

УДК 631.3.004.67

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЗЕРВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

OPTIMIZATION of the RESERVE of the SPARE PART FOR PROVISION of CAPACITY TO WORK of the CARS

Ивашко В.С.¹, Миленький В.С.², Круглый П.Е.³, Круглый С.П.³ Немов И.А.¹.

1. Белорусский национальный технический университет; 2. БелНИИТ «Транстехника»; 3. УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

Ivashko V., Milenky V., Krugly P., Krugly S., Nemov I.

Аннотация. Автомобильный парк республики имеет в своем составе

современные транспортные средства. Для обеспечения надежной работы этой техники необходимо иметь резерв запасных частей машин.

The summary. The Car park of the republic has in its composition the modern transport facilities. For ensuring the reliable work of this technology necessary to have a reserve of the component parts of the machines.

Введение. Работоспособность автомобильных транспортных средств обеспечивается плано-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта, представляющей собой комплекс организационно-технических мероприятий, проводимых в плановом порядке с заданной последовательностью и периодичностью для обеспечения работоспособности и исправности автомобильных транспортных средств в течении 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.

Основная часть. В соответствии с Техническим кодексом установившейся практики [1] в зависимости от назначения, характера и объема выполняемых работ ремонт автомобилей подразделяется на следующие виды:

- текущий ремонт (ТР);
- регламентированный ремонт (РР);
- плано-предупредительный ремонт (ППР);
- капитальный ремонт (КР);
- восстановительный ремонт (ВР).

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 при проверке 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 обесличенная 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 1 раза в 6 лет. Перечни узлов и деталей транспортных средств, техническое состояние которых влияет на безопасность движения, приведены в таблице 1.

Допускается применение плано-предупредительного ремонта транспортных средств, осуществляющих регулярные перевозки пассажиров на городских и пригородных маршрутах. Плано-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 (таблица 2). Восстановительный ремонт агрегатов проводится специализированными ремонтными организациями 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 [1] организация ремонта автомобильных транспортных средств предусматривает и организацию материально-технического обеспечения работ необходимыми запасными частями (резервными составными частями).

Обеспечение потребности транспортных средств в резервных составных частях рассматривается с позиции теории масового 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 вместо выданной исправной составной части не поступит новая или отремонтированная. Таким образом, под временем обслуживания здесь понимается время оборота составной части (время от момента выдачи со склада до момента поступления вместо нее новой или отремонтированной).

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
1	2	3	4
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 (ГМП)			
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)	+	+	+
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.			

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

Агрегаты	Базовые детали	Основные детали
1	2	3
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 промежуточный валы
Гидромеханическая передача	Картер механического	
редуктора	Корпус двойного фрикциона, первичный, вторичный и промежуточный валы, турбинное и насосное колеса, реактор	
Карданная передача	Труба карданного вала	Фланец-вилка, вилка скользящая
Ведущие мосты или среднего моста	Картер заднего Кожух полуоси, картер редуктора, стакан подшипников, чашки дифференциала, ступица колеса, тормозной барабан или диск, водило колесного редуктора	
Подвеска	Вал стабилизатора поперечной устойчивости, штанга реактивная, балансира, 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 -ых составных частей, требующих их замены, с параметром λ_i .

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

$$m_1 = \frac{\sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m! \alpha^k}{n^{k-n} n!(m-k)!}}{\sum_{k=0}^m \frac{m! \alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n!(m-k)!}}, \quad (1)$$

где $\alpha = \frac{\lambda_i}{v_i}$, $v_i = \frac{1}{t_{io}}$, 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

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

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

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

Из зависимости (2) получаем коэффициент простоя резервной составной части

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

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

$$Y_a(m, n_1) = \frac{C_m(1+y_0) \sum_{k=n_1+1}^m \frac{(k-n_1)\alpha^k}{n_1^{k-n_1} n_1!(m-k)!} + C_a \sum_{k=0}^{n_1} \frac{(n_1-k)(m-1)!\alpha^k}{k!(m-k)!}}{\sum_{k=0}^{n_1} \frac{m! \alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n_1+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n_1^{k-n_1} n_1!(m-k)!}}. \quad (5)$$

где C_m - ущерб от простоя автомобиля и водителя;

- Y_0 - коэффициент, учитывающий потери от простоя сопряженных средств механизации в долях от стоимости простоя автомобилей;
- m - парк автомобилей;
- n_1 - количество запасных составных частей;
- λ_i - параметр потока отказов, требующих замены i -ой составной части;
- t_{io} - время оборота i -ой составной части;
- C_a - стоимость хранения одной составной части на складе, отнесенная к одному часу работы автомобиля.

Результаты оптимизации резерва составных частей автомобилей проиллюстрируем на примере некоторых агрегатов. Так на 100 автомобилей необходимо иметь в резерве 5 двигателей, 4 коробки передач в сборе, 3 моста задних в сборе, 3 сцепления в сборе, 2 коробки раздаточные (для автомобилей с передним ведущим мостом).

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 обеспечения работоспособности автомобилей. 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 : Министерство транспорта и коммуникаций РБ, 2010. - 46 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Задачи и упражнения по теории вероятностей. Учебное пособие для вузов. - М.: Высш. шк., 2002. - 448 с.
3. Прабху Н. Методы теории массового обслуживания и управления запасами: Перевод с английского. - М.: Машиностроение, 1989. - 297 с.
4. Миленский В.С., Круглый П.Е., Круглый С.П. К вопросу оптимизации транспортного хозяйства ремонтно-обслуживающего предприятия. - В кн.: Проблемы транспорта. Сб. трудов. - Международная академия транспорта. Северо-западный государственный технический университет. С.-Петербург. - 2009.