УДК 656.13

А.В.ТЕРЕНТЬЕВ, *канд. техн. наук, доцент, terentich1@rambler.ru*
Б.Д.ПРУДОВСКИЙ, *канд. техн. наук, доцент, terentich1@rambler.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

A.V.TERENTIEV, *Ph.D in eng. sc., associate professor, terentich1@rambler.ru*
B.D.PRUDOVSKIY, *Ph.D in eng. sc., associate professor, terentich1@rambler.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Проблема утилизации отслуживших автомобилей становится все более актуальной для многих регионов России и приобретает отраслевой характер. Необходим системный подход при определении баланса мощностей предприятий работающих в сфере производства, эксплуатации и утилизации автомобилей. Рассмотрен метод оперативного анализа технического состояния автомобиля, позволяющего ограничивать срок эксплуатации автомобиля, решается задача рационального размещения предприятий по утилизации автомобилей.

***Ключевые слова*:** автомобиль, трудоемкость, эффективность, утилизация.

METHOD OF OPERATIVE ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE CAR

The problem of servicing cars utilizations is going to be more urgent for many Russian regions and acquires industrial character. When determining the balance of capacity of enterprises, operating in car's production, exploitation and utilization the systematic approach is needed. The survey shows the method of operations analysis of vehicle's technical condition which allows to limit the life cycle of the car. The problem of rational scrappage placement is achieved in this article.

***Key words*:** vehicle, laboriousness, efficiency, scrappage.

Одной из важных проблем, возникающей при управлении технической эксплуатацией автомобилей (ТЭА), является разработка методов оперативного анализа технического состояния автомобилей. Решению этой проблемы посвящен ряд научно-исследовательских работ и публикаций, в том числе и авторов этой статьи. Дальнейшие исследования позволили получить новые результаты.

Показатель трудоемкости текущего ремонта (ТР) определяется по формуле

$$T_{\text{тр}} = \frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m} t_{\text{тр}ij}}{\Delta l_j} \cdot 1000, \qquad (1)$$

где $t_{\text{тр}ij}$ – трудоемкость устранения i-го отказа в пределах j-го интервала ТО, чел.-ч; L_j – пробег АТС от начала эксплуатации до j-го интервала ТО, км; m – количество интервалов ТО; n – количество отказов.

Предлагается оценивать показатель трудоемкости ТР для каждого интервала между двумя последовательно проводимыми ТО. Тогда формула (1) примет вид

$$T_{\text{тр}j} = \frac{\sum_{i=1}^{m} t_{\text{тр}ij}}{\Delta l_j} \cdot 1000, \qquad (2)$$

где $T_{\text{тр}j}$ – трудоемкость ТР на j-м интервале пробега АТС; Δl_j – пробег, соответствую-

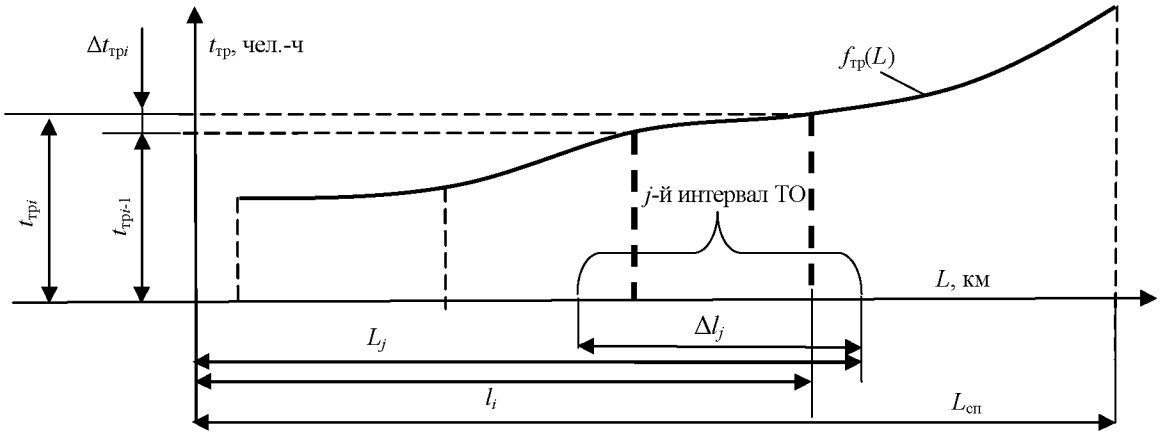


График зависимости значений трудоемкости ТР от пробега автомобиля

Изменение параметра трудоемкость ТР

Группа подвижного состава	Аналитическая зависимость	R^2
Легковой автомобиль	$y = 1E\text{-}08x^4 - 4E\text{-}06x^3 + 0{,}0003x^2 + 0{,}0011x + 0{,}0069$	0,9629
Легковой автомобиль – такси	$y = 3E\text{-}09x^4 - 8E\text{-}07x^3 + 5E\text{-}05x^2 + 0{,}0027x - 0{,}0082$	0,9363
Грузовой автомобиль – самосвал	$y = -2E\text{-}12x^4 + 5E\text{-}09x^3 - 5E\text{-}06x^2 + 0{,}0023x - 0{,}0166$	0,9806
Грузовой автомобиль – седельный тягач	$y = -9E\text{-}13x^4 + 3E\text{-}09x^3 - 2E\text{-}06x^2 + 0{,}001x + 0{,}0246$	0,9730

щий регламенту ТО, рекомендуемого производителем АТС, км.

