Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 http://naukovedenie.ru/
Выпуск 6 (25) 2014 ноябрь – декабрь http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-14
URL статьи: http://naukovedenie.ru/PDF/14TVN614.pdf
DOI: 10.15862/14TVN614 (http://dx.doi.org/10.15862/14TVN614)

УДК 658.7

Тахтамышев Хизир Махмудович
ГАОУ ВПО «Невинномысский гуманитарно-технический институт»
Россия, Невинномысск[1]
Доктор технических наук
Профессор
E-mail: hizirt43@mail.ru

Вероятностные модели формирования обменного фонда узлов и агрегатов автомобилей на автотранспортных предприятиях

[1] 357108, Невинномысск, Бульвар Мира, 17

Аннотация. Своевременное обеспечение автомобилей исправными узлами и агрегатами имеет важное значение для поддержания высокой технической готовности парков автомобилей автотранспортных предприятий. Потоки отказов и восстановлений автомобилей носят случайный характер, что позволяет аппроксимировать процесс движения запасов с помощью математических моделей массового обслуживания. Принято, что система обслуживания подвижного состава автотранспортного предприятия запасными частями состоит из однотипных элементов обменного фонда. Каждое требование от автомобиля на запасную часть удовлетворяется одним из свободных (исправных) элементов обменного фонда. При отсутствии последнего в обменном фонде требование получает отказ. Каждый элемент может обслужить одновременно только одно требование. Поток отказов принимается пуассоновским, а время обслуживания одного требования одним элементом обменного фонда подчинено экспоненциальному закону. В систему поступает поток требований, состоящий из двух простейших потоков: потока отказов элементов автомобилей в рабочее время и потока отказов элементов автомобилей в нерабочее (межсменное) время с соответствующими параметрами потока отказов. Для учета процесса обеспечения автомобилей запасными узлами и агрегатами при наличии двух комплектностей: первой (с навесным оборудованием) и второй (с досборкой), были рассмотрены условные вероятности отказов двух обменных фондов автотранспортных предприятий как систем массового обслуживания.

В результате проведенных исследований представилось возможным предложить комплекс вероятностных математических моделей, позволяющих учесть возможность экстренных поставок узлов и агрегатов при наличии двух комплектностей, что максимально приближает их к реальным производственным процессам и становится предпосылкой для внедрения полученных результатов в практику.

Ключевые слова: математические модели; запасы; массовое обслуживание; отказы; вероятность; парки автомобилей; обменный фонд; узлы и агрегаты; элементы; комплектность.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тахтамышев Х.М. Вероятностные модели формирования обменного фонда узлов и агрегатов автомобилей на автотранспортных предприятиях // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6 http://naukovedenie.ru/PDF/14TVN614.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/14TVN614

Большинство современных автотранспортных предприятий (АТП) представляет собой эксплуатационные предприятия, в которых насчитывается значительное число разномарочных автомобилей достаточно сложных конструкций. Отказы их являются случайными и зависят в основном от наработки (пробега). Время восстановления работоспособности автомобилей также имеет значительную вариацию. Наибольшее влияние на уровень технической готовности парков автомобилей оказывают надежностные показатели узлов и агрегатов, выход из строя которых вызывает значительные простои автомобилей и затраты средств. В этой связи расчету оптимального запаса исправных узлов и агрегатов автомобилей (в дальнейшем элементов) уделяется серьезное внимание в исследованиях различных авторов [2,3,6,7], которые отмечают вероятностный характер движения запасов элементов автомобилей на складах АТП. Существенным недостатком разработанных методик [2,3,6] является отсутствие допущения экстренных поставок при наличии дефицита, что приводит к завышению уровня страхового запаса. Кроме того, в указанных методиках не учитывается возможность хранения элементов первой и второй комплектности, наличие которых увеличивает коэффициент технической готовности парков автомобилей.

Для создания математических моделей, адекватных реальным процессам, были приняты во внимание основные факторы, воздействующие на показатели функционирования складов элементов на АТП.

