

МОДЕЛЬ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ МЕЖДУ РЕМОНТНЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ ПОГРАНИЧНОГО ОТРЯДА И АВТОРЕМОНТНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

Представлены результаты построения модели постановки задачи распределения мероприятий технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями, необходимые для дальнейшей разработки соответствующей методики.

The article touches upon the results of design of model of setting the task of technical maintenance actions distribution and motor vehicles repairing between maintenance unit of border detachment and repairing organizations necessary for further development of the respective technique.

Ключові слова: автотранспортное средство, авторемонтная организация, распределение мероприятий техобслуживания и ремонта, ремонтное подразделение.

Вступление. С целью модернизации систем технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) автотехники пограничных отрядов Департаментом вооружения и техники Администрации Государственной пограничной службы Украины (ГПСУ) в Концепции [1] было принято решение о проведении работ по ТО и Р автотранспортных средств персоналом авторемонтных организаций (станции техобслуживания, автосервисы и т.д.) на договорной основе. Однако в зависимости от мощностей, загруженности, отдаленности от мест дислокации обслуживаемых автотранспортных средств (автотехники), стоимости предлагаемых услуг, гарантийных обязательств зависит выбор той или другой авторемонтной организации. Для соответствия требованиям выбираемые авторемонтные организации должны обеспечивать оперативно-техническую, гарантийную и экономическую компоненты процесса обслуживания пограничной автотехники.

Оперативно-техническая компонента связана с необходимостью обеспечения персоналом авторемонтной организации оперативного проведения работ по возобновлению и поддержанию технического состояния автотехники пограничного отряда. Данная компонента может характеризоваться коэффициентом простоя (K_p) автотехники при обслуживании оцениваемой авторемонтной организацией. Коэффициент K_p должен учитывать время на доставку пограничной автотехники к месту проведения работ, время нахождения автомобиля в очереди на обслуживание, время на проведение работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту (ТО и ТР), время на возвращение автотехники после обслуживания к месту дислокации.

Гарантийная компонента связана с необходимостью представления авторемонтной организацией гарантийных обязательств относительно качественного проведения работ по ТО и ТР автотехники пограничного отряда. Наличие гарантийных обязательств учитывается при первичном отборе авторемонтных организаций и должно иметь отображение при заключении договоров.

Экономическая компонента процесса обслуживания пограничных автотранспортных средств характеризуется материальными расходами (C) пограничного отряда от передачи i -й авторемонтной организации функций обслуживания автотехники пограничных подразделений. Данные расходы включают в себя расходы на оплату работы, выполненной персоналом авторемонтной организации, затраты, на перемещение техники к местам проведения обслуживания и назад. Учет материальных затрат позволит определить экономическую целесообразность передачи пограничной автотехники i -й авторемонтной организации.

Использование методики, которая бы позволяла провести распределение функций обслуживания пограничной автотехники между авторемонтными организациями соответственно представленных компонент позволило бы обоснованно избрать нужный состав авторемонтных организаций для реализации требований Концепции [1].

Анализ последних исследований и публикаций. В разное время вопросами распределения ресурсов занимались Кириченко Г.И., Понкратов Д.П., Кондрахина Н.В., Осташевская О.А., Лебедь М.Т., Бушуева И.В., Корнийчук М.Т., Гузинин О.И., Жежнич П.И., Колесникова Н.М., Барабашин В.В., Кельрих М., Ларикова С.С., Вишневецкий В.И., Евстрат Д.И., Тугай О.А., Крушевский А.В., Швецов К.И. и другие.

В работах [2-5] для распределения разного рода ресурсов использовался аппарат математического программирования, на основании которого разрабатывались следующие модели:

- оптимального распределения общего плана отрасли по предприятиям;
- оптимального распределения капитальных вложений;
- распределения транспортных средств по линиям;
- распределения рабочих и служащих за размерами заработной платы;

- распределения населения за размерами доходов.

Однако, применение рассмотренных моделей для решения задания распределению функций обслуживания пограничной автотехники между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями является невозможным в результате своего целевого несоответствия. Так, в представленных моделях не учтены оперативно-техническая, гарантийная и экономическая компоненты процесса обслуживания пограничной автотехники, что не позволяет решить рассматриваемую задачу в соответствии с реальными условиями распределения. Для устранения недостатков существующих моделей и методик необходимо построить модель постановки задачи распределения мероприятий технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями.