График зависимости значений трудоемкости ТР от пробега АТС представлен на рисунке.

Экспериментальное исследование проводилось для четырех групп автомобилей. В результате удалось получить аналитические и графические зависимости, позволяющие определять тенденции и интенсивность изменения технического состояния автомобилей по комплексному показателю трудоемкости ТР (см.таблицу).

Как видно из таблицы, для всех четырех групп изменение параметра удельной трудоемкости ТР происходит по полиномиальному закону. Это соответствует утверждению, что в случае постепенных отказов изменение параметра технического состояния конкретного изделия или среднего значения для группы изделий аналитически достаточно хорошо может быть описано функцией:

$$y = a_0 + a_1 l + a_2 l^2 + a_3 l^3 + \ldots + a_n l^n, \quad (3)$$

где a_1, $a_2 \ldots a_n$ – коэффициенты, определяющие характер и степень зависимости y от l; a_0 – начальное значение параметра технического состояния; l – наработка.

Уточненный метод оперативного определения показателя трудоемкости ТР позволяет определять планируемый срок эффективной эксплуатации автомобиля, что, в свою очередь, позволит с достаточной точностью определять объемы автомобилей, подлежащих списанию с дальнейшей их утилизацией.

Возникает задача определения оптимального количества предприятий по утилизации АТС. При решении такой задачи для региона определяются населенные пункты, в которых должны быть размещены вновь строящиеся автоликвидирующие предприятия (АЛП).

Сформулируем задачу. Имеется m пунктов сосредоточения автомобилей, заданных координатами (a_i, b_i), $i = \overline{1, m}$. Каждый пункт характеризуется ремонтным фондом A_i, где $i = \overline{1, m}$.

Требуется найти координаты (x, y) АЛП так, чтобы сумма расстояний от данных m точек, помноженных на A_i, до точки (x, y) была минимальной.

Математически условия этой задачи записываются так. На плоскости XOY дано m точек с координатами (a_i, b_i).

Требуется найти точку (x, y), при которой

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^{m} A_i \sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2} = \min. \quad (4)$$

Опишем метод нахождения минимума. Возьмем частные производные от функции $P(x, y)$:

$$\frac{\partial P(x, y)}{\partial x} = \sum_{i=1}^{m} \frac{A_i (x-a_i)}{\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2}}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial P(x, y)}{\partial y} = \sum_{i=1}^{m} \frac{A_i (x-b_i)}{\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2}}. \quad (6)$$

Из анализа известно, что для нахождения искомой точки (x, y) необходимо частные производные (5) и (6) приравнять нулю и решить систему уравнений вида:

$$\frac{\partial P(x, y)}{\partial x} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial P(x, y)}{\partial y} = 0. \quad (8)$$

Однако решение системы (7)-(8) наталкивается на серьезные трудности ввиду ее нелинейности. Поэтому предложим итерационный метод решения.

Первое приближение определяем по формуле

$$x^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^{m} A_i a_i}{m}; \quad (9)$$

Подставляем $x^{(1)}$ в уравнение (8) и находим $y^{(1)}$ – решение уравнения. Далее подставляем $y^{(1)}$ в уравнение (7) и находим $x^{(2)}$. Решение $x^{(2)}$ подставляем в уравнение (8) и т.д. до тех пор, пока

$$P(x^{(k)}, y^{(k)}) - P(x^{(k+1)}, y^{(k+1)}) \le \varepsilon, \quad (10)$$

где k – номер итерации; ε – малое положительное число (заданная степень точности решения задачи (4).

Приближенное решение задачи (4) можно получить по формулам:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{m} A_i a_i}{m}; \quad (11)$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{m} A_i a_i}{m}. \quad (12)$$

Возникает вопрос: как далеко решение, полученное по формулам (11) и (12), от оптимального, получаемого по изложенному выше алгоритму? Легко показать, что при $A_i = \text{const}$, $i = 1 \ldots \overline{m}$ решение, полученное с использованием формул (11) и (12), совпадает с оптимальным решением задачи (4). Ясно также, что при незначительном разбросе в численных значениях величин A_i, т.е. когда разность $\max_i A_i - \min_i A_i$ невелика, приближенное решение весьма близко к оптимальному. Однако количественная сторона этого вопроса в данной работе не исследовалась.