

## Теоретические основы определения технологических параметров ремонтно-обслуживающей базы автопредприятий

А. В. Питухин<sup>1</sup>  
Н. И. Серебрянский  
В. Н. Шиловский  
А. Э. Эгипти

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

Приводятся теоретические и практические сведения о техническом обслуживании и ремонте автопредприятий в условиях рыночной экономики.

**Ключевые слова:** *техническое обслуживание и ремонт автотранспорта, система массового обслуживания, время ремонта, вероятность, очередность ремонта.*

### SUMMARY

Theoretical and practical data on maintenance service and mechanical repair department in the conditions of market economy are resulted.

**Keywords:** *motor transport maintenance, service system, repair time, degree of probability, repair priority.*

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Предприятия, эксплуатирующие автотракторную технику, выполняют также ее хранение, техническое обслуживание и ремонт, т. е. весь комплект мероприятий поддержания машин в работоспособном состоянии. Для выполнения перечисленных работ на автопредприятиях создаются ремонтно-обслуживающие базы (РОБ) с определенным набором отделений, зон, участков. В условиях плановой экономики, когда все было жестко регламентировано, технологические параметры РОБ любого предприятия, эксплуатирующего автотракторную технику, рассчитывались по директивным нормативам детерминированными методами.

При рыночной экономике работы по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту машин не подлежат прежней регламентации и работоспособное состояние техники поддерживается устранением возникших в процессе эксплуатации неисправностей в форме текущего ремонта (ТР), который выполняется средствами РОБ самого владельца техники. Таким образом, объем работ по поддержанию техники в работоспособном состоянии увеличивается. Возникает

необходимость реконструкции ремонтной зоны с учетом изменения номенклатуры и объема ремонтных работ. В первоочередном порядке необходимо определить оптимальное число постов и оборудования для выполнения разборочно-сборочных работ по ТР машин.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В условиях жесткой конкуренции необходима интенсивная эксплуатация техники. Одним из путей интенсификации является снижение простоев техники в ремонте. Нахождение машин в ремонте складывается из времени ожидания начала ремонта и времени выполнения ремонтных работ.

$$T_{СУМ} = T_{ОЖ} + T_{РЕМ}, \quad (1)$$

где  $T_{СУМ}$  – суммарное время пребывания машин в зоне ТО и ремонта;

$T_{ОЖ}$  – время ожидания ремонта;

$T_{РЕМ}$  – время выполнения ремонтных работ.

Время ремонта машины или ее отдельного агрегата определяется типом и маркой машины, характером неисправности, организацией и технологией выполнения ремонтных работ.

В данной статье речь идет об анализе и расчете времени ожидания машиной начала ремонта. Так как отказ возникает в любой заранее неизвестный момент времени, поступление заявки в РОБ может оказаться в любой момент времени, когда все посты заняты и машина вынужденно занимает место в очереди. Имеет место непроизводительный простой. Возникает необходимость определения времени ожидания начала ремонта в зависимости от количества оборудованных для выполнения заявок постов.

РОБ предприятия представляет собой замкнутую систему массового обслуживания (СМО). Средствами ремонтной зоны в исходном варианте ремонтируются машины только данного предприятия. Количество носителей заявок на обслуживание ограничено. Вследствие неравномерности поступления заявок на обслуживание возникшая очередь не ограничивается. Заявка в любом случае должна быть выполнена. При этом вводится величина « $m$ » – максимально возможное число одновременно находящихся машин в зоне. Величина « $m$ » может быть определена расчетом по количеству эксплуатируемых машин и средневзвешенной вероятности отказа парка или принята по опыту работы предприятия через коэффициент технической готовности.

Время ожидания очереди на обслуживание для данного типа СМО в зависимости от статистических характеристик функционирования системы определяется по формуле

<sup>1</sup> Авторы – соответственно профессор, профессор, профессор и доцент кафедры технологии металлов и ремонта.

$$T_{OЖ} = \frac{M(S)}{\lambda}, \quad (2)$$

где  $T_{OЖ}$  – время ожидания очереди на ремонт;

$M(S)$  – математическое ожидание количества занятых мест в очереди;

$\lambda$  – параметр потока заявок на обслуживание.

При установившемся режиме работы зоны параметр потока заявок представляет собой среднее количество заявок в единицу времени, которое принимается по опыту работы предприятия.

$$M(S) = \sum_{S=1}^q S \cdot P_{n+s}, \quad (3)$$

где  $n$  – число постов в зоне ремонта;

$q$  – возможное количество мест в очереди.

По характеру функционирования ремонтной зоны автопредприятия количество мест в очереди есть величина переменная и равна разности максимально возможных от числа одновременно находящихся машин в зоне и числа постов,

$$q = m - n; \quad (4)$$

$P_{n+s}$  – вероятность того, что в зоне находится  $n+s$  машин.

Вероятность  $P_{n+s}$  рассчитывается по формуле замкнутой СМО, характер функционирования которой имеет РОБ автопредприятия

$$P_{n+s} = \frac{U^n \cdot U^s}{n! \cdot n^s} \cdot \frac{m!}{(q-s)!} \cdot P_0, \quad (5)$$

где  $U$  – приведенная плотность потока заявок;

$$U = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (6)$$

где  $\mu$  – параметр потока обслуживания;

$$\mu = \frac{1}{T_{CP}}, \quad (7)$$

где  $T_{CP}$  – среднее время выполнения одной заявки;

$P_0$  – вероятность полного простоя зоны ТР.

