

Целевым результатом алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений с использованием оценок значимости объектов основной системы при взаимодействии с территориально связанными социально-экономическими системами являются эффективные управленческие действия по распределению объемов ресурсно-результативного взаимодействия, выбору показателей объектов основной системы, оказывающих наибольшее влияние на повышение их значимости, а также достижению объектами основной системы более высокого уровня значимости в рамках взаимодействия с управляющим центром и связанными системами с учетом региональной принадлежности.

### Литература

1. Горячко В.В., Львович И.Я., Чопоров О.Н. Оптимизация управления положением вуза в рейтинге на основе ГИС-ориентированного мониторинго-рейтингового оценивания // Экономика и менеджмент систем управления. 2017. № 3 (25). С. 57–64.
2. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2016. 444 с.
3. Львович Я.Е., Львович И.Я. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2010. 140 с.
4. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность). М.: Советское радио, 1977. 216 с.
5. Новосельцев В.И. Системный анализ: современные концепции. Воронеж: Кварта, 2003. 360 с.

### Literatura

1. Goryachko V.V., L'vovich I.Ya., Choporov O.N. Optimizatsiya upravleniya polozheniem vuza v rejtinge na osnove GIS-orientirovannogo monitoringo-rejtingovogo otsenivaniya // Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya. 2017. № 3 (25). S. 57–64.
2. L'vovich I.Ya., L'vovich Ya.E., Frolov V.N. Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya. Voronezh: IPTs "Nauchnaya kniga", 2016. 444 s.
3. L'vovich Ya.E., L'vovich I.Ya. Prinyatie reshenij v ekspertno-virtual'noj srede. Voronezh: IPTs "Nauchnaya kniga", 2010. 140 s.
4. Nechiporenko V.I. Strukturnyj analiz sistem (effektivnost' i nadezhnost'). M.: Sovetskoe radio, 1977. 216 s.
5. Novosel'tsev V.I. Sistemnyj analiz: sovremennye kontseptsii. Voronezh: Kvarta, 2003. 360 s.

DOI: 10.25586/RNUV9187.20.01.P.071

УДК 519.248

В.В. Лисицкий, Т.В. Калинин, А.Г. Миганов, А.В. Столбов

## МЕТОД РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Описан метод распределения ресурсов при эксплуатации сложных технических систем на основе рационального распределения сил и средств и оценки вариантов их восстановления. Отличием этого метода от существующих является то, что он позволяет учитывать важность сложных технических систем, оперативность восстановления и доставки ресурсов, различные деструктивные воздействия, степень повреждений сложных технических систем, привлечение различных сил

и средств восстановления и время, необходимое для восстановления. Полученные результаты можно применять в задачах распределения ресурсов при эксплуатации сложных технических систем.

*Ключевые слова:* эксплуатация, сложная техническая система, восстановление, деструктивные воздействия, распределение ресурсов.

V.V. Lisitskiy, Kalinin T.V., A.G. Miganov, A.V. Stolbov

## METHOD OF RESOURCE ALLOCATION BY MAINTENANCE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

The article describes the method of resource allocation by maintenance of complex technical systems based on rational assets allocation and options assessment of complex technical systems recovery. Difference from other current methods is in opportunity to take into account the importance of complex technical systems, efficiency of resource recovery and delivery, different destructive effects, extent of complex technical systems damage, attraction of various recovery assets and time required to reconstruction. The results should be applied in resource allocation tasks by maintenance of complex technical systems.

*Keywords:* maintenance, complex technical systems, recovery, destructive effects, resource allocation.

### *Введение*

В настоящее время успешное функционирование территориально распределенных сложных технических систем (СТС) (например, систем связи и телекоммуникаций, систем энергоснабжения, транспортных систем, систем военного назначения и т.п.) напрямую зависит от качества организации эксплуатации. Для качественной организации эксплуатации проводится комплекс мероприятий, направленный на обеспечение готовности СТС к использованию по назначению в общей системе эксплуатации. Среди множества задач эксплуатации выделяют задачу поддержания в работоспособном состоянии и готовности к использованию по назначению СТС, в том числе после различных деструктивных воздействий.

При решении этой задачи в системе эксплуатации территориально распределенных СТС приходится сталкиваться с нехваткой ресурсов. При этом под ресурсом будем понимать совокупность обслуживающего персонала и средств доставки, аппаратуры и оборудования, материалов, инструментов, средств измерения, времени и финансовых средств.

