

УДК 623.385.6

Постановка задачи на разработку модели функционирования системы технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления объединения в период непосредственной угрозы агрессии

Семенов С. С., Алисевич Е. А., Педан А. В., Смолеха А. В.

Описана модель функционирования системы технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления (ТОС и АСУ) объединения в период непосредственной угрозы агрессии, ее основные элементы и взаимосвязи между ними, процессы, протекающие в ней при выполнении техники связи, вышедшей из строя по причине воздействия различных факторов. Перспективным и опирающимся на современную мировую практику направлением дальнейшего совершенствования системы ТОС и АСУ является применение технологий радиочастотной идентификации и телеметрии за счет определения координат техники и имущества связи в динамике их перемещений в реальном масштабе времени или близком к реальному, а также использование информации о местоположении техники и имущества связи для оптимизации путей доставки с целью сокращения времени выполнения мероприятий системы технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления в объединении. Актуальность рассматриваемого вопроса позволила сформулировать **цель исследования** – повышение эффективности функционирования системы ТОС и АСУ объединения. Основным **результатом** работы явилось: выделены (и классифицированы в группы) факторы, которые воздействуют на функционирование системы ТОС и АСУ в объединении в период непосредственной угрозы агрессии; определены параметры, характеризующие моделируемую сложную организационно-техническую систему – систему ТОС и АСУ, а также рассмотрена деятельность специалистов подразделений технического обеспечения, имеющих определенную квалификацию и распределенных по различным уровням иерархии исследуемой системы. **Научная новизна** вышеуказанного направления работы заключается в разработке научно-методического обеспечения по учету техники и имущества связи с применением технологий радиочастотной идентификации и телеметрии. **Практическая значимость** направления работы заключается в возможности применения технических предложений должностными лицами в процессе учета техники связи на основе технологии радиочастотной идентификации в системе технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления.

Ключевые слова: система технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления, техника связи, технологии радиочастотной идентификации и телеметрии.

Введение

В условиях постоянно ужесточающихся требований, предъявляемых системой связи к системе технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления (ТОС и АСУ) по обеспечению высокой боевой готовности элементов и системы ТОС и АСУ в целом; по способности функционировать в условиях воздействия поражающих факторов всех видов оружия противника; по способности в установленные сроки развертываться, свертываться, изменять структуру в соответствии с обстановкой и по производственной мощности актуальной является задача повышения эффективности функционирования системы ТОС и АСУ с целью выполнения вышеуказанных требований. В то же время система технического обеспечения связи и АСУ является сложной организационно-технической

системой, функционирование и поведение которой зависит от воздействия многих случайных факторов.

Анализ характеристик существующей системы ТОС и АСУ в современных условиях с учетом основных особенностей функционирования её элементов показал, что наличие стохастических связей, неполнота и не детерминированность исходной информации, непредсказуемость воздействий оружия функционального поражения, информационных атак и др., невозможность проведения натурного эксперимента для изучения ее функционирования в период непосредственной угрозы агрессии и другие факторы вызывают затруднения в исследовании структуры системы ТОС и АСУ.

Таким образом, для исследования системы ТОС и АСУ актуальным становится применение такого метода моделирования, как имитационное моделирование. Данный метод позволит представить поведение элементов сложной системы и описать процесс восполнения поврежденной техники связи во времени, а также проанализировать различные алгоритмы управления им на модели.

Перспективным и опирающимся на современную мировую практику [1] направлением дальнейшего совершенствования системы ТОС и АСУ является применение технологий радиочастотной идентификации и телеметрии. Определения топологических координат техники и имущества связи в динамике их перемещений в масштабе времени близком к реальному, а также использование информации о ее состоянии позволит оптимизировать пути доставки и сократить время на выполнение мероприятий технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления в объединении и восполнения потерь.

Моделирование объекта исследования (сложной системы) – системы ТОС и АСУ – начинается с постановки задачи на моделирование [2].

