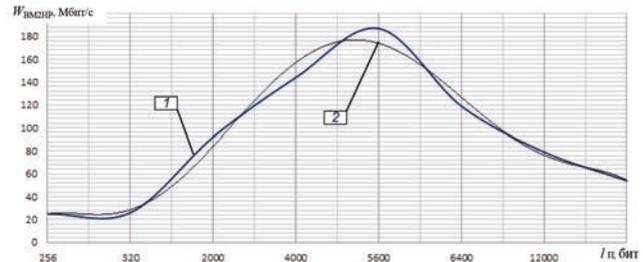
$N_3(t)$  – количество элементарных каналов связи МИУС СН;

$W_i(t)$  – пропускная способность  $i$ -го элементарного канала связи при  $\tau_3 \leq \tau_{3,доп}$ ;

$M_3$  – количество элементарных каналов связи, на которые воздействуют ВншДФ.

Показатель (7) позволяет в наибольшей степени оценить качество выполняемых задач сетью передачи данных специального назначения. На примере эксперимента с Bullet M2-NP WBM2NP на рис. 4

представлена зависимость пропускной способности устройства ШРД  $\tau_{з.п. ВМ2НР}$  от объема пакетов сообщений  $l_{п}$  на интервале связи протяженностью 100 м [12].



1 – экспериментальная зависимость; 2 – полиномиальная аппроксимация

Рисунок 4 – Зависимость средней пропускной способности Bullet M2-NP от размера пакета сообщения

Из рис. 4 следует, что с увеличением размеров обрабатываемых пакетов сообщений до 5600 бит увеличивается пропускная способность устройства Bullet M2-NP. При размерах пакетов сообщений выше 5600 бит пропускная способность устройства падает по причине увеличения времени обработки данных сетевым процессором. Запас по средней пропускной способности ТКС (80 Мбит/с) с учетом передачи пакетов сообщений размером 1200 бит возможно использовать при увеличении расстояния связи между корреспондентами и степени воздействия ВншДФ (в основном преднамеренных помех).

**Заключение.** Таким образом, на сегодняшний день основными телекоммуникационными технологиями, предназначенными для использования в перспективных системах связи СН, являются технологии широкополосного радиодоступа с пакетной передачей данных.

Структура концептуальной модели ТКС СН смешанного типа включает:

локальные подсети в составе ЛУ, представляющих собой беспроводные точки доступа с функциями коммутаторов, и АУ, являющихся оконечными устройствами сети;

магистральные подсети с МУ в составе маршрутизаторов с беспроводными интерфейсами.

В качестве основного сетевого оборудования в концептуальной модели сети МИУС СН ТЗ целесообразно применение беспроводных телекоммуникационных устройств с функциями коммутаторов и маршрутизаторов, построенных на основе уточненных (с учетом особенностей функционирования информационных сетей специального назначения) стандартов ШРД с двумя взаимосвязанными уровнями сетевого взаимодействия элементов – локального и магистрального.

С учетом принятой системы параметров (матрица пропускных способностей ШКС, максимальное

число одновременно действующих абонентов, зона (площадь) обслуживания (покрытия) ТКС СН, допустимое время обработки (задержки) пакетов сообщений в сетевых элементах ТКС СН) для оценки

эффективности функционирования системы связи с коммутацией пакетов сообщений в качестве показателя выбрана средняя пропускная способность ТКС СН.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко, С.И. Описательная модель сети связи специального назначения / С. И. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности. – М.: Красная звезда, 2017. – № 2. – С. 113–164. – Режим доступа: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-02/05-Makarenko.pdf>. – (Дата доступа: 18.10.2018).
2. Паршин, С. Концепции сетецентрического боевого управления ВС США, Великобритании и ОВС НАТО. Общее и различие / С. Паршин Ю. Кожанов // Зарубежное военное обозрение. – М.: Красная звезда, 2010. – № 4. – С. 7–18.
3. Кобозев, Ю.Н. Перспективы развития систем связи и телекоммуникаций в информационно-управляющих системах специального назначения [Доклад] // Мат. Всероссийской научной конференции «Современные тенденции развития теории и практики управления в системах специального назначения». Том 4 «Телекоммуникации и связь в информационно-управляющих системах». Под ред. Ю.В. Бородакия. – М.: ОАО «Концерн «Системпром», 2013. – С. 7–9.
4. Ермишян, А.Г. Теоретические и научно-практические основы построения систем связи в локальных войнах и вооруженных конфликтах / А.Г. Ермишян, Г.В. Сызранцев. – СПб.: ВАС, 2006. – 200 с.
5. Одоевский, С.М. Новые информационные и сетевые технологии в системах управления военного назначения: учеб. пособие: в 2 ч. / С. М. Одоевский. – СПб.: ВАС, 2010. – Ч. 1: Новые сетевые технологии в системах управления военного назначения. – 432 с.
6. Сюваткин, В.С. WiMax – технология беспроводной связи: основы теории, стандарты, применение / под ред. В. В. Крылова. – СПб.: БХВ –Петербург, 2005. – 368 с.
7. Соболев, Б.В. Сети и телекоммуникации: учеб. пособие / Б.В. Соболев, А.А. Манин, М.С. Герасименко. – Ростов-на/Д: Феникс, 2015. – 191 с.
8. Таубин, Ф.А. Анализ качества передачи потокового видео в беспроводных AD-НОС-сетях / Ф.А. Таубин, А. В. Чуйков // Информационно-управляющие системы. – Москва, 2012. – № 2. – С. 39–47.
9. Основы построения систем и сетей передачи информации: учеб. пособие для вузов / В.В. Ломовицкий [и др.]. – М.: Горячая линия, 2005. – 382 с.
10. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учеб. пособие для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.
11. Григорьев, В.А. Сети и системы радиодоступа / В.А. Григорьев. – М.: Эко Трендз, 2005. – 384 с.
12. О проведении натурного эксперимента по измерению характеристик сети широко-полосного радиодоступа в составе макета многофункциональной информационно-управляющей системы тактического звена управления: отчет / Воен. акад. Респ. Беларусь; рук. Р.В. Быков. – Минск, 2017. – 30 с.
13. Дроздова, В.Г. Оценка пропускной способности сетей LTE / В.Г. Дроздова, М.А. Белов // Интернет-книга «Мобильная связь на пути к 6G [Электронный ресурс]/Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. – Режим доступа: <http://1234G.ru/ykbikbbobyfeLTEfinal.pdf>. – Дата доступа: 24.02.2015.
14. Замятина, О.М. Моделирование сетей: учеб. пособие / О.М. Замятина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 168 с.
15. Многоканальные mesh-сети: анализ подходов и оценка производительности / А.И. Ляхов [и др.] // Информационные процессы. – 2008. – Том 8. – № 3. – С. 173–192.

*In article one of variants of construction of the field digital telecommunication network functioning as a part of multipurpose information-operating system (MIOS) of a special purpose (SP) of a tactical link (TL) is resulted. The structure of mobile telecommunication network SP focused on transfer of considerable volumes of packages of messages (in a context of video streams) in the conditions of active influence of external destabilising factors is presented. The rational choice of structure of wireless communication network SP is based on the accepted parameters characterizing investigated system from timely transfer of information message streams between elements of MIOS SP and an indicator of the efficiency of functioning of a telecommunication network in time. Functionally wireless communication system of MIOS SP consists of set interconnected subnets that provide the directed transfer and processing of packages of digital messages by means of effective reports of routing and addressing. The article also contains own results of experimental researches of the functioning of broadband wireless communication networks, which prove a choice of the basic network parameters defining throughput of communication system SP.*

Получено 04.01.2019.