

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ****COMPLEX ASSESSMENT OF QUALITY OF OPERATION OF CARS**

*Макала автомобилдерди эксплуатациялоо сапатын комплекстүү баалоо маселесине арналган. Анда автомобилди эксплуатациялоонун сапатын баалоо үчүн эң аз өлчөмдөгү өндүрүштүк эмес чыгым коротуп, эң көп пайда алууга негизделген комплекстүү модель сунушталат. Булардын баары автотранспорт ишканасынын автомобил курамынын транспорттук процессин мыкты уюштурууну камсыз кылат.*

*Ачкыч сөздөр: транспортту тейлөө модели, текшерип кароо, автомобилди эксплуатациялоо, бышыктык мүнөздөмөсү, сапатты баалоо.*

*Статья посвящена вопросам комплексной оценки качества эксплуатации автомобилей. В ней для оценки качества эксплуатации автомобилей предлагается использовать комплексную модель, основанную на получении максимальной прибыли при минимуме непроизводительных затрат. Все это позволит обеспечить надежную организацию транспортного процесса подвижным составом автотранспортного предприятия.*

*Ключевые слова: модель транспортного обслуживания, контрольный осмотр, эксплуатация автомобилей, характеристика долговечности, оценка качества.*

*The article is devoted to questions of a complex assessment of quality of operation of cars. Here for an assessment of quality of operation of cars it is offered to use the complex model based on receiving the maximum profit at a minimum of non-productive expenses. All of this will allow to provide the safe organization of transport process with a rolling stock of the motor transportation enterprise.*

*Keywords: model of transport services, visual inspection, automobile operation, durability characteristics, quality assessment.*

В целях повышения уровня экономического развития республики необходимо обеспечить соответствующее развитие транспортной системы. Одной из главных задач для достижения этого является снижение грузоемкости экономики или уменьшение объема транспортной работы, которая затрачивается на единицу производимой продукции. Поэтому снижение удельного веса транспортной составляющей в производстве товаров и услуг должно быть возведено государством в разряд основных стратегических приоритетов развития транспортной системы, что позволит сделать продукцию и услуги транспорта более доступными для всех категорий населения [1].

При нормальном функционировании транспортного предприятия подвижной состав должен максимально по возможности находиться в процессе эксплуатации. Поэтому для оценки качества его работоспособности необходимо разработать комплексную структурную математическую модель, которая основана на получении максимальной прибыли при минимуме непроизводительных затрат.

При этом модель технического обслуживания автомобилей в качестве обязательных составляющих должна включать следующие элементы:

- модель оценки готовности автотранспортной единицы к эксплуатации;
- модель определения частоты контрольных осмотров;
- модель оптимизации ремонта и замены оборудования;

– модель для определения межремонтного периода.

Модель оценки готовности автотранспортной единицы к эксплуатации можно представить функцией  $K_r(t)$  с предельным значением:

$$\bar{K}_r = \frac{\bar{t}}{\bar{t} + v}. \quad (1)$$

Среднее значение функции готовности для автотранспортной единицы рассчитывается по формуле:

$$\bar{K}_{rc} = \left( 1 + \sum_{i=1}^m \frac{v_i}{t_i} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где  $m$  – число автотранспортных единиц в парке;

$\bar{t}$  – среднее время безотказной работы;

$v$  – среднее время восстановления.

Коэффициент  $\bar{K}_r$  характеризует величину возможных затрат на ремонт автотранспортной единицы в плановый период перевозки  $T$ . Степень готовности автотранспортной единицы к эксплуатации обязательно должна учитывать в общей модели оценку качества транспортного процесса.

Модель определения частоты контрольных осмотров базируется на максимизации функции прибыли, которая получается при эксплуатации автотранспортной единицы в единицу времени. Эта функция включает в себя планируемую прибыль и затраты на контрольный осмотр и ремонт автотранспортной единицы:

$$A(n) = V \left( 1 - \frac{\lambda(n)}{\mu} - n\bar{t}_{oc} \right) - R \frac{\lambda(n)}{\mu} - \mathcal{G}n\bar{t}_{oc}. \quad (3)$$

В результате решения данной задачи представляется возможным определение оптимального числа осмотров  $\bar{n}$  в единицу времени. При этом затраты на осмотр автотранспортной единицы  $k$ -го назначения за период времени  $t_h$  составляют:

$$C_{ockh} = (V_k + \mathcal{G}_k) n\bar{t}_{ock} t_h. \quad (4)$$

Величина затрат учитывает потерю прибыли от простоя автотранспортной единицы во время осмотра.

