МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ ФЕЛЬДЪЕГЕРСКО-ПОЧТОВОЙ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Муратханов Д. Д.[1]

Ключевые слова. *Фельдъегерско-почтовая связь, подсеть, экипаж ФПС, протяженность маршрута, объем корреспонденции, эффективность.*

Цель исследования. *Разработка методики оценки эффективности функционирования сети фельдъегерско-почтовой связи*

Метод исследования. *В качестве основного метода исследования использован системный анализ, а также математические модели различных классов.*

Результат. *В работе рассмотрена методика оценки эффективности функционирования сети фельдъегерско-почтовой связи с учетом деструктивного воздействия противника, новых форм и способов построения сети. Представленная методика позволяет должностным лицам органов управления фельдъегерско-почтовой связи оценивать эффективность сети фельдъегерско-почтовой связи с учетом разработанной структуры.*

Практическая полезность и новизна *исследования заключается в разработке новой методики, которая позволит пересмотреть процесс планирования и организации сети ФПС.*

ВВЕДЕНИЕ

Организация фельдъегерско-почтовой связи — это управленческая деятельность должностных лиц по ФПС, направленная на всестороннюю, качественную подготовку, развертывание и эффективное применение сети ФПС в операциях [5]. Организация ФПС рассматривается с точки зрения создания наиболее благоприятных условий для построения и функционирования сети ФПС, а также разработки алгоритмов деятельности, обеспечивающих достижение её целей. Применение должностными лицами методики оценки эффективности дает возможность не только расчета достигаемого сетью эффекта (выполнение поставленных задач) и затраченных при этом ресурсов, но и моделирования любого из процессов, существенно влияющих на достижение целей функционирования сети. Методика оценки позволяет обеспечить эффективное применение сети ФПС для высокой неопределённости условий ее применения при воздействии противника. Получить расчетные значения для качественного принятия решений на организацию ФПС в предстоящей операции.

Для исследования сети ФПС определяющим положением является выбор общей методологии исследования - системного подхода [2], с присущими ему аспектами (рис.1) и принципами (рис. 2):

РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

Так как сеть ФПС является сложной системой, ее рассмотрение предлагается осуществить на основе принципов системного подхода. В качестве основного метода исследования определяем - системный анализ, который предполагает использование как логико-эвристических неформальных процедур, так и математических моделей различных классов. Системный подход представляет собой совокупность общих принципов и рекомендаций, определяющих научную и практическую деятельность исследователя при анализе и синтезе сложных систем [1].

Анализ известных математических методик оценки эффективности [4] сетей связи показывает, что качество организации сети связи представляется парой показателей, отражающих прогнозируемую эффективность применения сети связи в предстоящей операции $К^{с}_{ПР}$ и качество организации проведенного планирования ($К_{ПЛ}$).

$$К_{ОС} = \langle К^{с}_{ПР}, К_{ПЛ} \rangle \quad (1)$$

Рассматриваемая пара показателей позволяет получить наиболее принципиальную информацию о прогнозируемых результатах управленческой деятельности по подготовке сети свя-

[1] Муратханов Дмитрий Дмитриевич, начальник пункта управления фельдъегерско-почтовой связи Центрального аппарата Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва. E-mail: Murathanov9754@yandex.ru

DOI 10. 24682/2222-5555-2024-1-101-112

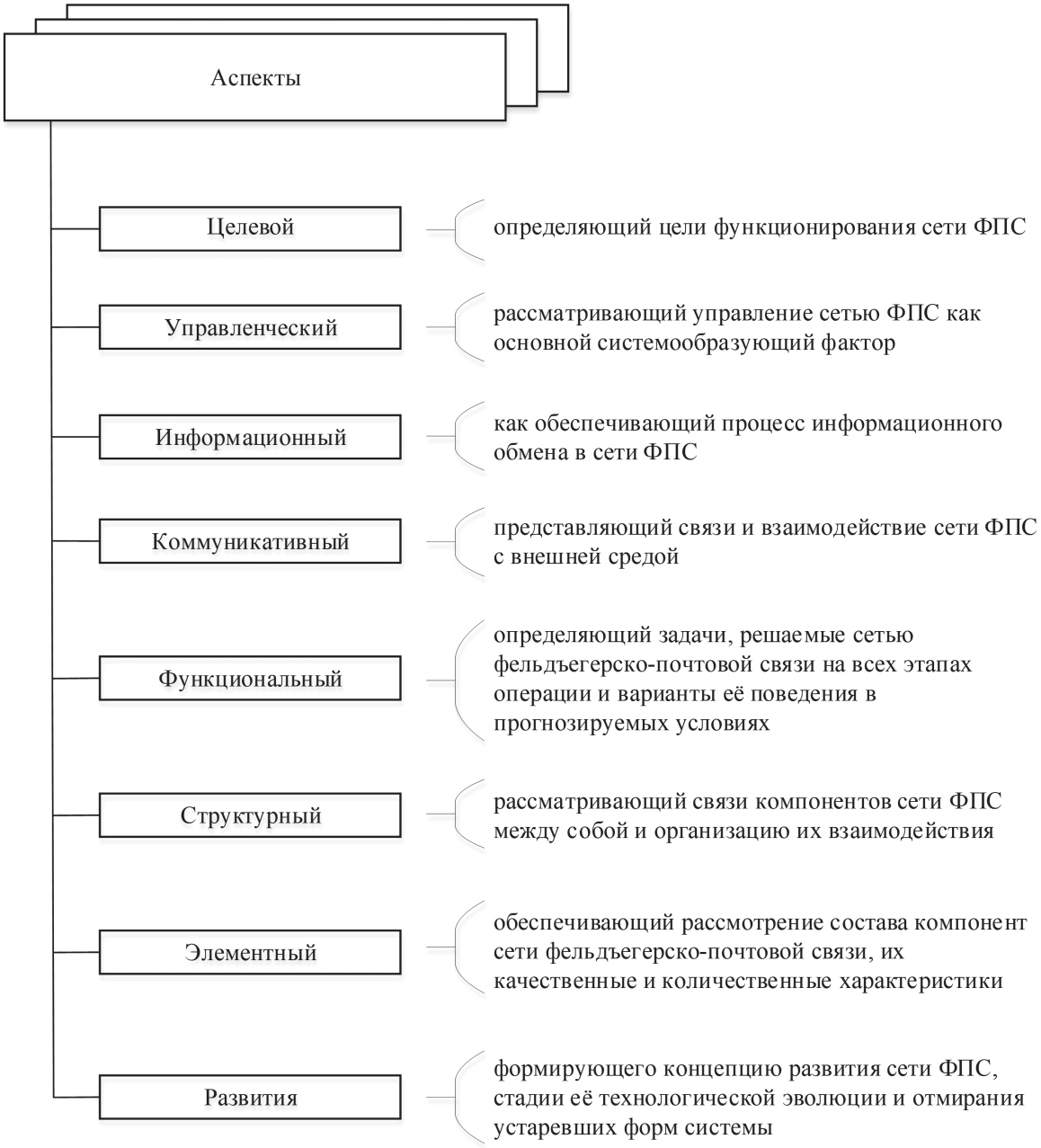

Рис. 1. Аспекты, рассмотрения сети ФПС

зи к предстоящему применению, но, ввиду специфики сети ФПС, не в полной мере соответствует цели ее функционирования.

