

Н. Н. СЕНДЕЦКИЙ (Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных сил Украины)

## **ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ МОБИЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСА ДЛЯ СБОРКИ И УКЛАДКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**

Розглядається теоретичне обґрунтування критерію ефективності формованих збирально-укладальних комплексів з подальшою розробкою методики вибору технічних засобів.

Рассматривается теоретическое обоснование критерия эффективности формируемых сборочно-укладочных комплексов с последующей разработкой методики выбора технических средств.

The article considers theoretical grounds for efficiency criterion of assembly-making/laying complexes being formed, with subsequent development of methods of technical means selection.

Важнейшей особенностью современных условий совершенствования Государственной специальной службы транспорта (ГССТ) является необходимость приведения их возможностей в соответствие с условиями и характером выполнения заданий по восстановлению и строительству железных дорог. Для достижения поставленной цели необходимо добиться более высокого уровня технической оснащённости частей и подразделений. В ходе реформирования предстоит сократить номенклатуру технических средств и их количество, заменить устаревшие образцы на современные машины и механизмы, провести качественное изменение в оснащении ГССТ техникой на основе внедрения новых современных образцов универсальных мобильных машин.

В соответствии с «Программой формирования и строительства Госспецтрансслужбы до 2015 года» определено укрепить роль и место Госспецтрансслужбы в системе военной организации государства, обеспечение эффективного функционирования национальной транспортной системы Украины, завершение технического переоснащения службы [1].

Поэтому необходимость создания отдельных мобильных железнодорожных отрядов позволит выполнять весь комплекс восстановительных работ. Данные отряды должны быть сформированы по модульному принципу и иметь высокопроизводительную технику для проведения скоростного строительства и восстановления транспортных коммуникаций. Задание обеспечения подразделений ГССТ машинами, в полной мере отвечающими военно-техническим требованиям, в настоящее время решена не в полном объеме. По-прежнему важным остается вопрос оснащения путевых отрядов средствами для сборки и укладки железнодорожного пути.

В настоящее время на вооружении путевых отрядов состоят средства для механизации звеньевым способом производства работ, наиболее характерного при капитальном ремонте и строительстве железных дорог. В условиях же восстановления будут применяться и другие способы, например, отдельный или комбинированный. Однако для их эффективной реализации в ГССТ отсутствует необходимое техническое обеспечение.

Устранение данного несоответствия, а в конечном счете – выработка обоснованных предложений по комплектованию путевых отрядов техникой, определяет актуальность настоящей статьи.

Наиболее эффективным решением является комплексный подход к оснащению ГССТ машинами и механизмами, в зависимости от сложившихся условий, используемыми при различных технологических способах ведения работ. Создание эффективных сборочно-укладочных комплексов возможно на основе разработки научной методики их формирования. Такая методика должна быть универсальной и, в то же время, иметь узкую направленность с целью выявления и учета большого числа факторов, влияющих на выполнение работ.

С учетом вышеизложенного решается следующая научная задача: теоретическое обоснование критерия эффективности формируемых сборочно-укладочных комплексов с последующей разработкой методики выбора технических средств, проверкой ее эффективности и работоспособности.

Подход к вопросу наиболее эффективного оснащения частей техническими средствами можно представить себе как выбор наилучших вариантов машин (комплексов) по конструктивным и технологическим показателям.

Выбор предполагает наличие двух необходимых основных элементов: параметров, варьированием которых получают различные варианты создаваемой структуры, и критерия сравнения, позволяющего указать лучший из выбранных вариантов.

Формализация задачи оптимального проектирования структуры состоит в математическом описании основных элементов процесса выбора (варьируемых параметров и критерия), связей и ограничений, налагаемых на значения параметров, т. е. построение математической модели. Итак, прежде всего, должен быть выделен некоторый набор показателей:  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ , значения которых определяют создаваемую структуру.

Набор  $r$  чисел  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  может быть представлен точкой в  $r$ -мерном евклидовом пространстве  $E^r$ , тогда условия и ограничения, накладываемые на показатели, зададут некоторую область  $G \in E^r$ , которой точка  $\alpha$  должна принадлежать.

