

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ВОЙСК

С. Н. Касанин, кандидат технических наук, доцент;
С. И. Паскробка, кандидат военных наук, доцент;
А. А. Родионов, кандидат военных наук, доцент *

Глобальное развитие средств коммуникаций, скоротечность процессов по выявлению и необходимости совершения силовых действий и специальных мероприятий, а также произошедшие организационные изменения в структуре территориальных войск Республики Беларусь определяют необходимость дальнейшего совершенствования организации системы управления, в частности ее составной части – системы связи.

Global development of communication options, transience of the processes essential for revealing and necessity to take force activities and special activities, as well as organizational changes that have taken place in the territorial forces of the Republic of Belarus define the necessity of further development of the command structure management and, in particular, its communication system as an integral part.

Введение

Одним из применимых сценариев эскалации обстановки в Республике Беларусь является силовое вмешательство во внутренние дела государства с задачами дестабилизации обстановки. В последние годы акцент делается на проведение невоенных, в обычном понимании этого слова, операций [1]. При этом значение территориальной обороны в общей системе обороны государства значительно возрастает, а структура системы управления территориальными войсками (ТВ) Республики Беларусь будет адаптироваться под решение внезапно возникающих управленческих задач. Это обуславливает повышенные требования к системе связи (СС) [2].

Метод исследования

В результате проведенных исследований [3–6], сделан вывод, что существующая СС не в полной мере готова обеспечить устойчивое управление ТВ.

Вышеизложенное позволяет сформулировать проблему исследования: организация СС ТВ в современных условиях не в полной мере удовлетворяет требованиям по своевременности доведения информации до потребителей. Наиболее важным направлением решения данной проблемы является создание СС ТВ, способной существенно сократить цикл управления и принятия решений в интересах управления воинскими частями и подразделениями ТВ.

Исходя из вышеизложенного научной задачей статьи является выработка предложения по разработке рационального варианта структуры СС ТВ.

При отсутствии возможности прямого исследования проектируемой сети, целесообразно прибегнуть к моделированию в целях упрощения и ускорения процесса изучения её свойств. В статье рассматривается математическая модель, представляющая собой формализованное описание системы [7]. Результатом моделирования должна стать СС с конечным множеством адекватных моделей и отражением определенных ее свойств [8].

Реализация процесса моделирования предусматривает создание технической основы системы управления. Один из возможных вариантов представлен на рисунке 1.

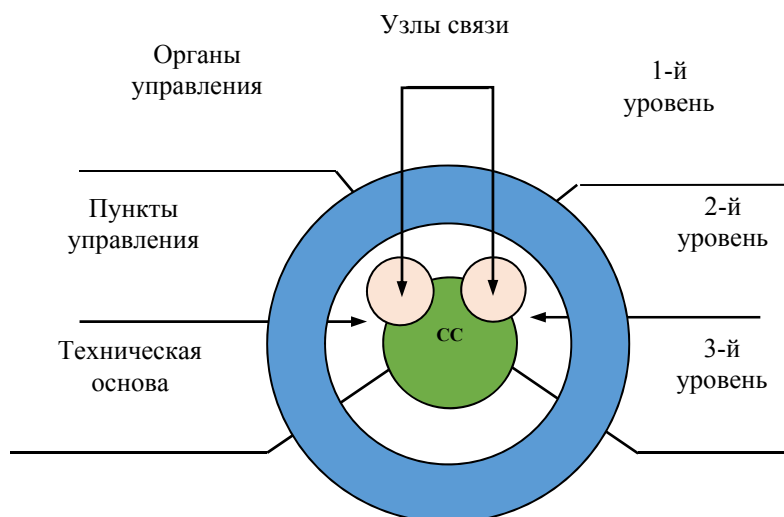


Рисунок 1. – Место технической основы системы связи в функциональной модели системы управления

Установлено, что СС относится к классу сложных систем. Ее сложность заключается в наличии таких характерных признаков, как иерархичность структуры, многосвязность составляющих ее элементов, подверженность изменениям и большое число возможных ее состояний в процессе функционирования [9]. Следовательно, для адекватного представления СС необходим еще один уровень ее описания – концептуальный.

Для построения концептуальной модели СС целесообразно смоделировать структурно-функциональную модель.

Обобщенно функциональную архитектуру СС можно представить в виде следующей трехуровневой концептуальной модели (рисунок 2). На рисунке 2 УС ПУ – узел связи пункта управления.