Для этого процесс обеспечения автомобилей запасными частями предлагается представить как систему массового обслуживания, в которой:

1. Обслуживающей системой является система, удовлетворяющая требованию автомобилей на замену отказавшего элемента на исправный из обменного фонда.
2. Поток требований состоит из двух видов отказов:
   - потока отказов элементов автомобилей в рабочее время;
   - потока отказов элементов автомобилей в межсменное время.
3. Аппаратами обслуживания являются элементы обменного фонда (узлы, агрегаты).
4. Время обслуживания представляет собой время восстановления (пополнения) обменного фонда исправными элементами взамен отказавших.

Подобная система массового обслуживания может принадлежать к одной из трех моделей:

1. Модель с потерями (отказами) при неограниченном числе требований и ограниченном числе обслуживающих аппаратов.
2. Модель с ожиданием при ограниченном числе требований и ограниченном числе обслуживающих аппаратов.
3. Модель с ожиданием при неограниченном числе требований и ограниченном числе обслуживающих аппаратов.

Рассмотрим эти модели с точки зрения их применимости при описании процесса обеспечения автомобилей запасными элементами (узлами и агрегатами).

Модель с потерями при неограниченном числе требований и ограниченном числе обслуживающих аппаратов может быть представлена в следующей постановке.

Поток отказов автомобилей, как восстанавливаемых изделий, на нормальном участке эксплуатации близок простейшему. Так как указанный поток с точки зрения обслуживания характеризуется как самый тяжелый [9,10], для обобщенной математической модели целесообразно принять простейший поток требований (отказов) автомобилей.

Как было установлено в работах [4,8,9,10], конечные выражения формул, характеризующих системы массового обслуживания, не зависят от закона распределения времени обслуживания.

В этой связи целесообразно принять экспоненциальный закон распределения как наиболее простой в математическом выражении и с его помощью вывести формулы вероятности отказа обменного фонда в требовании на запасную часть.

Таким образом, постановка задачи по обеспечению автомобилей запасными узлами и агрегатами как системы с отказами может быть сформулирована следующим образом.

Система обслуживания подвижного состава АТП запасными частями состоит из «*n*» однотипных элементов обменного фонда. Каждое требование от автомобиля на запасную часть удовлетворяется одним из свободных (исправных) элементов обменного фонда. При отсутствии последнего в обменном фонде требование получает отказ. Каждый элемент может обслужить одновременно только одно требование. Время обслуживания одного требования одним элементом обменного фонда подчинено экспоненциальному закону с математическим ожиданием времени обслуживания μ. В систему поступает неограниченный поток требований, состоящий из двух простейших потоков:

- потока отказов элементов автомобилей в рабочее время с параметрами потока отказов;

$$\varpi_1 = m\lambda_1 \tag{1}$$

- потока отказов элементов автомобилей в нерабочее (межсменное) время с параметром потока отказов:

$$\varpi_2 = m\lambda_2 \tag{2}$$

где λ_1, λ_2 – соответственно, интенсивность отказов элементов данного

типа в рабочее и межсменное время;

m – число элементов данного типа на автомобиле.

В итоге $\varpi_{\tilde{n}} = \varpi_1 + \varpi_2$.

Для решения задачи необходимо определить зависимость вероятности отказа обменного фонда в требовании на замену отказавшего элемента от количества элементов в обменном фонде, параметра потока отказов элементов автомобилей и параметра потока восстановления обменного фонда.

Решение системы дифференциальных уравнений для установившегося этапа имеет вид [1,4,6,8,9,10]

$$P_K = P_o \frac{\left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^K}{K!} \tag{3}$$

$$Đ_{î} = \left[\sum_{S=0}^{\hat{E}} \left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^S \frac{1}{S!}\right]^{-1} \tag{4}$$

где: P_K – вероятность того, что занято *K* элементов обменного фонда;

P_O – вероятность того, что все элементы обменного фонда имеются в наличии.

