

УДК 33

DOI 10.21661/r-465534

Ф.М. Махмудова

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНОВОГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА (АТС)

***Аннотация:** разработанная математическая модель оптимизации периодичности проведения плановых ремонтов применительно к агрегатам автотранспортных средств, обеспечивающих безопасность движения, позволяет повышать уровень безотказности, 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

FEATURES OF SCHEDULED REPAIR WORK OF ROAD TRANSPORT

***Abstract:** the developed mathematical optimization model for the scheduled repair periodicity of the motor vehicle aggregates that provide traffic safety allows to increase the level of fail-safety, acceptable costs and any laws of their resources distribution. The article describes the possibilities of the model expansion taking into account the cost of the restored spare part.*

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

История ремонтов за свою долгую существования преодолела три основные этапы – реагирующее обслуживание, плановое и сокращения число дефектов.

Реагирующее обслуживание – это самый распространенный, но в то же время самый «устаревший» подход. Здесь главное – основное условие по возможности как можно быстрее устранить неисправность и вернуть

автотранспортные средства в работоспособную состояние без тщательного анализа причин часто возникающих отказов.

Перспективное *плановое обслуживание* направлено на предотвращение неисправности и поэтому предполагает планово-предупредительные или профилактические ремонты. Такой подход экономически выгоден: т.к для профилактического ремонта нужно гораздо меньше времени и ресурсов, чем для исправления непредусмотренных отказов, ведь в этом случае можно точно рассчитать потребность в запасных частях и рабочей силе и спланировать время ремонтных работ так, чтобы простоя подвижного состава было по возможности минимальными.

Более передовой из рассматриваемых подходов – это *минимизация дефектов*, который предполагает выявление основных причин преждевременного выхода автотранспортных средств из строя и своевременное их устранение. Решение данной проблемы может привести к пересмотру конструкторских изменений, технологических процессов, замена автоэксплуатационных материалов из которого изготовлены его части. Для уменьшения количество дефектов требуется высокая квалификация ремонтных работников и операторов, а также их заинтересованность в повышении качество выполняемых работ. Такой подход дает возможность регулярно поднимать качество ТО, искореняя причины преждевременного выхода из строя агрегатов и их составных частей, что и объясняет его положительное воздействие на эффективность производства. Для определения периодичности проведения плановых ремонтов используется усовершенствованная модель оптимизации, применительно к узлам и агрегатам, обеспечивающих безопасность движения, исходя из последствий отказов.

Модель позволяет прямым поиском определить оптимальное значение периодичности проведения планового ремонта. При этом значение вероятности возникновения отказов $F(L_{пл}, p) \leq 0,1$ является ограничением.

Решения этой задачи на АТ основан на предположении, что законы распределения отказа деталей и узлов известны и в множестве случаев не учитывает особенности планирования запасов, которые связаны с возможностями убытка

продукта или его дефицита. Наиболее полно предъявляемым требованиям учитывается влияние случайных и неоднозначно определенных факторов. Задача сводится к нахождению такого объема запаса, который минимизирует ожидаемые затраты автотранспортной организацией, связанные с затратами на хранении единицы запаса из-за его избытка и потери автотранспортной организацией от простоя при его дефиците.

Для определения периодичности проведения плановых ремонтов используется усовершенствованная модель оптимизации, применительно к узлам и агрегатам, обеспечивающих безопасность движения, исходя из последствий отказов.

Модель позволяет прямым поиском определить оптимальное значение периодичности проведения планового ремонта. При этом значение вероятности возникновения отказов $F(L_{пл}, p) \leq 0,1$ является ограничением. Традиционный способ повышения качества системы обеспечения запасными частями за счет увеличения уровня запасов приводит к образованию на автотранспортной организацией значительных сверхнормативных запасов. В связи с этим, в новых условиях хозяйствования возникает необходимость оптимизации количества запасных частей, хранящихся на складах автотранспортной организацией. Имеющийся опыт решения этой задачи на автомобильном транспорте основан на предположении, что законы распределения отказа деталей и узлов известны и в большинстве случаев не учитывает особенности планирования запасов, связанные с возможностью убытка продукта или его дефицита. Наиболее полно предъявляемым требованиям отвечают численные методы стохастического программирования, в которых учитывается влияние случайных и неоднозначно определенных факторов. Задача сводится к нахождению такого объема запаса, который минимизирует ожидаемые затраты автотранспортной организацией, связанные с затратами на хранении единицы запаса из-за его избытка и потери автотранспортной организацией от простоя при его дефиците.