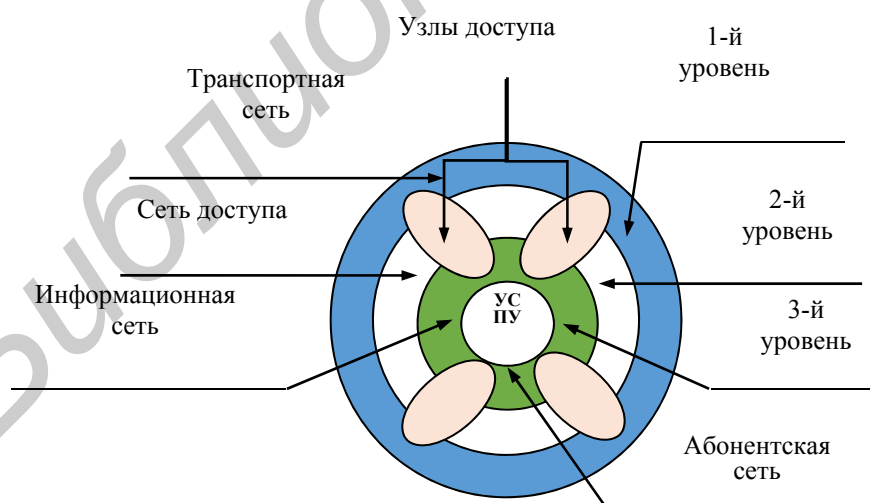


Рисунок 2. – Функциональная архитектура концептуальной модели сети связи

Взаимосвязь свойств связи и свойств СС [10, 11] представлена на рисунке 3.