Попытки распределения ресурсов при эксплуатации территориально распределенных СТС без применения научно-методического аппарата приводят к увеличению финансирования, срывам сроков, авариям, катастрофам.

Современные модели и методы распределения ресурсов очень подробно рассмотрены во многих научных трудах, однако в основном все они сводятся к изучению механизмов управления и сетевому распределению ресурсов [1]. Специфика управления реализуется в рамках матричных структур, в которых исполнитель подчинен одновременно нескольким управляющим органам, либо линейных, в которых действует древовидная иерархия подчинения [2].

Помимо этого, существует несколько подходов к распределению ресурсов [4; 5]. Во-первых, это подход, основывающийся на решении задач распределения ресурсов на

Лисицкий В.В., Калинин Т.В., Миганов А.Г., Столбов А.В. Метод распределения...

сетях – решении задач дискретной оптимизации (сетевое планирование), позволяющей минимизировать время выполнения проекта или упущенную выгоду в ситуации, когда продолжительность работ зависит от используемых ресурсов. Во-вторых, это модели, в которых количество ресурса зависит от заявок. При этом возникает проблема манипулирования информацией. Данные подходы не позволяют проводить оценку вариантов восстановления СТС после деструктивных воздействий.

Общая схема предлагаемого метода распределения ресурсов при эксплуатации СТС сводится к выполнению следующих этапов:

Этап 1. Распределение сил и средств:

Этап 1.1. Обоснование очередности восстановления СТС после деструктивного воздействия.

Этап 1.2. Распределение сил и средств восстановления на основе заранее определенного объема планируемых работ и назначенных значений гарантированных вероятностей выполнения задачи восстановления СТС.

Этап 2. Распределение расходных материалов между силами восстановления.

Этап 3. Решается задача обоснования времени, необходимого для выполнения восстановления  $i$ -й СТС при данном распределении сил и средств восстановления, и стоимости средств, привлекаемых к восстановительному ремонту  $i$ -й СТС.

*Математическая модель распределения сил и средств при решении задач восстановления СТС (этап 1)*

### **Обоснование очередности восстановления СТС после деструктивного воздействия (этап 1.1)**

Для определения очередности восстановления СТС, подвергшихся деструктивным воздействиям, анализируется следующая функция предпочтения:

$$\Phi_n = \gamma_i K_{O_i} K_{OB_i}, \quad (1)$$

где  $\gamma_i$  – коэффициент важности  $i$ -й СТС;  $K_{O_i}$  – коэффициент оперативности доставки ресурсов (расходных материалов (ЗИП, ВТИ), сил и средств технического обслуживания) к  $i$ -й СТС;  $K_{OB_i}$  – коэффициент оперативности восстановления  $i$ -й СТС после деструктивного воздействия.

При этом коэффициент оперативности восстановления  $i$ -й СТС после деструктивного воздействия определяется как отношение назначенного (заданного)  $T_{ин}$  к реальному  $T_{реал}$  времени восстановления  $i$ -й СТС:

$$K_{OB_i} = \frac{T_{ин}}{T_{реал}}. \quad (2)$$

Коэффициент важности  $i$ -й СТС определяется следующим образом:

$$\gamma_i = \delta l, \quad (3)$$

где  $\delta$  – вклад  $i$ -й СТС в решение общей задачи (например вклад  $i$ -й электростанции в обеспечение электроэнергией региона или вклад  $i$ -й телекоммуникационной станции в обеспечение связи и т.п.);  $l$  – вероятность того, что  $i$ -я СТС будет подвержена воздействию деструктивных факторов при эксплуатации.

Коэффициент оперативности доставки ресурсов к  $i$ -й СТС определяется с учетом возможного территориального распределения СТС:

$$K_{O_i} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K_i, \quad (4)$$

где  $m$  – количество мест доставки ресурсов в  $i$ -й СТС при ее территориальном распределении;  $K_i$  – коэффициент времени доставки ресурсов в  $i$ -ю СТС.

При этом коэффициент времени доставки ресурсов в  $i$ -ю СТС определяется как отношение назначенного (заданного)  $T_i^{\text{нз}}$  к среднему  $T_i^{\text{ср}}$  времени доставки ресурсов к  $i$ -й СТС:

$$K_i = \frac{T_i^{\text{нз}}}{T_i^{\text{ср}}}. \quad (5)$$

Среднее время доставки ресурсов к  $i$ -й СТС определяется согласно следующему выражению:

$$T_i^{\text{ср}} = \frac{R_i}{V_{\text{тр},i}}(2n-1) + n T_{\text{ав}}, \quad (6)$$

где  $R_i$  – расстояние от места нахождения сил и средств восстановления до  $i$ -й СТС;  $V_{\text{тр},i}$  – средняя скорость движения транспорта, обеспечивающего доставку ресурсов (автомобильный, железнодорожный и т.п.);  $n$  – число рейсов;  $T_{\text{ав}}$  – время ожидания (пассивное время), затрачиваемое в каждом рейсе.