Результаты исследования. Задачу распределения мероприятий ТО и Р автотранспортных средств между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями можно сформулировать следующим образом. В $n_{подр}$ подразделениях пограничного отряда есть $M_{авт}^{расч}$ единиц автотранспортных средств, мероприятия по ТО и Р которых необходимо рационально распределить между Z авторемонтными организациями (A_1, A_2, \dots, A_Z), в состав которых может входить и ремонтное подразделение. В оценке участвуют только те авторемонтные организации, которые предоставляют гарантийные обязательства на выполняемые работы ТО и Р. После проведения для каждого k -го ($k = 1 \dots n_{подр}$) пограничного подразделения предварительной группировки автотехники по m маркам автотранспортных средств, источники требований на проведение работ по ТО и Р можно представить в виде B_1, B_2, \dots, B_Q (где $Q = n_{подр} \cdot m$), каждый из которых за год генерирует b_1, b_2, \dots, b_Q требований на проведение обслуживания (ТО и Р). Оцениваемые авторемонтные организации, ремонтное подразделение A_1, A_2, \dots, A_Z имеют соответствующие годовые производственные возможности a_1, a_2, \dots, a_Z , определяющие количество проводимых за год обслуживаний. Поскольку выполнение работ по ТО и Р пограничного автотранспортного средства должно проводиться в соответствии с оперативно-технической компонентой процесса обслуживания, то величины a_1, a_2, \dots, a_Z должны определяться с учетом допустимой вероятности ($P_{дон} = 0,9$) проведения работ ТО и Р автотехники пограничного отряда. Необходимо для каждого источника $B_1, B_2 \dots B_Q$ распределить требования в количествах b_1, b_2, \dots, b_Q по $A_1, A_2 \dots A_Z$ организациям согласно с их годовыми производственными возможностями a_1, a_2, \dots, a_Z . Предположительно, что сумма всех требований равна сумме всех производственных возможностей:

$$\sum_{i=1}^Z a_i = \sum_{j=1}^Q b_j .$$

В качестве стоимости обслуживаний могут выступать величины $K_{сij}, K_{рij}, C_{ij}$, позволяющие в последующем выбрать план распределения обслуживаний, адекватный требованиям руководства пограничного отряда. Рассмотрим более детально показатели, величины которых могут использоваться для получения оптимального плана распределения.

Показателем, оценивающим производственные возможности ремонтного подразделения, i -й авторемонтной организации, является коэффициент простоя автотранспортного средства (K_p), который определяет долю времени нахождения автомобиля в системе обслуживания исследуемой авторемонтной организацией, ремонтного подразделения. Рассматриваемый коэффициент представляет собой отношение времени пребывания пограничного автотранспортного средства в обслуживании (T_s) при проведении работ на исследуемой авторемонтной организации, ремонтном подразделении к суммарному времени использования данного автомобиля по назначению (nt) за рассматриваемый промежуток времени.

$$K_p = \frac{T_s}{nt} .$$

Время T_s при проведении обслуживания (ТО и Р) автотранспортного средства может быть представлено как сумма математического ожидания времени пребывания автомобиля в системе обслуживания исследуемой авторемонтной организации (T_o) и времени на перемещение автотранспортного средства для проведения работ по ТО и Р (T_d). Время T_o предлагается рассчитывать на основании зависимостей, полученных для модели [6]:

$$T_o = \sum_{k=0}^{m-1} P_{n+k} \frac{k+1}{n\mu} + \frac{q}{\mu} ,$$

где m – количество мест в очереди авторемонтной организации, ремонтного подразделения, ед.;

n – количество каналов обслуживания (постов ТО и Р) авторемонтной организации, ремонтного подразделения, ед.;

P_{n+k} – вероятность нахождения системы в состоянии, когда заняты все n каналов обслуживания

и в очереди находится k ($k = 1..m$) единиц автотехники;

q – относительная пропускная способность системы обслуживания;

μ – интенсивность обслуживания одного канала, ед⁻¹.

Время Td находится по формуле:

$$Td = \frac{2S}{V_{движ}}$$

где 2^S – расстояние, необходимое для перемещение автотранспортного средства к месту проведения обслуживания и обратно, км;

$V_{движ}$ – скорость движения пограничного автотранспортного средства ($V_{движ} = 60 \text{ км / час}$ [7]), км/час.