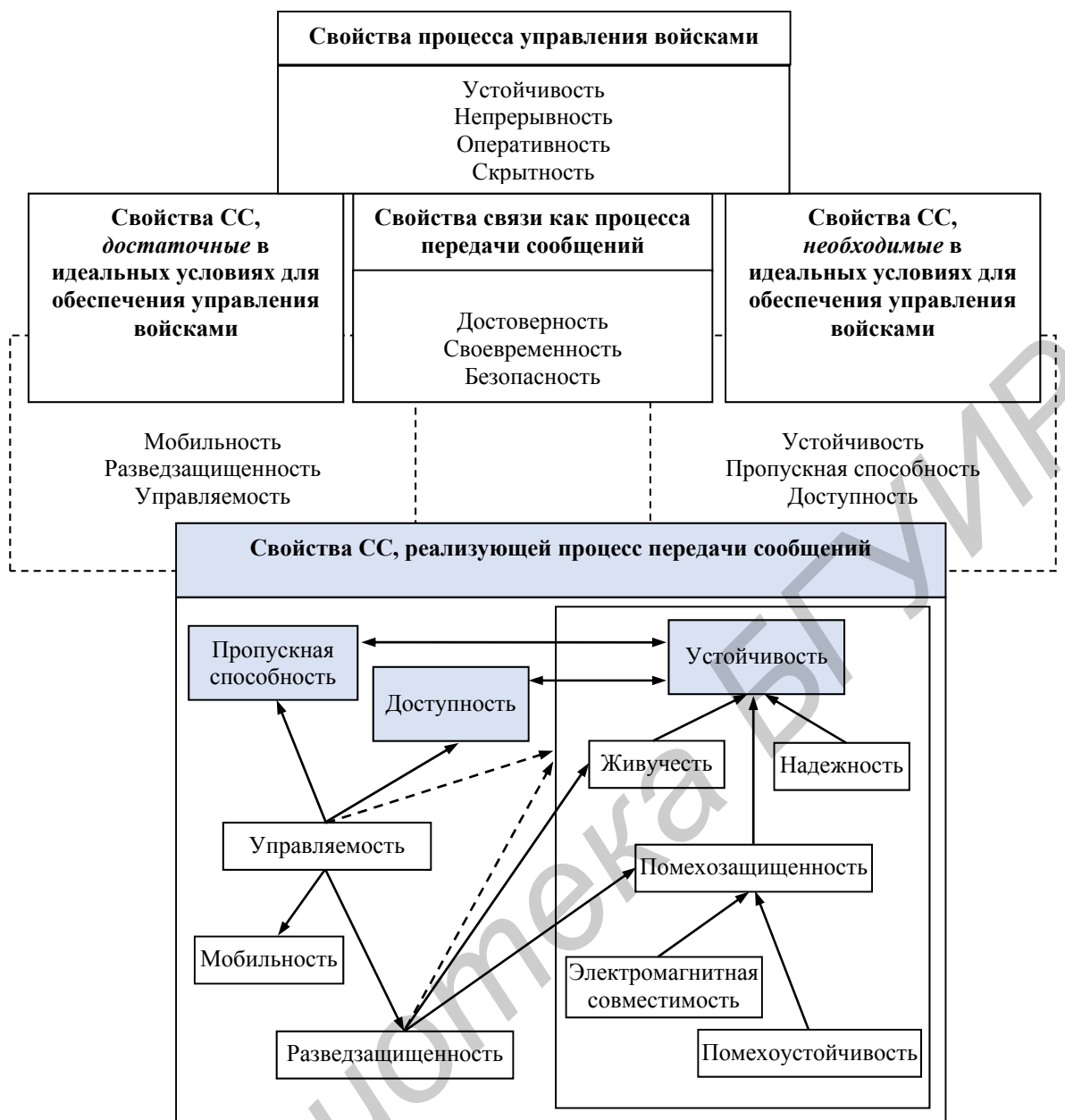


Рисунок 3. – Взаимосвязь свойств связи и свойств СС

При рассмотрении предложенной модели существенными свойствами, оказывающими наибольшее влияние на качество системы, будут устойчивость, пропускная способность и доступность. Изучение и при необходимости изменение характеристик (параметров) вышеназванных свойств позволят определить состояние сети и ее дальнейшее совершенствование, т. е. переход к ее новому качественному состоянию [8].

Узлы и линии связи, составляющие структуру сети и обеспечивающие информационный процесс, могут выходить из строя под воздействием различных факторов, т. е. обладают конечной (не абсолютной) устойчивостью. Их устойчивость зависит как от применяемого рода связи, так и от условий функционирования.

Количественными показателями, характеризующими устойчивость СС, приняты коэффициент исправного действия ($K_{и}$) и среднее время исправной ее работы ($t_{и}$), которые могут быть отнесены к элементам сети. Количественные показатели устойчивости направлений связи ($K_{и. н.с}$, $t_{и. н.с}$) используются в качестве основных при оценке устойчивости СС, а оценка устойчивости в целом производится по совокупности показателей устойчивости всех направлений связи [10].

В вероятностном смысле $K_{и}$ трактуется как вероятность того, что СС будет работоспособна в любой произвольно выбранный момент времени. Он применяется для прогнозирования (априорной оценки) устойчивости разрабатываемой (планируемой) СС. Расчет $K_{и}$ в этом случае производится при усреднении по множеству с использованием формул:

$$K_{и} = \sum_{i=1}^m t_{и_i} / T, \quad (1)$$

$$K_{п} = \sum_{i=1}^m t_{п_i} / T, \quad (2)$$

где T – общее время функционирования СС;

$t_{и_i}$ – i -й временной интервал исправной работы ($i = 1 \dots m$);

m – количество временных интервалов $t_{и_i}$;

$t_{п_i}$ – i -й временной интервал простоя ($i = 1 \dots n$);

n – количество временных интервалов $t_{п_i}$.

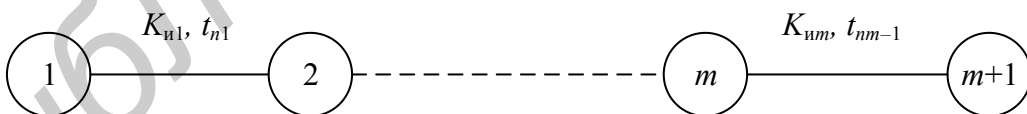
$K_{и}$ в этом случае имеет смысл вероятности простоя (неисправной работы), а $t_{п}$ и $t_{и}$ – соответственно смысл математического ожидания длительности интервалов простоя и интервалов исправной работы.

Рассмотренный вероятностный смысл $K_{и}$ в полной мере применим к одиночному каналу, линии связи, а также к отдельным связям.

Для многоканальных направлений связи сложной разветвленной структуры, на которых может одновременно обеспечиваться несколько связей различных видов, физический смысл $K_{и}$ в некоторой степени теряется, поскольку они в этом случае характеризуют множество возможных состояний направления связи, а именно все состояния, когда на направлении связи имеется не менее одного работоспособного канала. Для таких направлений связи $K_{и}$ трактуется как вероятность того, что в любой произвольно выбранный момент времени на направлении связи может обеспечиваться хотя бы одна связь.