Зная переменные, входящие в выражение (6), определим среднее время доставки ресурсов к  $i$ -й СТС. Далее последовательно по выражениям (5)–(1) определяется функция предпочтения.

Зная функцию предпочтения, сформулируем правило выбора рациональной очередности восстановления СТС: наибольшим значениям функций предпочтения соответствует наивысшее место в порядке восстановления СТС.

### **Распределение сил и средств восстановления на основе заранее определенного объема планируемых работ и назначенных значений гарантированных вероятностей выполнения задачи восстановления СТС (этап 1.2)**

Математическая постановка задачи. Производится выбор рационального распределения между  $i$ -ми силами и средствами восстановления СТС и взаимодействующих органов, которые включают стационарные базы ремонта, технические базы, ремонтные бригады [6].

СТС может подвергаться различным деструктивным воздействиям, что приводит к разной степени ее повреждений. Считается, что система восстановления выполняет свои задачи, если в ходе деструктивных воздействий она обеспечивает восстановление СТС с объемом (трудоемкостью) работ: текущее (мелкое) восстановление –  $v_1$ ; среднее восстановление –  $v_2$ ; капитальное восстановление –  $v_3$ .

Состав деструктивных воздействий, сил и средств восстановления и другие условия восстановления СТС учтены при расчете возможностей подсистемы восстановления и приведены в таблице.

Условная стоимость задействования сил и средств восстановления равна  $C_1$  для стационарных групп восстановления (СГВ),  $C_2$  – для перебазированных групп восстановления (ПГВ),  $C_3$  – для выездных групп восстановления (ВГВ). Требуется обеспечить заданные возможности по восстановлению СТС при минимальных затратах.

**Возможности подсистемы восстановления СТС**

Объем (трудоемкость) восстановительного ремонта	Силы и средства восстановления		
	СГВ	ПГВ	ВГВ
Текущее (мелкое) восстановление	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$
Среднее восстановление	$\alpha_{21}$	$\alpha_{22}$	$\alpha_{23}$
Капитальное восстановление	$\alpha_{31}$	$\alpha_{32}$	$\alpha_{33}$

Обозначим через  $Z_1$  располагаемое количество СГВ, через  $Z_2$  – количество ПГВ, через  $Z_3$  – количество ВГВ. Тогда целевая функция приобретает вид

$$f(Z) = C_1 Z_1 + C_2 Z_2 + C_3 Z_3 \rightarrow \min. \tag{7}$$

Балансовые условия имеют вид

$$\begin{cases} \alpha_{11} Z_1 + \alpha_{12} Z_2 + \alpha_{13} Z_3 \geq B_1 \\ \alpha_{21} Z_1 + \alpha_{22} Z_2 + \alpha_{23} Z_3 \geq B_2, \\ \alpha_{31} Z_1 + \alpha_{32} Z_2 + \alpha_{33} Z_3 \geq B_3 \end{cases}$$

где в более компактной записи  $AZ \geq B$ ,

$$Z = \begin{Bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{Bmatrix}, B = \begin{Bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{Bmatrix},$$

где  $A$  – матрица коэффициентов; переменные  $Z \geq 0$ .

На основе заданных сил и средств восстановления и их характеристик; общего количества исполнителей, которые участвуют в восстановлении СТС; условий выполнения восстановления; значений принятого показателя вероятности выполнения задачи восстановления СТС  $P_3$ ; объемов работ  $N_{заА1}, N_{заА2}, \dots, N_{заАk}$ , которые необходимо выполнить силам восстановления; значений гарантированных вероятностей  $P_r = P(N \geq N_{заАk})$  для сил восстановления общая задача распадается на  $k$  задач (по числу привлекаемых сил восстановления), в каждой из которых искомым является количество специалистов, привлекаемых для восстановления.