Для обеспечения объективности анализа осуществляется декомпозиция исследуемой системы. При этом, в сети ФПС специального назначения в операциях существуют две подсети: подсеть срочных отправлений (СО) и подсеть воинских отправлений (ВО). Основным назначением подсети СО является выполнение следующей задачи: своевременная доставка в штабы и войска срочных отправлений, обеспечивающих оперативное управление войсками при подготовке и в ходе операции. Для оценки степени выполнения задач [8] подсетью СО выбран следующий показатель - вероятность выполнения задач экипажами фельдсвязи за сутки операции (Q).

Основным назначением подсети ВО является обеспечение служебной и секретной перепиской, между штабами, учреждениями и другими органами управления, а также предоставление услуг почтовой связи личному составу частей

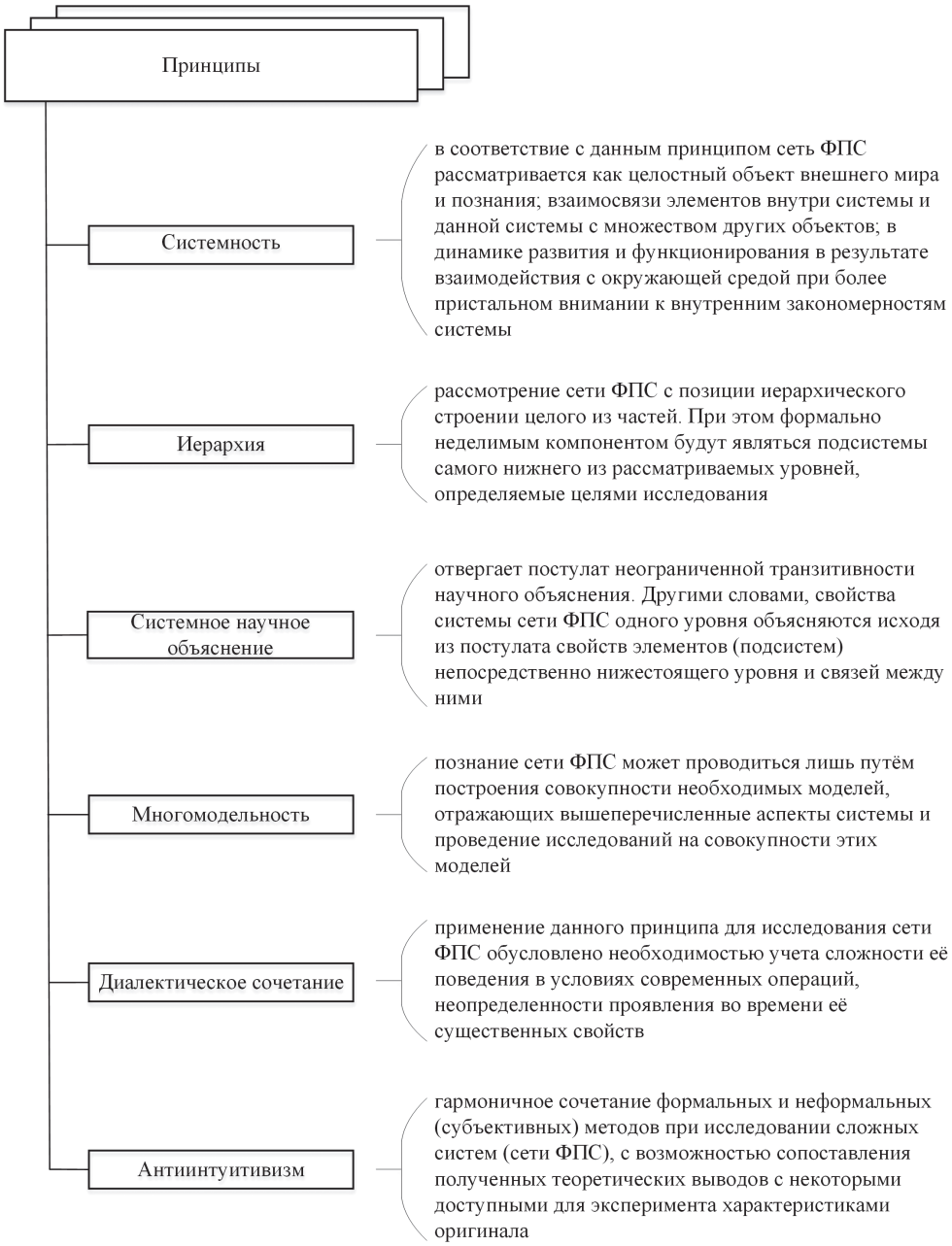

Рис. 2. Аспекты, рассмотрения сети ФПС

и воинским подразделениям в форме доставки им почтовых отправлений и периодической печати. Показателем степени выполнения задач подсетью ВО выбран объем отправлений, обрабатываемых и доставляемых подсетью за сутки операции - λ_{Σ}.

Важным этапом в проведении исследования сети ФПС в предстоящей операции является выделение её существенных свойств. Существенные свойства – это свойства, оказывающие решающее (наибольшее) влияние на качество системы с учетом цели её функционирования [9].

Такими существенными свойствами функционирования подсетей СО, как процесса доставки срочных отправлений, и подсети ВО, как процесса обеспечения плановой служебной переписки, в том числе и секретной, а также отправки почтовых отправлений в операциях является своевременность и ресурсопотребление [10].

Своевременность является одним из важнейших свойств исследуемых подсетей при их функционировании в условиях всех видов воздействия противника, в результате которого предполагается разрушение железнодорож-

ной сети, аэродромов, блокирование авиации и автомобильных дорог [6]. Она характеризуется способностью подсетей СО и ВО доставлять секретные и почтовые отправления в установленные сроки в условиях комплексного воздействия противника.

$$t_{\text{дост}} \geq t^{*}_{\text{дост}}, \quad (2)$$

где: $t_{\text{дост}}$ и $t^{*}_{\text{дост}}$ – требуемое и прогнозируемое время доставки отправлений.