Устойчивость направлений связи сложной структуры определяется устойчивостью совокупности составляющих его линий связи. Можно с достаточной степенью точности допустить, что нарушение работоспособности отдельных линий – события независимые или слабо коррелированные. Тогда устойчивость направления связи можно определить [10]:

1. Для направления связи, состоящего из нескольких последовательных линий:



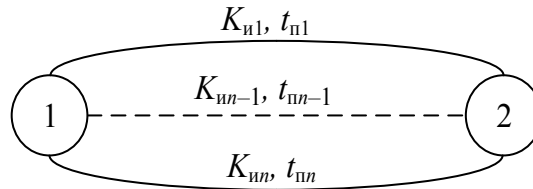
$$K_{и.н.с} = \prod_{i=1}^m K_{и.л.с_i}, \quad \bar{t}_{и.н.с} = \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{\bar{t}_{и.л.с_i}} \right)^{-1}, \quad \bar{t}_{п.н.с} = \frac{\bar{t}_{и.н.с} K_{п.н.с}}{K_{и.н.с}}, \quad (3)$$

где $K_{и.л.с_i}$ – i -й коэффициент исправного действия линии связи ($i = 1 \dots m$);

$\bar{t}_{и.л.с_i}$ – i -й временной интервал исправной работы линии связи ($i = 1 \dots m$);

m – количество последовательных линий связи.

2. Для направления связи, состоящего из нескольких параллельных линий:



$$K_{и. н.с} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - K_{и. л.с_i}), \quad \bar{t}_{п. н.с} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\bar{t}_{и. л.с_i}} \right)^{-1}, \quad (4)$$

где $K_{и. л.с_i}$ – i -й коэффициент исправного действия линии связи ($i = 1 \dots n$);

$\bar{t}_{и. л.с_i}$ – i -й временной интервал исправной работы линии связи ($i = 1 \dots n$);

n – количество параллельных линий связи.

Так как $K_{и}$ (как вероятность исправной работы) всегда меньше 1, то, анализируя выражения (7) и (8), нетрудно заметить, что устойчивость направления связи, состоящего из нескольких параллельных линий, всегда выше устойчивости отдельно взятой линии. Это свойство используется для повышения устойчивости направлений связи за счет параллельного резервирования линий связи.

Определение $K_{и}$ и $t_{п}$ линий связи осуществляется как путем прогнозирования результатов воздействия различных факторов при оценке обстановки, так и использования статистических данных. Полученные при этом результаты являются исходными данными для расчета показателей устойчивости направлений связи. Критерием оценки устойчивости направлений связи служат выражения:

$$K_{и} \geq K_{и. тр}, \quad t_{п} \leq t_{п. тр}, \quad (5)$$

где $K_{и. тр}$ – требуемый коэффициент исправного действия;

$t_{п. тр}$ – требуемый временной интервал простоя.

Коэффициент исправного действия и среднее время простоя направления связи должны быть не хуже требуемых. Эти требования к устойчивости направлений связи задаются исходя из требований к качеству передачи информации различных приоритетов и объемов. Устойчивость направлений связи должна быть такова, чтобы удовлетворить наиболее жесткие из этих требований с учетом важности корреспондентов.

Особенно важно такое свойство СС, как пропускная способность, которая состоит в следующем [9]. Во-первых, она определяет основное функциональное предназначение СС и выдвигает в качестве главной и первоочередной задачи обеспечение необходимой пропускной способности. Во-вторых, требования к СС по пропускной способности постоянно возрастают. Это обусловлено: постоянно увеличивающимся объемом работы органов управления по управлению войсками, что приводит к возрастанию потоков сообщений, циркулирующих в системе управления; быстрым старением информации в условиях современных высокодинамичных операций (действий войск), а значит, необходимостью увеличения частоты сбора информации; внедрением АСУВ, потребностями в обеспечении таких видов связи, как видеотелефонная и видеоконференцсвязь.

Для СС пропускная способность количественно оценивается матрицей пропускных способностей направлений связи. Показателем пропускной способности направления связи является количество сообщений определенного (i -го) вида, переданных по каналам данного (j -го) направления связи с требуемым качеством $-\lambda_{ij} [Q_{ij} \geq Q_{ij тр}]$.

Требования к пропускной способности задаются количеством сообщений (λ) определенного объема (V) для различных видов связи, которые необходимо передать с заданной своевременностью, т. е. критерием пропускной способности является соотношение

$$\lambda_i \geq \lambda_{i\text{тр}} \text{ при } Q_i \geq Q_{i\text{тр}}, \quad (6)$$

где λ_i – возможности по передаче сообщений i -го вида;

$\lambda_{i\text{тр}}$ – требуемая пропускная способность по передаче сообщений i -го вида;

Q_i – обеспечиваемая вероятность своевременной передачи поступающих сообщений i -го вида;

$Q_{i\text{тр}}$ – требуемая вероятность своевременной передачи сообщений i -го вида.

