

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ ПИТУХИН

доктор технических наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
pitukhin@psu.karelia.ru

ИГОРЬ ГЕННАДЬЕВИЧ СКОБЦОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
iskobtsov@mail.ru

НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ СЕРЕБРЯНСКИЙ

кандидат технических наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
tmir@petrsu.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПОСТОВ В ЗОНЕ РЕМОНТА ПРЕДПРИЯТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА*

Деятельность предприятия технического сервиса сопряжена с неравномерным потоком заявок на обслуживание и ремонт техники, в связи с этим при проектировании предприятий данной сферы могут быть применены законы системы массового обслуживания. Приводится методика определения показателей производственной мощности предприятия технического сервиса вероятностно-статистическими методами в условиях рыночной экономики. Целью работы является решение оптимизационной задачи по определению оптимального количества ремонтных постов. В качестве целевой функции принимается чистый доход предприятия от эксплуатации постов. Приводится пример анализа работы предприятия с заданным параметром загрузки зоны ремонта U . Производится расчет показателей функционирования предприятия (общего дохода, издержек на содержание простаивающих постов, чистого дохода предприятия, удельной выработки на один пост) в зависимости от числа ремонтных постов.

Ключевые слова: техническое обслуживание, ремонт автотранспорта, система массового обслуживания, параметр потока заявок, очередность ремонта

Деятельность предприятий технического сервиса (ПТС) лесной отрасли вследствие неравномерного поступления заявок на техническое обслуживание и ремонт машин и разного времени выполнения заявок имеет случайный характер [1], [2], [3], [5]. Поэтому определение технологических параметров ПТС при анализе действующих или проектировании новых предприятий такого типа следует проводить вероятностными методами [4]. Технологические параметры ПТС при этом рассчитываются по вероятностям состояний системы массового обслуживания (СМО), черты которой имеет деятельность рассматриваемого предприятия. В данном случае для открытой СМО без очереди имеем

$$P_k = \frac{U^k}{k!} \cdot P_0, \quad (1)$$

где P_k – вероятность нахождения в зоне ремонта одновременно k машин.

U – параметр загрузки зоны ремонта,

$$U = \lambda \cdot T_{cp}, \quad (2)$$

где λ – параметр потока заявок, при установившемся режиме работы λ представляет собой

среднее количество заявок в единицу времени; T_{cp} – среднее время выполнения одной заявки. P_0 – вероятность полного простоя зоны ремонта,

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^N \frac{U^k}{k!}}. \quad (3)$$

Здесь N – число постов в зоне.

По схеме открытой СМО, заявка, без очереди поступившая в момент, когда все посты заняты, получает отказ и покидает систему. Вероятность отказа заявке $P_{отк} = P_N$, или можно записать

$$P_{отк} = \frac{U^N}{N!} \cdot P_0. \quad (4)$$

Вероятность немедленного обслуживания заявки q , или относительная пропускная способность зоны ремонта, есть величина, обратная $P_{отк}$, следовательно,

$$q = 1 - P_{отк}. \quad (5)$$

Абсолютная пропускная способность зоны Q определяется по формуле

$$Q = U \cdot q. \quad (6)$$

Математическое ожидание количества простаивающих постов $M(P)$ рассчитывается по формуле

$$M(P) = \sum_{k=0}^{N-1} P_k \cdot (N-k). \quad (7)$$

Абсолютная пропускная способность зоны ремонта Q определяет выполненную долю загрузки U предприятия. В стоимостном выражении это есть максимальный доход от эксплуатации постов зоны. С увеличением количества постов доход Q растет. Но при этом увеличивается количество простаивающих постов, что вызывает непроизводительные расходы на их содержание. Если принять, что в стоимостном выражении доход от эксплуатации одного поста и издержки на его содержание при вынужденном простое равны, чистый доход предприятия W определится выражением

$$W = Q - M(P). \quad (8)$$

По принятой математической модели доход предприятия имеет предел в виде загрузки U . Количество простаивающих постов $M(P)$ увеличивается с ростом N без ограничения. Данное соотношение определяет наличие в зоне ремонта количества постов N^* , при котором чистый доход W имеет максимальное значение. Следовательно, имеется возможность оптимизации количества рабочих мест в зоне по условию получения максимального чистого дохода от их эксплуатации. Условие выбора запишется выражением

$$W(N^*) = \max W(N). \quad (9)$$

Функция оптимизации числа постов в зоне, учитывающая количественно слагаемые чистого дохода предприятия, имеет вид