В качестве предмета моделирования выступает процесс восполнения вышедшей из строя техники связи объединения в период непосредственной угрозы агрессии, а также деятельность специалистов подразделений технического обеспечения, имеющих определенную квалификацию и распределенных по различным уровням иерархии исследуемой системы. Последовательность функционирования органов системы ТОС и АСУ представляется как процесс обслуживания заявок, поступающих от системы связи [3].

На элементы системы ТОС и АСУ объединения в период непосредственной угрозы агрессии следует ожидать воздействия многих факторов. Среди них можно выделить три основные группы.

- 1) Неуправляемые факторы: поражающие воздействия; объективно существующие характеристики сил и средств системы ТОС и АСУ; физико-географические условия и т.п.
- 2) Вероятностные факторы: количество, трудоемкость, распределение степени поврежденности техники связи; влияние оружия функционального поражения, информационные атаки и др. на войска и

элементы системы связи объединения.

- 3) Регулируемые факторы: период проведения мероприятий ТОС и АСУ, поиск ближайшего резервного образца техники связи (с учетом выполнения требований по резервированию техники связи), его доставка по рассчитанному маршруту – S_z за время – $t_z_{дост.}$; перераспределение специалистов технического обеспечения и должностных лиц органов управления ТОС и АСУ в ходе функционирования системы.

Для учета этих факторов при построении модели определены параметры, характеризующие: структуру моделируемой системы; численность и распределение специалистов органов управления системы ТОС и АСУ по уровням иерархии; динамику поведения органов в различных ситуациях; характеристики условий эксплуатации техники связи в период непосредственной угрозы агрессии.

Первая группа параметров позволяет учесть как i -е вертикальные уровни иерархии войск, так и горизонтальное разбиение техники связи по формированиям войск и элементам системы связи объединения m_i . Модель представляется в виде системы массового обслуживания, имеющей трехуровневую структуру. Выбор такого количества иерархических уровней определяется различием в объемах и характере мероприятий по поддержанию требуемых качественных характеристик техники связи в различные периоды функционирования органов ТОС и АСУ.

На первом уровне происходит обслуживание заявок силами экипажей и подразделений технического обеспечения частей с использованием ресурса центра материально-технического обеспечения. Необслуженные заявки предполагается удовлетворять за счет специалистов органов ТОС и АСУ второго уровня системы.

Второй уровень предназначен для оказания помощи экипажам и подразделениям ТОС и АСУ первого уровня при превышении допустимой загрузки личного состава, за счет централизации ресурса подразделений технического обеспечения соединений и частей, непосредственно подчиненных данному уровню иерархии системы. При отказе в обслуживании, возникающем на втором уровне, функции восполнения выхода техники связи из строя возлагаются на третий уровень.

На третьем уровне происходит обслуживание заявок, которые не в состоянии обеспечить на первом и втором уровнях. Количество ресурсов данного звена управления, необходимое для проведения всего комплекса мероприятий технического обеспечения, определяется составом войск объединения, системой связи и требованиями по укомплектованности работоспособной техникой связи. В модели учитывается, что техника, требующая капитального ремонта, восполняется за счет ресурсов органов снабжения и довольствующего органа. При этом предполагается, что заявки, поступающие от третьего уровня, будут частично удовлетворяться.

Поток событий в рассматриваемой системе в общем случае принимается неоднородным ввиду его принадлежности к различным источникам заявок,

приоритетов, возможностей обслуживания различных уровней иерархии. Так на первом уровне системы все заявки обслуживаются без учета приоритетов в порядке поступления. При возникновении отказа на обслуживание на первом уровне заявки поступают на второй уровень, который производит их обработку через определенный интервал времени. Основная масса отказов элементов второго уровня возникает по тем же причинам, что и в первом. Аналогично происходит обслуживание на третьем уровне, за исключением того, что отказы на данном уровне происходят в том случае, когда время пребывания в очереди на обслуживание превышает величину, в течение которого образец техники связи должен быть приведен в работоспособное состояние или восполнен за счет доставки резервного по рассчитанному маршруту (S_z) за время ($t_{z\text{ досм.}}$).