Вероятность отказа очередному требованию в обслуживании определяется из выражения:

$$P_n = \frac{\left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^n}{n\sum_{S=0}^{n}\frac{\left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^S}{S^1}} \tag{5}$$

или для более общего случая:

$$P_n = \frac{\alpha^n}{n!\sum_{S=0}^{n}\frac{\alpha^S}{S!}} \tag{6}$$

Уравнение (6) определяет связь вероятности отказа в обслуживании автомобилей при очередном требовании запасного элемента данного типа с интенсивностями отказов элементов этого типа λ_1, λ_2 с количеством данных элементов на автомобиле и обменном фонде (*m, n*) с интенсивностью эксплуатации автомобилей (*Ки*) и средним временем восстановления элементов обменного фонда μ.

Из уравнения (6) видно, что введение вместо Λ обобщенного параметра ϖ_c не меняет конечных выражений, определяющих количественные характеристики системы массового обслуживания.

Исходя из этого для системы массового обслуживания с ожиданием при ограниченном потоке требований воспользуемся конечными выражениями [1,4,8,9,10] с соответствующей заменой Λ на ϖ_c.

1. Вероятность того, что все элементы обменного фонда находятся в исправном состоянии (свободны):

$$P_o = \left[\sum_{K=0}^{n}\frac{A}{K!(A-K)}\left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^K + \sum_{K=n+1}^{L}\frac{L!}{\eta^{K-n}\eta!(A-K)}\left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^K\right]^{-1} \tag{7}$$

где: *A* – число автомобилей в парке.

$\varpi_c = m\left[K_u\lambda_1 + (1-K_u)\lambda\right]$ - параметр потока отказов *m* элементов автомобиля.

2. Вероятность того, что занято *K* элементов обменного фонда:

$$P_K = \frac{!}{K!(A-K)!}\left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^K P_o \cdot 1 \le K \le n \tag{8}$$

$$P_K = \frac{A!}{n^{K-n}n!(A-K)!}\left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^K P_o \quad n \le K \le m \tag{9}$$

3. Среднее число автомобилей, ожидающих начала обслуживания равно:

$$M_{ОЖ} = \sum_{K=n+1}^{A}\frac{(K-n)A!}{n^{K-n}(A-K)!}\left(\frac{\varpi_c}{\nu}\right)^K P_o \tag{10}$$

По соображениям, высказанным для второй модели, приведем выражения, характеризующие систему массового обслуживания с ожиданием при неограниченном числе требований в системе:

$$1.\ P_o = \left[\sum_{K=0}^{n-1} \frac{1}{K} \left(\frac{\varpi_c}{\nu} \right)^K + \frac{\nu}{(n-1)(n\nu - \varpi_c)} \left(\frac{\varpi_c}{\nu} \right)^n \right]^{-1} \tag{11}$$

$$2.\ P_K = \frac{\nu P_o}{(n-1)(n\nu - \varpi_c)} \left(\frac{\varpi_c}{\nu} \right)^n,\ \left(\frac{\varpi_c}{n\nu} \langle 1 \right) \tag{12}$$

$$3.\ M_{ОЖ} = \frac{P_o}{n! n\nu (1 - \frac{\varpi_c}{n\nu})^2} \left(\frac{\varpi_c}{\nu n} \right)^n \tag{13}$$

Анализ выражений, описывающих три модели обеспечения автомобилей запасными узлами и агрегатами позволяют дать оценку последним и произвести выбор наиболее оптимальной модели.

Из приведенных трех моделей обеспечения автомобилей запасными частями формально наиболее близкой к условиям автотранспортных предприятий является вторая модель. Действительно, автотранспортное предприятие на довольно большом промежутке времени (месяц, полугодие, год) является замкнутой системой массового обслуживания с конечным числом возможных требований, равным списочному количеству автомобилей. Эта модель отличается чувствительностью к изменениям количественного состава автомобильного парка и дает хорошие результаты для прогнозирования системы обслуживания. Однако, конечные формулы (7-10) этой модели громоздки для практических расчетов и требуют применения компьютеров. Учитывая тенденцию к уменьшению подвижного состава эксплуатационных предприятий при одновременном увеличении разномарочности автомобилей, а также малый процент одновременно ремонтируемых автомобилей, автотранспортное предприятие можно представить, как разомкнутую систему массового обслуживания с ожиданием, т.е. поток отказов (требований) является неограниченным, но стационарным.