Выбор оптимального значения времени наработки  $\bar{t}_p$  производится на основе минимизации общих затрат на замену оборудования, которые для единицы времени определяются следующим выражением:

$$C(\bar{t}_p) = \frac{C_{np} R(\bar{t}_p) + C_{ap} [1 - R(\bar{t}_p)]}{\bar{t}_p R(\bar{t}_p) + M(\bar{t}_p) [1 - R(\bar{t}_p)]}. \quad (5)$$

Здесь  $C_{np}$  и  $C_{ap}$  – общие затраты на профилактическую и аварийную замены соответственно.

Оптимальное значение  $t_p$  находится из условия  $C(\bar{t}_p) \Rightarrow \min$ .

Для автотранспортной единицы  $k$ -го назначения в течение времени  $t_h$  минимальные затраты на ремонт оборудования составят величину:

$$C_{pkh} = \frac{C_{npk} R_k(\bar{t}_p) + C_{ap} [1 - R_k(\bar{t}_p)]}{\bar{t}_p R_k(\bar{t}_p) + M_k(\bar{t}_p) [1 - R_k(\bar{t}_p)]} t_h. \quad (6)$$

Оптимальное значение суммарных затрат на ремонтные и профилактические мероприятия определится как:

$$C_{kh} = C_{ockh} + C_{pkh}. \quad (7)$$

Модель оптимизации технического обслуживания автотранспортной единицы в плановый период перевозочного процесса представляется следующей функцией:

$$A_{TC} = \sum_{h=1}^T \left\{ A \sum_{k=1}^N [V_{kh} X_{kh} + C_{kh} Y_{kh} (1 - K_{rk})] \right\}. \quad (8)$$

Общая целевая функция (1) оптимизации перевозочного процесса учитывает вопросы кадровой политики и социальные аспекты.

Проблемы, которые связаны с оптимизацией затрат на решение данных вопросов, представляются весьма актуальными и являются в настоящее время определяющими в организации деятельности транспортного предприятия.

В настоящее время парк автотранспортных средств республики более чем на 62 % состоит из автомобилей, находящихся в эксплуатации более 15 лет. Поэтому основные узлы и детали ходовых частей и несущих конструкций автомобилей имеют значительный износ. Политика обновления подвижного состава рассчитана на 7...10 лет и предусматривает внедрение рациональной системы эксплуатации и содержания автотранспортных единиц. Одной из основных особенностей планируемых правил эксплуатации является полное исключение капитальных восстановительных видов ремонта, узлов и деталей автомобилей и переход к замене оборудования по наработке [2]. Однако такие элементы автотранспортных единиц, как рама, кузов, ходовые части и т. д. являются весьма дорогостоящими и их замена по мере возникновения дефектов или износа приведет к существенным финансовым издержкам. Устранение этих видов дефектов (восстановление формы кузова, заварка трещин и наплавка изношенных поверхностей) следует отнести к элементам капитального ремонта наряду с полной заменой дефектных узлов и деталей.

Замена оборудования автотранспортной единицы на стадии текущего ремонта и капитального ремонта означает его обновление с улучшением его состояния (т. е. фактического увеличения общего срока его эксплуатации).

При планировании организации ремонта автотранспортных единиц (рациональное размещение ремонтных баз и их обеспечение необходимым количеством деталей) основной проблемой является выбор и обоснование меж ремонтного периода  $t_p$ . Задачу определения оптимальных значений  $t_p$  можно решить в различной постановке. Для некоторых узлов и деталей автотранспортной единицы целесообразно использовать

замену через интервалы времени нормального функционирования, которые измеряются годами и включают несколько ремонтных циклов. В этом случае задачу оптимальной организации замены оборудования можно решить на основе минимизации общих приведенных затрат  $C(n)$ . Эксплуатационная долговечность оборудования  $P$  измеряется в определенный период (число выполненных планов).

В дальнейшем изложении будет использоваться следующие обозначения:

$C_{po}$  – первоначальная стоимость нового оборудования;

$C_i$  – эксплуатационные затраты в  $i$ -ый период времени с момента установки нового оборудования;

$R = \frac{1}{1+d}$  – действующий коэффициент дисконтирования;

$d$  – учетная ставка за рассматриваемый период.

При данной постановке задачи решение сводится к минимизации величины [3]

$$C(n) = \sum_{i=1}^N C_i(n) r^{i-1}, \quad (9)$$

где  $N$  – общее число циклов планирования перевозок (по отношению к величине  $n$  общее число циклов можно считать бесконечно большим).

Здесь величины  $C_i(n)$  означают общие затраты за  $i$ -ый период эксплуатации, приведенные к началу цикла. Так как эксплуатационные затраты в каждый период одинаковы, то величина  $C(n)$  есть ни что иное, как сумма убывающей геометрической прогрессии и при бесконечно большом значении  $N$  будет равна:

$$C(n) = \frac{c(n)}{1-r^n}, \quad (10)$$

где  $c(n) = A_0 + \sum_{i=1}^n c_i r^{i-1}$ .