Показатели производственной деятельности ПТС

N	$\frac{U_k}{k!}$	$\sum \frac{U_k}{k!}$	P_0	$P_{отк}$	q	Q	$M(P)$	$W(N)$	$\frac{W(N)}{N}$
1	6	7	0,143	0,858	0,142	0,852	0,143	0,709	0,709
2	18	25	0,040	0,720	0,280	1,680	0,320	1,360	0,680
3	36	61	0,017	0,587	0,413	2,480	0,550	1,930	0,640
4	54	115	0,009	0,470	0,530	3,180	0,817	2,363	0,590
5	65	180	0,0056	0,358	0,642	3,852	1,150	2,702	0,540
6	65	245	0,004	0,260	0,740	4,440	1,556	2,884	0,460
7	56	301	0,0033	0,185	0,815	4,890	2,100	2,790	0,400
8	42	343	0,0029	0,122	0,878	5,268	2,717	2,551	0,320
9	28	371	0,0026	0,073	0,927	5,563	3,310	2,253	0,250
10	17	388	0,0025	0,044	0,957	5,742	4,240	1,502	0,150

По приведенному алгоритму рассчитаны показатели производственной деятельности ПТС с количеством постов в зоне ремонта от 1 до 10 (см. таблицу). По расчетным данным построен график зависимости технико-экономических показателей деятельности ПТС от количества постов в зоне ремонта. На графике (см. рисунок) изображены зависимости следующих параметров:

$$W(N) = C_1 \cdot Q - C_2 \cdot M(P), \quad (10)$$

где C_1 – доход предприятия от эксплуатации одного поста; C_2 – расходы на содержание одного простаивающего поста. При условии $C_1 = C_2 = 1$ выражение (10) примет вид (8).

Пример. Анализируется работа предприятия технического сервиса с параметром загрузки $U = 6$. Расчет выполнен по количеству постов в зоне N от 1 до 10.

Порядок решения. По выражению (3) определяем вероятность полного простоя зоны ремонта P_0

$$P_0 = \frac{1}{\frac{6^0}{0!} + \frac{6^1}{1!}} = \frac{1}{7} = 0,143.$$

По формуле (1) рассчитываем вероятность нахождения в зоне ремонта одной машины

$$P_1 = \frac{6^1}{1!} \cdot 0,143 = 0,858.$$

По формулам (4–7) определяем вероятность отказа заявке

$$P_{отк} = P_1 = 0,858,$$

вероятность немедленного обслуживания заявки

$$q = 1 - 0,858 = 0,142,$$

абсолютную пропускную способность зоны ремонта

$$Q = 0,142 \cdot 6 = 0,852,$$

математическое ожидание количества простаивающих постов

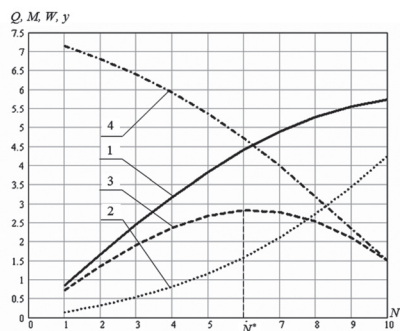
$$M(P) = 1 \cdot 0,143 = 0,143.$$

По (8) определяем показатель дохода предприятия

$$W(N) = 0,852 - 0,143 = 0,709.$$

1. Общий доход предприятия;
2. Издержки на содержание вынужденно простаивающих постов;
3. Чистый доход предприятия от эксплуатации постов в зоне;
4. Удельная выработка на один пост в стоимостном выражении

$$y(N) = \frac{W(N)}{N}.$$



Технико-экономические показатели деятельности ПТС:
 1 – общий доход предприятия Q ; 2 – издержки на содержание простаивающих постов $M(P)$; 3 – чистый доход $W(N)$;
 4 – удельная выработка на один пост, $y(N) = W(N)/N \times 10$;
 $N^* = 6$ – оптимальное решение

* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков В. В. Концептуальные и технологические основы системы технического сервиса транспортных и технологических машин лесного комплекса. М.: МГУЛ, 2004. 312 с.
2. Быков В. В., Назаренко А. С., Юрков Н. К. Моделирование системы технического сервиса. М.: МГУЛ, 2004. 86 с.
3. Питухин А. В., Серебрянский Н. И., Эгипти А. Э., Скобцов И. Г. Теоретические основы технологического проектирования предприятий технического сервиса лесной отрасли // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6. С. 158–161.
4. Чернецкий В. И. Моделирование стохастических систем / Петрозаводский государственный университет. Петрозаводск, 1994. 488 с.
5. Шиловский В. Н., Гольштейн Г. Ю., Кяльвияйнен В. А. Экспериментальная оценка организации технического обслуживания и ремонта лесозаготовительных машин // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки»*. 2012. № 4 (125). С. 93–95.

Pitukhin A. V., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
 Skobtsov I. G., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
 Serebryanskiy N. I., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

DETERMINATION OF OPTIMAL REPAIR POSTS' NUMBER AT TECHNICAL SERVICE ENTERPRISE

Activity of the technical service industry is associated with an irregular flow of maintenance and repair work orders; therefore, the principles of the mass service system can be used when designing a net of motor transport repair enterprises. Capacity indicators of a technical service enterprise operating under market economy conditions are defined by probabilistic and statistical methods. The main goal of this work is to solve an optimization problem by calculating the optimal number of repair posts. Enterprise net income is adopted as a criterion function. The paper provides an example of an enterprise operation analysis when the maintenance zone load ratio U is preset. The following indicators (total gain, expenses for off-line post keeping, net effective income, and specific output per one post) are estimated depending on the number of repair posts.

Key words: maintenance, motor transport repair, mass service system, orders' parameter, repair priority

REFERENCES

1. Bykov V. V. *Kontseptual'nye i tekhnologicheskie osnovy sistemy tekhnicheskogo servisa transportnykh i tekhnologicheskikh mashin lesnogo kompleksa* [Conceptual and technological basis of forest machine maintenance system]. Moscow, MSFU Publ., 2004. 312 p.
2. Bykov V. V., Nazarenko A. S., Yurkov N. K. *Modelirovanie sistemy tekhnicheskogo servisa* [Modeling of maintenance system]. Moscow, MSFU Publ., 2004. 86 p.
3. Pitukhin A. V., Serebryanskiy N. I., Egipiti A. E., Skobtsov I. G. Theoretical foundations of technological planning of enterprises in forest sector [Teoreticheskie osnovy tekhnologicheskogo proektirovaniya predpriyatiy tekhnicheskogo servisa lesnoy otrasli]. *Fundamental research* [Fundamental'nye issledovaniya]. 2012. № 6. P. 158–161.
4. Chernetskiy V. I. *Modelirovanie stokhasticheskikh sistem* [Stochastic systems' modeling]. Petrozavodsk, PetrSU Publ., 1994. 488 p.
5. Shilovskiy V. N., Golshteyn G. Yu., Kyal'viyaynen V. A. Experimental assessment of logging machine maintenance and repair [Eksperimental'naya otsenka organizatsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta lesozagotovitel'nykh mashin]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. "Estestvennye i tekhnicheskie nauki"* [Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural & Engineering Sciences]. 2012. № 4 (125). P. 93–95.

Поступила в редакцию 23.11.2012