При оценке пропускной способности СС и задании требований к ней по данному свойству обычно применяются показатели, имеющие однозначную оценку для всех видов связи. Такими показателями являются входящий поток сообщений Z_{ij} (поток сообщений данного вида связи, поступающий на j -е направление СС) и исполненный поток сообщений Y_{ij} (переданный СС), характеризующие соответственно поступающую в СС и исполненную ею нагрузку. Величина Y_{ij} характеризует пропускную способность сети (направления, канала) связи, а требования к пропускной способности задаются соотношением $Y \geq Z$. Очевидно, что в реальных сетях связи Y будет стремиться к Z , но всегда $Z \geq Y$, а пропускная способность направления (канала) связи будет равна интенсивности исполненной на этом направлении нагрузки с заданным (требуемым) качеством и определяться соотношением

$$Y_i = Z_i(1 - p_i), \quad (7)$$

где p_i – вероятность потерь по нагрузке i -го направления связи.

Соотношения между показателями λ_{ij} , $\lambda_{ij\text{тр}}$ и Z_{ij} , Y_{ij} выражаются в виде

$$Z_{ij} = \lambda_{ij\text{тр}} t_c, Y_{ij} = \lambda_{ij} t_c, \quad (8)$$

где t_c – среднее время.

Такой характеристикой пропускной способности направления связи может быть количество каналов с нормированными параметрами (N_k). Если все каналы считать потенциально занятыми передачей сообщений, то N_k приобретает смысл нагрузки (Y), передачу которой могут обеспечить каналы на данном направлении.

В связи с тем, что линии систем военной связи обладают конечной и относительно невысокой устойчивостью, за показатель реальной пропускной способности сети принимают математическое ожидание числа исправных каналов $M(N)$, иначе – среднее число исправных каналов. Он рассчитывается относительно количества физических каналов с учетом их реальной устойчивости. Очевидно, что всегда $M(N) < N_k$, где N_k – количество каналов с нормированными параметрами. $M(N)$ так же, как и N_k может трактоваться в смысле нагрузки (Y), передачу которой могут обеспечить каналы реальной устойчивости на данном направлении при условии их постоянной занятости передачей сообщений. В этом случае пропускную способность направления связи можно оценить, сравнивая значения $M(N)$ и Z . Критерием оценки при этом служит выражение $k_{\text{исп}} M(N) \geq Z$, где $k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования каналов в данной системе.

Конкретные количественные значения требований к пропускной способности по каждому виду связи определяются на основе обработки статистических данных, а также научного прогнозирования потребностей системы управления в информационном обмене при управлении войсками.

На доступность СС оказывают влияние прежде всего структура и топология размещения сетей связи общего пользования (ССОП), а также ее потребителей, дистанция

линий доступа к сети, физико-географические условия местности, наличие сил и средств связи для обеспечения доступа [10]. С учетом неопределенности положения и динамики перемещения пользователей ССОП при выполнении боевых задач, а также «площадной» (доступность по площади) направленности сети оценка доступности системы связи может осуществляться через вектор D :

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_L\}, \quad (9)$$

где $0 \leq d_l \leq 1$ – показатель, указывающий, с какой доли площади полосы расположения войск пользователь потенциально может быть обеспечен каналным ресурсом от l развернутых (планируемых к развертыванию) элементов сети;

L – общее количество элементов ССОП, развернутых в целях обеспечения каналным ресурсом пользователей в полосе расположения войск. При этом

$$L = \sum_{i=1}^m n_i, \quad (10)$$

где m – количество эшелонов (уровней) в ССОП объединениях (соединениях);

n_i – количество элементов в i -м эшелоне (уровне) сети.

Для полной оценки доступности СС используют также вероятность доступа пользователя к ее ресурсу с первой попытки:

$$P_d(k) = f(D, \{P_{r_i}\}). \quad (11)$$

Данный показатель будет зависеть не только от того, сколько элементов ССОП должностное лицо органов управления способно использовать из района своей дислокации с помощью имеющихся у него средств связи (т. е. от численного значения координат вектора доступности D), но и от объектовой устойчивости элементов ССОП войсковой части (подразделения) ТВ, которые потенциально способны предоставить данному пользователю каналный ресурс сети – $\{P_{r_i}\}$.

Требования к СС по доступности могут выражаться в организации одновременного доступа пользователей к определенному числу узлов сети связи общего пользования. Эти требования должны устанавливаться в зависимости от важности информационных направлений и приоритета обслуживаемых абонентов.

