

УДК 656.078

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПУТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ

**Ковалев Р.Н., Степанов А.С., Черницын С.А.**

*ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, e-mail: rkv@usfeu.ru*

В условиях значительного роста парка легковых и грузовых автомобилей проблема обеспечения автовладельцев запасными частями через станции технического обслуживания (СТО) приобретает все более важное значение. Одними из важных задач по данной проблеме являются разработка перечня наиболее часто требующихся, а также обеспечивающих безопасность движения запасных частей для хранения на малых, средних и крупных СТО; нормирование запасов, хранимых на СТО, по всей номенклатуре. Указанные мероприятия позволят не только улучшить обеспечение автовладельцев запасными частями, но и снизить сверхнормативные запасы в системе автосервиса за счет перемещения деталей среднего и малого спроса с СТО на центральные базы снабжения, а также улучшить использование оборотных средств за счет высвобождения определенного объема приостановленных запасов. В статье рассматриваются принципы применения законов теории надежности в области эксплуатации транспортных средств, позволяющие оценить надежность транспортных средств и его отдельных агрегатов и выявить агрегаты, наиболее подверженные отказам, определить рентабельность их эксплуатации автобуса и спрогнозировать потребность в запасных частях.

**Ключевые слова:** нормальный закон распределения, транспортное средство, прогнозирование

## INCREASE OF EFFICIENCY OF OPERATION OF VEHICLES BY FORECASTING OF REQUIREMENT FOR SPARE PARTS

**Kovalev R.N., Stepanov A.S., Chernitsyn S.A.**

*Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, e-mail: rkv@usfeu.ru*

The problem of supplying car owners with spare parts by virtue of service center (STO) is becoming essential in response to significant developing park of light and good vehicles. Some of the main problems are designing and following sending of some required spare parts that make traffic safe to storage of small, medium and big service centers; standardization of stores being kept in service centers according to stock list. Measures listed above make possible not only to improve supplying of car owners with spare parts, but also to decrease excess stores in car service system due to replacing of average- and small-market parts from service centers to central supply depots. They also make usage of turnover means more profitable due to releasing of certain value of ceased stores. This article provides a glimpse about law application principles of Reliability Theory in sphere of vehicle operation, that help to estimate reliability of vehicle and its particles and expose components that are more liable to failures, to evaluate profitability of exploitation and predict requirement of spare parts.

**Keywords:** normal distribution, vehicle, forecasting

Сегодня при эксплуатации транспортных средств на предприятиях зачастую отсутствуют запасные части для их эффективной и быстрой замены, что приводит к длительным простоям и значительным убыткам. Одной из причин длительного ремонта автотранспорта является то обстоятельство, что транспортные средства, подлежащие ремонту, как правило, сильно изношены, давно сняты с производства, и найти оперативно запасные части для их ремонта не представляется возможным.

При нормальной эксплуатации автомобиля можно ориентировочно определить пробег до предельного износа и усталостного разрушения детали. Отказы (поломку) или внезапные отказы (сбои) прогнозировать достаточно сложно [3]. Эти оба вида отказов должны учитываться при расчете фактической потребности в запасных частях.

В условиях значительного роста парка легковых и грузовых автомобилей проблема обеспечения автовладельцев запасными ча-

стями через станции технического обслуживания (СТО) приобретает все более важное значение. Одними из важных задач, способствующих решению данного вопроса, могли бы стать разработка перечня наиболее часто требующихся, а также обеспечивающих безопасность движения запасных частей для хранения на малых, средних и крупных СТО; нормирование запасов, хранимых на СТО, по всей номенклатуре [1]. Указанные мероприятия позволят не только улучшить обеспечение автовладельцев запасными частями, но и снизить сверхнормативные запасы в системе автосервиса за счет перемещения деталей среднего и малого спроса с СТО на центральные базы снабжения, а также улучшить использование оборотных средств за счет высвобождения определенного объема приостановленных запасов.

Транспортное средство во время эксплуатации требует для поддержания технически исправного состояния замены изношенных деталей, поэтому необходимо

планировать расход запасных частей на каждый автомобиль, принадлежащий частному лицу или юридическому от места их использования. Трудовые и материальные затраты на каждый автомобиль можно спрогнозировать при наличии данных о расходе запасных частей по каждому автомобилю в отдельности. При планировании потребности в запасных частях на парк автомобилей необходимо получать данные по их расходу в отдельности по конкретной модели автомобиля [4].

Прогнозировать затраты на запасные части возможно лишь при наличии данных о фактическом расходе запасных частей за прошедший период (месяц, квартал, год). Полученные при этом данные о затратах позволяют определить параметры удельных затрат на использованные запасные части при ремонте, отнесенные к количеству обслуженных автомобилей, но без учета затрат на ремонт от проданных изделий.