Сущность планово-предупредительного ремонта заключается в плановом проведении работ по принудительной замене и ремонту конструктивных элементов автомобиля. Такой вид ремонта нормативно закреплено в «Положение о ТО

и Р...» и, как правило, применяется для узлов и агрегатов, обеспечивающих безопасность движения.

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

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

здесь $C(L)$ – затраты на поддержание требуемого уровня надежности, сомони.;

$C_{отк}$ – стоимость работ между обслуживаниями, сомони.;

$C_{пл.р.}$ – стоимость плановых работ, сомони.;

$K = C_{пл.р.} / C_{отк}$;

$F(L_{пл.р.})$ – вероятность отказа объекта ($F(L_{пл.р.}) \leq 0,1$).

Полученное

Надо отметить, что математическая модель оптимизации периодичностей проведения плановых ремонтов (1) позволяет решать задачу в общем виде и не рассматривает решения задач в конкретных случаях, имеющих места при эксплуатации автомобилей.

В данной работе предусматривается решение задачи определения оптимальной периодичности планового ремонта при произвольном законе распределения их ресурсов (табл. 1).

Таблица 1

Определение $t_{пл.р.i}$ для различных законах распределения ресурса элементов

| №№ п/п | Закон распределения | Математическое выражение для определения $t_{пл.р.i}$ | Функция распределения отказов $F(t)$ |
|--------|----------------------------|---|---|
| 1. | Нормальный | $tp - U_{pi} \sigma$ | $1/2 + 1/2 \Phi((t_{пл.р.i} - tp)/\sigma)$ |
| 2. | Вейбулла | $a(\ln[1/(1-F(t_{пл.р.i}))])^{1/B} + C1$ | $- \exp[-((t_{пл.р.i} - c)/a)^b]$ |
| 3. | Логарифмически- нормальный | $\exp(y_0 + \sigma_L A_i)$ | $1/2 + (1/2)\Phi[(\ln(t_{пл.р.i}) - y_0)/\sigma_L]$ |
| 4. | Экспоненциальный | $t_p \ln[1 - F(t_{пл.р.i})]^{-1}$ | $1 - \exp[-(t_{пл.р.i}/t_p)]$ |

Примечание: a, b, c – параметры закона Вейбулла; y_0, σ – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение логарифма случайной величины; A_i – значение функции Лапласа, соответствующее каждой $[2 F(t_{нл.р.i}) - 1] < 0$.

Рассчитанные, с помощью оптимизационных моделей, периодичности проведения плановых ремонтов компонентов автомобилей перед их внедрением на практику, скорректируются и приводятся в соответствии с принятыми на этих автотранспортных организаций периодичностей (табл.2).

С учетом стоимости восстанавливаемых запасных частей

$$C_{зпч} = [C_o + C_v (v(t) - 1)] / v(t), \quad (2)$$

модель оптимизации (1) принимает вид:

$$C(L) = \frac{C_{омк}}{L_{нл.р}} \left[\frac{F(L_{нл.р})}{1 - 0,5 \cdot F(L_{нл.р})} + \frac{C_o + C_v (v(t) - 1) + C_{нл.р}' \cdot v(t)}{C_o + C_v (v(t) - 1) + C_{омк}' \cdot v(t)} \right] \rightarrow \min, \quad (3)$$

здесь C_o, C_v – оптовая цена з/ч (по прейскуранту) и соответственно стоимость ее восстановления;

$v(t)$ – число циклов эксплуатации.