Расчетные формулы третьей модели (11-35) более просты и в некоторых случаях могут быть использованы при ручном счете. Однако, ввиду высоких издержек простоя автомобилей при сравнительно небольших удельных издержках хранения запасных частей, допущение очередей из-за отсутствия последних экономически нецелесообразно.

Поэтому критерием, наиболее реально отражающим процесс обеспечения автомобилей запасными элементами, является вероятность образования очереди, т.е. вероятность отказа обменного фонда элементов требованию на запасную часть. Этот критерий позволяет установить зависимость между параметрами надежности автомобилей ($\lambda_1, \lambda_2, K_Г, K_и, \alpha_T$) и параметрами системы обслуживания (μ, n). Указанный критерий является основным для разомкнутой системы массового обслуживания с отказами, а его расчетное выражение (2.28) является наиболее простым из всех приведенных. Следовательно, первая модель, обладая достоинствами остальных моделей, лишена их недостатков.

Однако, следует отметить, что главным преимуществом первой модели является то, что при отказе обменного фонда удовлетворить очередное требование можно использовать возможность экстренного (срочного) восстановления отказавшего агрегата (узла) в условиях АТП и таким образом уменьшить время простоя автомобиля в ожидании восстановления отказавшего элемента. Этой возможностью обладает большинство автотранспортных предприятий.

Таким образом, несмотря на формальное несоответствие математической модели разомкнутой системы массового обслуживания с отказами процессу функционирования обменного фонда автотранспортного предприятия, указанная модель наиболее точно аппроксимирует процесс обеспечения автомобилей запасными узлами и агрегатами в условиях автотранспортных предприятий.

Между тем процесс обеспечения автомобилей запасными узлами и агрегатами может быть организован по двум вариантам: поставка первой комплектности (с навесным оборудованием) и второй комплектности (с досборкой). На практике целесообразна система обеспечения при наличии двух комплектностей в связи с высокими издержками от простоев автомобилей в ожидании запасных элементов.

Математическая модель при такой организации обеспечения автомобилей запасными элементами может быть сформулирована следующим образом.

Имеется группа однотипных автомобилей A, которая должна быть обеспечена запасными узлами и агрегатами. Каждый автомобиль состоит K групп типов элементов по m элементов в каждой группе. Узлы и агрегаты хранятся в двух состояниях: первой комплектности и второй комплектности и соответственно образуют два обменных фонда элементов.

При отказе автомобиля запасной элемент берется из обменного фонда первой комплектности. Свободное время доставки элемента к автомобилю равно t_o. Неисправный элемент первой комплектности восстанавливается (заменяется) за счет фонда элементов второй комплектности.

Если необходимого элемента в фонде второй комплектности нет, то он направляется в орган снабжения (мастерская, специализированное предприятие). Орган снабжения в обслуживании не отказывает.

Среднее время восстановления элемента i-го типа первой комплектности в обменном фонде второй комплектности равно μ_{1i}. Среднее время восстановления элемента i-го типа второй комплектности в органе снабжения равно μ_{2i}. Среднее время восстановления элемента i-го типа первой комплектности в органе снабжения

$$\mu_{31} = \mu_{1i} + \mu_{2i} \tag{14}$$

В экстренном случае средние времена восстановления могут быть сокращены с μ_{1i} до t_{1i}, с μ_{2i} до t_{2i} и с μ_{3i} до $t_{3i} = t_{1i} + t_{2i}$.

Экстренными, как указывалось выше, являются случаи отказов элементов автомобилей, которых нет в обменном фонде. Параметр потока отказов элементов автомобилей, обслуживаемых обменным фондом, равен:

$$\varpi_i = Am_i\left[\varpi_1 \cdot K_u + (1 - K_u)\varpi_{2i}\right] \tag{15}$$

Для вывода общих уравнений примем следующие обозначения:

А – событие, заключающееся в отказе фонда первой комплектности требованию автомобиля на запасной элемент;

В – событие, заключающееся в отказе фондом второй комплектности требованию на запасной элемент.