Ресурсопотребление, наблюдаемое при функционировании подсетей СО и ВО рассмотрено, как затраты подсетей при выполнении свих задач. В качестве затраченных для достижения цели ресурсов целесообразно выбрать расход моторесурсов (Z) для обеспечения доставки потоков всех типов отправлений, пропорциональных длине маршрутов:

$$Z = \sum_{i=0}^{N} L_{\Pi i}, \quad (3)$$

где: $L_{\Pi i}$ – путь пройденный ПСС по i-му маршруту, N – количество спланированных маршрутов.

Еще одно существенное свойство исследуемой сети ФПС, которое позволяет решать свою основную задачу по управлению войсками в прогнозируемых условиях функционирования в операции является – устойчивость [7]. Лишь обладая в необходимой степени устойчивостью, подсеть СО в операции выполняет основное функциональное предназначение – обеспечить обработку и доставку срочных отправлений в необходимом для управления войсками объёме и с заданным качеством.

Устойчивость подсетей СО и ВО представляется способностью выполнять стоящие задачи по доставке срочных и воинских отправлений в условиях всех видов воздействия противника. Количественно устойчивость (Q) оценивается с помощью вероятности поражения доставочных средств в условиях всех видов комплексного воздействия противника ($P^{\text{псс}}_{\text{ком}}$).

$$Q = 1 - \text{P}^{\text{псс}}_{\text{ком}} \quad (4)$$

$$\text{P}^{\text{псс}}_{\text{ком}} = \left(\text{P}_{\text{дрг}}, \text{P}_{\text{пор}}, \text{P}_{\text{бпла}}, \text{P}_{\text{во}}\right), \quad (5)$$

где: $\text{P}_{\text{пор}}$ – вероятность поражения ПСС в условиях комплексного воздействия противника;
$P^{\text{псс}}_{\text{ком}}$ – вероятность захвата ПСС силами ДРГ противника;
$\text{P}_{\text{дрг}}$ – вероятность косвенного огневого поражения ПСС;
$\text{P}_{\text{бпла}}$ – вероятность обнаружения и поражения ПСС силами БПЛА;
$\text{P}_{\text{во}}$ – вероятность поражения ПСС высокоточным оружием противника.

По перечисленным свойствам сети ФПС объединения в предстоящей операции к ней предъявляются требования, уровень которых определяется требованиями направления к связи по своевременности доставки всех видов сообщений. Характер этих требований и их количественные показатели вытекают из характера современных операций, оперативных и физико-географических условий театра военных действий и потребностей системы управления, что также позволяет перейти к оценке эффективности функционировании сети ФПС.

Эффективность сети ФПС специального назначения возможно оценить лишь в процессе её функционирования в ходе операции [8]. При этом разные варианты сети могут иметь разную приспособленность к выполнению поставленных перед ними задач по обработке и доставке секретной и почтовой корреспонденции. В этом случае и степень соответствия, требуемого (желаемого) и реально достигаемого результатов при функционировании сетей фельдъегерско-почтовой связи будет различной. В итоге эффективность представляет качество процесса функционирования сети, что позволяет говорить также и об эффективности принимаемого решения на организацию фельдъегерско-почтовой связи. Таким образом, эффективность обработки и доставки секретной и почтовой корреспонденции в процессе функционирования сети ФПС в операции, эффективность решения на организацию фельдъегерско-почтовой связи и прогнозирование этого же процесса в ходе планирования ФПС, будет считаться идентичными понятиями на основе общности цели и у решения, и у сети ФПС.

Под эффективностью рассматривается свойство сети ФПС соответствовать своему предназначению при функционировании в ходе операции с учётом всех видов затрачиваемых при этом ресурсов и воздействий противника.

Оценка эффективности функционирования сети ФПС является основной задачей при принятии решений и выборе лучшего из её вариантов. Под критерием эффективности рассмотрена характеристика (мера), которая выражает количественно эффективность каждого рассматриваемого решения и послужит основой для выбора лучшего из них. В научной литера-

туре широко используется векторный показатель «эффективность-стоимость» [11]. В этом случае при сравнении альтернативных вариантов сетей ФПС при одинаковых исходных условиях по числу, направлениям и объёму прогнозируемых задач, лучшим следует считать тот, который предполагает наименьший объём затрат при равном прогнозируемом эффекте.

Таким образом, оценка эффективности с одной стороны должна отражать характеристику результатов функционирования сети ФПС, а с другой - учитывать затрачиваемые для этого ресурсы. Поэтому использован широко распространённый способ оценки эффективности «эффект-затраты».

Оценку эффективности двух подсетей, сравнивающихся с предъявляемыми к ним требованиями, можно представить в виде двух кортежей показателей «Эффект-Затраты»,

$$\langle G^{\text{р}}_{\text{со}}, Z^{\text{р}}_{\text{со}} \rangle, \langle G^{\text{р}}_{\text{во}}, Z^{\text{р}}_{\text{во}} \rangle, \qquad G^{\text{р}}_{\text{со}} \geq G^{*}_{\text{со}}, G^{\text{р}}_{\text{во}} \geq G^{*}_{\text{во}} \qquad (6)$$

$G^{\text{р}}_{\text{со}}, G^{\text{р}}_{\text{во}}$ – предъявляемые требования (задачи) к фельдъегерской и почтовой связи;
$G^{*}_{\text{со}}$ $(G^{*}_{\text{во}})$ – реальный (прогнозируемый) эффект функционирования подсети фельдсвязи и почтовой связи, соответственно;
$Z^{\text{р}}_{\text{со}}, Z^{\text{р}}_{\text{во}}$ – затраты сил и средств на достижение полученного эффекта в подсетях.

