

А. А. Мусеев

Кандидат военных наук, профессор, заместитель начальника центра ПАО «Интелтех»

А. В. Чуев

Кандидат технических наук, доцент, начальник отдела ПАО «Интелтех»

А. А. Киселев

Кандидат технических наук, доцент, начальник сектора ПАО «Интелтех»

КАЧЕСТВО ВОЕННОЙ СВЯЗИ КАК СОВОКУПНОСТЬ ЕЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ

АННОТАЦИЯ. В статье представлены основные свойства военной связи, которые обуславливают ее пригодность удовлетворять потребностям пользователей в соответствии с ее основным предназначением, что позволяет оценить ее качество.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: качество связи, своевременность военной связи, достоверность военной связи, безопасность военной связи, непрерываемость военной связи.

Введение

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 сети связи 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 сети военной связи, 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 обуславливает различие или сходство объекта исследования с другими объектами и проявляется

ся при взаимодействии 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. 1). Применение критериев оценки позволяет делать вывод о соответствии свойств объекта исследования заданным, что является основой для принятия управленческого решения.

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

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

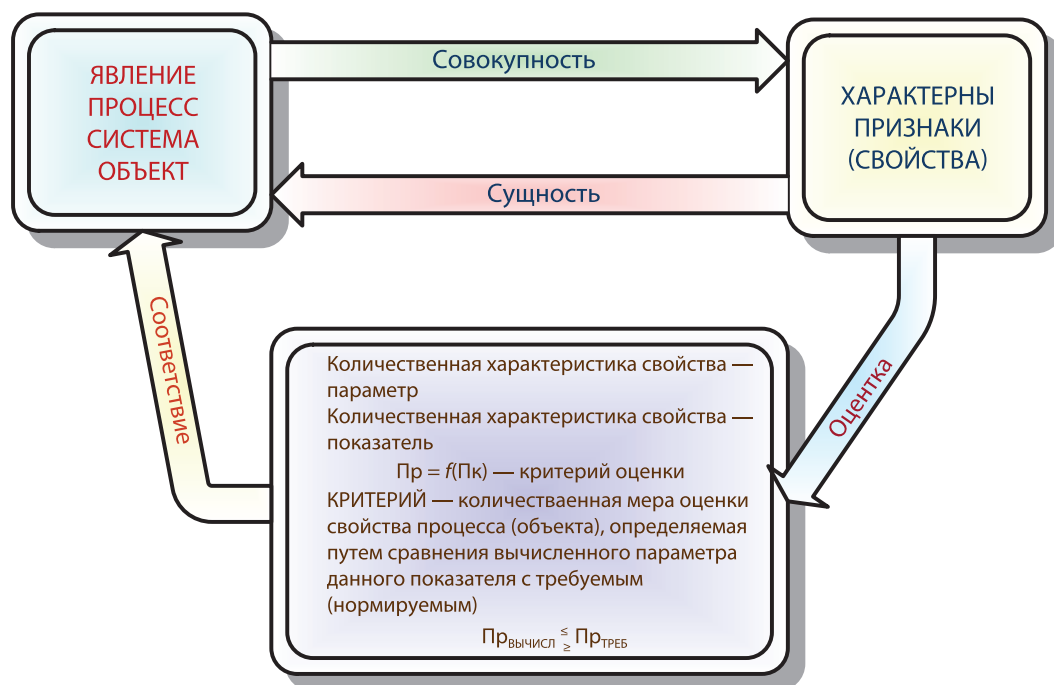


Рис. 1. Определение существенных свойств явления, процесса, системы, объекта

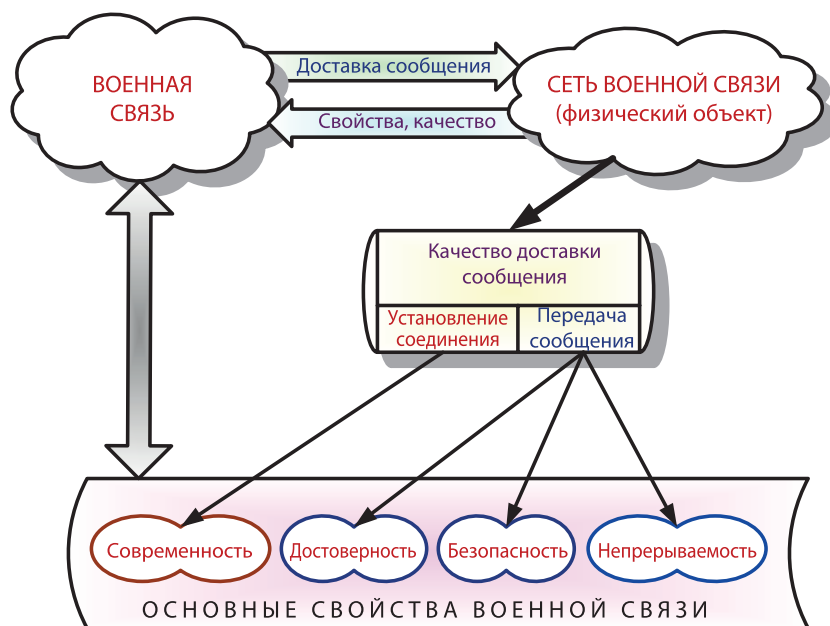


Рис. 2. Свойства военной связи

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 [1]. Поэтому сеть связи как физический объект предопределяет основные свойства военной связи и ее качество.

