

УДК 656.13

**И. Ф. Воронина, канд. техн. наук, Ф. М. Судак, канд. техн. наук,
В. В. Негурица, А. И. Веденичев**

**Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка**

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассматривается попытка решения актуальных вопросов, связанных с прогнозированием потребности в запасных частях для автотранспортных предприятий, так как это дает возможность не только организовать транспортный процесс, но и повысить надежность подвижного состава автомобильного транспорта.

В настоящий момент, при внедрении экономических методов управления, возникла необходимость совершенствования методологических основ прогнозирования потребности в запасных частях и оптимизации их заказа.

***Ключевые слова:** автомобильный транспорт, прогнозирование, запасные части, математическое ожидание*

Введение

Эффективность использования автомобильного транспорта зависит не только от организации транспортного процесса, но и от повышения надежности подвижного состава. Одним из основных факторов поддержания высокой эксплуатационной надежности автомобилей является бесперебойное снабжение автотранспортного предприятия (АТП) необходимыми запасными частями.

Это особенно актуально в настоящий период, когда население Донецкой Народной Республики постоянно нуждается в товарах первой необходимости, большой процент которых экспортируется из Российской Федерации, Республики Беларусь и других стран.

Ремонт автомобилей, участвующих в международных рейсах, необходимо планировать заранее, после их возвращения.

Однако ситуация в Республике, дефицит и высокая стоимость запасных частей не позволяют делать большой товарный запас. Вместе с тем замедляется оборачиваемость оборотных средств, увеличиваются потери от замораживания средств в запасе. С другой стороны, дефицит запасных частей вызывает значительные потери от невыполнения транспортной работы, прямой ущерб – от сверхнормативных простоев подвижного состава в обслуживании и ремонте [1, 2].

В связи с этим для обеспечения эффективной работы автопредприятий следует обеспечить необходимое количество и номенклатуру запасных частей на складе АТП, с учетом существующей ситуации и ограниченности финансовых средств.

Анализ публикаций

Проблемой определения количества запасных частей для транспортных машин занимались такие ученые, как К. Я. Несвитский, В. Я. Анилович, А. С. Гришин, Д. И. Нуретдинов, М. Ю. Гамбаль, Д. К. Сысоев, А. Е. Кравченко, Р. Г. Жигарев и другие.

Они решали проблемы как максимального удовлетворения потребности владельцев автотранспортных средств в услугах автосервисных предприятий, так и оптимизации потребности в запасных частях [3, 4].

Однако нерешенной до сих пор остается проблема обеспечения необходимого количества номенклатуры запасных частей на складах автотранспортных предприятий в условиях

ограниченных финансовых возможностей и сложной ситуации в Донецкой Народной Республике.

Цель исследования

Повышение эффективности работы автотранспортных предприятий в Донецкой Народной Республике.

Методика и результаты исследования

В настоящее время необходимо четко поставить задачу усовершенствования методологических основ прогнозирования потребности запасных частей. В качестве научного базиса при ее реализации использовать теорию надежности и теорию прогнозирования [5].

Техническая система рассматривается как целостная совокупность элементов, находящихся во взаимодействии. Важнейшим элементом регулирования процесса развития технической системы, позволяющим оптимизировать ход этого процесса, является научное прогнозирование – формирование прогнозов на основе анализа тенденций развития объекта исследования.

При изучении перспектив будущего широкое распространение получило исследовательское прогнозирование, основанное на использовании принципа инерционности процессов (для многих явлений материального мира характерно, что сложившиеся объективные тенденции изменения показателей сохраняются в известной степени на перспективу определенного периода). Оно заключается в анализе объективных тенденций развития данного явления или предмета.

Для математического описания процесса появления отказов совокупности автомобилей и выявления закона распределения времени между отказами рассмотрим ограниченную совокупность, состоящую из K единиц автомобилей. Если в течение известного периода времени эксплуатировать эти K единицы, то к концу интервала t окажется K_u исправных и K_0 отказавших единиц, при условии, что отказы отдельных элементов не зависят один от другого, а испытания проводятся без замещения отказавших автомобилей. Общее количество учитываемых единиц остается постоянным $K = K_u + K_0$ в течение всего испытания, так как число отказавших автомобилей увеличивается ровно на столько, на сколько уменьшается количество исправных. В этих условиях вероятность безотказной работы для любого момента времени t равна:

$$P(t) = \frac{K_u}{K_u + K_0}. \quad (1)$$

Если учесть, что число автомобилей, выдержавших испытание, равно $K = K_u - K_0$, то выражение (1) можно записать в следующем виде:

$$P(t) = \frac{K - K_0}{K} = 1 - \frac{K_0}{K}. \quad (2)$$

Для нахождения скорости появления отказов автомобилей продифференцируем обе части уравнения (2) по t учитывая, что K постоянно:

$$\frac{dP(t)}{dt} = \frac{d\left(1 - \frac{K_0}{K}\right)}{dt} = -\frac{1}{K} \cdot \frac{dK_0}{dt}. \quad (3)$$

