

УДК 656.13

Ларин А.Н.<sup>1</sup>, д.т.н., Субочев А.И.<sup>2</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>АГЗУ, г. Харьков, <sup>2</sup>АДИ ДонНТУ, г. Горловка

## ПРИОРИТЕТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Проанализированы подходы и методы управления последовательностью выполнения технического обслуживания и ремонта автомобилей. Предложенная методика приоритетного управления производством технического обслуживания и ремонта автомобилей является многофакторной динамической моделью, учитывающей многообразие факторов сферы производства технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств.*

### **Введение**

Выполнение перевозочного процесса автотранспортных средств зависит от времени нахождения автомобилей в исправном состоянии [1].

Анализ продолжительности простоев подвижного состава при техническом обслуживании и ремонте (ТО и Р) показывает, что существенной в общей продолжительности простоев является величина потерь, которая при ежедневном обслуживании составляет до 25%, при ТО-1 – 20-25%, а при ТО-2 и текущих ремонтах – до 45% [2].

Снижение продолжительности простоев подвижного состава при ТО и Р является одной из важнейших задач технической эксплуатации автомобилей (ТЭА).

**Целью** данного исследования является разработка методики управления гарантированным временем нахождения автотранспортных средств в исправном состоянии.

### ***Анализ методов управления последовательностью выполнения технического обслуживания и ремонта автомобилей***

Исследования показали, что система ТО и Р относится к классу больших и сложных систем, является многоуровневым многоаспектным объектом, требующим проведения дисциплинарных исследований. При попытках построить модель исследуемой системы основная трудность, с которой сталкиваются исследователи, состоит в том, что относительно объекта существует несколько различных систем методов, которые трудно согласовать, так как наукой пока еще не разработаны специальные логико-методологические средства для синтеза разных теоретических представлений в единое целое.

### ***Приоритетное управление производством технического обслуживания и ремонта автомобилей***

В настоящее время структура автомобильных перевозчиков состоит из следующих звеньев:

- 1 – владельцы подвижного состава различных форм собственности;
- 2 – заказчики автомобильных перевозок, нуждающиеся в транспортных единицах;
- 3 – автосервисные предприятия (АСП), обеспечивающие поддержание исправного технического состояния автомобилей путем проведения ТО и Р;
- 4 – организации, снабжающие АСП запасными частями и эксплуатационными материалами для автомобилей по маркам;
- 5 – организации, обеспечивающие хранение автомобилей в нерабочее время.

Отличительной особенностью работы вышеперечисленных составляющих в современных условиях рыночной экономики является то, что они работают на достижение единого результата — максимум прибыли от перевозочного процесса.

Положение усложняется аритмией перевозки грузов. Недельная, декадная, месячная, квартальная и сезонная аритмии, возникающие при перевозке грузов, характерны для всех подразделений, занятых перевозочным процессом. Аритмии заставляют учитывать тот факт, что службы функционируют в реальном масштабе времени.

Современные условия перевозочного процесса требуют от владельцев автомобилей подавать заказчику не только технически исправный подвижной состав (ПС), но и пригодный для перевозки груза данного вида. Для каждого вида грузовых перевозок должен выбираться подвижной состав с такими техническими характеристиками, которые соответствуют свойствам перевозимых грузов и характеру перевозок. Подача подвижного состава, не пригодного для данного вида грузов, приравнивается к неподаче заказчику транспортных средств и является серьезным нарушением договорных обязательств со стороны владельца автомобилей.

В исследовании проведен анализ коммерческой структуры парка автомобилей, представляющий собой большое число групп ПС, выделенных с учетом марки автомобиля, типа кузова, грузоподъемности. Эти группы определяют качество перевозок, т.е. своевременность доставки, сохранность количества и качества грузов, удобство использования и экономичность системы перевозок. Значение каждой транспортной единицы в осуществлении перевозочного процесса резко возрастает с учетом таких важных факторов, во-первых, как соответствие характеристик подвижного состава (габаритных размеров, радиуса поворота) сложившимся подъездным путям, во-вторых, соответствие транспортного средства виду погрузочно-разгрузочного оборудования.

