

УДК 33

DOI 10.21661/r-468249

Ф.М. Махмудова

**ПРОВЕДЕНИЕ ПЛАНОВЫХ РЕМОНТОВ АТС
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГОРНЫМ УСЛОВИЯМ ТАДЖИКИСТАНА**

Аннотация: проведение плановых ремонтов согласно законам распределения и стоимости выполнения работ между обслуживаемыми автотранспортными средствами и определения оптимальной значении к агрегатам АТС, обеспечивающих безопасность движения, затраты на поддержание требуемого уровня надежности позволяет повышать уровень безотказности в приемлемых затратах и любых законах распределения их ресурсов. В статье рассмотрены возможности расширения модели с учетом стоимости восстановленной запасной части.

Ключевые слова: элемент, ресурс, автомобиль, агрегат, восстановление, работоспособность, безопасность движения, ремонт, плановый ремонт, безотказность, надежность, эффективность использования.

F.M. Mahmudova

**CONDUCTING SCHEDULED REPAIR WORK OF ATC
APPLICABLE TO MOUNTAIN CONDITIONS OF TAJIKISTAN**

Abstract: conducting scheduled repair work in accordance with the laws of distribution and cost of performance of work between the services of vehicles and determining the optimal value for ATC units providing traffic safety, the costs of maintaining the required level of reliability allows to increase the level of reliability in acceptable costs and any laws for the allocation of their resources. The article considers possibilities of model expansion taking into account cost of the restored spare part.

Keywords: element, resource, car, unit, restoration, operability, traffic safety, repair, scheduled repair, fail-safety, reliability, efficient use.

Последовательность расчета оптимальной периодичности проведения планового ремонта продемонстрирована на примере тормозного аппарата, имеющего следующие характеристики.

Исходные данные. Числовые характеристики распределения ресурса: $t = 130$ тыс. км и $\sigma = 42$ тыс. км. Закон распределения нормальный ($V = 0,32$). Стоимость выполнения работ между обслуживаниями $C_{отк} = 28,7$ сомони. Стоимость выполнения тех же работ при проведении планового ремонта $C_{пл.р.} = 7,18$ сомони ($K = \frac{1}{4}$).

Требуется определить оптимальное значение $t_{пл.р.опт}$ и эффективность применения ремонта при этом значении.

Задаваясь значением вероятности отказа в пределах $F(t_{пл.р.}) \leq 0,1$, с помощью квантилей нормального распределения U_{pi} находим соответствующие значения $t_{пл.р.i}$:

$$t_{пл.р.i} = t_p - U_{p,i} \sigma = 130 - 42 U_{pi} \quad (1)$$

математическая модель оптимизации периодичности проведения плановых ремонтов применительно к узлам и агрегатам, обеспечивающих безопасность движения:

$$C(L) = \frac{C_{отк}}{L_{н.р}} \left[\frac{F(L_{н.р})}{1 - 0,5 \cdot F(L_{н.р})} + K \right] \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $C(L)$ – затраты на поддержание требуемого уровня надежности, сом.; $C_{отк}$ – стоимость работ между обслуживаниями, руб.; $C_{пл.р.}$ – стоимость плановых работ, сомони,

$K = C_{пл.р.} / C_{отк}$; $F(L_{пл.р.})$ – вероятность отказа объекта ($F(L_{пл.р.}) \leq 0,1$). Затем определяем сомножители соотношения:

$$\frac{C_{отк}}{t_{пл.р.i}} = \frac{2870}{t_{пл.р.i}} \text{ дирам/тыс. км и } \frac{F(t_{пл.р.i})}{1 - 0,5F(t_{пл.р.i})} + K = \frac{F(t_{пл.р.i})}{1 - 0,5F(t_{пл.р.i})} + 0,25$$

Произведение сомножителей определяет $C(t)$. Результаты расчета показывают, что на $C(t)_{min} = 13,42$ дирам/тыс.км соответствует $t_{пл.р.опт} = 70,15$ тыс. км.