Как следует из математической модели (1), при различных значениях K и коэффициента вариации v зависимости изменения суммарной средней удельной стоимости изготовления и обеспечения работоспособного состояния АТС $C(t)$ как функции изменения коэффициента технической готовности α_m будут различными.

Таблица 2

Периодичность плановых ремонтов

| №№ п/п | Тормозные аппараты | Периодичность плановых ремонтов, тыс. км | |
|-----------|---|--|-------------|
| | | скорректированные | оптимальные |
| 1 | Регулятор давления | 95,0 | 91,3 |
| 2 | Предохранитель против замерзания | 103,7 | 97,5 |
| 3 | Двойной защитный клапан | 112,3 | 110,1 |
| 4 | Тройной защитный клапан | 103,7 | 105,7 |
| 5 | Автоматические регуляторы тормозных сил | 129,6 | 130,1 |

| | | | |
|---|---|------|------|
| 6 | Кран включения вспомогательной тормозной системы | 69,1 | 70,2 |
| 7 | Кран включения системы аварийного растормаживания | 95,0 | 98,6 |

* *Вариация (от латинского слова variation – изменение, перемена) вообще называется разновидность чего либо, небольшое изменение или отклонение.*

С учетом стоимости восстанавливаемых з/ч

$$C_{зч} = [C_o + C_в (v(t) - 1)] / v(t), \quad (4)$$

модель оптимизации (1) принимает вид:

$$C(L) = \frac{C_{отк}}{L_{нл.р}} \left[\frac{F(L_{нл.р})}{1 - 0,5 \cdot F(L_{нл.р})} + \frac{C_o + C_в (v(t) - 1) + C_{нл.р}' \cdot v(t)}{C_o + C_в (v(t) - 1) + C_{отк}' \cdot v(t)} \right] \rightarrow \min, \quad (5)$$

здесь C_o , $C_в$ – оптовая цена з/ч (по прейскуранту) и стоимость ее восстановления соответственно;

$v(t)$ – число циклов эксплуатации.

Усовершенствованный метод оптимизации плановых ремонтов конструктивных элементов АТС создают благоприятную среду для оптимального проведения плановых ремонтов без увеличения число постановок в ремонт и нарушения ритмичной работы зон ТО и ТР.

Следовательно, из математической модели (1) при различных значениях K и коэффициента вариации v зависимости увеличения суммарной средней удельной стоимости изготовления и обеспечения работоспособного состояния автотранспортных средств $C(t)$ как функции изменения коэффициента технической готовности α_m будут различные.