На основании формулы полной вероятности, вероятность события А можно выразить в виде:

$$P(A) = P(a)P(A/a) + P(\bar{a}) \cdot P(A/\bar{a}) \tag{16}$$

где: $P(A/a), P(A/\bar{a})$ - вероятность отказа фондом первой комплектности

требованию на данный элемент при наличии и отсутствии таковых в фонде второй комплектности соответственно;

$P(a), P(\bar{a})$ - вероятность наличия и отсутствия данных элементов в

фонде второй комплектности соответственно.

Вероятность отсутствия элементов данной группы в фонде второй комплектности есть вероятность отказа фондом второй комплектности требованию на данный элемент, т.е.

$$P(\bar{a}) = P(B) \text{ и } P(a) = 1 - P(B) \tag{17}$$

Подставив формулы (17) в (16), получим:

$$P(A) = [1 - P(B)]P(A/a) + P(B)P(A/\bar{a}) \tag{18}$$

В общем случае математическое ожидание простоя автомобиля из-за отсутствия необходимых элементов в обменном фонде связано с вероятностью отказов фондами второй и первой комплектностей следующим образом:

$$t_{n_i} = \sum_{j=1}^{d} t_{ji} P_{ji} \tag{19}$$

где: t_{ni} – математическое ожидание времени простоя автомобиля из-за отсутствия в фонде элементов i-й группы;

t_{ji} – среднее время экстренного восстановления элемента i-й группы в j-м пункте снабжения;

P_{ji} – вероятность восстановления элемента автомобиля *i*-группы в *j*-м пункте снабжения в экстренном случае.

Вероятность восстановления в органе снабжения равна единице, т.к. согласно модели орган снабжения в обслуживании не отказывает.

Вероятность восстановления элемента автомобиля в экстренном случае в фонде первой комплектности равна:

$$P_A = 1 - P(A) \tag{20}$$

Вероятность обращения за восстановлением элемента автомобиля в экстренном случае в фонд второй комплектности и орган снабжения равна P(A). Тогда вероятность восстановления элемента в фонде второй комплектности запишется в виде:

$$P_B = P(A)\left[1 - P(B)\right] \tag{21}$$

Вероятность восстановления элемента в органе снабжения в экстренном случае равна:

$$P_c = P(A) \cdot P(B) \tag{22}$$

Подставим значения P_A, P_B, P_C в уравнение (19)

$$t_{n_i} = t_{oi}\left[1 - P_i(A) + (t_{oi} + t_{1i})P_i(A)[1 - P_i(B)\right] + (t_{oi} + t_{1i} + t_{2i})P_i(A)P_i(B) \tag{23}$$

Обозначим

$$t_{2i}[p_i(A/\bar{a}) - P_i(A/a) = E_i \tag{24}$$

$$t_{2i}P_i(A/a) + t_{1i}[P_i(A/a) - P_i(A/a) = F_i \tag{25}$$

$$t_{1i}P_i(A/a) + t_{oi} = \gamma_i \tag{26}$$

Тогда (23) запишется в виде:

$$t_{ni} = E_i P_i^2(B) + F_i P(B) + \gamma_i \tag{27}$$

Согласно принятой модели вероятности *P(A/a)* и *P(A/a)* представляют собой вероятности отказа фонда первой комплектности требованию при наличии в нем n_{1i} элементов. Вероятность *P(B)* есть вероятность отказа фондом второй комплектности требованию на восстановление элемента обменного фонда при наличии в нем n_{2i} элементов подобного типа.

Таким образом, согласно основному уравнению процесса обеспечения автомобилей запасными элементами [6] можно написать:

$$P(A/a) = P_{n1i}(\alpha_{1i}) = \frac{\alpha_1^{n_{1i}}}{n_{1i}!\sum_{S=0}^{n_{2i}}\frac{\alpha_{1i}^S}{S!}} \tag{28}$$

где: $\alpha_{1i} = \mu_{1i} \cdot \varpi_i$

$$P(A/\bar{a}) = P_{n1i}(\alpha_{3i}) = \frac{\alpha_{3i}^{n_{1i}}}{n_{1i}!\sum_{S=0}^{n_{1i}}\frac{\alpha_{1i}^S}{S}} \tag{29}$$