Затраты C на использование авторемонтной организации в системе ТО и Р автотехники пограничного отряда включают в себя следующие виды затрат:

- затраты на оплату работы по ТО и ТР пограничного автотранспортного средства, выполненной персоналом авторемонтной организации, ремонтного подразделения ($C_{ТО,ТР}$);

- затраты на перемещение автотранспортного средства к месту проведения обслуживания авторемонтной организацией, ремонтным подразделением и обратно к месту дислокации ($C_{перем}$).

$$C = C_{ТО,ТР} + C_{перем}$$

Затраты $C_{перем}$ рассчитываются по формуле:

$$C_{перем} = (W^{авт} \cdot C^{бенз} + A^{авт}) \cdot \frac{2S}{100} \cdot H,$$

где $W^{авт}$ – расход топлива автотранспортного средства, совершающего перемещение для проведения обслуживания, на 100 км пробега, литр;

$C^{бенз}$ – стоимость одного литра бензина для марки автомобиля, совершающего перемещение с целью проведения работ по ТО и ТР, грн.;

$A^{авт}$ – величина амортизационных затрат, возникающих при перемещении автотранспортного средства на расстояние 100 км, грн.;

100 – постоянное число;

H – количество необходимых перемещений для проведения работ по ТО и ТР автомобиля за рассматриваемый период времени персоналом исследуемой авторемонтной организацией, ремонтного подразделения.

Комплексным показателем, характеризующим преимущества (недостатки) исследуемой авторемонтной организацией, ремонтного подразделения по сравнению с аналогичными организациями (предприятиями, подразделениями), предоставляющими услуги по обслуживанию автотехники, является Kc – коэффициент эффективности авторемонтной организации, ремонтного подразделения.

$$Kc = Kp \cdot C$$

Искомый план распределения мероприятий обслуживания автотехники будет представлять собой заполненную матрицу X_{ZQ} (табл. 1), где на пересечении j -го столбца и i -й строки будет находиться x_{ij}^k – количество обслуживаний автотранспортных средств j -й марки, планируемых направить для обслуживания из k -го подразделения в i -ю авторемонтную организацию, ремонтное подразделение.

Таблица 1

Вид матрицы X_{ZQ}

| Авторемонтная организация, ремонтное подразделение | Источники заявок | | | | Возможности a_i |
|--|------------------|-------|-----|-------|-----------------------|
| | B_1 | B_2 | ... | B_Q | |
| A_1 | | | | | a_1 |
| A_2 | | | ... | | a_2 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| A_Z | | | ... | | a_Z |
| Заявки b_j | b_1 | b_2 | ... | b_Q | $\sum a_i = \sum b_j$ |

Вектором заявок является вектор заявок на обслуживание, а вектором возможностей – вектор производственных возможностей рассматриваемых авторемонтных организаций, ремонтного подразделения. Каждой клетке матрицы X_{ZQ} соответствует некоторая “цена” обслуживания (Kc_{ij}, Kp_{ij}, C_{ij}). Тогда общая стоимость передачи функций обслуживания автотехники для трех планов обслуживания, у которых в

качестве цен приняты Kc_{ij}, Kp_{ij}, C_{ij} , будет представлять собой соответственно следующие выражения:

$$\begin{aligned} Ck &= Kc_{11}x_{11} + Kc_{12}x_{12} + \mathbf{K} + Kc_{QZ}x_{QZ} ; \\ Ksum &= Kp_{11}x_{11} + Kp_{12}x_{12} + \mathbf{K} + Kp_{QZ}x_{QZ} ; \\ C &= C_{11}x_{11} + C_{12}x_{12} + \mathbf{K} + C_{QZ}x_{QZ} . \end{aligned}$$

Элементы вектора \vec{a} , a_i ($i = 1...Z$) находятся в результате перемножения величины $T_{набл}$ и оценки интенсивности потока требований I_i на проведение обслуживаний (ТО и ТР) персоналом i -й авторемонтной организации, ремонтного подразделения.

$$\vec{A} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_Z \end{pmatrix} ; \quad a_i = I_i \times T_{набл} . \quad (1)$$