Вероятность полного простоя зоны ТР определяется исходя из условия, что сумма вероятностей состояний равна единице

$$\sum_{k=0}^n P_k + \sum_{s=1}^q P_{n+s} = 1, \quad (8)$$

где  $P_k$  – вероятность того, что в зоне одновременно находятся « $k$ » машин, когда  $k = 1, 2, 3 \dots n$ , т.е. до возникновения очереди.

$$P_k = \frac{U^k}{k!} \cdot \frac{m!}{(m-k)!} \cdot P_0. \quad (9)$$

Тогда

$$\sum_{k=1}^n \frac{U^k}{k!} \cdot \frac{m!}{(m-k)!} \cdot P_0 + \sum_{s=1}^q \frac{U^n}{n!} \cdot \frac{U^s}{n^s} \cdot \frac{m!}{(q-s)!} \cdot P_0 = 1. \quad (10)$$

Отсюда следует

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{U^k}{k!} \cdot \frac{m!}{(m-k)!} + \sum_{s=1}^q \frac{U^n}{n!} \cdot \frac{U^s}{n^s} \cdot \frac{m!}{(q-s)!}}. \quad (11)$$

Количество занятых постов определяется по формуле

$$M(k) = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k + \sum_{s=1}^q n \cdot P_{n+s}. \quad (12)$$

**ПРИМЕР РАСЧЕТА**

Пример расчета простоя машин в ожидании ремонта приведен при следующих значениях параметров зоны текущего ремонта:

- параметр загрузки  $U = 1$ ;
- число постов  $n = 2$ ;
- максимально возможное число машин в зоне  $m = 5$ .

Производная величина – число мест в очереди  $q = m - n = 3$

Результаты промежуточных расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Расчет количества занятых мест очереди

$k, S$	$P, P1$	Сум-ма	$P_k, P_{n+s}$	$k \cdot P_k$ $n \cdot P_{n+s}$	$S \cdot P_{n+s}$
1	2	3	4	5	6
K=0	1	1	0,0187	0	–
K=1	5	6	0,0953	0,0935	–
K=2	10	16	0,187	0,374	–
S=1	15	31	0,2805	0,561	0,2805
S=2	15	46	0,2805	0,561	0,561
S=3	7,5	53,5	0,1403	0,2806	0,4209

В таблице в графе 1 указано число занятых постов  $K = 0, 1, 2$  или число занятых мест очереди  $S = 1, 2, 3$ . В графе 2 приведены промежуточные расчетные величины

$$P = \frac{U^k}{k!} \cdot \frac{m!}{(m-k)!} \quad (13)$$

или

$$P1 = \frac{U^n}{n!} \cdot \frac{U^s}{n^s} \cdot \frac{m!}{(q-s)!} \quad (14)$$

В графе 3 сумма с нарастающим итогом  $P$  и  $P1$ . В графах 4, 5, 6 соответственно вероятность состояния системы  $P_k$  или  $P_{n+s}$  – число занятых постов и число занятых мест очереди. По формуле 11 определяется вероятность полного простоя зоны.

$$P_0 = \frac{1}{53,5} = 0,01876.$$

В сумме по столбцам 5, 6 таблицы 1 имеем:

$$M(k) = 1,87; \quad M(s) = 1,2624.$$

Результаты расчетов при наличии числа постов в зоне  $k = 1, 2, 3, 4, 5$  сведены в таблицу 2.

Таблица 2  
Расчет времени ожидания ремонта

$k$	$P_0$	$M(k)$	$q$	$T_{ож}$	$T_{сум}$
1	2	3	4	5	6
1	0,003	0,975	4	29,4	39,4
2	0,0187	1,87	3	12,624	22,63
3	0,0287	2,343	2	3,188	13,19
4	0,031	2,45	1	0,386	10,39
5	0,3113	2,504	0	0	10,0

Обозначения в заголовке таблицы 2 аналогичны обозначениям в формулах текста. Время ожидания в ремонте рассчитано по формуле (2) для значения  $\lambda = 0,1$ . При этом по соотношению  $T_{РЕМ} = 10$  час.

## ВЫВОДЫ

1. Получена зависимость времени ожидания машиной начала ремонта и числом оборудованных для обслуживания заявок постов в зоне ТР.
2. Представляется возможным определение оптимального количества постов по минимальным суммарным затратам на их содержание и стоимостным потерям от простоя машин в ремонте.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серебрянский Н. И. Организация технического сервиса машин и оборудования: Учеб пособие / Н. И. Серебрянский, В. Н. Шиловский, А. Э. Эгипти; ПетрГУ. Петрозаводск, 2002. 128 с.

2. Питухин А. В. Определение технологических параметров предприятий технического сервиса лесной отрасли / А. В. Питухин, Н. И. Серебрянский, В. Н. Шиловский // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып.7. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. С. 93–95.
3. Питухин А. В. Определение числа постов по ремонту агрегатов машин на предприятиях технического сервиса / А. В. Питухин, В. Н. Шиловский, Н. И. Серебрянский // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып. 4. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2003. С. 92–94.
4. Серебрянский Н. И. Усовершенствование методики проверки топливных насосов / Н. И. Серебрянский, А. Э. Эгипти // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып. 7. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. С. 104–106.