Физический смысл эффекта функционирования подсети СО заключается в своевременной доставке срочных отправлений до получателей, независимо от объёма одновременно доставляемых отправлений. Показателем, отражающим сформулированный физический смысл эффекта для подсети СО выбрана вероятность своевременного выполнения задачи по доставке срочных отправлений до корреспондентов в определенный период операции, например, за сутки (Q_l). Численное значение показателя функционирования подсети СО определяется из следующего выражения:

$$G^{\text{р}}_{\text{СО}} = \frac{\sum_{l=1}^{N} \delta_l \cdot m_l}{n} \, | t_{\text{д}i} \leq t^{*}_{\text{д}i} \, , \qquad (7)$$

где:
$\delta_l = \begin{cases} 1, & \text{если } Q_l \geq 0.95 \\ 0, & \text{если } Q_l < 0.95 \end{cases}$ – индикаторная функция прогнозируемого выполнения задачами l-м экипажем. Значение $Q_l \geq 0.95$, установлено для информационных направлений первой категории [7].
Q_l – прогнозируемая вероятность выполнения задачи по доставки срочных отправлений l-м экипажем;
N – количество экипажей, задействованных в течении суток;
$\text{n}=\sum_{l=1} m_l$ – общее число отправлений, переданных для доставки экипажам подсети СО за сутки операции;
m_l – количество срочных отправлений, доставляемых за сутки операций l-м экипажем;
$t_{\text{д}i}$ и $t^{*}_{\text{д}i}$ – требуемое и прогнозируемое время доставки срочных отправлений.

Критерием соответствия эффекта функционирования подсети СО, предъявляемым к ней требованиям, является выполнение всех задач по доставке срочных документов.

При выполнении задач экипажами фельдсвязи могут возникнуть ряд объективных причин, затрудняющих или препятствующих их выполнению.

Основными из них могут быть:

- огневое поражение ПСС на маршруте;
- действия ДРГ по целенаправленному (случайному) захвату ПСС с экипажем фельдсвязи и перевозимыми документами;
- обнаружения и поражения ПСС силами БПЛА противника;
- поражения ПСС высокоточным оружием противника;
- технические неисправности ПСС в пути;
- завалы, пожары, разрушения или другие препятствия на спланированном маршруте.

Первые четыре причины однозначно ведут к срыву выполнения задачи l-м экипажем, а оставшиеся причины могут увеличить время доставки документов. Последние характерно как для наземных ПСС (автомобильных, БТР, БМП, танк, мотоцикл), так и для воздушных (вертолет, самолет), и морских (водных) ПСС. Данные условия представлены следующей системой выражений:

$$\begin{cases} Q_i = (1 - \text{Р}^{\text{псс}}_{\text{пор}i})(1 - \text{Р}^{\text{псс}}_{\text{дрг}i})(1 - \text{Р}^{\text{псс}}_{\text{бпла}i})(1 - \text{Р}^{\text{псс}}_{\text{вто}i}) \\ t_{\text{д}i} = f\,(L_{\text{м}i}, V, \text{Р}_{\text{гм}ig}, \text{К}^{\text{псс}}) \end{cases} \qquad (8)$$

$\text{Р}^{\text{псс}}_{\text{пор}i} = f(\rho_{\text{м}i}, L_{\text{м}i})$ – вероятность косвенного огневого поражения ПСС на i-м маршруте длинной $L_{\text{м}i}$ (км) и характеризующегося $\rho_{\text{м}i}\left(\frac{1}{\text{км}}\right)$ удельным коэффициентом прогнозируемого поражения подвижных точечных целей в g-ой зоне полосы обороны (наступления) подразделений;
$\text{Р}^{\text{псс}}_{\text{дрг}i} = f\left(\text{n}_{\text{дрг}}, \text{К}_{\text{охр}}, L_{\text{м}i}\right)$ – вероятность захвата n-го ПСС на маршруте силами ДРГ, зависящая от их количества $(n_{дрг})$ действующих в полосе под-

разделений, целей и тактики их действий; уровня охраны n-го ПСС ($K_{охр}$); протяженности маршрута ($L_{мi}$);

V_n – средняя скорость движения (по ТТХ) n-го ПСС;

$L_{мi}$ – протяженность i-го маршрута;

$P_{гмij}$ – вероятность готовности g-го участка i-го маршрута.

Захват срочных документов может повлечь за собой компрометацию замысла командующего, что может привести к срыву предстоящей операции. Следовательно, при планировании подсети СО должностные лица по ФПС должны предусмотреть тип средств доставки, соответствующий (по характеристикам мобильности и живучести) определенному объему, и обеспечить надлежащую его охрану на маршруте. Оценка мобильности на объектовом уровне должна, в первую очередь, зависеть от выбранного подвижного средства для своевременной доставки отправлений (n). Это зависит от типа подвижного средства, его загрузки (λ_{ji}), технической готовности ($К_{тг}^{псс}$), прогнозируемого поражения подвижной цели (ρ_{ji}) и протяжённости маршрута ($L_{мi}$), готовности маршрута ($P_{гмi}$) и допустимого времени доставки документов ($t_{д}^{доп}$).

$$\delta_{jin} = f\left(t_{д}^{доп}, \lambda_{ji}^{*}, К_{тг}^{псс}, Р_{гм}, L_{мi}, \rho_{ij}\right) \quad (9)$$

Если назначение подвижного средства позволяет обеспечить выполнение требований по каждому из перечисленных параметров выражения, то δ_{jin}=1. Если хотя бы один из параметров не обеспечивает необходимого уровня, то данное подвижное средство не удовлетворяет «расширенному» требованию мобильности.

В общем случае возможно применение элементов хитрости и военного искусства по вводу противника в заблуждение в отношении истинности маршрута отправки документов, одновременно используя обходные маршруты или использование ложных маршрутов. Таким образом, если все мероприятия по противодействию ДРГ, БПЛА и ВТО спланированы и будут выполнены, то вероятности захвата и уничтожения ПСС силами ДРГ, БПЛА и ВТО являются бесконечно малой величиной $(Р_{дрг i}^{псс} \to 0; Р_{бпла i}^{псс} \to 0; Р_{вто i}^{псс} \to 0)$, то выражение (4) примет вид:

$$Q_i = 1 - Р_{пор i}^{псс}. \quad (10)$$

Вероятность косвенного огневого поражения ПСС на маршруте зависит от протяжённости маршрута и его удаления, как от линии соприкосновения войск, так и от объектов первоочередного удара противника. При этом степень «опасности» любого g-го участка i-го маршрута выражается через удельный коэффициент прогнозируемого (реального) поражения подвижной цели (ρ_{ji}), физический смысл которого отражает вероятность поражения подвижного объекта при пробеге дистанции им одного километра данного g-го участка маршрута. Чем протяженнее участок i-го маршрута ($L_{мij}$) и чем выше его «опасность», тем выше вероятность поражения подвижного средства $Р_{пор i}^{псс}$ на данном маршруте. Для наилучшего результата на этапе прогноза живучести ПСС сети ФПС эту зависимость можно аппроксимировать следующим выражением:

$$Р_{пор i}^{псс} = 1 - \exp\left(-\rho_{ij} L_{мi}\right). \quad (11)$$

Учитывая, что весь i-ый маршрут может состоять из G участков различной протяженности и «опасности», то для всего маршрута вероятность поражения ПСС будет определяться следующим образом:

$$Р_{пор i}^{псс} = 1 - \exp\left(-\sum_{i=1}^{G} \rho_{ij} L_{мi}\right). \quad (12)$$

Подставляя данное выражение в (10):

$$Q_i = \exp\left(-\sum_{i=1}^{G} \rho_{ij} L_{мi}\right). \quad (13)$$

Выражение позволяет с достаточной точностью проводить расчёты, как для наземных средств доставки, так и для воздушных и морских (водных) ПСС, с той лишь поправкой, что для одной и той же местности «опасность» наземных (морских, водных) и воздушных маршрутов будет различной.