где: $\alpha_{3i} = (\mu_{1i} + \mu_{2i})\varpi_i$

$$P(B) = P_{n2}(\alpha_{2i}) = \frac{\alpha_{2i}^{n_{2i}}}{n_{2i}!\sum_{S=0}^{n_{2i}}\frac{\alpha_{2i}^S}{S!}} \tag{30}$$

где: $\alpha_{2i} = \mu_{2i}\varpi_i$

Таким образом, система уравнений процесса обеспечения автомобилей всеми типами узлов и агрегатов для общего случая имеет вид:

$$\alpha_A = \frac{T_B + T_{CM}}{T_o} \tag{31}$$

$$T_n = \sum_{i=1}^{K} q_i t_{ni} \tag{32}$$

$$q_i = \frac{\varpi_{ci}}{\sum_{i=1}^{K}\varpi_{ci}} = \frac{\varpi_i}{\sum_{i=1}^{K}\varpi_i} \tag{33}$$

$$\varpi_i = Am_i[K_u - \varpi_{1i} + (1 - K_u)\varpi_{2i} \tag{34}$$

$$t_{ni} = E_i P_{n2i}^2(\alpha_{2i}) + F_i P_{n2i}(\alpha_{2i}) + \gamma_i \tag{35}$$

$$E_i = t_{2i}[P_{n1i}(\alpha_{3i}) - P_{n1i}(\alpha_{1i})] \tag{36}$$

$$F_i = t_{2i}P_{n1i}(\alpha_{3i}) + t_{1i}(\alpha_{3i}) - P_{n1i}(\alpha_{1i}) \quad (37)$$

$$\alpha_{1i} = \mu_{1i}\varpi_i \quad (38)$$

$$\gamma_i = t_{oi} + t_1 P_{n1i}(\alpha_{1i}) \quad (39)$$

$$\alpha_{3i} = (\mu_1 + \mu_2)\varpi_i \quad (40)$$

$$\alpha_{2i} = \mu_{2i}\varpi_i \quad (41)$$

$$P_{n1i}(\alpha_{1i}) = \frac{\alpha_{1i}^{n_{1i}}}{n_{1i}!\sum_{S=0}^{n_{1i}}\frac{\alpha_{1i}^S}{S!}} \quad (42)$$

$$P_{n1i}(\alpha_{3i}) = \frac{\alpha_{3i}^{n_{1i}}}{n_{1i}!\sum_{S=0}^{n_{1i}}\frac{\alpha_{1i}^S}{S!}} \quad (43)$$

$$P_{n2i}(\alpha_{2i}) = \frac{\alpha_{2i}^{n_{2i}}}{n_{2i}!\sum_{S=0}^{n_{2i}}\frac{\alpha_{2i}^S}{S!}} \quad (44)$$

Эта система уравнений характеризует необходимый фонд запасных узлов и агрегатов как с количественной стороны (n_{1i}, n_{2i}),так и с качественной (номенклатуры) при критерии достаточности обменного фонда в виде T_n и α_A.

Главным условием включения элемента в номенклатуру обменного фонда по времени экстренного восстановления следует считать выполнение неравенства:

$$t_{ni} > t_{2i} + t_{oi} + t_{1i} \quad (45)$$

т.е., если допустимое время простоя из-за отсутствия необходимого элемента больше наибольшего из экстренных значений времени восстановления элементов фонда в органе снабжения, закладка данного элемента в обменный фонд не имеет смысла. Если в уравнениях (34)-(44) $n_{1i} = 0$, а $n_{2i} \to \infty$, то справедливо выражение:

$$t_{ni} = t_{oi} + t_{1i} \quad (46)$$

Из выражений (45) и (46) следует условие возможности размещения элементов в фонде второй комплектности:

$$t_{oi} + t_{1i} < t_{ni} < t_{oi} + t_{1i} + t_{2i} \quad (47)$$

при $n_{2i} = 0$ $(P_{n2i}(\alpha_{2i}) = 1)$

$$t_{ni} = (t_{2i} + t_{1i}) \cdot P_{n1i}(\alpha_{3i}) + t_{oi} \quad (48)$$

Из выражений (47) и (48) следует условие возможности размещения элементов обменного фонда только в обменном фонде первой комплектности:

$$t_{oi} + (t_{2i} + t_{1i}) \cdot P_{n1i}(\alpha_{3i}) < t_{ni} < t_{oi} + t_{1i} \quad (49)$$