Критерий, по которому сравниваются варианты, например:  $\alpha_1 = (\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{1n})$  и  $\alpha_2 = (\alpha_{21}, \alpha_{22}, \dots, \alpha_{2n})$  представляется в виде числовой функции  $\Phi(\alpha) = \Phi(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  от  $r$  переменных, причем считается, что  $\alpha_1$  лучше  $\alpha_2$ , если  $\Phi(\alpha_1) > \Phi(\alpha_2)$ . Таким образом, задача поиска наилучшего варианта, т. е. выбора наилучшей комбинации показателей  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  состоит в поиске такой точки (вектора)  $\alpha^* \in G$ , в которой функция  $\Phi$  достигает максимума, т. е.:

$$\Phi(\alpha^*) \rightarrow \max \Phi(\alpha), \quad \alpha \in G.$$

В общем случае для того, чтобы найти оптимальный вариант, необходимо в процессе постановки задачи учесть три вида ограничений-параметрические, функциональные и критериальные.

Параметрические ограничения имеют вид

$$\alpha_j^* \leq \alpha_j \leq \alpha_j^{**} \quad j=1, r, \quad (1)$$

где  $\alpha_j^*$  – худшее значение параметра;  $\alpha_j^{**}$  – лучшее значение параметра.

Функциональные ограничения можно записать в виде

$$C_1^* \leq f_1(\alpha) \leq C_1^{**}, \quad 1=1, t, \quad (2)$$

где  $f_1(\alpha)$  – функция от  $\alpha$ ,  $C_1^*, C_1^{**}$  – ограничения нормативного вида, нарушать которые чаще всего просто нельзя.

Имеются локальные критерии качества – производительность, энергоёмкость и т. д. Эти критерии при прочих равных условиях всегда стремятся экстремизировать. Чтобы избежать ситуации, когда значения отдельных критериев становятся недопустимо плохими, необходимо ввести критериальные ограничения:

$$\Phi_v(\alpha) \leq \Phi_v^{**}, \quad v=1, k, \quad (3)$$

где  $\Phi_v^{**}$  – худшее значение критерия  $\Phi_v(\alpha)$ , которое может быть получено.

Разница между критериальными и функциональными ограничениями состоит в том, что значения первых не являются жесткими они зависят от физического смысла критериев и могут пересматриваться в процессе решения задачи.

Перечисленные ограничения (1)–(3) выделяют допустимое множество  $D$ . Т. е. множество вариантов  $\alpha^i$  решения, удовлетворяющих этим ограничениям, так что  $D \subset G$ .

Требуется найти такое множество  $P \subset D$ , для которого

$$\Phi(P) = \min \Phi(\alpha), \quad \alpha \in D, \quad (4)$$

где  $\Phi(\alpha) = [\Phi_1(\alpha), \dots, \Phi_k(\alpha)]$  – вектор критериев.

После решения данной задачи должен быть определен вектор  $\alpha^0 \in P$ , являющийся наиболее предпочтительным из всех векторов множества  $P$ . В тех случаях когда не все основные критерии качества могут быть формализованы, оптимальное решение следует искать на всем множестве  $D$ .

Итак, в общем виде математической моделью выбора оптимального состава технических средств можно считать совокупность целевой функции (критерия)  $\Phi(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$  и ограничений. Задача оптимального проектирования состоит в выборе вектора  $\alpha^*$ , удовлетворяющего всем ограничениям и максимизирующего функцию  $\Phi(\alpha)$  [2].

Предложенный алгоритм предполагает решение ряда частных задач с привлечением математического аппарата.

На основании военно-технических требований к средствам для восстановления железных дорог, необходимо определить номенклатуру показателей качества и параметров для проведения сравнительного анализа по выбранному критерию эффективности.

Определение значений показателей качества позволяет установить параметры комплексов, влияющие на величину критерия эффективности и подлежащие рассмотрению при сравнительном анализе.

Параметром можно считать любую постоянную для данной машины величину, которая характеризует существенное свойство, отличающее машину или процесс от других им подобных. Иначе говоря, параметры машины являются числовыми характеристиками их качеств, выделяющими конкретную машину (комплекс) из множества типов и определяющими эффективность использования ее в конкретных условиях.

Проанализировав работы военных авторов [2–5], дающих оценку техническим средствам по определенным свойствам, несложно прийти к выводу, что все они едины в определении важнейших свойств техники ГССТ: производительность, мобильность, универсальность, надежность, экономичность, удельная энергоемкость, уровень механизации, удельная трудоемкость. Таким образом, анализ комплексов в настоящей статье проводится по 8 определенным показателям, а критерий эффективности в общем виде можно выразить как:

$$K^* = f(P, M, K_y, K_n, K_m, ПЗУ, N, Э) \rightarrow \max, \quad (5)$$

где  $P$  – сменная производительность (м/смену);  $M$  – показатель мобильности (ч);  $K_y$  – коэффициент универсальности;  $K_n$  – коэффициент надежности;  $K_m$  – коэффициент, характеризующий уровень механизации;  $ПЗУ$  – приведенные затраты на укладку 1 км пути;  $N$  – удельная трудоемкость работ (чел. дн.);  $Э$  – удельная энергоемкость.