Принимая во внимание вышеприведенные факторы, учитывая снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт ПС, с одной стороны, и повышение эффективности использования производственно-технической базы и трудовых ресурсов, с другой, мы можем выделить одну из важных проблем технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) — обеспечение гарантированного времени нахождения транспортных средств в исправном состоянии. Эта проблема может быть решена путем совершенствования оперативного управления и организации ТО и Р автомобилей.

В большинстве реальных систем ТО и Р интервалы времени между поступающими отказами АТС и агрегатов, а также длительностью обслуживания каждого из них являются случайными величинами, что не позволяет построить синхронный детерминированный процесс выпуска автомобилей на линию. Математической моделью таких систем является некоторый случайный процесс, связанный с их функционированием. Анализ таких процессов и определение их характеристик входит в круг задач, решаемых теорией массового обслуживания. Это приводит к необходимости рассматривать ТО и Р автомобилей как систему массового обслуживания (СМО).

Определение оптимальной стратегии последовательности устранения неисправностей автомобилей и агрегатов, которая обеспечивала бы надежный выпуск автомобилей на линию в допустимые сроки, относится к приоритетным задачам теории массового обслуживания. При этом поступление новой неисправности автомобиля можно считать заявкой на обслуживание, а процесс ее устранения интерпретировать как обслуживание.

Приоритет - это показатель, определяющий значимость одной заявки по отношению к другим заявкам, между которыми возможна конфликтная ситуация. Приоритет в общем случае устанавливается на основе априорных данных о важности заявок, но может быть установлен в зависимости от конкретной ситуации системы.

Применительно к ТО и Р наиболее приемлемой моделью является многоканальная СМО с неограниченной очередью и несколькими простейшими потоками. Допустим, заданы длительности нахождения заявок в системе  $\omega_i$  и штрафы  $\alpha_i$  за единицу времени простоя заявки  $i$ -го типа из потока ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) в неисправном состоянии. Возможность управления

системой заключается в том, что в момент окончания обслуживания можно направить на канал обслуживания любую из имеющихся в очереди заявок. Необходимо построить такую стратегию, которая обеспечивает минимальные потери прибыли от пребывания заявок различных типов в системе. При этом множество всех допустимых стратегий можно описывать множеством подстановок  $J = (j_1; j_2; \dots; j_n)$ .

Такая подстановка указывает, что первый (высший) приоритет в обслуживании предоставляется заявкам с номером  $j_1$ , второй - заявкам из потока с номером  $j_2$  и т.д. Необходимо минимизировать функционал, представляющий собой величину среднего штрафа от ожидания заявок в неисправном состоянии:

$$Q = \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot \lambda_i \cdot \omega_i, \quad (1)$$

где  $\lambda_i$  — интенсивность поступления заявок.

Решение о выборе следующей заявки для обслуживания может быть принято внесистемно, т.е. оно может зависеть от номера приоритета, соответствующего виду, к которому относится заявка. В это же время решение может быть принято внутрисистемно, т.е. базироваться на информации о текущем состоянии системы (например, о типе обслуживаемой заявки, времени ожидания заявок, времени ожидания заявок в текущий момент или о числе заявок того или иного типа, находящихся в системе).

Состояние системы с ожиданием характеризуется вектором:

$$X = \{X = (X_1; X_2 \dots X_N)\}. \quad (2)$$

Пусть все это пространство разбито на пересекающиеся множества:

$$X_K (K = 0, N); X = \bigcup_{K=0}^N X_K; X_K \cap X_S = \emptyset; K \neq S. \quad (3)$$

Для каждого потока разбиения  $X = \{X_K; K = 0, N\}$  определяется стратегия управления. Если в момент принятия управляющего решения система находится в одном из состояний подмножества  $X_K$ , принимается управление  $V = V(X_K) = K$ . Ограничения на моменты управления оговариваются особо в зависимости от типа системы. В данном случае это система с ситуационными приоритетами.