Из выражения (12) видно, что показатель вероятности выполнения задачи СО не учитывает своевременность доставки корреспонденции адресату. Анализ физических процессов [3], влияющих на своевременность выполнения задачи показывает, что она зависит от нормативной скорости выбранного средства доставки (V_n), протяжённости участков маршрута ($L_{мg}$) с различной вероятностью их готовности ($P_{гм}$) и от технической готовности средств доставки ($К_{тг}^{псс}$).

Прогнозируемое время доставки отправления l-ым экипажем может быть определено из выражения:

$$t_{дi}^{*} = \frac{1}{V_n К_{тг}^{псс}} \sum_{g=1}^{m} \frac{L_{мg}}{Р_{гм}}, \quad (14)$$

где: $L_{мg}$ – протяженность g-го участка i-го маршрута;

m – количество участков различной готовности.

Наиболее информативным, с точки зрения учета затраченных ресурсов, является показатель, отражающий суммарный суточный пробег подвижных средств с экипажами, выполняющими поставленные задачи. Тогда в любых ситуациях суммарный моторесурс ПСС объективно отражает затраты подсети СО, необходимые для решения поставленных задач. Более того, этот показатель способен учитывать пробег ПСС по обходным и ложным маршрутам. Выражение для расчета затрат подсети СО представлено в алгоритме оценки эффективности (рис. 3) и имеет следующий вид:

$$Z_{\text{СО}} = \sum_{g=1}^{N} L_{\text{п}g}\,, \qquad (15)$$

где: L_{ng} – путь пройденный ПСС при выполнении задания;
N – число независимых задач экипажам ФПС по доставке срочных отправлений за сутки.

Необходимо отметить, что L_{ng} в принципе отличается от L_{Mi} тем, что после доставки корреспонденции адресату экипаж может вернуться на станцию ФПС своего ПУ по другому маршруту, вследствие чего поменяется протяженность маршрута.

В отличие от подсети СО, физический смысл эффекта, создаваемого в процессе функционирования подсети ВО, выражается объемом реально доставленной адресатам секретной и почтовой корреспонденции, отнесенную к прогнозируемому для доставки объему отправлений

$$G_{\text{ВО}} = \frac{\lambda^{\text{р}}_{\sum\text{во}}}{\lambda^{*}_{\sum\text{во}}}\,|\{t_{\text{д}i} \geq t^{*}_{\text{д}i}\}, \qquad (16)$$

где: $\lambda^{\text{р}}_{\sum\text{во}}$ – объем реально доставленной корреспонденции в подсети ВО;
$\lambda^{*}_{\sum\text{во}}$– прогнозируемый объем плановых отправлений в подсети ВО;
$t^{*}_{\text{д}j}$ – время доставки j-го типа корреспонденции;
$t_{\partial j}$ – предельное (требуемое) время доставки корреспонденции j-го типа.

Суммарный объем потока отправлений складывается из всех частных потоков, которые циркулируют на каждом информационном направлении:

$$\lambda_{\sum\text{во}} = \sum_{b=1}^{N\text{ин}}(\lambda^{*}_{b} + \Delta\lambda_{b}), \qquad (17)$$

где: $\Delta\lambda_b$ – дополнительный объем потока отправлений, вызванный предшествующими ошибками (засылами) операторов при сортировке отправлений для b-го информационного направления;
$\lambda^{*}_{b} = \sum_{b=1}\lambda_{bj}$ – прогнозируемый поток отправлений на b-ом информационном направлении с учетом всех (λ^{*}_{bj}) типов корреспонденции ($j=1....S$);
$N_{ин}$ – общее количество информационных направлений, включенных в подсеть ВО.

Организационно корреспонденты различных информационных направлений обеспечиваются ФПС через различные узлы, станции и обменные пункты сети ФПС, с учетом их территориального тяготения и расположением относительно спланированных маршрутов для средств доставки. В этом случае потенциальная пропускная способность (λ_{Σ}) подсети ВО составит следующую величину:

$$\lambda_{\sum\text{во}} = \sum_{t=1}^{N\text{уфпс}}\delta_{tkbi}\sum_{k=1}^{N\text{сфпс}}\delta_{kbi}\sum_{i=1}^{N\text{м}kt}\delta_{bi}\sum_{b=1}^{N\text{ин}b}(\lambda^{*}_{b} + \Delta\lambda_{b}), \qquad (18)$$

где: $N^{уфпс}$ – количество развернутых УФПС;
$N^{сфпс}$ – количество СФПС, обслуживаемых t-ым УФПС;
$N^{мkt}$ – количество маршрутов, организованных от k-ой СФПС или t-го УФПС;
$N^{инi}$ – количество корреспондентов, включенных в i-й маршрут;
$\delta^{tkbi} = 1$, если t-ый УФПС (k-ая СФПС, i-ый маршрут) участвует в доставке почтовых отправлений на b-ом информационном направлении;
$\delta^{tkbi} = 0$, в противном случае.