С целью учета особенностей технического обеспечения и характеристик техники связи, определения квалификации специалистов подразделений ТОС и АСУ при проведении мероприятий технического обеспечения, вся совокупность техники связи разбивается на z групп. Выбор состава и содержания групп определяется в соответствии с [4] и, следовательно, обуславливает квалификацию специалистов подразделений ТОС и АСУ. При формировании модели учитываются следующие группы техники связи и автоматизированных систем управления:

- 1) станции космической связи (СКС);
- 2) радиостанции большой и средней мощности;
- 3) радиостанции малой мощности;
- 4) многоканальные тропосферные и радиорелейные станции;
- 5) малоканальные тропосферные и радиорелейные станции;
- 6) аппаратные (аппаратура) уплотнения;
- 7) радиоприемные узлы, аппаратные дистанционного управления, частотно-диспетчерской службы;
- 8) командно-штабные машины, машины автоматизированного управления;
- 9) специальная аппаратура (аппаратные) засекречивания (телеграфная, телефонная, фототелеграфная, передачи данных);
- 10) автоматические телефонные станции, телефонные и телеграфные аппаратные, кроссовые аппаратные;
- 11) вычислительные комплексы и абонентские пункты;
- 12) оконечные абонентские устройства и аппаратура (коммутаторы).

Данные группы техники связи и АСУ являются типичными при решении задач технического обеспечения. Принятое разбиение по группам может уточняться в зависимости от уровня новых разработок, технологий производства и ремонта и носит условный характер.

Структура модели характеризуется числом элементов в рассматриваемой системе. Их количество определяется оперативным составом войск, техникой связи, которая используется в системе связи и войсках объединения в период непосредственной угрозы агрессии. Эта величина является переменной и задается перед началом моделирования в исходных данных.

Вторая группа параметров модели отражает численность личного состава подразделений технического обеспечения – A^* , а также их распределение по специализации и уровням иерархии войск – a_{zi} . Варьируя показателями значения этих параметров определяется рациональная структура органов системы ТОС и АСУ.

К третьей группе параметров относятся общее количество заявок, поступивших в систему ТОС и АСУ – N_z , количество заявок, получивших отказ в обслуживании – $N_{z\text{отк}}$, количество заявок, выполненных на различных уровнях системы – N_{zi} , количество заявок, получивших отказ в обслуживании на каждом из уровней – $N_{zi\text{отк}}$. В отличие от ранее разработанных моделей функционирования системы ТОС и АСУ объединения в предлагаемой модели учитывается восполнение вышедшего из строя образца техники связи за счет ближайшего резервного образца ТС путем его поиска и доставки по рассчитанному маршруту (S_z) за минимальное время ($t_{z\text{досп.}}$), а также расчет и минимизация времени проведения технической разведки $\tau_{\text{разв.}}$, эвакуации $\tau_{\text{эв.}}$, ремонта $\tau_{\text{рем.}}$ и снабжения $\tau_{\text{снаб.}}$.

Кроме того, при разработке модели функционирования системы ТОС и АСУ объединения учитываются следующие параметры: оперативно-тактическая характеристика в период непосредственной угрозы агрессии конкретных условий – $Q_{\text{оп.-такт.}}$; допустимые ресурсы различного вида в системе ТОС и АСУ для проведения работ на i -том уровне иерархии войск – $R_{i\text{рес. доп.}}$; требуемый объем мероприятий по обеспечению требуемого качества техники связи в различные периоды действий объединения – $V_{\text{треб.}}(t)$; время реакции органов системы ТОС и АСУ на внешние воздействия – $T_{\text{реак.}}$; физико-географические условия, при (и на) которых выполняются задачи и мероприятия системой ТОС и АСУ объединения – $G_{\text{физ.-геогр.}}$.