Скорость появления отказов равна

$$\frac{dK_0}{dt} = -K \frac{dP(t)}{dt}. \quad (4)$$

Но так как $K_0 = K - K_u$, а K является постоянным, то

$$\frac{dK_0}{dt} = \frac{d(K - K_u)}{dt} = -\frac{dK_u}{dt}. \quad (5)$$

Следовательно, формула (5) характеризует также скорость сохранения работоспособности автомобилей, которая равна скорости появления отказов с противоположным знаком.

Очевидно, что если разделить обе части равенства (4) на число исправных автомобилей K_u , то в результате получим интенсивность потока их отказов:

$$\lambda = -\frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dP(t)}{dt}. \quad (6)$$

В общем случае величина λ является функцией времени работы t , т. е. длительности расхода технического ресурса, ввиду того что $P(t)$ и $\frac{dP(t)}{dt}$ являются функциями времени.

Разделяя переменные и интегрируя (6), получим:

$$\lambda dt = -\frac{dP(t)}{P(t)}, \quad (7)$$

$$\int_0^t \lambda dt = -\int_1^P \frac{dP(t)}{P(t)} = -\ln P(t), \quad (8)$$

$$\ln P(t) = -\int_0^t \lambda dt. \quad (9)$$

Так как при $t = 0$ получаем $P(t) = 1$, то, разрешая относительно $P(t)$, находим

$$\ln P(t) = e^{-\int_0^t \lambda dt}. \quad (10)$$

До сих пор на интенсивность отказов не было наложено никаких ограничений, поэтому λ может быть любой интегрируемой функцией времени t . Следовательно, функция $P(t)$ формулы (10) выражает надежность в наиболее общей форме, которая может применяться для всех возможных видов распределения отказов.

Если в формуле (10) значение λ является постоянным, то:

$$-\int_0^t \lambda dt = \lambda t. \quad (11)$$

Функция распределения длительности интервала времени между двумя отказами техники приобретает вид:

$$P(T > t) = e^{-\lambda t}. \quad (12)$$

Выражение $P(T > t)$ означает вероятность того, что T – интервал времени до момента появления следующего отказа при средней интенсивности отказов равной λ , будет больше t .

Плотность распределения вероятностей интервала времени равна

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (13)$$

где $f(t)$ означает вероятность того, что интервал времени между двумя смежными отказами будет равен t при постоянном значении λ .

Из теории вероятностей известно, что если дискретный стохастический процесс характеризуется распределением интервала времени между смежными случайными событиями

по показательному закону, то число событий в течение произвольно выбранного единичного времени, как правило, распределяется по закону Пуассона. Так как установлено (формулы 12 и 13), что при использовании совокупностей техники интервал времени между моментами появления отказов описывается показательным законом, то для математического описания процесса поступления отказов в условиях реальной эксплуатации можно применять закон распределения Пуассона.

При функции надежности в виде (13) частота отказов в системе однотипных объектов (поток случайных событий) соответствует дискретному распределению Пуассона.

Аналитическое выражение вероятности распределения числа отказов в этом случае имеет вид [5]:

$$P(u, \lambda, t) = \frac{(\lambda t)^u}{u!}, \quad (14)$$

где $P(u, \lambda, t)$ – вероятность того, что за время t появится ровно u отказов техники, т. е. $u = 0, 1, 2, \dots$; λ – среднее число отказов в единицу времени.

Функция распределения x – числа отказов, выражает вероятность события, состоящего в том, что число отказов будет меньше наперед заданного числа x при заданных значениях λ и t .

$$P(u \leq x, \lambda, t) = \sum_{K=0}^x \frac{(\lambda t)^K}{K!} e^{-\lambda t}, \quad (15)$$

где λ и t – те же, что и в формуле (15).