Выражение описывает полный грузооборот подсети ВО, который прогнозируется или может быть реально выполнен во время операции без учёта возможного воздействия противника и других дестабилизирующих факторов, при выполнении условия:

$$\lambda_{\sum\text{во}} \geq \lambda^{*}_{\sum\text{во}}\,. \qquad (19)$$

В ходе операции реально функционирующая подсеть ВО может подвергаться как целенаправленному, так и косвенному воздействию противника, что выразится в снижении её устойчивости. Устойчивость подсеть ВО должна оцениваться на объектовом и сетевом уровнях. Показателями объектовой устойчивости рассматриваются вероятности выживания пунктов обработки отправлений (УФПС, СФПС, обменные пункты) и средства доставки. На сетевом уровне устойчивость оценивается через конечный эффект боевого применения сети - суточный объём реально доставленной корреспонденции

DOI 10. 24682/2222-5555-2024-1-101-112

Исходные данные

$$L_{\text{М}};\ \rho_i;\ \text{Р}_{\text{ГМ}i};\ t_{\text{д}}^{\text{доп}};\ K_{\text{тг}}^{\text{псс}};\ V_n;\ N_{\text{уфпс}};\ N_{\text{сфпс}};\ N_{\text{ин}};\ N_{\text{м}};\ R_{\text{п}};\ \delta_\gamma;$$

Расчет вероятности успешного выполнения задачи по доставке срочной отправлений

$$Q_i = (1 - \text{Р}_{\text{пор}i}^{\text{псс}})(1 - \text{Р}_{\text{дрг}i}^{\text{псс}})(1 - \text{Р}_{\text{бпла}i}^{\text{псс}})(1 - \text{Р}_{\text{вто}i}^{\text{псс}})$$

$$\delta_{jin} = f(t_{\text{д}}^{\text{доп}}, \lambda_{ji}^*, \text{К}_{\text{тг}}^{\text{псс}}, \text{Р}_{\text{гм}}, L_{\text{м}}, \rho_{ij}) \qquad \text{Р}_{\text{дрг}}^{\text{псс}}, \text{Р}_{\text{бпла}i}^{\text{псс}}, \text{Р}_{\text{вто}i}^{\text{псс}} = f(\delta) \to 0$$

$$\text{Р}_{\text{пор}i}^{\text{псс}} = 1 - \exp\left(-\sum_{j=1}^{G} \rho_{ij} L_{\text{м}i}\right)$$

Расчет своевременности выполнения задачи

$$t_{\text{д}i}^* = \frac{1}{V_n\ \text{К}_{\text{тг}}^{\text{псс}}} \sum_{g=1}^{m} \frac{L_{\text{м}g}}{\text{Р}_{\text{гм}}}$$

Расчет моторесурса подсети СО

$$Z_{\text{СО}} = \sum_{g=1}^{N} L_{\text{п}g}$$

Оценка эффекта функционирования подсети СО

$$G_{\text{СО}}^{\text{р}} = \frac{\sum_{l=1}^{N} \delta_l \cdot m_l}{n} \,|t_{\text{д}i} \le t_{\text{д}i}^* \qquad \delta_i = \begin{cases} 1, & \text{если } Q_i \ge 0.95 \\ 0, & \text{если } Q_i < 0.95 \end{cases}$$

$$\langle G_{\text{СО}}, Z_{\text{СО}} \rangle$$

Оценка эффективности функционирования подсети СО

Рис. 3. Расчет эффективности подсети СО

$$\lambda_{\text{во}}^{\text{р}} = \sum_{t=1}^{N\text{уфпс}} \delta_{tkbi} \sum_{k=1}^{N\text{сфпс}} \delta_{kbi} \sum_{i=1}^{N\text{м}kt} \delta_{bi} \sum_{b=1}^{N\text{инв}} (\lambda_b^* + \Delta\lambda_b), \quad (20)$$

где: $\delta_{tkbi} = \begin{cases} 1, \text{ если } \text{Р}_{\text{выж}} \geq 0.8 \\ 0, \text{в противном случае} \end{cases}$ – индикаторная функция.

Выражение учитывает конечную живучесть узлов ФПС ($\text{Р}_{\text{выж}}^{\text{уфпс}}$), станций ($\text{Р}_{\text{выж}}^{\text{сфпс}}$) и подвижных средств ($\text{Р}_{\text{выж}}^{\text{псс}}$). Анализ тактики огневого поражения целей вероятного противника показывает, что ни один из элементов сети ФПС не заключается в план целенаправленного огневого поражения противника. Следовательно, оценка объектовой устойчивости (живучести) элементов сети [6] ФПС ограничивается рассмотрением косвенного воздействия противника. Выживание элементов сети ФПС в большей степени будет зависеть от того, как они размещаются на местности относительно элементов оперативного построения войск и других потенциально опасных объектов.

Для расчёта вероятностей выживания пунктов обработки корреспонденции (УФПС, СФПС, ОП) взята методика [10], позволяющая учесть удаление элементов сети от объектов целенаправленного поражения и характеристики применяемых огневых средств противником.

$$\text{Р}_{\text{выж}}^{g} = \begin{cases} 0{,}5 - \phi\left(R - \sqrt{R_{\text{по}}^2} - 1\right), \text{ при } R \leq 1{,}5 \text{ км и } R_{\text{по}} > 3\text{км} \\ \text{при } R \geq 1{,}5\text{км и } R_{\text{по}} > 1{,}8 \text{ км} \\ 1 - \left(\frac{R_{\text{по}}^2}{2+0{,}5R_{\text{по}}^2} exp\left[\frac{R^2}{2+0{,}5R_{\text{по}}^2}\right]\right), \text{при } R \leq 1{,}5\text{км и } R_{\text{по}} > 1\text{км} \\ 1 - \left(1 - exp\left[-\left[\frac{R^2}{1{,}813-0{,}0159R^2}\right]^2\right]\right), \text{при } R \leq 1{,}5 \text{ км и} \\ 1 \text{ км} \leq R_{\text{по}} \leq 3 \text{ км} \end{cases}, \quad (21)$$

где: $\phi(x)$ – интеграл вероятности Лапласа;
$\text{R}=\frac{\alpha}{\delta_\gamma}$; $R_{\text{по}}=\frac{R}{\delta_\gamma}$.
R_n – радиус приведенной зоны поражения, км;
δ_γ – условное среднеквадратичное отклонение эпицентра взрыва от точки прицеливания;
α – удаление элемента сети от объекта огневого удара.

При наличии информации о типах средств поражения и месте их применения, можно рассчитать удаление, на котором элементы сети ФПС будут сохранять свою работоспособность с некоторой вероятностью.

В соответствии с выражением (12) вероятность выживания ПСС на маршруте будет рассчитана аналогичным образом:

$$\text{Р}_{\text{выж}g}^{\text{псс}} = exp - \left(\sum_{g=1}^{N_{\text{оп}}} \rho_{ig} L_{\text{М}ig}\right), \quad (22)$$

где: $\rho_{ij}(\frac{1}{\text{км}})$ – удельный коэффициент поражения ПСС на g-ом участке i-го маршрута;
L_{Mij} (км) – протяженность g-го участка i-го маршрута;
$N_{оп}$ – количество участков различной «опасности».