Все указанные параметры определяют качество функционирования органов ТОС и АСУ объединения и системы в целом при проведении мероприятий технического обеспечения. Степень их влияния исследуется в процессе проведения экспериментов на разработанной модели [5].

Значения фактических возможностей органов определены в результате моделирования процесса функционирования системы ТОС и АСУ, а целевые – при расчете требуемых ресурсов органов системы в соответствии с потребностями войск и требованиями системы связи. Рассогласование между целевыми и фактическими возможностями обусловлено влиянием неуправляемых и вероятностных факторов и может быть снижено за счет регулируемой группы факторов, т.е. сокращением времени на поиск и доставку резервного экземпляра техники связи, комплекта ЗИП, комплекта ВТИ, перераспределением специалистов технического обеспечения и должностных лиц органов управления ТОС и АСУ в ходе функционирования системы.

Как уже указывалось, время выполнения основных работ проводимых органами ТОС и АСУ в период непосредственной угрозы агрессии является случайной величиной и включает несколько составляющих: длительности проведения технической разведки $\tau_{\text{разв.}}$, эвакуации $\tau_{\text{эв.}}$, ремонта $\tau_{\text{рем.}}$, снабжения

$\tau_{\text{снаб.}}$, время доставки z -го экземпляра техники связи – $t_{z \text{ дост.}}$ и т. д. Расчет параметров этой группы осуществляется по выражению:

$$\tau_{\Sigma} = b[(S/V) + \tau_{\text{разв.}} + \tau_{\text{эв.}} + \tau_{\text{рем.}} + \tau_{\text{снаб.}} + \tau_{\text{разв.}} + \tau_{\text{сверт.}} + z + t_{z \text{ поиска}} + t_{z \text{ дост.}}], \quad (1)$$

где b – количество перемещений органов ТОС и АСУ за время проведения мероприятия;

S – среднее расстояние одного перемещения органов ТОС и АСУ, км;

V – средняя скорость перемещения органов ТОС и АСУ, км/час;

$t_{\text{разв.}}$ – время развертывания органов ТОС и АСУ, час;

$t_{\text{сверт.}}$ – время свертывания органов ТОС и АСУ, час;

z – среднее время на организацию охраны, инженерное оборудование и т. д., час;

$t_{z \text{ поиска}}$ – время поиска z -го экземпляра техники связи, час;

$t_{z \text{ дост.}}$ – время доставки z -го экземпляра техники связи по рассчитанному маршруту (S_z), час;

При организации выполнения техники связи объединения в период непосредственной угрозы агрессии необходимо распределить специалистов органов системы ТОС и АСУ по уровням иерархии для того, чтобы удовлетворить заданные потребности войск в работоспособной технике при минимальных затратах времени и, тем самым, выполнить требования системы связи (предъявляемые к системе ТОС и АСУ по мобильности, боевой готовности элементов и системы в целом, живучести, производственной мощности).

Математическая постановка этой задачи может быть представлена в следующем виде.

Пусть имеется A_z^* специалистов технического обеспечения, требуется восполнить $N_z(t)$ единиц техники связи за время проведения мероприятия – t , которые отличаются степенью важности с точки зрения организации связи в объединении в период непосредственной угрозы агрессии, где степень важности восполнения техники связи i -го уровня системы ТОС и АСУ – c_i . Для всех $N_z(t)$ единиц техники связи ее значение будет задаваться совокупностью:

$$\{c_i; i=1, N_z(t)\}, \quad (2)$$

В связи с тем, что все образцы техники связи будут требовать различные объемы работ, то восполнение каждого из них будет характеризоваться вероятностью успешного выполнения мероприятий технического обеспечения P_i для любого уровня системы ТОС и АСУ. Задача распределения сводится к:

- 1) определению, какой ресурс, в частности специалистов технического обеспечения, выделить каждому уровню системы ТОС и АСУ при
- 2) достижении максимального выигрыша при решении задачи оптимизации маршрута доставки z -го экземпляра техники связи и минимизации времени его поиска (по принципу ближайший свободный – резервный) и доставки.