Таблица 1

Оптимизация периодичности планового ремонта

$t_{нл.р.i}$, тыс. км	43,7	47,4	56,5	60,9	64,7	70,15	71,0	76,2
$C(t)$, ди- рам/тыс.км	17,8	16,7	14,8	14,2	13,8	13,4	13,47	13,5

Для реализации разработанной методики определения оптимальной периодичности проведения плановых ремонтов составлен реализующий алгоритм управления плановым ремонтом.

Параметры законов распределения приведены в табл. 1. Расчетные формулы для определения текущих значений $t_{нл.р.i}$, получены с использованием математических выражений для соответствующих законов распределения:

1. $t_{нл.р.i} = 144 - 37 U_{pi}$.
2. $t_{нл.р.i} = e^{4,88 - 0,165 Ai}$.
3. $t_{нл.р.i} = 145,4 [e_n (1 - F(\text{iii.iii.}))^{-1}]^{\frac{1}{4,86}} + 24,11$.
4. $t_{нл.р.i} = 143,3 [\ln(1 - F(\text{iii.р.}))^{-1}]^{\frac{1}{5,25}} + 16,36$.
5. $t_{нл.р.i} = 161,1 [\ln(1 - F(\text{iii.р.}))^{-1}]^{\frac{1}{6,93}} + 17,54$.
6. $t_{нл.р.i} = 130 - 42 \cdot U_{pi}$.
7. $t_{нл.р.i} = 147 - 34 \cdot U_{pi}$.

Оптимальные значения периодичностей проведения плановых ремонтов определены прямым поиском из модели (2) при ограничении $F(t_{нл.р.}) \leq 0,1$ и приведены в таблице 1. Полученные значения $t_{нл.р.онт}$ скорректированы в соответствии с принятыми периодичностями проведения ТО в АТП (для 3 категории условий эксплуатации в Республики Таджикистан, т.к. $K_1=0,8$; для сухого жаркого климата $K_3=0,9$ и $L_{ТО-1}=4000 \cdot 0,8 \cdot 0,9=2880$ км; $L_{ТО-2} 12000 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 8640$ км).

В зависимости от полученных значений периодичностей проведения, по разработанной методике, плановый ремонт приурочивается к очередному ТО или выполняется по специальному графику в межсменное время.

Установленные оптимальные периодичности $t_{н.п.i}$ создают предпосылки для применения дифференциального подхода к плановым восстановлением работоспособности деталей и узлов тормозных систем.

Плановый ремонт деталей и узлов тормозных систем путем своевременной замены и качественного ремонта способствует повышению эксплуатационной надежности системы.

Таблица 2

Оптимальные периодичности проведения плановых ремонтов

№ п/п	Наименование тормозных аппаратов	Закон распределения	Параметры законов распределения							L ^{опт} _{пл.р} тыс. км	L ^{корр} _{пл.р} тыс. км
			4	5	6	7	8	9	10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Регулятор давления 100–3512010	Нормальный	144	37	–	–	–	–	–	91,27	95,04
2	Предохранитель против замерзания 100–536010	Логарифмически нормальный	142	45	4,75	0,165	–	–	–	97,51	103,68
3	Двойной защитный клапан 100–3515110	Вейбулла	137	69	–	–	145,4	4,86	24,11	110,12	112,32
4	Тройной защитный клапан 100–3515210	Вейбулла	148	46	–	–	143,3	5,25	16,36	105,64	103,68
5	Автоматические регуляторы тормозных сил 100–3533010	Вейбулла	169	81	–	–	161,1	6,93	17,54	130,11	129,60
6	Кран включения вспомогательной тормозной системы 100–3537110	Нормальный	130	42	–	–	–	–	–	70,15	69,12
7	Кран включения системы аварийного растормаживания 100–3537110	Нормальный	142	34	–	–	–	–	–	98,55	95,04

Таким образом, планового ремонта элементов и узлов тормозных систем, которое, в основном, сводится к работам по их принудительной замене, является эффективным методом совершенствования существующей планово-предупредительной системы ТО и ремонта. При этом существенно повышается эксплуатационная надежность автомобиля за счет уменьшения вероятности возникновения отказа и неисправностей.