В СМО в некоторых случаях возможно провести предварительную сортировку заявок по значению обобщенного критерия  $d_i$ , которым наделена каждая из  $i$ -тых заявок. В зависимости от величины  $d_i$  и числа занятых обслуживающих каналов принимается решение: «брать» или «не брать» заявку на обслуживание, чтобы потери прибыли были минимальными.

Система ТО и Р АТС имеет большое число специфических особенностей. При этом каждый неисправный автомобиль, как заявка, на обслуживание имеет довольно большое число показателей, каждое из которых влияет на величину приоритета.

Приоритет заявок такого типа СМО устанавливается на основе показателей важности заявок. Этот способ выбора следующей заявки на обслуживание относится к внесистемным. В этом случае показатели важности заявок не зависят от состояния системы. Применительно к автомобилям это следующие показатели: число единиц ПС в группе определенной модели автомобилей данного АТП, тип перевозимого груза, время нахождения в наряде, среднесуточный пробег, число груженых ездов за единицу времени, прибыль от работы на линии за единицу времени, стоимость простоя автомобиля данной модели за единицу времени. Каждый из вышеприведенных показателей учитывается через локальные критерии  $f_{ij}$  ( $j$ -того

показателя  $i$ -того автомобиля – заявки). Рассматривая действие каждого из показателей на приоритет заявок, получается ситуация, что по одним показателям автомобиль является более приоритетным, а по другим — менее приоритетным, т.е. локальные критерии приходят в противоречие. Поэтому, принимая решение о первоочередности обслуживания заявок, необходимо взвешивать критерии и находить оптимальный вариант. При этом используется мультипликативная свертка локальных критериев:

$$d_i = f_{i1}^{\gamma_1} * f_{i2}^{\gamma_2} \dots f_{ik}^{\gamma_k} = \prod_{j=1}^M f_{ij}^{\gamma_j}, \quad (j=1, M), \quad (4)$$

где  $\gamma_j$  — весовые коэффициенты локальных критериев, определенные исходя из особенности перевозочного процесса.

Любой автомобиль, поступающий в систему как заявка, наделяется приоритетом. Величина приоритета этой заявки является зависимостью от времени нахождения этой заявки в системе.

Для простоты и наглядности рассмотрим линейную зависимость величины приоритета  $q_i$  от времени нахождения  $i$ -ой заявки в системе  $t_i$ :

$$q_i = (t_i - \tau_i)P_i, \quad (5)$$

где  $\tau_i$  — момент времени поступления заявки в систему;  $P_i$  - скорость роста приоритета заявки  $i$ -го типа:

$$P_i = b_i \cdot \alpha_i, \quad (6)$$

где  $b_i$  - постоянная величина, учитывающая внутреннее состояние системы: число заявок определенного типа, находящихся в системе; время нахождения заявки в системе; число свободных и занятых каналов обслуживания и т.д.

Графическая интерпретация зависимости величины приоритета от времени нахождения в системе  $q = q(t)$  изображена на рис. 1. По оси абсцисс откладывается текущее время. Ось ординат - это величина приоритета. Допустим, что  $\tau$  — момент поступления заявки в систему. Пришедшая заявка находится в очереди до момента освобождения  $t_0$  одного из каналов обслуживания. В это время величина приоритета возрастает от нуля до  $q(t_0) = (t_0 - \tau)P$  и находится в пропорциональной зависимости от угла наклона линии  $q(t)$  к оси абсцисс  $\beta$ .

Выше были рассмотрены зависимости величины приоритета от времени нахождения в системе. В действительности эти зависимости могут быть как линейными, так и криволинейными. Вычисление величин приоритетов необходимо производить в момент каждого изменения состояния системы, т.е. во время принятия новой заявки в систему, освобождения канала обслуживания, превышения времени нахождения заявки определенного типа в системе.