*Оптимальное распределение расходных материалов между силами восстановления СТС (этап 2)*

Математическая постановка задачи. Пусть процесс проведения восстановления СТС состоит из двух фаз – до операции сборки  $i$ -й СТС и непосредственно сборка и испытание  $i$ -й СТС. Расходные материалы могут применяться в обеих фазах, причем на  $i$ -ю СТС (поврежденную в различной степени) на разных фазах расходуется разное количество того или иного материала. Допустим, процент выхода исправных составных частей  $i$ -й СТС после обеих фаз, а также трудоемкость выполнения определенного вида восстановления на  $i$ -й СТС известны. Распределение производится между составными частями  $i$ -й СТС, между СТС, а также между группами восстановления, так как различные груп-

пы восстановления могут выполнять восстановление однотипных составных частей  $i$ -й СТС и однотипных СТС. Будем также считать, что известны мощности сил и средств восстановления, а если различные типы составных частей  $i$ -й СТС и различные СТС могут восстанавливаться одними силами и средствами восстановления, то известна их максимальная суммарная мощность. Восстановительный ремонт планируется на определенный период времени. Введем следующие обозначения:

$N_{jk}$  – количество составных частей  $j$ -го вида  $i$ -й СТС, которые должны восстанавливаться  $k$ -ми силами восстановления за рассматриваемый период;

$\Theta_{jk}, \eta_{jk}$  – количество восстановленных составных частей  $j$ -го вида  $i$ -й СТС  $k$ -ми силами восстановления соответственно до операции компоновки (сборки) и при компоновке (в долях);

$\nu_{jck}, \beta_{jck}$  – количество расходных материалов  $c$ -го вида, расходуемых  $k$ -ми силами восстановления на восстановление одной составной части  $j$ -го вида  $i$ -й СТС до операции компоновки и при компоновке соответственно;

$V_{jk}, \sigma_{jk}$  – прочие затраты, расходуемые на одну составную часть  $j$ -го вида  $i$ -й СТС  $k$ -ми силами восстановления соответственно до компоновки и при компоновке;

$M_{jk}$  – мощность  $k$ -х сил восстановления одной составной части  $j$ -го вида  $i$ -й СТС;

$\Pi_j$  – количество составных частей  $j$ -го вида  $i$ -й СТС, которые должны восстанавливаться  $k$ -ми силами восстановления в соответствии с планом;

$\Pi_c$  – цена единицы веса расходного материала  $c$ -го вида;

$S_c$  – общее количество расходного материала  $c$ -го вида;

$\Pi_j$  – цена одной составной части  $j$ -го вида  $i$ -й СТС.

Везде в обозначениях  $j = 1, 2, \dots, n$ ;  $c = 1, 2, \dots, m$ ;  $k = 1, 2, \dots, e$ .

С учетом введенных обозначений условие выполнения (или перевыполнения) плана будет иметь вид

$$\sum_{k=1}^e N_{jk} \geq \Pi_j \quad (j = \overline{1, n}). \quad (8)$$

Ограничение на количество расходного материала

$$\sum_{j,c=1}^{n,e} \left( \frac{\nu_{jck}}{\Theta_{jk} \eta_{jk}} N_{jk} + \frac{\beta_{jck}}{\eta_{jk}} N_{jk} \right) \leq S_c. \quad (9)$$

Ограничение на производственную мощность сил восстановления

$$N_{jk} \leq M_{jk} \quad (j = \overline{1, n}, k = \overline{1, e}). \quad (10)$$

Если несколько составных частей  $j$ -го вида (несколько  $i$ -х СТС) восстанавливается на одних средствах, то (5) можно записать в общем виде

$$\sum_{j=1}^n \varepsilon_{jr_k} N_{jk} \leq d_{r_k} \quad (r = \overline{1, S}; k = \overline{1, e}), \quad (11)$$

где  $\varepsilon_{jr_k} = \begin{cases} 1, & \text{если составная часть } j\text{-го вида } i\text{-й СТС восстанавливается} \\ & k\text{-ми силами с использованием } r\text{-х средств восстановления,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$

$d_{r_k}$  – максимальная производственная мощность  $r$ -х средств  $k$ -х сил восстановления.

Тогда целевая функция приобретает следующий вид:

$$\sum_{j, k=1}^{n, e} \alpha_j N_{jk} - \sum_{j, c, k=1}^{n, m, e} \alpha_c \left( \frac{\nu_{jck}}{\Theta_{jk} \eta_{jk}} + \frac{\beta_{jck}}{\eta_{jk}} \right) N_{jk} - \sum_{j, k=1}^{n, e} \left( \frac{V_{jk}}{\Theta_{jk} \eta_{jk}} + \frac{\sigma_{jk}}{\eta_{jk}} \right) N_{jk} \rightarrow \max. \quad (12)$$

В выражении (12) первая сумма – стоимость всех восстановленных составных частей  $j$ -го вида  $i$ -й СТС, вторая – затраты на расходные материалы, третья сумма – прочие затраты.