Время нахождения любого типа отправлений в подсети ВО состоит из времени транспортировки корреспонденции от узла ФПС до адресата по всем включенным в цепь маршрутам и времени на обработку (сортировку) документов на узлах и станциях ФПС:

$$t_{\text{Д}pj}^{\text{во}} = t_{\text{Т}pj}^{\text{во}} + t_{\text{обр}j}^{\text{во}}, \quad (23)$$

где: $t_{\text{Д}pj}^{\text{во}}$ – время доставки j-го типа отправлений р-му адресату в подсети ВО;
$t_{\text{Т}pj}^{\text{во}}$ – время транспортировки j-го типа отправлений от УФПС до р-го адресата;
$t_{\text{обр}j}^{\text{во}}$– время обработки j-го типа отправлений для всех адресатов.

При этом должно выполняться следующее ограничение:

$$t_{\text{Д}pj}^{\text{во}} \geq t_{\text{Д}pj}^{\text{во}^*}, \quad (24)$$

где: $t_{\text{Д}ij}^{\text{во}}$ – предельное время доставки j-го типа отправлений p-му адресату.

Эти данные приводят к выводу, что при организации работы подсети необходимо ориентироваться на своевременность доставки отправлений с наименьшими предельными сроками, т.е. на своевременную доставку газет и секретных отправлений. Для этой цели необходимым и достаточным является планирование не менее одного маршрута в сутки на каждом информационном направлении. Сосредоточение усилий всех должностных лиц по ФПС на бесперебойном функционировании спланированного графика работы подвижных средств на маршрутах обеспечит своевременную доставку всей корреспонденции.

Оценка своевременности доставки отправлений в общем за подсеть будет удовлетворительной, если соотношение (24) будет выполняться для самых удалённых корреспондентов сети.

$$t_{\text{Д}pj}^{\text{во}} = max \;\; t_{\text{Д}pj}^{\text{во}} \;\; \geq t_{\text{Д}pj}^{\text{во}^*} \quad (25)$$

Исходные данные

$$L_{\text{М}};\ \rho_i;\ \text{Р}_{\text{ГМ}i};\ t_{\text{д}}^{\text{доп}};\ K_{\text{тг}}^{\text{псс}};\ V_n;\ N_{\text{уфпс}};\ N_{\text{сфпс}};\ N_{\text{ин}};\ N_{\text{м}};\ R_{\text{п}};\ \delta_\gamma;\ \lambda_{ij}$$

Расчет потенциальной пропускной способности подсети ВО

$$\lambda_{\Sigma_{\text{во}}} = \sum_{t=1}^{N\text{уфпс}} \delta_{tkbi} \sum_{k=1}^{N\text{сфпс}} \delta_{kbi} \sum_{i=1}^{N\text{м}kt} \delta_{bi} \sum_{b=1}^{N\text{ин}b} (\lambda_b^* + \Delta\lambda_b)$$

$$\text{Р}_{\text{выж}}^{\text{уфпс(сфпс)}} = f(\alpha, R_0, \delta_\gamma)$$

Расчет живучести основных элементов подсети ВО

Расчет живучести ПСС на маршрутах

$$\text{Р}_{\text{выж}g}^{\text{псс}} = exp - \left(\sum_{g=1}^{N_{\text{оп}}} \rho_{ig}\, L_{\text{М}_{ig}} \right)$$

Расчет реальной пропускной способности подсети ВО

$$\lambda_{\text{во}}^{\text{р}} = \sum_{t=1}^{N\text{уфпс}} \delta_{tkbi} \sum_{k=1}^{N\text{сфпс}} \delta_{kbi} \sum_{i=1}^{N\text{м}kt} \delta_{bi} \sum_{b=1}^{N\text{ин}b} (\lambda_b^* + \Delta\lambda_b) \qquad \delta_{tkbi} = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{Р}_{\text{выж}} \geq 0.8 \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$\max\left\{t_{\text{Д}_{pj}}^{\text{во}}\right\} = max\left\{t_{\text{Т}_{pj}}^{\text{во}}\right\} + t_{\text{обр}_j}^{\text{во}}, \text{где: } t_{\text{Т}pj}^{\text{во}} = \sum_{n=1}^{N} \frac{L_{\text{М}in}}{\bar{V}_n K_{\text{ТГ}_n}^{\text{псс}} P_{\text{ГМ}_{in}}} \qquad t_{\text{обр}}^{\text{во}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{ин}}} \lambda_{ji}}{\xi_j r_j}$$

Расчет своевременности доставки ВО

Расчет моторесурса на обеспечение функционирования подсети ВО

$$Z_{\text{во}} = \sum_{i=1}^{M} L_{\Pi i}$$

Оценка эффекта функционирования подсети ВО

$$G_{\text{во}} = \frac{\lambda_{\Sigma_{\text{во}}}^{\text{р}}}{\lambda_{\Sigma_{\text{во}}}^{*}} \,|\left\{t_{\text{д}i} \geq t_{\text{д}i}^{*}\right\}$$

$$\langle G_{\text{ВО}}, Z_{\text{ВО}} \rangle$$

Оценка эффективности функционирования подсети ВО

Рис. 4. Расчет эффективности подсети ВО

Время доставки отправлений наиболее удаленному корреспонденту

$$\max\left\{t_{\text{Д}pj}^{\text{во}}\right\} = max\left\{t_{\text{Т}_{pj}}^{\text{во}}\right\} + t_{\text{обр}_j}^{\text{во}} \qquad (26)$$

Для общего случая время транспортировки

$$t_{\text{Т}pj}^{\text{во}} = \sum_{n=1}^{N} \frac{L_{\text{М}in}}{\bar{V}_n K_{\text{ТГ}_n}^{\text{псс}} P_{\text{ГМ}_{in}}}, \qquad (27)$$

где:

N – количество разнотипных ПСС (наземных, авиационных, морских), последовательно задейство-

ванных в доставке j-го типа корреспонденции p-му адресату;

L_{Min} – протяженность маршрута, пройденного n-ым типом ПСС;

$\bar{V}_n$ – средняя скорость движения n-го типа ПСС;

$K_{ТГ_n}^{ПСС}$ – показатель технической готовности n-го типа ПСС;

$P_{ГМ_{in}}$ – вероятность готовности маршрута для n-го типа ПСС.

Время на обработку j-го типа отправлений зависит от его среднесуточного объема ($\lambda_{j\Sigma}$), производительность операторов (ξ_j) и количества операторов в рабочей смене (r_j):

$$t_{обр}^{во} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{ин}} \lambda_{ji}}{\xi_j r_j} \quad (28)$$

Для самого оперативного типа корреспонденции – секретных отправлений и газет – анализ выражений (27 и 28) приводит к выводу: чтобы выполнить условие (24), необходимо сократить время на обработку отправлений за счёт повышения производительности труда или числа операторов и планировать для удалённых адресатов наиболее мобильные и надежные средства доставки, вплоть до авиационных.