Среди данных показателей и параметров есть детерминированные и вероятностные величины. С целью получения количественных значений, важно иметь частные методики их определения.

Определение численных значений частных показателей комплексов связано с констатацией детерминированных и получением прогнозируемых данных. Их источниками могут служить результаты расчетов, испытаний, использования машин, проведения учений и экспериментальных работ по созданию новой техники.

Из восьми принятых частных показателей рассмотрим определение показателя мобильности (самоходного мобильного путеукладчика).

Под показателем мобильности понимается способность машины (комплекса) переместиться на новый объект и приступить к выполнению задания. В общем показатель мобильности имеет вид

$$M = \frac{M(L)}{M(V)} - t_3 - t_4. \quad (6)$$

Можно проанализировать эффективность данного комплекса по показателю мобильности, устремив  $M$  к  $\min$ .

При определении показателя мобильности для универсального комплекса используем выражение

$$M = \sum M_i \cdot k_j, \quad (7)$$

где  $M_i$  – показатель мобильности каждой ведущей машины;  $K_j$  – коэффициент использования машины в зависимости от способа выполнения работ.

Для расчета показателя мобильности необходимо определиться со степенью влияния случайных величин, входящих в выражение (7). Показатель мобильности является линейной функцией двух случайных величин  $T_0$  и  $L$ , следовательно, легко можно получить дисперсию  $D(M)_{T_0L}$ :

$$M(M) = P \cdot M(T_0) - \frac{P}{V} M(L) - P(t_3 + t_4); \quad (8)$$

$$D(M)_{T_0L} = P^2 D(T_0) - \frac{P^2}{V^2} D(L) + 2 \frac{P^2}{V} \cdot K_{T_0L}, \quad (9)$$

где  $K_{T_0L}$  – корреляционный момент величин  $T_0$  и  $L$ .

Вычисляем по наиболее типичным числовым характеристикам  $T_0$  и  $L$  корреляционный момент  $K_{T_0L}$ .

Коэффициент корреляции величин  $T_0$  и  $L$

$$r_{T_0L} = \frac{K_{T_0L}}{\sigma_{T_0} \sigma_L}.$$

Следовательно, между величинами  $T_0$  и  $L$  имеется положительная корреляция и довольно тесная линейная зависимость.

По определенной дисперсии  $D(M)$  можно определить среднее квадратичное отклонение  $\sigma_M$  и его относительное значение (коэффициент вариации), равное

$$\Delta\sigma_M = \frac{\sigma_M}{M(M)}. \quad (10)$$

Очевидно, что числовые характеристики  $M$  как системы случайных величин  $T_0$  и  $L$  зависят от значений постоянных величин  $\Pi$  и  $V$ .

По данным расчетов можно сделать вывод, что изменения величины производительности не сказываются на величине относительного среднего квадратичного отклонения и это отклонение является сравнительно устойчивым при самых резких колебаниях значений  $\Pi$  и  $V$ .

Следовательно, значения показателя мобильности достаточно устойчивы при колебаниях величин  $T_0$  и  $L$ , поэтому за исходные данные для расчетов можно принимать любые величины  $T_0$  и связанные с ними дальности перемещения машин.

### Вывод

Таким образом, используя методику определения частных показателей (в данном случае мобильности), можно получить их количественные значения для сравнения комплексов между собой и принятия решений.

Вычислив значение  $K^*$  для каждого из них, можно определить расчетное значение эффективности каждого комплекса по отношению к табельному.

Представленная методика позволит с большей эффективностью подойти к формированию табеля к штату путевых отрядов ГССТ. Обоснованные и рассчитанные параметры позволят не только выбирать наиболее эффективные машины, из выпускаемых на сегодняшний день, но и могут быть положены в основу технических заданий на разработку перспективных технических средств.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мальков М. И. Державна спеціальна служба транспорту. – складова частина військової організації держави. – К.: // Наука і оборона. – 2004. – № 4. – С. 18.
2. Вентлець Е. С. Исследование операций задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988. – 206 с.
3. Гермейер Ю. Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971. – 382 с.
4. Завадскас Э. К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства. – Л.: Стройиздат, 1991. – 256 с.
5. Соболев И. М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболев, Р. Б. Стадников. – М.: Наука, 1981. – 111 с.

Поступила в редколлегию 29.05.2006.