Следовательно, условия распределения номенклатуры элементов автомобилей по обменным фондам будут осуществляться следующим образом:

1. Элементы можно закладывать

- только в орган снабжения (авторемонтный завод (АРЗ) при

$$t_{ni} > t_{2i} + t_{1i} + t_{oi} \tag{50}$$

- только в фонд второй комплектности при

$$t_{oi} + t_{1i} < t_{ni} < t_{oi} + t_{1i} + t_{2i} \tag{51}$$

- только в фонд первой комплектности при

$$t_{oi} + (t_{2i} + t_{1i}) \cdot P_{n1i}(\alpha_{3i}) < t_{ni} < t_{oi} + t_{1i} \tag{52}$$

2. Элемент должен закладываться в фонды первой и второй комплектности при

$$t_{oi} < t_{ni} < t_{oi} + (t_{2i} + t_{\hat{\imath}i}) \cdot P_{n1i}(\alpha_{3i}) \tag{53}$$

3. Заданное условие не может быть выполнено при

$$t_{ni} < t_{oi} \tag{54}$$

т.е., когда допустимое время простоя меньше времени доставки элемента к автомобилю. Если условие (54) выполняется, то из него следует, что запасные элементы данного наименования целесообразно разместить ближе к ремонтным постам или уменьшить время их транспортировки.

Приведенные выше математические модели позволяют аппроксимировать вероятностные процессы обеспечения парка автомобилей автотранспортных предприятий узлами и агрегатами при различных вариантах формирования запасов в обменном фонде, включая комплектность, возможность организации экстренного восстановления и представляют научный интерес. Для практических целей предложенные математические модели могут быть успешно использоваться в АТП при применении компьютерных технологий, находящих широкое распространение в последние годы для оперативного управления запасами предприятий. С помощью приведенных аналитических выражений можно рассчитывать нормативы страховых запасов и моменты (точки) заказов для конкретных предприятий на основе фактических исходных параметров движения запасов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Букан Дж., Кенигоберг Э. Научное управление запасами /пер.с англ. под ред. Б.В.Гнеденко, - М,: Наука, 1967. - 423 с.
2. Красантович И.В. Исследование и оптимизация фонда оборотных агрегатов и узлов при текущем ремонте автомобилей.: Автореф. дис….канд. техн. наук.- К.,1977. - 20 с.
3. Кубрин Э.Е. Исследование оптимизации запасов на автомобильном транспорте ретроспективным моделированием. Сб. «Экономическая кибернетика и исследование операций», Киев, 1967. -С. 65-68.
4. Кульбак Л.И. Основы расчета обеспечения электронной аппаратуры запасными элементами. – М.: Советское радио, 1970. - 207с.
5. Тахтамышев Х.М. Исследование процессов обеспечения автомобилей узлами и агрегатами как метод поддержания надежности в условиях эксплуатации: дис .канд. техн. наук 05.22.10 - Киев , 1973. - 227 с.
6. Фетисов П.Б.Управление запасами запасных частей для автомобилей/ А.Н.Ременцов, В.А.Зенченко, П.Б.Фетисов//Грузовик.-М.ООО»Издательство Машиностроение»,2012.-Выпуск 5.-с.25-26.
7. Фетисов П.Б.Математическая модель определения и планирования потребности в запасных частях / А.Н.Ременцов ,В.А.Зенченко,П.Б.Фетисов// Вестник МАДИ (ГТУ).-М.МАДИ (ГТУ),2010.-Выпуск 3(22),-с.7-11.
8. Рыжиков Ю.И. Управление запасами. М.: Наука,1969. -343 с.
9. Хэнссмен Ф. Применение математических методов в управлении производством и запасами. – М.: Прогресс, 1966, 258с.
10. Херли Дж., Уайтин Т. Анализ систем управления запасами. Пер. с англ. / Под ред. А.Я. Райкина. – М.: наука, 1969. -245с.

