

Мармут Игорь Арнольдович, к.т.н., доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Диагностика автомобиля является основой профилактических воздействий. Под профилактикой подразумевается комплекс планируемых мероприятий, направленных на предупреждение возникновения отказов, сохранение работоспособности и обеспечение долговечности. Она включает в себя, кроме диагностики, регулировочные работы и устранение выявленных при диагностике отказов.

Универсальной характеристикой, отражающей поведение системы, является интенсивность отказов:

$$\lambda(t) = \frac{f(l)}{1 - F(l)}, \quad (1)$$

где $F(l) = P\{U < l\}$ – функция распределения вероятностей отказов; U – случайная величина, соответствующая пробегу при возникновении отказов; l – пробег, км; $f(l) = F'(l)$ – функция плотности вероятности распределения отказов.

Совершенно очевидно, что периодичность обслуживания должна назначаться в соответствии с тем, на каком этапе эксплуатации в данный момент находится автомобиль, т. е. периодичность зависит от изменения интенсивности отказов. Однако имеющиеся методы определения периодичности профилактических воздействий практически не учитывают интенсивности отказов и ее изменения в процессе эксплуатации. Действующие рекомендации по режимам профилактических обслуживаний предусматривают периодичность обслуживания, постоянную от начала эксплуатации автомобиля до определенного пробега (сервисная книжка) или до списания.

Ниже рассматривается метод, лишенный перечисленных недостатков и позволяющий оптимизировать систему профилактических мероприятий при эксплуатации автомобиля.

Профилактическое обслуживание выполняется после безотказной работы l_0 км пробега. Если отказ произошел до l_0 , обслуживание производится за время устранения отказа. Момент следующей профилактики при этом перепланируется. Этот метод наиболее эффективно предупреждает износные отказы и может быть рекомендован для агрегатов, обеспечивающих безопасность движения.

Этот метод предполагают, что после выполнения профилактики автомобиля восстанавливают свое первоначальное техническое состояние. Это предположение необходимо для сохранения вида закона распределения отказов.

Будем считать периодичность, отыскиваемую по указанному методу, оптимальной в том случае, когда она максимизирует коэффициент технической готовности автомобиля:

$$K_1(l) = \frac{M(U)}{M(U) + M(V)}, \quad (2)$$

где $M(U)$ – математическое ожидание наработки между профилактиками;
 $M(V)$ – математическое ожидание потерь пробега за время простоев.

Входящие в последнее уравнение выражения находятся по формулам

$$M(U) = \int_0^{l_0} [1 - F(l)] dl \quad (3)$$

$$M(V) = S_p F(l_0) + S_{\pi} [1 - F(l_0)] \quad (4)$$

где S_p – математическое ожидание потерь пробега за время простоя в текущих ремонтах в течение пробега l_0 ; S_{π} – математическое ожидание потерь пробега за время T_{π} простоя при выполнении планового обслуживания.

Путем соответствующего подбора величины l_0 необходимо максимизировать выражение

$$K_1(l) = \frac{\int_0^{l_0} [1 - F(l)] dl}{\int_0^{l_0} [1 - F(l)] dl + S_p F(l_0) + S_{\pi} [1 - F(l_0)]} \quad (5)$$

Если взять производную по l_0 и приравнять ее нулю, получим выражение, из которого можно определить искомую величину l_0 (при $S_p > S_{\pi}$):

$$\lambda(l_0) = \int_0^{l_0} [1 - F(l)] dl - F(l_0) = \frac{S_{\pi}}{S_p - S_{\pi}} \quad (6)$$

В правую часть последнего выражения можно подставлять и значения времени простоя T_{π} и T_p , так как S_{π} и S_p соответственно равны произведению времени простоя и эксплуатационной скорости.

Поскольку затраты в эксплуатации в общем случае пропорциональны времени простоя в ремонте и обслуживании, последнее уравнение справедливо и в том случае, если мы вместо S_{π} и S_p подставим стоимость профилактики C_{π} и стоимость текущего ремонта C_p :

$$\lambda(l_0) = \int_0^{l_0} [1 - F(l)] dl - F(l_0) = \frac{C_{\pi}}{C_p - C_{\pi}} \quad (7)$$

Это уравнение позволяет определить l_0 , минимизирующее удельную стоимость. В случае применения закона распределения Вейбулла, т. е. когда $F(l) = 1 - e^{-\alpha l^{\beta}}$, последнее уравнение приобретает вид:

$$\alpha \beta l_0^{\beta-1} = \int_0^{l_0} e^{-\alpha l^{\beta}} dl + e^{-\alpha l_0^{\beta}} = \frac{C_{\pi}}{C_p - C_{\pi}} \quad (8)$$

Выполненный анализ режимов и методов организации профилактических мероприятий свидетельствует о необходимости корректирования существующей технологии контроля, обслуживания и ремонта автомобилей.