Для менее оперативных типов отправлений их обработка может осуществляться более длительное время, а доставка данной корреспонденции может осуществляться на следующие сутки. Однако и на обработку неоперативных типов отправлений также накладывается определенное ограничение. Оно связано с тем, что если за рабочие сутки не обработать всю поступившую на узел (станцию) ФПС корреспонденцию, то на следующие сутки возникнет двойное отставание в обработке, что вызовет нарастание в арифметической прогрессии необработанной корреспонденции и, в конечном счете, сбой в работе всей сети ФПС. Следовательно:

$$t_{обр}^{во} \leq 1 \text{ сутки} \quad (29)$$

Определив методики расчета основных показателей (рис. 4), однозначно отражающих цель функционирования подсети ВО, по аналогии с СО, в качестве показателя затраченных ресурсов на достижение эффекта – суммарный расход моторесурса для обеспечения доставки всех типов отправлений.

$$Z_{во} = \sum_{i=1}^{M} L_{Пi}, \quad (30)$$

где: $L_{Пi}$ – путь пройденный ПСС по i-му маршруту;

M – количество спланированных маршрутов в графике работы подвижных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная методика приемлема не только при исследовании функционирования существующей сети ФПС специального назначения, построенной с использованием традиционных способов организации фельдъегерско-почтовой связи, но и при планировании сети должностными лицами по ФПС на предстоящую операцию. При применении представленной методики должностные лица ФПС смогут качественно и оперативно распределять ресурсы сети ФПС при ее планировании перед операции, учитывая практически все неопределенности условий со стороны действия противника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Звягин Л.С. Системный анализ на новое направление исследования процессов управления // Журнал «Молодой ученный». – 2014. - № 3(62)
2. Гулый А.М. Методологическая роль системного подхода в управленческой деятельности военных кадров // Журнал «Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии». – 2021. - № 2(15)
3. Билятдинов К.З. Правила составления и вычитания матриц значений по двум группам показателей для оценки качества больших технических систем // Журнал «International journal of open information technologies». – 2022.
4. Арифджанова Н.З. Оценка эффективности логистической деятельности // Журнал «Промблемы современной науки и образования». – 2022.
5. Филиппенко О.Г., Сузый А.Б., Прикня А.О. О перспективах развития и совершенствования ФПС в ВС РФ // Журнал «Военная мысль». – 2023.
6. Величко В. В. Модели и методы повышения живучести современных систем связи // Горячая линия – Телеком, 2016. – 270 с.
7. Еремин С. А. Методическая основа расчета устойчивости системы связи // Вестник связи. – 2016. – №12.
8. Иванов В. Г. Система показателей качества оценивания эффективности процесса функционирования системы связи группировки войск (сил) / Иванов В. Г., Астахов А.И., Сарафанников В.С., Кривцов С.П., Захарченко А.С.// Стратегическая стабильность. – 2020. № 3/92

9. Никоноров В.М. Системы, сущность и свойства // Журнал «Российское предпринимательство» – 2015.
10. Боговик А.В. Эффективность систем военной связи и методика ее оценки – СПб ВАС, 2006.
11. Кашина Е.В., Каширина В.М. Стоимость как интегрированный показатель эффективности // Вестник КрасГАУ – 2014.

METHODS FOR EFFICIENCY EVALUATION OF POSTAL AND COURIER COMMUNICATION SPECIAL-PURPOSE NETWORK

Muratkhanov D. D. [1]

Keywords: *postal and courier communication, subnet, postal and courier communication crew, route distance, mail extent, efficiency.*

Objective of the study. *The developing of methods for efficiency evaluation of postal and courier communication network.*

Research method. *The main research method is system analysis, as well as mathematical models of various classes.*

Result. *The article discusses methods for efficiency evaluation of postal and courier communication network with consideration to destructive impact of the enemy and the network realization. Due to this methods officers of postal and courier communication can estimate efficiency the structure of postal and courier communication network.*

The scientific novelty *of the study consists in developing a new methodology that will allow to reconsider the planning and organization process of postal and courier communication network.*

REFERENCES

1. Zvjagin L.S. Sistemnyj analiz na novoe napravlenie issledovanija processov upravlenija // Zhurnal «Molodoj uchennyj». – 2014. - № 3(62)
2. Gulyj A.M. Metodologicheskaja rol' sistemnogo podhoda v upravlencheskoj dejatel'nosti voennyh kadrov // Zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo voennogo instituta vojsk nacional'noj gvardii». – 2021. - № 2(15)
3. Biljatdinov K.Z. Pravila sostavlenija i vychitanija matric znachenij po dvum gruppam pokazatelej dlja ocenki kachestva bol'shih tehnicheskih sistem // Zhurnal «International journal of open information technologies». – 2022.
4. Arifdzhanova N.Z. Ocenka jeffektivnosti logisticheskoj dejatel'nosti // Zhurnal «Promblemy sovremennoj nauki i obrazovanija». – 2022.
5. Filippenko O.G., Suzyj A.B., Priknja A.O. O perspektivah razvitija i sovershenstvovanija FPS v VS RF // Zhurnal «Voennaja mysl'». – 2023.
6. Velichko V. V. Modeli i metody povyshenija zhivuchesti sovremennyh sistem svjazi // Gorjachaja linija – Telekom, 2016. – 270 s.
7. Eremin S. A. Metodicheskaja osnova rascheta ustojchivosti sistemy svjazi // Vestnik svjazi. – 2016. – №12.
8. Ivanov V. G. Sistema pokazatelej kachestva ocenivanija jeffektivnosti processa funkcionirovanija sistemy svjazi gruppirovki vojsk (sil) / Ivanov V. G., Astahov A.I., Sarafannikov V.S., Krivcov S.P., Zaharchenko A.S.// Strategicheskaja stabil'nost'. – 2020. № 3/92
9. Nikonorov V.M. Sistemy, sushhnost' i svojstva // Zhurnal «Rossijskoe predprinimatel'stvo» – 2015.
10. Bogovik A.V. Jeffektivnost' sistem voennoj svjazi i metodika ee ocenki – SPb VAS, 2006.
11. Kashina E.V., Kashirina V.M. Stoimost' kak integrirovannyj pokazatel' jeffektivnosti // Vestnik KrasGAU – 2014.

[1] Dmitry D. Muratkhanov, Head of the Courier and Postal Communications Department of the Central Office of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow