

В.П. Миклуш, кандидат технических наук, профессор

П.Е. Круглый, кандидат технических наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ, АГРЕГАТАХ И УЗЛАХ ОБМЕННОГО ФОНДА

Аннотация. Для обеспечения надежной работы автомобильных транспортных средств, эксплуатируемых в АПК Республики Беларусь, необходимо иметь резерв составных частей машин, а именно запасных частей, агрегатов и узлов обменного фонда.

Работоспособность автомобильных транспортных средств обеспечивается планово-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта, представляющей собой комплекс организационно-технических мероприятий, проводимых в планоном порядке с заданной последовательностью и периодичностью для обеспечения работоспособности и исправности автомобильных транспортных средств в течение всего срока их службы с учетом конкретных условий и режимов эксплуатации [1].

Работоспособное состояние автомобилей обеспечивается производственно-технической службой, которая создается в организации, проводящей техническое обслуживание и ремонт, для своевременного и качественного выполнения указанных работ с соблюдением установленных требований и применением эффективной организации труда обслуживающего персонала.

В соответствии с Техническим кодексом установившейся практики в зависимости от назначения, характера и объема выполняемых работ ремонт автомобилей подразделяется на следующие виды:

- текущий (ТР);
- регламентированный (РР);
- планово-предупредительный ППР);
- капитальный (КР);
- восстановительный (ВР) [1].

При текущем ремонте устраняются отдельные неисправности транспортных средств (ТС), в процессе проведения разборочно-сборочных, регулировочных, слесарно-механических, сварочных, жестяницких и других работ с возможной заменой у агрегата – отдельных изношенных или поврежденных деталей; у автомобиля – отдельных деталей, узлов или агрегатов. Текущий ремонт выполняется по потребности (по заявкам

водителей или при обнаружении неисправности во время проверки на контрольно-техническом пункте (КТП), а также при проведении технических обслуживаний). В состав работ текущего ремонта входят: очистные работы, техническое диагностирование, ремонтные работы, контроль технического состояния и правильности регулировки узлов и систем транспортных средств.

С целью сокращения простоя автомобилей в неисправном состоянии текущий ремонт осуществляется преимущественно агрегатно-узловым методом, при котором производится обезличенная замена неисправных агрегатов и узлов на исправные.

Регламентированный ремонт автомобильных транспортных средств проводится в специализированных организациях. Регламентированный ремонт включает обязательную замену деталей и узлов, выработавших свой ресурс или утративших работоспособность, влияющих на безопасность движения и перевозку пассажиров. Он выполняется на пробеге не более $2/3$ нормативного ресурса, но не реже одного раза в 6 лет. Перечни узлов и деталей транспортных средств, техническое состояние которых влияет на безопасность движения, приведены в таблице 1.

Допускается применение планово-предупредительного ремонта транспортных средств, осуществляющих регулярные перевозки пассажиров на городских и пригородных маршрутах. Планово-предупредительный ремонт проводится в плановом порядке для обеспечения работоспособности и исправности автобусов в течение всего срока их службы. Он проводится с периодичностью 80 тыс. км, начиная с пробега 160 тыс. км с начала эксплуатации.

Капитальный ремонт технических средств не является обязательным техническим воздействием в системе технического обслуживания и ремонта. При достижении 100 % нормативного ресурса по пробегу производится списание либо капитальный ремонт технического средства. Капитальный ремонт технических средств и их агрегатов проводится в специализированных ремонтных организациях.

Восстановительный ремонт технических средств проводится в специализированных ремонтных организациях с восстановлением деталей и сборочных единиц, включая базовые (табл. 2). Восстановительный ремонт агрегатов проводится специализированными ремонтными или другими организациями при наличии необходимых условий, требуемых технической документацией. Ресурс транспортных средств, прошедших восстановительный ремонт, должен быть не менее 80 % ресурса, предусмотренного для капитально отремонтированных транспортных средств.

В соответствии с ТКП 248-2010 ремонт автомобильных транспортных средств предусматривает и организацию материально-технического

Таблица 1 – Составные части транспортных средств, техническое состояние которых влияет на безопасность движения, топливную экономичность и состояние окружающей среды