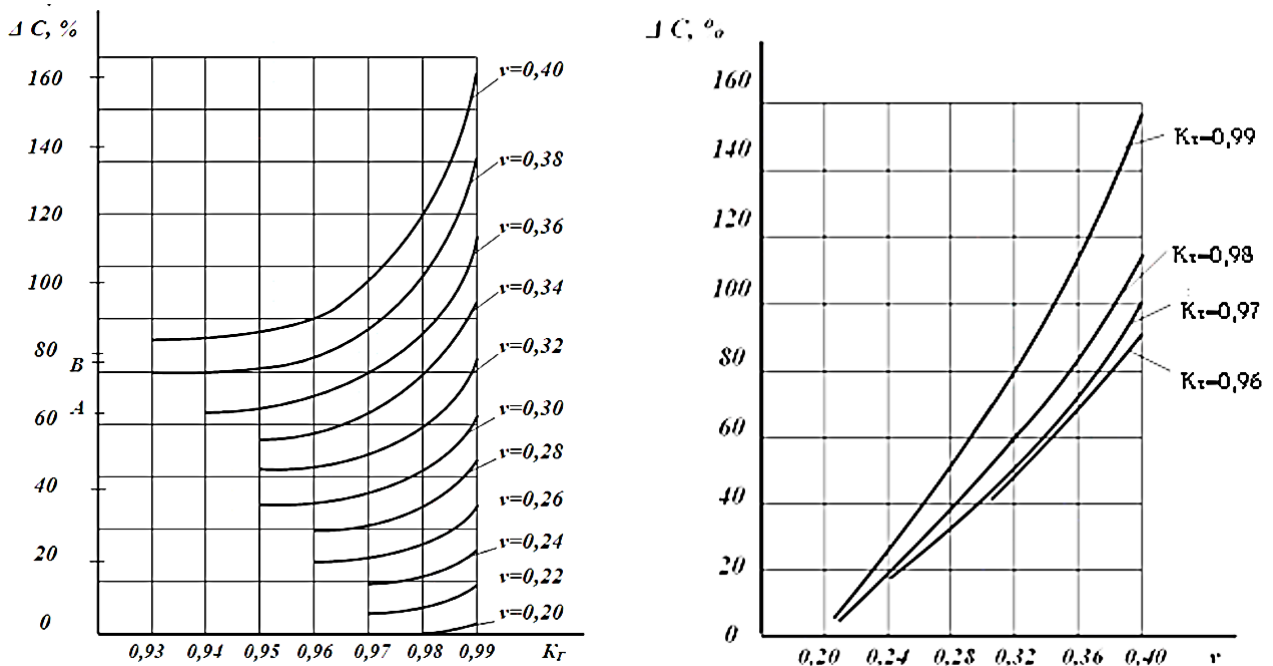


Рис. 1. Функция возрастания коэффициентов технической готовности и коэффициента вариации* v

На рис. 1 приведена функция возрастания коэффициента технической готовности при значениях $K = 0,125$ и $v = 0,20 \dots 0,40$.

В зависимости увеличения $C(t)$ как функция возрастания α_m для коэффициентов вариации построены относительно $\Delta C = 0$ при $v = 0,20$ для того, чтобы определить в процентном отношении увеличение стоимости ΔC при переходе от точки A к B (рис. 1) выполняется следующий расчет:

$$\Delta C = \frac{b-a}{a+100} \cdot 100, \% \quad (4)$$

здесь a и b – значения ΔC на графике соответственно в точках A и B .

Заключение

1. Выявленные расчеты позволяют при производстве автотранспортных средств оценить, как уменьшение коэффициента вариации v отражается на сокращении стоимости $C(t)$.

2. Для решения данной задачи определена зависимость увеличения суммарной средней удельной стоимости $C(t)$ как функции v (рис. 1).

3. Выявлено, что коэффициенты вариации существенно влияют на стоимостной критерий (чем меньше v , тем меньше стоимость $C(t)$).

4. Сокращение v связано в производстве с дополнительными затратами при одновременном снижении затрат при эксплуатации АТС.

5. Разработана математическая модель и формулы применительно к агрегатам АТС, который обеспечивают безопасность движения.

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. Российская автотранспортная энциклопедия. Т III. Техническая эксплуатация и ремонт транспортных средств. Справочное и научно-практическое пособие для специалистов отрасли «Автомобильный транспорт». Министерство транспорта России. Международный центр труда. Том I и II / Главный научный руководитель В.Н. Луканин; главный научный редактор Е.С. Кузнецов. – М., 2000.

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. Moscow: MADI, 213.

2. Kuznetsov, E.S. (2000). Sostoianie i tendentsii razvitiia tekhnicheskoi ekspluatatsii i servisa avtomobilei v Rossii. Moscow: Informavtotrans, 46.

3. Kuznecov, E.S. (Eds.) (2000). Rossiiskaia avtotransportnaia entsiklopediia. (Vol. 3). Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia i remont transportnykh sredstv. Spravochnoe i nauchno-prakticheskoe posobie dlia spetsialistov otrasli "Avtomobil'nyi transport". Ministerstvo transporta Rossii. Mezhdunarodnyi tsentr truda. (Vols. 1-2). Moscow.

4. Kuznetsova, E.S. (2004). Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia avtomobilei. Uchebnik dlia vuzov. Moscow: Nauka, 535

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

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 Vehicles and Road Transport at Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after M.S Osimi, the Republic of Tajikistan, Khujand.