Наиболее полно структурно-функциональную модель концептуальной модели СС можно описать через введение понятия связности, определяемое как количество независимых путей между парами узлов. Показателем качества информационного направления может быть выбрана вероятность наличия m независимых информационных цепей между ij -ми корреспондирующими УС ПУ ТВ, устойчивость которых соответствует заданным требованиям [12]. Требования к связности информационного направления должны прежде всего задаваться исходя из реализуемой на нем пропускной способности. При передаче дискретных сообщений требуемая пропускная способность отдельной i -й информационной цепи на направлении связи определяется согласно теореме Шеннона выражением

$$C_i \geq v_i \left[1 + p_{\text{ош}_i^*} \log(p_{\text{ош}_i^*}) + (1 - p_{\text{ош}_i^*}) \log(1 - p_{\text{ош}_i^*}) \right], \quad (12)$$

где v_i – техническая скорость передачи информации по i -й информационной цепи, определенная в результате синтеза вторичной сети при ее планировании;

$p_{\text{ош}_i^*}$ – допустимая вероятность ошибки в передаче одного бита информации по i -й цепи.

Если в одной и той же информационной цепи предполагается одновременная передача сообщений нескольких типов (L) с различными требованиями к достоверности, то пропускная способность определяется по формуле

$$C_{i^*} \geq \sum_{l=1}^L \nu_l \left[1 + p_{\text{ош}_l^*} \log p_{\text{ош}_l^*} + (1 - p_{\text{ош}_l^*}) \log(1 - p_{\text{ош}_l^*}) \right], \quad (13)$$

где ν_l и $p_{\text{ош}_l^*}$ – требуемые техническая скорость передачи и вероятность ошибки для сообщений l -го типа, передаваемым по информационной цепи ($l = 1 \dots L$);

L – количество типов сообщений.

Тогда требуемую пропускную способность k -го направления связи можно определить из соотношения

$$C_{k^*} \geq \sum_{i=1}^M C_{i^*}, \quad (14)$$

где M – число независимых информационных цепей на k -м информационном направлении.

При использовании на направлении связи информационных цепей с одинаковой пропускной способностью минимально требуемое их количество может быть определено по формуле

$$m_{\min} \geq C_{k^*} / C_{ik}, \quad (15)$$

где C_{ik} – пропускная способность i -й информационной цепи на k -м направлении связи.

Коэффициент связности информационного направления, определяемый как вероятность того, что на данном направлении окажутся неработоспособными не более $\chi = m - m_{\min}$ информационных цепей, может выражен формулой

$$K_{\text{св. ин}} \leq \frac{\sum_{r=0}^{m-m_{\min}} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^r}{r!}}{\sum_{r=0}^m \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^r}{r!}}, \quad (16)$$

где λ – количество сообщений информационного направления;

m_{\min} – минимально требуемое число информационных цепей на направлении связи, определяемое из выражения (16);

r (в числителе) – количество неработоспособных цепей ($r = 1 \dots m - m_{\min}$);

r (в знаменателе) – общее количество цепей ($r = 1 \dots m$).

Решая неравенство (17), можно, задавшись требованиями к связности информационного направления $K_{\text{св. ин}}$, определить необходимое число независимых информационных цепей, связывающих данное направление m .

За показатель эффективности направления связи в данном случае может быть принята вероятность сохранения в работоспособном состоянии не менее Q из M запланированных информационных цепей на данном направлении

$$K_{\text{св. ин}} P\{m > Q / M\}. \quad (17)$$

В частном случае может быть вычислена минимальная связность информационного направления как вероятность сохранения на нем хотя бы одной информационной цепи:

$$K_{\text{св. мин}} = 1 - \prod_{j=1}^M (1 - K_{y_j}), \quad (18)$$

где K_{y_j} – коэффициент устойчивости j -й линии информационной цепи ($j = 1 \dots M$), M – количество линий информационной цепи.

Для определения необходимого числа независимых информационных цепей на направлении связи может быть использована приведенная выше методика на основе решения уравнений (16) и (17). Для оценки связности информационных направлений может быть использовано выражение (18) [12]. Использование в работе известного в теории сетей понятия связности позволяет перейти к следующему этапу – выбору методики построения СС ТВ.

Результаты и их обсуждение

Существующие положения теории построения систем военной связи, как показали ранее проведенные исследования [13, 14], позволяют осуществлять синтез СС. Такой неформальный подход к построению СС с позиции логики включает в себе ряд недостатков, к числу которых можно отнести неопределенность в установлении «размерности» множества сформированных вариантов и сложности обоснования его представительности с точки зрения полноты рассмотрения всех возможных вариантов. При этом не исключается и такая ситуация, когда во множество формируемых вариантов СС могут не войти те, которые по своей значимости для рассматриваемых конкретных условий являются приемлемыми. Подобное состояние определяет необходимость поиска иных путей, позволяющих максимально исключить возможность такой ошибки.

Проверка вариантов на соответствие эксплуатационным требованиям предполагает проведение расчетов линий связи [15] с использованием ГИС «Интеграция» и комплекса расчетных задач, которое исключит из дальнейшего рассмотрения вариант, не отвечающий требованиям, или после возможной корректировки снова подвергнет оценке. С учетом изложенных предложений и [11, 16] разработана обобщенная последовательность построения рационального варианта СС, который представлен на рисунке 4.