Величина I_i определяется в соответствии с величиной $P_{обс_i}$, значение которой должно быть большим или равным допустимому значению вероятности обслуживания ($P_{обс_i} \geq P_{дон}$, $P_{обс_i} \geq 0,9$). Выражение для определения значения I_i выводится из зависимостей модели, представленной в [6] а также на основе информации о $P_{дон} = 0,9$ и представляет собой следующую зависимость:

$$I_i = \frac{\mu_i}{P_{дон}} \cdot \left(n_i - \sum_{k_i=0}^{n_i} (n_i - k_i) P_{k_i} \right), \quad (2)$$

где P_{k_i} – вероятность нахождения системы в состоянии, когда заняты k ($k = 1\mathbf{K}n$) каналов обслуживания.

На основании формул (1) и (2) определяется величина a_i :

$$a_i = \frac{\mu_i}{P_{дон}} \cdot \left(n_i - \sum_{k_i=0}^{n_i} (n_i - k_i) P_{k_i} \right) \cdot T_{набл} . \quad (3)$$

Вектор \vec{b} получается в результате переформатирования матрицы B :

$$B = \begin{pmatrix} b_1^1 & \dots & b_m^1 \\ b_1^2 & \dots & b_m^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ b_1^{n_{подр}} & \dots & b_m^{n_{подр}} \end{pmatrix}_{n_{подр}} ; \quad \vec{(B)}^T = \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{12} \\ \dots \\ b_{n_{подр}Q} \end{pmatrix} .$$

Значения элементов матрицы $B - b_{ij}$ определяются на основе данных $y_{ТО}^{u_r^k}$ и $y_{ТР}^{u_r^k}$ – соответственно количеств ТО и ТР, в которых на протяжении года имеет потребность u -е ($u = 1...M_{авт}^{расч}$) автотранспортное средство r -й ($r = 1...m$) марки k -го ($k = 1...n_{подр}$) подразделения пограничного отряда. Значения $y_{ТО}^{u_r^k}$ находятся по методике, представленной в [8], значения $y_{ТР}^{u_r^k}$ – по регрессионным моделям ($\bar{y}_{x_i} = AB^{x_i}$, $\circ \bar{y}_{x_i} = Ax_i^2 + Bx_i + C$, $\circ \bar{y}_{x_i} = Ax_i^B$), полученным на основании методики [9]. Элемент матрицы b_{ij} (при $i = 1...n_{подр}$, $j = 1...m$) определяется по формуле:

$$b_{ij} = \sum_{u_r^k=1}^{M_r^k} (y_{ТО}^{u_r^k} + y_{ТР}^{u_r^k}),$$

где M_r^k – количество автотранспортных средств r -й ($r = 1...m$) марки k -го ($k = 1...n_{подр}$) подразделения, функции обслуживания которых планируется рационально распределить между авторемонтными организациями, ремонтным подразделением (k соответствует $i, r - j$), ед.

Определяется формулировка решаемой задачи распределения обслуживаний. Требуется найти такие неотрицательные значения переменных x_{ij} ($x_{ij} \geq 0, 1 \leq i \leq Z, 1 \leq j \leq Q$), которые удовлетворяли бы системе линейных уравнений:

$$\left(\begin{array}{l} \sum_{j=1}^Q x_{ij} = a_i, \quad i = \overline{1, Z}; \text{ по производственным возможностям,} \\ \sum_{i=1}^Z x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, Q}; \text{ по заявкам автотехники,} \\ \sum_{i=1}^Z a_i = \sum_{j=1}^Q b_j, \quad \text{по балансу заявок и возможностей,} \\ a_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, Z; b_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, Q \end{array} \right)$$

и одновременно обращали бы в минимум линейную функцию:

$$\text{для первого плана распределения} - C_k = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q Kc_{ij} \times x_{ij} \rightarrow \min ;$$

$$\text{для второго плана распределения} - Ksum = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q Kp_{ij} \times x_{ij} \rightarrow \min ;$$

$$\text{для третьего плана распределения} - C = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q c_{ij} \times x_{ij} \rightarrow \min .$$