Фактически целевая функция представляет выгоду, которую получают все силы восстановления в сумме от поставки всех восстановленных составных частей  $j$ -го вида  $i$ -й СТС минус затраты на их восстановление. Если есть ограничение на что-либо (в данном случае на расходные материалы), нужно, не нарушив его, увеличить количество восстановленных составных частей  $j$ -го вида  $i$ -й СТС. Если пытаться минимизировать количество расходного материала, то задача будет иметь тривиальное решение, а именно: нужно выполнить план восстановления  $i$ -х СТС и не превышать его, так как каждая дополнительная  $i$ -я СТС потребует новых затрат расходных материалов. В общем случае рассматриваемая задача является задачей целочисленного программирования.

*Обоснование времени, необходимого для выполнения восстановления  $i$ -й СТС при заданном распределении сил и средств восстановления, стоимости средств, привлекаемых к восстановительному ремонту  $i$ -й СТС (этап 3)*

Продолжительность времени выполнения восстановления характеризуется величиной цикла восстановления составной части  $j$ -го вида  $i$ -й СТС. Продолжительность цикла восстановления определяется последовательностью и трудоемкостью выполнения работ на данных средствах восстановления. Если на  $n$ -х средствах восстановления выполняют восстановление  $N_{вст_n}^m$  специалистов, то цикл восстановления равен

$$t_{цвст} = \frac{T_n^m}{N_{вст_n}^m}, \quad (13)$$

где  $T_n^m$  – трудоемкость восстановления составной части  $j$ -го вида  $i$ -й СТС на  $m$ -м рабочем месте  $n$ -х средств восстановления.

Тогда продолжительность  $\pi$ -го вида восстановления составной части  $j$ -го вида  $i$ -й СТС определяется как

$$\bar{T}_{цв}^\pi = \sum_{n=1}^{\Pi} \sum_{m=1}^{z_{вст}} t_{цвст} = \sum_{n=1}^{\Pi} \sum_{m=1}^{z_{вст}} \frac{T_n^m}{N_{вст_n}^m}, \quad (14)$$

где  $z_{вст}$  – количество рабочих мест  $n$ -х средств восстановления;  $\pi = m, c, k$  – индексы, обозначающие продолжительность цикла (соответственно текущего, среднего, капитального) восстановления;  $\bar{T}_{цв}^t, \bar{T}_{цв}^c, \bar{T}_{цв}^k$  – циклы текущего, среднего и капитального восстановления соответственно;  $\Pi$  – количество участков по восстановлению составной части  $j$ -го вида  $i$ -й СТС данными силами восстановления.

Отсюда количество текущих  $N_{в}^t$ , средних  $N_{в}^c$ , капитальных  $N_{в}^k$  восстановлений, которое можно выполнить на данном участке восстановления за время  $\bar{T}_{в}^\pi$ , определяется так:

$$N_{в}^\pi = \frac{\bar{T}_{в}^\pi}{\bar{T}_{цв}^\pi}. \quad (15)$$

При решении задач по рациональному распределению сил и средств в ходе восстановления СТС целесообразно использовать методы линейного программирования (перебора возможных вариантов распределения их по силам и средствам с оценкой эффективности принятого варианта) [3; 7].

#### Заключение

В статье рассмотрены постановка и направления решения задач распределения ресурсов при эксплуатации СТС в динамике деструктивных воздействий на основе рационального распределения сил и средств и оценки вариантов их восстановления. Распределение сил и средств производится на основе оценки очередности восстановления (по функции предпочтения), объема планируемых работ, назначенных значений гарантированных вероятностей выполнения задачи восстановления СТС. Задача оценки вариантов восстановления СТС сведена к оптимальному распределению расходных материалов по  $i$ -м СТС между силами восстановления, обоснованию времени, необходимого для выполнения восстановления  $i$ -й СТС, и стоимости средств, привлекаемых к восстановительному ремонту  $i$ -й СТС. Отличием описанного метода от существующих является то, что он позволяет учитывать важность СТС, оперативность восстановления и доставки ресурсов, различные деструктивные воздействия. Полученные результаты можно применять в задачах распределения ресурсов при эксплуатации сложных технических систем.