Предложенная обобщенная последовательность предполагает поэтапную разработку рационального варианта построения СС применительно к конкретно рассматриваемым условиям для последующей оценки по функциональным показателям. Такая последовательность дает возможность при формировании варианта построения СС учитывать исходное состояние предыдущей системы. В практическом плане создаются условия определения предстоящих задач СС и задач, выполнение которых уже возможно развернутыми силами и средствами связи.

Сущность данной обобщенной последовательности сводится к следующему. На основе имеющихся исходных данных, оценки исходного состояния СС и определения задач СС по передаче потоков сообщений производится построение структуры СС.

Решение задачи такого плана предусматривается в работе на применение метода кластерного анализа. Далее следует расчет пропускной способности СС, после этого производится расчет суммарного ресурса СС.

Если рассчитанные параметры не удовлетворяют требованиям, то производится корректировка варианта построения СС. Если полученные результаты в пределах нормы, то производится оценка эффективности. Если результаты оценки удовлетворяют требованиям, то полученный вариант принимается за рациональный.

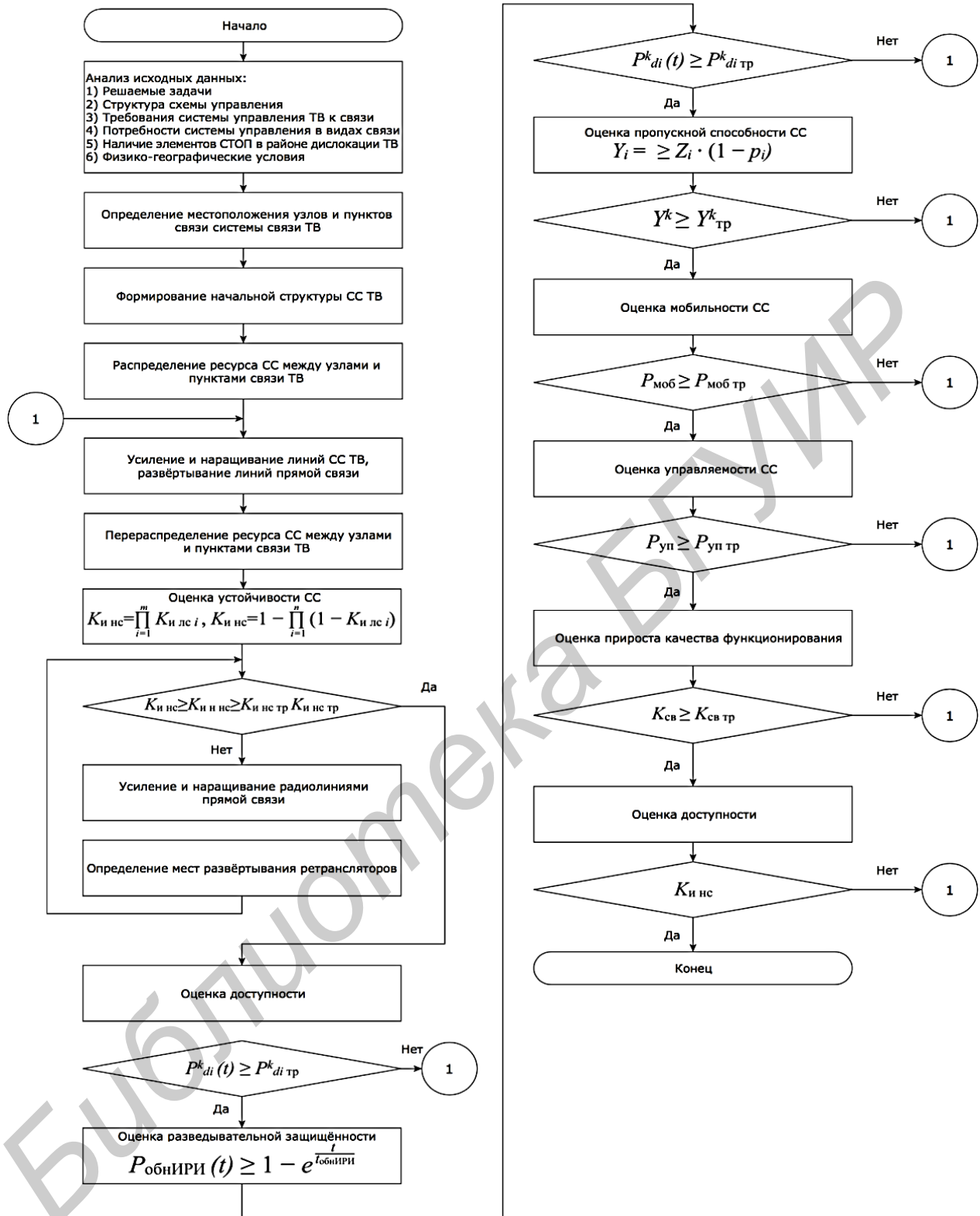


Рисунок 4. – Обобщенная блок-схема последовательности формирования рационального варианта СС