Так как динамика функционирования любой сети связи состоит в непрерывном обслу-

живании потока заявок (вызовов, телеграмм, сообщений и т. п.), 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 сети связи 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 [2, 3] *своевременностью* военной связи, а качество собственно передачи сообщения — *достоверностью, безопасностью и непрерываемостью* военной связи (рис. 2).

Оценка качества доставки сообщения осуществляется с помощью физических характеристик, связывающих параметры системы передачи сообщений с результатами функционирования сети связи, таких, например, как точность воспроизведения переданных сообщений, степень их защищенности от различных угроз и других. Подобная оценка качества обычно производится при установленном телекоммуникационном соединении.

Качество обслуживания потока заявок (вызовов) определяется количеством абонентских и коммутационных устройств сети связи, ее канальной емкостью, интенсивностью общения пользователей (абонентов) в сети связи (нагрузкой), принятыми системами обслуживания пользователей (абонентов), способами составления соединений. Оценка качества функционирования сети военной связи 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.

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

рассмотрении 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.

1. Своевременностью 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 ($t_{уст}$) 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 ($t_{уст}$), определяемое временем ожидания пользователем (абонентом) соединения ($t_{ож}$) и временем непосредственного предоставления установленного соединения ($t_{пред}$):

$$t_{уст} = t_{ож} + t_{пред}. \quad (1)$$

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

$$t_{уст} \leq t_{уст}^*. \quad (2)$$

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 сетей военной связи.

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

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 наилучших условий функционирования сети связи, 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:

$$A = \frac{M_0}{M}, \quad (3)$$

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 (раз-

борчивость) 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:

$$P_{\text{опозн}} = \lim_{Z \rightarrow \infty} \frac{Z_{\text{опозн}}}{Z}, \quad (4)$$

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 документальной связи принято оценивать отношением количества ошибочно принятых (искаженных, не принятых) элементов сообщения ($N_{\text{ош}}$) к общему количеству переданных элементов (N):

$$k_{\text{ош}} = \frac{N_{\text{ош}}}{N}. \quad (5)$$

Это отношение называют коэффициентом ошибок (коэффициентом недостоверности), $k_{\text{ош}}$.

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

$$k_{\text{д}} = \frac{N_{\text{пр}}}{N}. \quad (6)$$

Поскольку $N_{\text{ош}} + N_{\text{пр}} = N$, то $k_{\text{ош}} + k_{\text{д}} = 1$.

При ограниченном времени передачи величина $k_{\text{ош}}$ 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 $P_{\text{ош}}$. Поэтому часто достоверность документальной связи (Q) оценивается вероятностью ошибочного приема одного элемента сообщения, то есть отношением числа искаженных элементов сигнала ($N_{\text{ош}}$) к общему числу переданных элементов (N):

$$P_{\text{ош}} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_{\text{ош}}}{N}. \quad (7)$$

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

$$Q = 1 - P_{\text{ош}}. \quad (8)$$

Таким образом, требования к достоверности передачи в основном зависят от конкретного назначения системы связи. Иногда оказывается достаточной вероятностью 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 (передачи сообщения или его части не по адресу).

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 сетях связи.

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 ($B_{ВС}$) являются:

- вероятность дешифрования перехваченного сообщения и получения содержания передаваемой информации ($P_{деш}$);
- вероятность несанкционированного доступа к содержанию передаваемой информации в процессе ее обработки, передачи и хранения ($P_{нсд}$);
- вероятность ввода в сеть связи ложной информации ($P_{л.инф}$).

То есть безопасность военной связи можно представить в виде функции

$$B_{ВС} = f(P_{деш}, P_{нсд}, P_{л.инф}). \quad (9)$$

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

$$P_{деш} = P(t_{деш} < t_{деш}^*). \quad (10)$$

Вероятность дешифрования сообщения, как правило, оценивается криптостойкостью применяемых шифрсредств и шифрдокументов. Криптостойкость 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 ($t_{дост}$) превышает время обеспечения защиты от угроз процесса доставки передаваемого сообщения:

$$P_{нсд} = P(t_{дост} > t_{заш}). \quad (11)$$

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 ($P_{л.и}$) при разработке (модернизации) конкретных сетей военной связи.

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

$$\hat{A}_{ВС} \geq \hat{A}_{ВС}^*. \quad (12)$$

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. 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:

$$K_{непр} = 1 - \frac{t_{перп}}{t_{прд}}, \quad (13)$$

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

При увеличении времени обмена информацией коэффициент непрерываемости стремится к ве-

роятности непрерывного обмена информацией ($P_{\text{непр}}$) от момента установления соединения (начала передачи сообщения) до окончания передачи:

$$P_{\text{непр}} = 1 - \lim_{t_{\text{прд}} \rightarrow \infty} \frac{t_{\text{прер}}}{t_{\text{прд}}}, \quad (14)$$

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:

$$P_{\text{непр}} (t_{\text{прер}} \leq t_{\text{прер}}^*). \quad (15)$$

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 преждевременного 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.

Заключение

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

$$K_{\text{ВС}} = \langle C_{\text{ВС}}, D_{\text{ВС}}, B_{\text{ВС}}, T_{\text{ВС}} \rangle. \quad (16)$$

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 устраниваться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеев А. А. Инфокоммуникационная сеть, как объект системного анализа / А. А. Моисеев, А. В. Чуев, Д. В. Салюк, А. А. Киселев // Техника средств связи. — 2017, № 6 (145). — С. 150–158.

2. Бартошевич А. В. и др. Управление и средства связи. — Минск: БНТУ, 2014. — 64 с.

3. Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Концепция управления качеством связи в РФ. Проект. — М., 2015. — 63 с.