Рецензент: Шульга Геннадий Иванович, профессор, д-р техн. наук, Южно-Российский государственный технический университет.

Takhtamyshev Khizir Makhmudovich
Nevinnomyssk State Humanitary and Technical institute
Russia, Nevinnomyssk
E-mail: hizirt43@mail.ru

Probabilistic models of the auto parts and units inventory for automobiles of the transportation companies

Abstract. In order to maintain high technical state of automobiles in a transportation company it is important to supply automobile parts in timely manner. The occurrence of failures and repairs of vehicles are random by nature, which allows approximating the inventory process using mathematical models of queuing. According to the industry norms, the car flee of the transportation enterprise is provided with the spare parts of the same type. In case of the car malfunction the request for the spare parts is satisfied with one of the free (serviceable) elements from the exchange fund of the enterprise. In the absence of the latter in the exchange fund the request is denied. Also, each element can serve only one request at a time. Altogether, we considered the feed of refusals as a Poisson process and the service time of a single element from the exchange fund as a subject to an exponential law. Also, according to our model, the system receives the incoming flow of requests consisting of two elementary flows: flow of failures during working shifts and the flow of ‘parts failures at the non-functioning times. To account for the process of offering two sets of spare parts – the first one with the rigs and the second with the assembly, we considered two conditional probabilities of denial of exchange funds, whereas the car fleet enterprises are represented as queuing systems.

As a result of our research, we propose a set of probabilistic mathematical models, which consider the necessity of emergency supplies components and assemblies with two sets of parts available. The models imitate closely the real chain of processes, which is a prerequisite for the implementation of the obtained results in practice.

Keywords: mathematical models; inventory; queuing; failures; probability; car fleet; the exchange fund; units and aggregates; automobile parts; set.

REFERENCES

1. Bukan Dzh., Kenigoberg E. Nauchnoe upravlenie zapasami /per.s angl. pod red. B.V.Gnedenko, - M,: Nauka, 1967. - 423 s.
2. .Krasantovich I.V. Issledovanie i optimizatsiya fonda oborotnykh agregatov i uzlov pri tekushchem remonte avtomobiley.: Avtoref. dis….kand. tekhn. Nauk.-K., 1977. - 20 s.
3. Kubrin E.E. Issledovanie optimizatsii zapasov na avtomobil'nom transporte retrospektivnym modelirovaniem. Sb. «Ekonomicheskaya kibernetika i issledovanie operatsiy», Kiev, 1967.-S. 65-68.
4. Kul'bak L.I. Osnovy rascheta obespecheniya elektronnoy apparatury zapasnymi elementami. – M.: Sovetskoe radio, 1970. - 207s.
5. 5. Takhtamyshev Kh.M. Issledovanie protsessov obespecheniya avtomobiley uzlami i agregatami kak metod podderzhaniya nadezhnosti v usloviyakh ekspluatatsii: dis ….kand. tekhn. nauk 05.22.10 - Kiev , 1973. - 227 s.
6. Fetisov P.B.Upravlenie zapasami zapasnykh chastey dlya avtomobiley / A.N.Rementsov, V.A.Zenchenko, P.B.Fetisov//Gruzovik.-M.OOO»Izdatel'stvo Mashinostroenie», 2012.-Vypusk 5.-s.25-26.
7. Fetisov P.B.Matematicheskaya model' opredeleniya i planirovaniya potrebnosti v zapasnykh chastyakh / A.N.Rementsov, V.A.Zenchenko,P.B.Fetisov// Vestnik MADI (GTU).-M.MADI (GTU), 2010.-Vypusk 3(22),-s.7-11.
8. Ryzhikov Yu.I. Upravlenie zapasami. M.: Nauka, 1969. -343 s.
9. Khenssmen F. Primenenie matematicheskikh metodov v upravlenii proizvodstvom i zapasami. – M.: Progress, 1966, 258s.
10. Kherli Dzh., Uaytin T. Analiz sistem upravleniya zapasami. Per. s angl. / Pod red. A.Ya. Raykina. – M.: nauka, 1969. -245s.