Составные части ТС (возможные виды нарушений технического состояния)	БД	ТЭ	ОС
Двигатель			
Головка блока (нагар в камерах сгорания)	–	+	–
Термостат, жалюзи, шторка радиатора системы охлаждения (нарушения теплового режима)	–	+	+
Топливный бак, карбюратор, карбюратор-смеситель, форсунка (негерметичность, износ, засорение, нарушение регулировки)	+	+	+
Топливный насос, газовый редуктор (негерметичность, нарушение регулировки, износ)	+	+	+
Система выпуска газа (повышенный уровень шума)	–	–	+
Сцепление			
Ведущий и ведомый диски (пробуксовка)	+	+	+
Усилитель привода выключения сцепления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
Коробка передач			
Подшипники, шестерни (износ)	–	–	+
Соединения, уплотнения (негерметичность)	+	–	+
Механизм переключения передач (затруднительное переключение)	+	+	+
Карданная передача			
Шарниры, фланцы, промежуточные опоры (ослабление крепления, износ подшипников)	+	–	+
Задний мост			
Соединения, уплотнения (негерметичность)	+	–	+
Подшипники, шестерни (износ, нарушение регулировки)	–	+	+
Передняя ось и рулевое управление			
Рулевой механизм (нарушение регулировки, ослабление крепления)	+	–	–
Гидроусилитель рулевого управления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	–	+
Колеса (нарушение регулировки)	+	+	–
Подшипники ступиц (нарушение регулировки, ослабление крепления)	+	+	–
Рулевые тяги (ослабление крепления)	+	–	+
Тормозная система			
Компрессор (несоответствие давления воздуха)	+	+	+
Узлы и трубопроводы (негерметичность, нарушение работоспособности)	+	+	+

Составные части ТС (возможные виды нарушений технического состояния)	БД	ТЭ	ОС
Тормозные барабаны и накладки колодок (несоответствие зазора)	+	+	-
Тормозная педаль (несоответствие свободного и рабочего хода)	+	-	-
Тормозные камеры и цилиндры (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
Рама, подвеска, колеса			
Рама, узлы и детали буксирного и опорно-сцепного устройств (износ)	+	-	-
Детали подвески (негерметичность, ослабление крепления, разрушение деталей)	+	+	+
Шины (износ, несоответствие давления)	+	+	-
Кабина, кузов, платформа			
Стекла окон, петли и замки дверей, зеркала, ремни безопасности, подголовники (ослабление крепления и другие неисправности)	+	-	-
Крылья, подножки, брызговики (трещины, ослабление крепления, коррозионное разрушение)	+	-	-
Электрооборудование			
Провода (замыкание на корпус)	+	-	-
Приборы освещения и сигнализации (нарушение работоспособности)	+	+	-
Стеклоочистители и стеклоомыватели (нарушение работоспособности)	+	+	-

Примечание. БД – безопасность движения, ТЭ – топливная экономичность, ОС – окружающая среда.

обеспечения работ необходимыми запасными частями (резервными составными частями) [1].

Обеспечение потребности транспортных средств в резервных составных частях рассматривается с позиции теории массового обслуживания как системы с ограниченным входящим потоком требований с ожиданием [2, 3, 4]. В данном случае обслуживающие аппараты – резервные составные части (агрегаты, узлы, детали). Каждая составная часть обслуживает одновременно одно требование. Если в момент поступления в систему требования (отказавшего автомобиля) имеется хоть один запасной агрегат (узел, деталь), немедленно начинается обслуживание. Оно продолжается до тех пор, пока на склад дилерского центра вместо выданной исправной составной части не поступит новая или отремонтированная. Таким образом, под временем обслуживания здесь понимается время оборота составной части (от момента выдачи со склада до момента поступления вместо нее новой или отремонтированной).

Таблица 2 – Перечень агрегатов транспортных средств, их базовых и основных деталей

Агрегаты	Базовые детали	Основные детали
Двигатель с картером сцепления в сборе	Блок цилиндров	Головка цилиндров, коленчатый вал, маховик, распределительный вал, картер сцепления
Коробка передач	Картер коробки передач	Крышка картера верхняя, удлинитель коробки передач, первичный, вторичный и промежуточные валы
Гидромеханическая передача	Картер механического редуктора	Корпус двойного фрикциона, первичный, вторичный и промежуточные валы, турбинное и насосное колеса, реактор
Карданная передача	Труба карданного вала	Фланец-вилка, вилка скользящая
Ведущие мосты	Картер заднего или среднего моста	Кожух полуоси, картер редуктора, стакан подшипников, чашки дифференциала, ступица колеса, тормозной барабан или диск, водило колесного редуктора
Подвеска	Вал стабилизатора поперечной устойчивости, штанга реактивная, балансир, рессора, рычаги подвески	Ось балансира, кронштейн балансира, рычаг вала стабилизатора, пружина цилиндрическая
Передний мост	Балка переднего моста или поперечина при независимой подвеске	Поворотная цапфа, ступица колеса, шкворень, тормозной барабан или диск
Рулевое управление	Картер рулевого механизма, картер золотника гидроусилителя, корпус насоса гидроусилителя, корпус силового цилиндра	Вал сошки, червяк, рейка-поршень, винт шариковой гайки, крышка корпуса насоса гидроусилителя
Кабина грузового и кузов легкового автомобиля и автобуса	Каркас кабины или кузова, каркас основания	Дверь, крыло, облицовка радиатора, капот, крышка багажника, кожух пола, шпангоуты
Грузовая платформа	Основание платформы	Поперечины, балки
Рама	Лонжероны	Поперечины, кронштейны
Подъемник платформы автомобиля-самосвала	Корпус подъемника, картер коробки отбора мощности	Корпус насоса коробки отбора мощности