#### Литература

1. Баркалов П.С. Модели и методы распределения ресурсов при управлении проектами с учетом времени их перемещения: дис. ... канд. техн. наук. М., 2004.
2. Гладышев А.И. Анализ систем управления сложными динамическими объектами (системами) // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2015. Вып. 1. С. 44–48.
3. Кокарев А.С., Птушкин А.И. Метод обоснования объема инвестиций в проекты внедрения типовых производств // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.
4. Миронов А.Н., Лисицкий В.В. Концептуальная модель системы специальных видов технического обеспечения // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 3. С. 135–139.
5. Перминов А.Н., Прохорович В.Б., Птушкин А.И. От мониторинга технического состояния ракетно-космической техники к мониторингу ее жизненного цикла // В мире неразрушающего контроля. 2004. № 4 (26). С. 8–11.
6. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. М.: АСТ, 2006. 502 с.
7. Саати Т., Керне К. Аналитическое планирование. М.: Радио и связь, 1991.

#### Literatura

1. Barkalov P.S. Modeli i metody raspredeleniya resursov pri upravlenii proektami s uchetom vremeni ikh peremeshcheniya: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2004.
2. Gladyshev A.I. Analiz sistem upravleniya slozhnymi dinamicheskimi ob"ektami (sistemami) // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2015. Vyp. 1. S. 44–48.
3. Kokarev A.S., Ptushkin A.I. Metod obosnovaniya ob"ema investitsij v proekty vnedreniya tipovykh proizvodstv // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. № 5.
4. Mironov A.N., Lisitskij V.V. Kontseptual'naya model' sistemy spetsial'nykh vidov tekhnicheskogo obespecheniya // Voprosy radioelektroniki. 2018. № 3. S. 135–139.



Калинин Т.В., Рябчиков С.А., Сибилев Р.В. Подход к разработке методики...

5. *Perminov A.N., Prokhorovich V.B., Ptushkin A.I.* Ot monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya raketno-kosmicheskoy tekhniki k monitoringu ee zhiznennogo tsikla // V mire nerazrushayushchego kontrolya. 2004. № 4 (26). S. 8–11.

6. *Petukhov G.B., Yakunin V.I.* Metodologicheskie osnovy vneshnego proektirovaniya tselenapravlennykh protsessov i tselestremlynykh sistem. M.: AST, 2006. 502 s.

7. *Saati T., Kerne K.* Analiticheskoe planirovanie. M.: Radio i svyaz', 1991.

DOI: 10.25586/RNUV9187.20.01.P079

УДК 621.396.96

Т.В. Калинин, С.А. Рябчиков, Р.В. Сибилев

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЯ  
ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АКТИВНЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ

Предлагается подход к разработке методики оценки показателя помехоустойчивости радиолокационной станции в условиях помех, который характеризует уменьшение дальности обнаружения целей, находящихся в секторе ответственности станции, и изменение ее зоны обзора.

*Ключевые слова:* помехоустойчивость радиолокационной станции, показатель помехоустойчивости радиолокационной станции, оценка помехоустойчивости радиолокационной станции, активная шумовая помеха, зона обзора.

T.V. Kalinin, S.A. Ryabchikov, R.V. Sibilev

APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF METHODS  
FOR ASSESSING THE NOISE IMMUNITY OF RADAR STATIONS  
UNDER THE INFLUENCE OF ACTIVE NOISE INTERFERENCE

An approach is proposed to develop a methodology for assessing the noise immunity index of a radar station under interference conditions, which characterizes a decrease in the detection range of targets in the station's responsibility sector and a change in its field of view.

*Keyword:* interference immunity of the radar station, increased noise immunity of the radar station, estimation of noise immunity of the radar station, active noise interference, field of view.

*Введение*

В настоящее время работа любого радиоэлектронного средства (РЭС), в том числе и радиолокационной станции (РАС), ведется в сложной радиоэлектронной обстановке – в условиях воздействия естественных и искусственных помех. Помехи могут не только ухудшить рабочие характеристики РАС, но и полностью нарушить ее работу.

Для однозначного понимания существа излагаемого материала будем пользоваться общепринятой в отечественной технической литературе терминологией и классификацией, в соответствии с которыми помехозащищенность РАС характеризуется скрытностью и помехоустойчивостью. Под скрытностью понимается способность РАС противостоять мерам, направленным на обнаружение ее сигнала и определение его параметров. Под по-