Если выделить i -му уровню системы a_i ресурс, то задача сводится к выбору такого распределения:

$$a = \{a_i; i=1, N_z(t)\}, \quad (4)$$

чтобы суммарный выигрыш в восполнении $N_z(t)$ образцов техники связи с учетом степени важности каждого из них:

$$\psi_i(c_i) = c_i[1 - (1 - P_i)^{a_i}], \quad (5)$$

был бы максимальным с учетом минимизации времени поиска z -го экземпляра техники связи и оптимизации маршрута его доставки:

$$\left\{ \begin{array}{l} F(a) = \sum_{i=1}^{N_z} c_i[1 - (1 - P_i)^{a_i}], \text{ при } a_i \geq 0 \\ \sum_{i=1}^{N_z} a_i = A_z^* \\ t_{z\text{поиска}}, t_{z\text{дост.}} \rightarrow \min \\ S_z \rightarrow \min \end{array} \right. \quad (6)$$

Таким образом, задача является нелинейной целочисленной задачей математического программирования, заключающейся в таком выборе набора a_i , чтобы целевая функция $F(a)$ была бы максимальной при выполнении условий (6).

Литература

1. Легкий Н. М. Активная радиочастотная идентификация в системах позиционирования подвижных объектов // Наука и техника транспорта. 2010. № 2. С. 41–45.
2. Семенов С. С., Воловиков В. С., Смолеха А. В. Концептуальная модель процесса восполнения потерь техники связи и военно-технического имущества связи при применении соединения связи Военного округа // Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. 2015. № 1. С. 22–28.
3. Баринов М. А., Захаров А. А., Чихачев А. В. Техническое обеспечение связи и автоматизации. СПб.: ВАС, 2010. 320 с.
4. Руководство по проверке и оценке состояния вооружения и военной техники общевойскового назначения в Вооруженных Силах Российской Федерации. Приказ Минобороны РФ № 255 от 27 июня 1996 г.
5. Ануфриев А. А., Захаров А. А., Чихачев А. В. Теоретические основы технического обеспечения связи. СПб.: ВАС, 2011. 464 с.

References

1. Legkiy N. M. Aktivnaya radiochastonaya identifikatsiya v sistemakh pozitsionirovaniya podvizhnykh obyektov [Active RFID positioning systems moving objects]. *Nauka i tekhnika transporta*, 2010, no. 2, pp. 41-45 (in Russian).
2. Semyonov S. S., Volovikov V. S., Smoleha A. V. Conceptual model of the process to fill the loss of communications technology and military equipment connection when using the communication link of the Military District. *T-Comm*, 2009, no. 1, pp. 22-28 (in Russian).
3. Abyshko V. Y., Barinov M. A., Zakharov A. A., Chikhachev A. V. *Tekhnicheskoye obespecheniye svyazi i avtomatizatsii* [Technical support communication and automation]. Saint-Petersburg, Budyonny Military Academy of Communications, 2010. 320 p. (in Russian).

4. *Guide for the verification and assessment of weapons and military equipment combined arms appointments in the Armed Forces of the Russian Federation*. Order of Russian Ministry of Defense number 255 of 27 June 1996.

5. Anoufrieв A. A., Zakharov A. A., Chikhachev A. V. *Teoreticheskiye osnovy tekhnicheskogo obespecheniya svyazi* [Theoretical foundations of technical maintenance of communication]. Sant-Peterburg, Budyonny Military Academy of Communications, 2011. 464 p. (in Russian).

Статья поступила 11 ноября 2015 г.