По формуле распределения Пуассона, состоящего из ряда членов, каждый из которых соответственно характеризует вероятность появления 0, 1, 2, 3 или большего числа событий (необходимости замены соответствующих деталей) за время t , представляется возможным прогнозировать с большой достоверностью потребность сменных деталей. Но, чтобы воспользоваться этой формулой, необходимо определить экспериментальным путем интенсивность отказов, сопровождаемых заменой соответствующих деталей.

Выводы

Математическая модель числа отказов, полученная по распределению Пуассона, позволит, в дальнейшем, используя интенсивность замены деталей в качестве основного показателя прогнозирования расхода запасных частей, рассчитать потребность сменных деталей для предприятий, эксплуатирующих автомобили. Такой подход позволит повысить эффективность работы автотранспортных предприятий в Донецкой Народной Республике.

Список литературы

1. Судак, Ф. М. Усовершенствование методики расчета необходимого количества запасных частей на предприятиях автомобильного транспорта / Ф. М. Судак, И. Ф. Воронина, А. И. Заика // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of The Automobile And Highway Institute. – 2018. – № 3(26). – С. 44–48.
2. Воронина, И. Ф. Разработка системы мониторинга материально-технического обеспечения предприятий автосервиса / И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, А. В. Злей // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of The Automobile And Highway Institute. – 2018. – № 4(27). – С. 46–52.
3. Воронина, И. Ф. Прогнозирование расходов запасных частей на автосервисных предприятиях с использованием корреляционно-регрессионного анализа / И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, А. С. Чернецкий, А. И. Матин // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of The Automobile And Highway Institute. – 2019. – № 2(29). – С. 27–34.
4. Судак, Ф. М. Оптимизация затрат на управление резервом запасных частей на автосервисных предприятиях / Ф. М. Судак, И. Ф. Воронина, А. В. Еремин, Г. В. Новиков // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of The Automobile And Highway Institute. – 2019. – № 2(29). – С. 35–41.
5. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. — Москва : Либроком, 2013. – 584 с. – ISBN 978-5-397-03638-2.

И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, В. В. Негурица, А. И. Веденичев
Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Прогнозирование потребности в запасных частях для автотранспортных предприятий

Эффективность использования автомобильного транспорта зависит не только от организации транспортного процесса, но и от повышения надежности подвижного состава. Одним из основных факторов поддержания высокой эксплуатационной надежности автомобилей является бесперебойное снабжение автотранспортного предприятия необходимыми запасными частями.

Это особенно актуально в настоящий период, когда население Донецкой Народной Республики постоянно нуждается в товарах первой необходимости, большой процент которых экспортируется из Российской Федерации, Республики Беларусь и других стран.

Ремонт автомобилей, участвующих в международных рейсах, необходимо планировать заранее, после их возвращения.

Не решенной до сих пор остается проблема обеспечения необходимого количества номенклатуры запасных частей на складах автотранспортных предприятий в условиях ограниченных финансовых возможностей и сложной ситуации в Донецкой Народной Республике.

В связи с этим, для обеспечения эффективной работы автопредприятий, следует обеспечить необходимое количество и номенклатуру запасных частей на складе, с учетом существующей ситуации и ограниченности финансовых средств.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОЖИДАНИЕ

I. F. Voronina, F. M. Sudak, V. V. Neguritsa, A. I. Vedenichev
Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Forecasting of the Spare Parts Need for Motor Transport Companies

The effectiveness of the automobile transport use depends not only on the transport process organization, but also on increasing the rolling stock reliability. One of the main factors in maintaining the high operational reliability of automobiles is the uninterrupted supply of the motor transport company with the necessary spare parts.

This is especially urgent in the current period, when the population of the Donetsk People's Republic constantly needs essential goods, a large percentage of which are exported from the Russian Federation, Belarus and other countries.

Repair of automobiles on international flights must be planned in advance, after their return.

The problem of providing the required number of spare parts mix at the warehouses of motor transport companies in conditions of limited financial capabilities and the difficult situation in the Donetsk People's Republic still remains unsettled.

In this regard, to ensure the efficient operation of motor transport companies, it is necessary to provide the necessary quantity and mix of spare parts at the warehouse, taking into account the current situation and limited financial resources.

AUTOMOBILE TRANSPORT, FORECASTING, SPARE PARTS, MATHEMATICAL EXPECTATION

Сведения об авторах:

И. Ф. Воронина

Телефон: +38 (071) 425-11-65

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

Ф. М. Судак

Телефон: +38 (06242) 2-40-40

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

Статья поступила 19.05.2020

© И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, В. В. Негурица, А. И. Веденичев, 2020

Рецензент: С. В. Никольшин, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»