Экспериментальные исследования показали, что время обслуживания распределено экспоненциально. Поток требований, поступающих в систему, есть поток отказов i -х составных частей, требующих их замены, с параметром λ_i .

Среднее число отказавших автомобилей, ожидающих замены составных частей при их отсутствии, определяется по зависимости

$$m_i = \frac{\sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^m \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}, \quad (1)$$

где $\alpha = \frac{\lambda_i}{v_i}$, $v_i = \frac{l}{t_{io}}$, t_{io} – время от момента выдачи i -го агрегата со склада до момента поступления вместо него нового или отремонтированного.

Среднее количество составных частей на складе определяется следующим образом:

$$m_3 = \frac{\sum_{k=0}^n \frac{(k-n)m! \alpha^k}{k! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}. \quad (2)$$

Учитывая выражение (1), коэффициент простоя автомобиля из-за отсутствия резервных составных частей выразится

$$k_{np.маш} = \frac{\frac{(m-l)!}{n!} \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}. \quad (3)$$

Из зависимости (2) получаем коэффициент простоя резервной составной части

$$k_{np.зп.ч} = \frac{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} - \frac{l}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{m! \alpha^k}{(k-l)! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}. \quad (4)$$

Таким образом, учитывая вышесказанное, функционал оптимизации резерва составных частей с учетом ущерба от простоя автомобилей из-за отсутствия запасных частей, а также издержек от хранения запаса, отнесенных к одному автомобилю, имеет вид

$$\gamma_a(m, n_1) = \frac{C_m(1 + y_o) \frac{(m-1)!}{n_1!} \sum_{k=n_1+1}^m \frac{(k-n_1)\alpha^k}{n_1^{k-n_1}(n_1-k)!} + C_a \sum_{k=0}^{n_1} \frac{(n_1-k)(m-1)!\alpha^k}{k!(m-k)!}}{\sum_{k=0}^{n_1} \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n_1+1}^m \frac{m!\alpha^k}{n_1^{k-n_1}n_1!(m-k)!}}, \quad (5)$$

где C_m – ущерб от простоя автомобиля и водителя;

y_o – коэффициент, учитывающий потери от простоя сопряженных средств механизации в долях от стоимости простоя автомобилей;

m – парк автомобилей;

n_1 – количество запасных составных частей;

C_a – стоимость хранения одной составной части на складе, отнесенная к одному часу работы автомобиля.

Результаты оптимизации резерва составных частей для автомобильных транспортных средств проиллюстрированы на примере некоторых агрегатов и запасных частей. Так, на 100 автомобилей необходимо иметь в резерве 4 двигателя, 4 коробки передач в сборе, 2 моста задних в сборе, 3 сцепления в сборе, 3 вала карданных в сборе, 3 гидроусилителя (пневмоусилителя) рулевого механизма, 3 тяги рулевые, 3 оси передние.

Необходимо отметить, что отношение оптимального резерва агрегатов к величине парка автомобилей с увеличением последнего уменьшается. С возрастанием числа автомобилей в парке удельные затраты $\gamma_a(m, n_1)$ также снижаются.

Заключение. Приведена методика оптимизации резерва составных частей для автомобильных транспортных средств. Результаты оптимизации резерва составных частей проиллюстрированы на примере некоторых агрегатов автомобиля.

Список использованных источников

1. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила поведения: ТКП 248-2010 (02190). – Минск: М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2010. – 46 с.

2. Миклуш, В.П. Организация технического сервиса в агропромышленном комплексе: учеб. пособие / В.П. Миклуш, А.С. Сайганов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 607 с.

3. Венцель, Е.С. Задачи и упражнения по теории вероятностей: учеб. пособие для вузов / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2002. – 448 с.

4. Прабху, Н. Методы теории массового обслуживания и управления запасами / Н. Прабху; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1989. – 297 с.

Поступила 13.04.2015