Заключение

Таким образом, примененная комплексная методика построения СС позволяет синтезировать вариант СС, в наибольшей степени предрасположенный к использованию в прогнозируемых условиях выполнения боевых и повседневных задач, при этом формируются структура варианта СС с заданным уровнем качества, что оказывает существенное влияние на поведение как элементов СС, так и сети в целом в процессе ее применения. Общая задача формирования СС представлена в виде комплекса частных задач, решение которых

позволяет разработать рациональный вариант сети и определить рациональное сочетание элементов сети. Выбор рационального варианта структуры СС осуществляется на основе теории принятия решений с помощью метода определения основного показателя (K_{CB}) и перевода всех остальных в разряд ограничений.

Список литературы

1. Горбунов, В. Н. О характере вооруженной борьбы в 21 веке / В. Н. Горбунов // Воен. мысль. – 2009. – № 3. – 82 с.
2. Андрианов, В. Б. Вопросы применения ВС РФ в кризисных ситуациях мирного времени / В. Б. Андрианов, В. В. Лойко // Воен. мысль. – 2015. – № 1. – С. 67–69.
3. Паскробка, С. И. Методы расчета показателей, характеризующих требования к управлению войсками / С. И. Паскробка, В. А. Сергиенко, А. А. Родионов // Вестн. ВА РБ. – 2012. – № 2 (35). – С. 52–59.
4. Паскробка, С. И. Метод расчета показателей живучести пунктов управления / С. И. Паскробка, Р. А. Градусов, В. А. Сергиенко // Наука и воен. безопасность. – 2012. – № 4. – С. 57–59.
5. Кулешов, Ю. Е. Методический подход к оценке живучести информационных объектов в условиях информационного противоборства / Ю. Е. Кулешов, С. И. Паскробка, А. А. Родионов // Сб. науч. ст. ВА РБ. – 2012. – № 23. – С. 31–37.
6. Касанин, С. Н. Оценка влияния состава радиоэлектронных средств пунктов управления на распознаваемость их оперативно-тактической принадлежности / С. Н. Касанин, А. В. Кашкаров, А. А. Родионов // Сб. науч. ст. ВА РБ. – 2015. – № 29. – С. 97–104.
7. Основы общей теории систем / А. А. Попов [и др.]. – СПб.: ВАС, 1992. – Ч. 1. – 248 с.
8. Основы общей теории систем / А. А. Попов [и др.]. – СПб.: ВАС, 1992. – Ч. 2. – 332 с.
9. Ермишян, А. Г. Методологические основы построения систем (сетей) военной связи: учеб.: в 2 ч. / А. Г. Ермишян. – СПб.: ВАС, 2003. – Ч. 1. – 222 с.
10. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: учеб.: в 2 ч. / под ред. Ю. А. Пирогова. – СПб.: ВАС, 2007. – Ч. 2. Теоретические основы организации связи в объединениях и соединениях. – 198 с.
11. Руководство по связи Сухопутных войск (связь в соединениях, воинских частях и подразделениях). – Минск: МО РБ, 2005.
12. Боговик, А. В. Эффективность систем военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – СПб.: ВАС, 2006. – 182 с.
13. Шнейдер, Ю. А. Системы и модели / Ю. А. Шнейдер, А. А. Шаров. – М.: Радио и связь, 1982. – 186 с.
14. Свами, М. Графы, сети и алгоритмы / М. Свами, К. Тхуласираман. – М.: Мир, 1984. – 455 с.
15. Щербаков, В. В. Геоинформационные системы. Структура ГИС, методы создания и исследования / В. В. Щербаков. – Екатеринбург, 2002. – 32 с.
16. Ефремов, А. Ю., Максимов Д. Ю. Сетецентрическая система управления – что вкладывается в это понятие / А. Ю. Ефремов, Д. Ю. Максимов. – М., 2010.

*Сведения об авторах:

Касанин Сергей Николаевич,

«Научно-исследовательский институт технической защиты информации»;

Паскробка Сергей Иванович,

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

Родионов Андрей Александрович,

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Статья поступила в редакцию 28.04.2017 г.