Применение аналитического аппарата для вычисления показателей функционирования системы с приоритетами, описанными выше, является невозможным по следующим причинам: во-первых, аналитические зависимости являются довольно приблизительными, т.е. огрубляют расчеты; во-вторых, невозможно учесть все особенности функционирования системы; в-третьих, при выборе определенного аналитического аппарата приходится принимать ряд ограничений, что приводит к погрешностям.

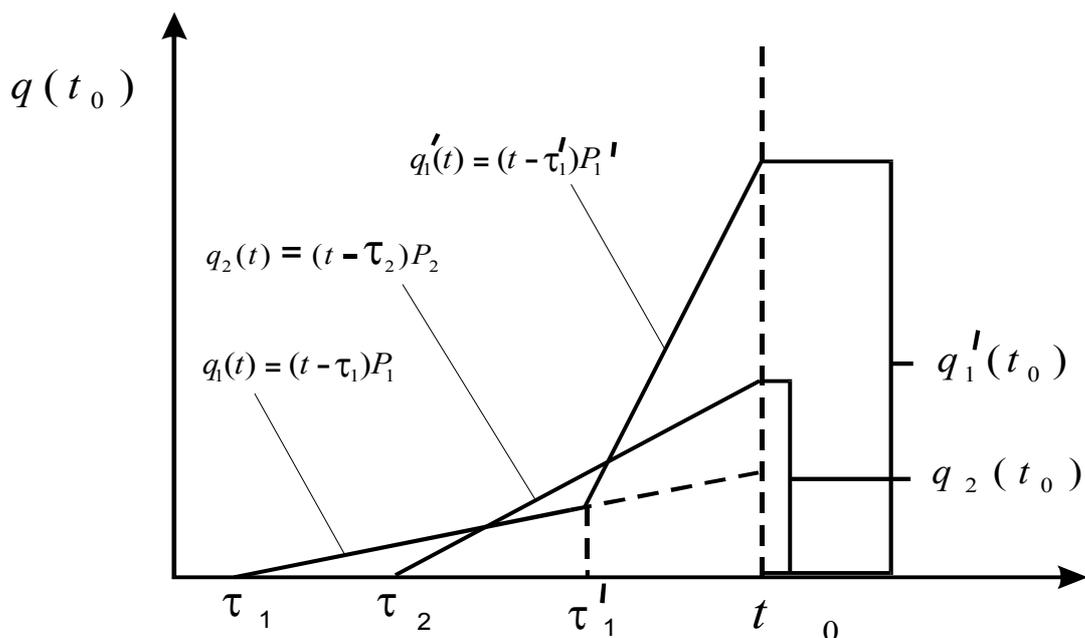


Рис. 1. Графическая интерпретация зависимости приоритета от времени нахождения в системе

Перечисленные недостатки устраняются при использовании имитационного моделирования. Создание программ имитационного моделирования связано с формированием блоков больших объемов. Современные средства ЭВМ с их быстродействием позволяют выполнить необходимые действия и обеспечить необходимое количество прогонов.

### **Выводы**

Предложенная методика приоритетного управления производством технического обслуживания и ремонта автомобилей является многофакторной динамической моделью, учитывающей многообразие факторов сферы производства технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств.

Имитационная модель обеспечения гарантированного времени нахождения транспортных средств в исправном состоянии позволяет учесть практически все особенности современного перевозочного процесса.

### **Список литературы**

1. Управление автосервисом: Учебное пособие для вузов / Под общ. ред. д.т.н., проф. Л.Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2004. – 320 с.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання – Прес, 2003. – 511 с.
3. Башарин Г.П., Бочаров П.П., Коган Я.А. Анализ очередей в вычислительных сетях. Теория и методы расчета. – М.: Наука. Гл.ред.физ.-мат.лит., 1989. – 336 с.
4. Марков О.Д. Автосервис: Рынок, автомобиль, клиент. – М.: Транспорт, 1999. – 270 с.

Стаття надійшла до редакції 30.03.06  
© Ларин А.Н., Субочев А.И., 2006