Производительность автомобиля прямо пропорционально коэффициенту технической готовности. При уменьшении назначенного ресурса элементов АТС при регламентных заменах от его оптимального значения, возрастает коэффициент технической готовности α_m (или $P(t)$) и соответственно, производительность автомобилей.

Для того, чтобы оценить: насколько можно увеличить α_m (уменьшив t_{np}) при приемлемой стоимости $C(t)$, требуется выявить закономерности увеличения стоимости как функция α_t , т.е. $C(t) = f(\alpha_m)$.

Допустим, что распределение $P(t_{np})$ не противоречит двухпараметрическому закону Вейбулла. Тогда

$$P(t_{np}) = \exp [- (t_{np}/a)^b], \quad (3)$$

то процент уменьшения Δt определяется по формуле

$$\Delta t = \left[1 - \left(\frac{\ln K_{\Gamma}(t_{об})}{\ln K_{\Gamma}(t_{обnm})} \right)^{\frac{1}{b}} \right] \cdot 100, \% . \quad (4)$$

Аналогично находим выражение Δt для других законов распределения:

А. Нормальный:

$$\Delta t = \left[\left(1 - \frac{a}{t_{npnm}} \right) \left(1 - \frac{\ln \alpha_m(t_{np})}{\ln \alpha_m(t_{npnm})} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \cdot 100\% .$$

Б. Вейбулла (трехпараметрический):

$$\Delta t = \left[\left(1 - \frac{c}{t_{npnm}} \right) \left(1 - \frac{\ln \alpha_m(t_{np})}{\ln \alpha_m(t_{npnm})} \right)^{\frac{1}{b}} \right] \cdot 100\% .$$

В. Логарифмически нормальный:

$$\Delta t = \left[\left(1 - \frac{a}{\ln t_{\text{нромн}}} \right) \left(1 - \frac{\ln \alpha_m(\ln t_{\text{нр}})}{\ln \alpha_m(\ln t_{\text{нромн}})} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \cdot 100\% .$$

Г. Экспоненциальный:

$$\Delta t = \left[\left(1 - \frac{\ln \alpha_m(t_{\text{нр}})}{\ln \alpha_m(t_{\text{нромн}})} \right) \right] \cdot 100\% .$$

Таким образом, появляется возможность варьирования параметрами модели, для получения оптимального решения исходя из поставленных, перед исследователем конкретной задачи и достижения требуемого уровня показателей.

Список литературы

1. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами. – М.: МАДИ, 2001. – 213 с.
2. Кузнецов Е.С. Состояние и тенденции развития технической эксплуатации и сервиса автомобилей в России. – М.: Информавтотранс, 2000. – 46 с.
3. Монография, Махмудова Ф.М. Улучшение качества транспортных услуг методами технической эксплуатации АТС. – Душанбе: Илм, 2011. – 140 с.
4. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Под ред. проф. Е.С. Кузнецова. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
5. Турсунов А.А. Управление работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации. – Душанбе: Маориф ва фарханг, 2003. – 356 с.

References

1. Kuznetsov, E. S. (2001). Upravlenie tekhnicheskimi sistemami., 213. M.: MADI.
2. Kuznetsov, E. S. (2000). Sostoianie i tendentsii razvitiia tekhnicheskoi ekspluatatsii i servisa avtomobilei v Rossii., 46. M.: Informavtotrans.
3. Makhmudova, F. M. (2011). Monografiia, Uluchshenie kachestva transportnykh uslug metodami tekhnicheskoi ekspluatatsii ATS., 140. Dushanbe: Ilm.
4. Kuznetsova, E. S. (2004). Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia avtomobilei., 535. M.: Nauka.

5. Tursunov, A. A. (2003). Upravlenie rabotosposobnost'iu avtomobilei v gornykh usloviyakh ekspluatatsii., 356. Dushanbe: Maorif va farkhang.

Махмудова Фарогат Мирзонасриевна – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Автомобили и автомобильные перевозки» Политехнического института Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими, Республика Таджикистан, Худжанд.

Mahmudova Farogat Mirzonasrievna – candidate of technical sciences senior lecturer of the Department of Automobiles and Automobile Transport at the Polytechnic Institute of the Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Republic of Tajikistan, Khujand.