Оптимальное значение  $n$  находим из условия экстремума функции  $C(n) \Rightarrow \min$ .

Полученное таким образом решение предусматривает замену оборудования только в том случае, если эксплуатационные затраты за следующий период оказываются больше, чем предыдущие приведенные средние затраты. Предшествующие приведенные средние затраты оцениваются следующим выражением [3]:

$$C(n-1) = \frac{A_0 + \sum_{i=1}^n C_i r^{i-1}}{1 + \sum_{i=1}^n r^i}. \quad (11)$$

Замену целесообразно проводить через  $n$  циклов при выполнении условия

$$C(n) > C(n-1). \quad (12)$$

Для целого ряда деталей и узлов автотранспортной единицы организация замены по вышеприведенному принципу не является рациональной и более оптимальной организацией профилактической замены является определение периода  $t_p$  по наработке. В этом случае существует два возможных варианта рабочего цикла:

- профилактический цикл длительностью  $t_p$ ;
- цикл в случае отказа со средней длительностью  $M(t_p)$ .

Среднее время наработки до отказа определяется формулой

$$M(t_p) = \frac{\int_0^{t_p} t f(t) dt}{1 - R(t_p)} \quad (13)$$

Здесь приняты следующие обозначения:

$f(t)$  – плотность распределения вероятностей времени безотказной работы оборудования;

$R(t)$  – функция надежности.

Ожидаемые общие затраты при этом будут расти:

$$C(t_p) = \frac{C_p R(t_p) + C_r [1 - R(t_p)]}{t_p R(t_p) + M(t_p) [1 - R(t_p)]} \quad (14)$$

где  $C_p$  и  $C_r$  - общие затраты на профилактическую и аварийную замены.

Значение  $t_p$ , которое обеспечивает минимум общих затрат, определится из условия:

$$\frac{dC(t_p)}{dt_p} = 0. \quad (15)$$

При этом мгновенная интенсивность отказов будет равна:

$$r(t_p) = \int_0^{t_p} R(t) dt - F(t_p) = \frac{C_p}{C_r - C_p}. \quad (16)$$

Условием того, что замена по наработке более выгодна, чем аварийная замена, является соотношение:

$$\frac{C_r - C_p}{C_r} > \frac{M_r(t^*)}{M_r(0)} \quad \text{для некоторого } t^* > 0. \quad (17)$$

Величина  $M_r(t)$  есть математическое ожидание времени отказа элемента после его эксплуатации в течение времени  $t$  (функция восстановления):

$$M_r(t) = \frac{\int_0^{\infty} xf(t+x)dx}{R(t)}. \quad (18)$$

В большинстве случаев эксплуатации автомобилей с достаточной точностью для частоты отказов можно принять распределение Вейбулла и считать известными отношения затрат  $K = \frac{C_r}{C_p}$  и среднее время  $\bar{t}$  эксплуатации элемента, отнесенное к величине среднеквадратического отклонения  $\sigma(t)$  времени безотказной работы.

Распределение Вейбулла может быть предоставлено семейством кривых с параметром  $\beta$ .

Плотность распределения Вейбулла имеет следующий вид [3]:

$$f(t) = \frac{\beta}{m} \left( \frac{t-t_0}{m} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t-t_0}{m} \right)^{\beta} \right] \text{ для } t \geq t_0, m > 0, \quad (19)$$

где  $m$  – масштабный параметр (характеристика долговечности);

$t_0$  – параметр сбыта, который для большинства случаев принимается равным нулю.

Оптимальный интервал  $t_p$  между профилактическими заменами оборудования может быть получен с помощью номограмм, которые приведены на рис. 1 и 2 [3].