Информация об авторах

Семенов Сергей Сергеевич – доктор технических наук, доцент. Профессор кафедры технического обеспечения связи и автоматизации. Военная академия связи. Область научных интересов: безопасность связи; техническое обеспечение связи; качество военной продукции; программирование при решении различных прикладных задач. Тел.: +7 911 117 11 08. E-mail: semsem@yandex.ru

Алисевиц Евгения Александровна – кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры технического обеспечения связи и автоматизации. Военная академия связи. Область научных интересов: информационная экономика; метрологическое обеспечение; техническое обеспечение связи. Тел.: +7 921 638 45 78. E-mail: ezhilkina@yandex.ru

Педан Алексей Викторович – соискатель ученой степени кандидата технических наук. Адъюнкт кафедры технического обеспечения связи и автоматизации. Военная академия связи. Область научных интересов: техническое обеспечение связи; техническая разведка техники связи; методы и способы распознавания образов. Тел.: +7 929 101 78 94. E-mail: mусор14@mail.ru

Смолеха Алексей Витальевич – соискатель ученой степени кандидата технических наук. Адъюнкт кафедры технического обеспечения связи и автоматизации. Военная академия связи. Область научных интересов: техническое обеспечение связи; технология радиочастотной идентификации. Тел.: +7 911 085 07 50. E-mail: a.1802@yandex.ru

Адрес: 194064, Россия, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3.

Formulation of the Problem to Develop the Model of the System of Technical Maintenance of Communication and Automated Control Systems Association During the Period of Direct Threat of Aggression

S. S. Semenov, Y. A. Alisiyevich, A. V. Pedan, A. V. Smoleha

Model of technical maintenance of communication and automated control systems (TMC and ACS) association operate during the period of direct threat of aggression. The system consists of a large number of components and interconnections there between and includes the process of replenishment communication equipment that fail due to various factors. The development of TMC and ACS is the use of RFID technology

and telemetry by defining the coordinates of communication equipment and property in dynamics of their movements in real time, also use the information on the location of communication equipment. The **purpose of research is to** increase the efficiency of functioning of the system of technical maintenance of communication and automated control systems association **The main result** is the selection factors (and classified into groups) that affect the functioning of the TMC and ACS system in association during the period of direct threat of aggression; determination of the parameters that characterize the complex organizational and technical system – the TMC and ACS system, as well as review of the activities of technical support specialist departments with certain qualifications and that (experts) assigned to various levels of the hierarchy of the system. **The scientific novelty** of this work is to develop scientific and methodological support to integrate communication equipment and property due to the use of RFID technology and telemetry. **The practical significance** of the work lies in the application of technical proposals for the officials in the registration of communication equipment based on radio frequency identification technology in the TMC and ACS system.

Keywords: system of technical maintenance of communication and automated control systems, communication equipment, technology of radio-frequency identification and telemetry.

Information about Authors

Sergey Sergeevich Semenov – Dr. habil. of Engineering Sciences, Associate Professor. Professor at the Department of technical maintenance of communication and automation. Military Academy of communications. Field of research: Communication security; information security; technical maintenance of communication; the quality of products, programming for solving various applications. E-mail: semsem@yandex.ru

Yevgeniya Aleksandrovna Alisiyevich – Ph.D. of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor at the Department of technical maintenance of communication and automation. Military Academy of Communications. Field of research: information economy; metrological maintenance; technical maintenance of communication. E-mail: ezhilkina@yandex.ru

Alexsey Victorovich Pedan – Postgraduate, military student at the Department of technical maintenance of communication and automation. Military Academy of Communications. Field of research: technical maintenance of communication; technical intelligence of the communication equipment; methods and techniques of pattern recognition. E-mail: mycop14@mail.ru

Alexsey Vitalevich Smoleha – Postgraduate, military student at the Department of technical maintenance of communication and automation. Military Academy of Communications. Field of research: technical maintenance of communication; technology of radio-frequency identification. E-mail: a.1802@yandex.ru

Address: Russia, 194064, Saint-Petersburg, Tihoreckiy prospekt, 3.