Планы распределения для трех условий $C_k \rightarrow \min$, $Ksum \rightarrow \min$, $C \rightarrow \min$ следует находить по алгоритму Венгерского [10], что позволяет избежать трудностей, связанных с использованием метода потенциалов (когда не соблюдается условие наличия в опорном плане ровно $Q^{\circ} + Z^{\circ} - 1$ базисных клеток). После получения трех планов распределения обслуживания необходимо каждый из них оценить по стоимости ($C_{дон}$) и суммарному коэффициенту простоя ($Kp_{дон}$) с целью проверки допустимости полученных планов по этим двум параметрам:

$$C_{плана} = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q c_{ij} \times x_{ij} \leq C_{дон}; \quad Kp_{плана} = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Q Kp_{ij} \times x_{ij} \leq Kp_{дон} .$$

С целью выбора среди нескольких планов наиболее подходящий для каждого i -го ($i = 1, 2, 3$) плана следует рассчитывать величину Δ_i (параметр оптимальности полученного плана).

$$\Delta_i = (C_{дон} - C_{плана}^i) + (Kp_{дон} - Kp_{плана}^i) .$$

При наличии нескольких допустимых ($C_{плана} \leq C_{дон}$, $Kp_{плана} \leq Kp_{дон}$) планов наиболее подходящим для условий проводимого распределения принимается план с максимальным значением параметра Δ_i . В случае отсутствия допустимого плана необходимо изменить исходные данные за счет пересмотра состава авторемонтных организаций, участвующих в распределении.

В последующем по результатам полученного плана распределения разрабатываются рекомендации по распределению мероприятий ТО и ТР автотехники между ремонтным подразделением и авторемонтными организациями или только между авторемонтными организациями (в зависимости от условий решения задачи).

Выводы. Таким образом, в результате проведенного моделирования была построена модель постановки задачи распределения мероприятий ТО и Р автотранспортных средств между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями, учитывающая гарантийную, оперативно-техническую, экономическую компоненты процесса обслуживания пограничной автотехники.

В дальнейшем представляет интерес на основе построенной модели разработать методику распределения мероприятий ТО и Р автотехники между ремонтным подразделением пограничного отряда и авторемонтными организациями.

Литература

1. Про концепцію розвитку ДПСУ на період до 2015 року: указ: [прийнято Президентом України 19.06.2006. № 546/2006]. – К.: АДПСУ, 2006.
2. Кириченко Г.І. Оперативне розподілення потоків порожніх вагонів на полігоні дирекції перевезень: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.22.20 / Дніпропетровський національний ун-т залізничного транспорту / Кириченко Г.І. – Д., 2002. – 20 с.

3. Кондрахина Н.В. Оптимизация распределения работы между сортировочными станциями в крупных железнодорожных узлах: автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: 05.22.08. / Кондрахина Н.В – М., 1983. – 178 с.
4. Власов Ю.Л. Обоснование и рациональное распределение по маршрутам парка городского пассажирского транспорта: автореф. дис. на соискание научной степени кандидата технических наук: 05.22.10. – Оренбург, 2006. – 170 с.
5. Чигамбаев Т.О. Оптимальное распределение ремонтов ТР-3 (ТО-8) электровозов ВЛ80С между базовыми депо на железной дороге Республики Казахстан: автореф. дис. на соискание научной степени кандидата технических наук: 05.22.07. / Чигамбаев Т.О. – М., 2009. – 24 с.
6. Головня С.Б. Модель процесу функціонування авторемонтної організації / С. Б. Головня // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки. – 2010. – № 2, Ч. 3. – С. 46- 53.
7. Про затвердження Інструкції про порядок експлуатації транспортних засобів у відділах Державної прикордонної служби на мирний час: наказ: [прийнято Адміністрацією Державної Прикордонної служби України 22.10.2007 року № 841]. – Хмельницький: НАПВУ, 2007. – 17 с.
8. Осташевський С.А. Розрахунок і проектування елементів парку військової частини / Осташевський С.А. – Хмельницький: НАПВУ, 2000. – 160 с.
9. Головня С. Б. Методика побудови регресійної моделі залежності кількості поточних ремонтів від величини терміну експлуатації автотехніки прикордонного загону / С.Б. Головня // Зб. наук. пр. Хмельницький: Вид-во Нац. Академія ДПСУ, 2010. – № 51/1. Ч. II– С. 35-41.
10. Мищенко В.А. Алгоритмизация задач ПВО. / Мищенко В.А. – М.: Воениздат, 1978. – С. 127-128.

Надійшла 7.5.2010 р.