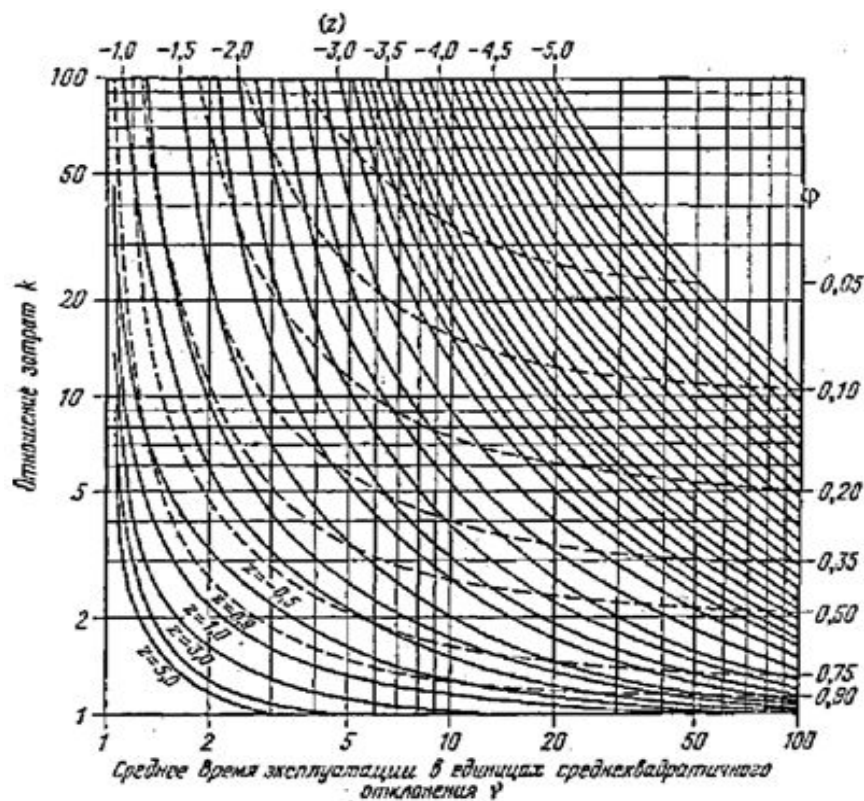


Рис. 1. Оптимальные стратегии при одновременной замене идентичных элементов

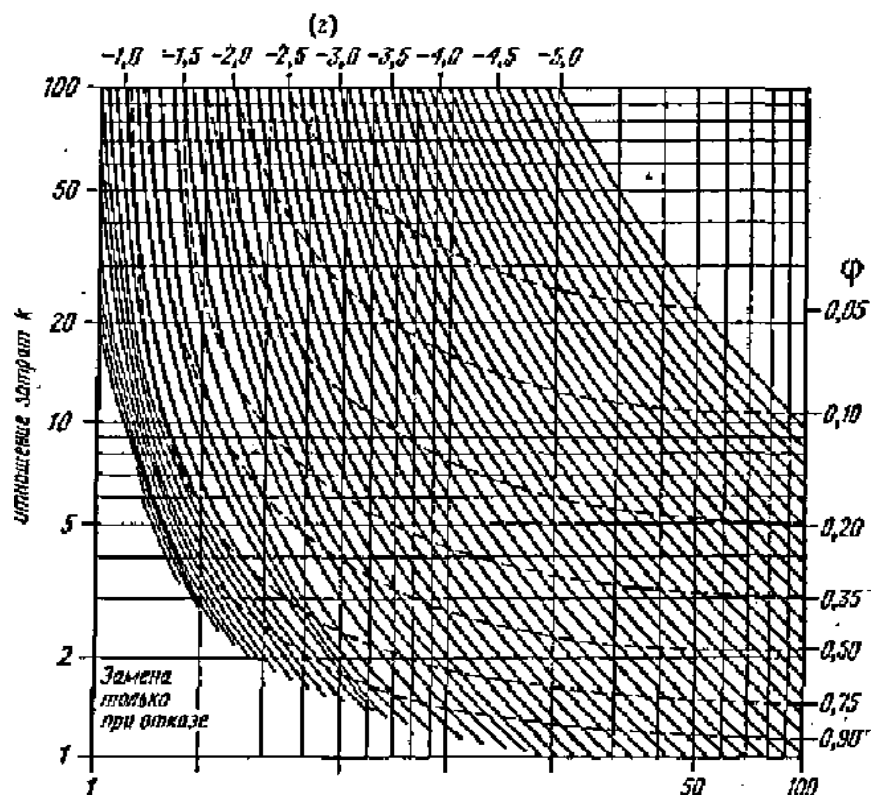


Рис. 2. Оптимальные стратегии при замене по наработке

При заданных значениях  $k$  и  $\bar{t}$  определяется оптимальное значение  $t_p$  через отклонение  $t$  от среднего значения  $\bar{t}$ , выраженного в единицах среднеквадратического отклонения:

$$t_p = E(t) + z\sigma(t), \quad (20)$$

где  $E(t)$  – средняя наработка элемента до его замены.

По приведенным номограммам с помощью величины  $\varphi$  по заданным  $k$  и  $t$  можно определить отношение затрат при оптимальной стратегии к затратам при аварийных заменах.

### Список литературы

1. Транспортная стратегия Республики Казахстан до 2015 года [Электронный ресурс] Режим доступа: (<http://ru.government.kz/>)
2. Осипов Ю.М. Экономические критерии показателя «значимость технического решения» АСУ конкурентоспособностью продукции [Текст] / Ю.М.Осипов, С.Н.Быков.// Автоматизация и современные технологии. – М.: 1996. - №1. - С.39-40.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 1997. – 474 с.