Для определения суммарных затрат на поддержание работоспособности агрегата или автомобиля в целом следует использовать параметры закономерности изменения суммарных затрат в процессе эксплуатации автомобиля. Удельные затраты по запасным частям на 1000 км пробега автомобиля подсчитываются делением суммарных затрат на годовой пробег автомобиля или на весь пробег конкретного автомобиля с начала его эксплуатации владельцем [2]. Определение затрат за год эксплуатации принимается как один из интервалов от общего пробега автомобиля с начала эксплуатации. Удельные затраты на запасные части в первые интервалы (годы) эксплуатации автомобиля ниже, чем по истечении 3–5 лет. Таким образом, средние расходы на приобретение запасных частей правильнее исчислять за весь прогнозируемый или фактический пробег с начала эксплуатации автомобиля.

При расчете удельных затрат на поддержание автомобиля за весь период пробега или за интервал, помимо суммирования стоимости всех установленных за это время запасных частей, должна учитываться и стоимость трудовых затрат на сборочно-разборочные и восстановительные работы. По удельным затратам возможно экономически обосновать пробег автомобиля или его эксплуатацию по времени (возраст), дни замены дорогостоящих узлов, агрегатов, например, редуктора заднего моста, передней подвески, кузова и т.д. Когда наступает момент для замены нескольких дорогостоящих агрегатов одновременно, то возникает условие, при котором необходимо рассматривать экономическую целесообразность дальнейшей эксплуатации автомобиля.

Основную стоимостную нагрузку при прогнозировании удельных затрат на поддержание работоспособности автомобиля в процессе эксплуатации несут затраты на покупку запасных частей. В связи с этим одной из важных проблем является определение количества запасных частей и обоснованное обеспечение СТО и автомобильных магазинов запасными частями в необходимых количествах и номенклатуре, решение которой приводит к экономии материальных и трудовых затрат, повышению производительности труда и улучшению использования производственной мощности станций [5].

Для экспериментальной оценки расхода запасных частей был использован метод статистического исследования в условиях работы СТО. Объектом исследования были выбраны агрегаты, детали, узлы 39 автобусов марки НЕФАЗ-5299-20-22 2007 г. выпуска, состоящих на балансе ЕМУП МОАП города Екатеринбурга. Срок эксплуатации автобусов составляет 7 лет, средний годовой пробег – 56000 км. В момент поступления автобуса на СТО оформлялась заявка на проведение ТО и ТР, в которую вносились данные о сроке эксплуатации и пробеге автобуса. Данные о расходе запасных частей и виде проведенных работ по каждому конкретному автобусу вносились в заказ-наряд. Далее был анализ и обработка полученной информации в соответствии с общепринятыми в теории надежности методами.

Расчет надёжности основных агрегатов автобуса должен выполняться для таких систем, как двигатель внутреннего сгорания (ДВС), система охлаждения, электрооборудование, автоматическая коробка передач (автоматическая коробка передач (АКПП), рулевое управление, тормозные механизмы, пневморессоры. В табл. 1 показаны количество отказов агрегатов в течение всего срока эксплуатации исследуемого парка автобусов.

Закон распределения наработок, выраженных функцией либо плотностью распределения, является наиболее общей и исчерпывающей характеристикой, используемой для расчёта надёжности агрегатов.

Законы распределения являются не просто аппроксимациями случайных совокупностей наработок, а отражают закономерности формирования тех или иных отказов в процессе работы автомобиля. Для оценки эксплуатационной надёжности часто используется нормальный закон распределения:

$$f(L) = \frac{1}{\sigma_L \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{L-\bar{L}}{\sigma_L} \right)^2}. \quad (1)$$

Таблица 1

Данные по количеству отказов основных агрегатов

Название агрегата	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Сумма
ДВС	1	0	3	22	9	33	57	125
Система охлаждения	19	38	37	62	32	31	28	247
Электрооборудование	6	11	19	2	12	23	26	99
АКПП	4	2	9	14	3	15	9	56
Рулевое управление	7	1	18	3	2	2	5	38
Тормозные механизмы	0	6	7	11	6	11	4	45
Пневморессоры	5	9	4	21	5	15	10	69

Нормальному закону распределения (1) подчиняются процессы работы следующих агрегатов: ДВС, система охлаждения, электрооборудование, АКПП, тормозные механизмы, – в которых присутствуют детали, находящиеся под воздействием нескольких разрушительных процессов, где также происходит износ накладок, фрикционов, вкладышей, втулок.

На рис. 1 показаны зависимости вероятности наступления отказа агрегатов, работа которых подчиняется нормальному закону распределения. На оси X указывается кол-во неисправностей агрегата за 7 лет эксплуатации 39 автобусов марки НЕФА3-5299-20-22. По оси Y указывается вероятность наступления отказов агрегата.

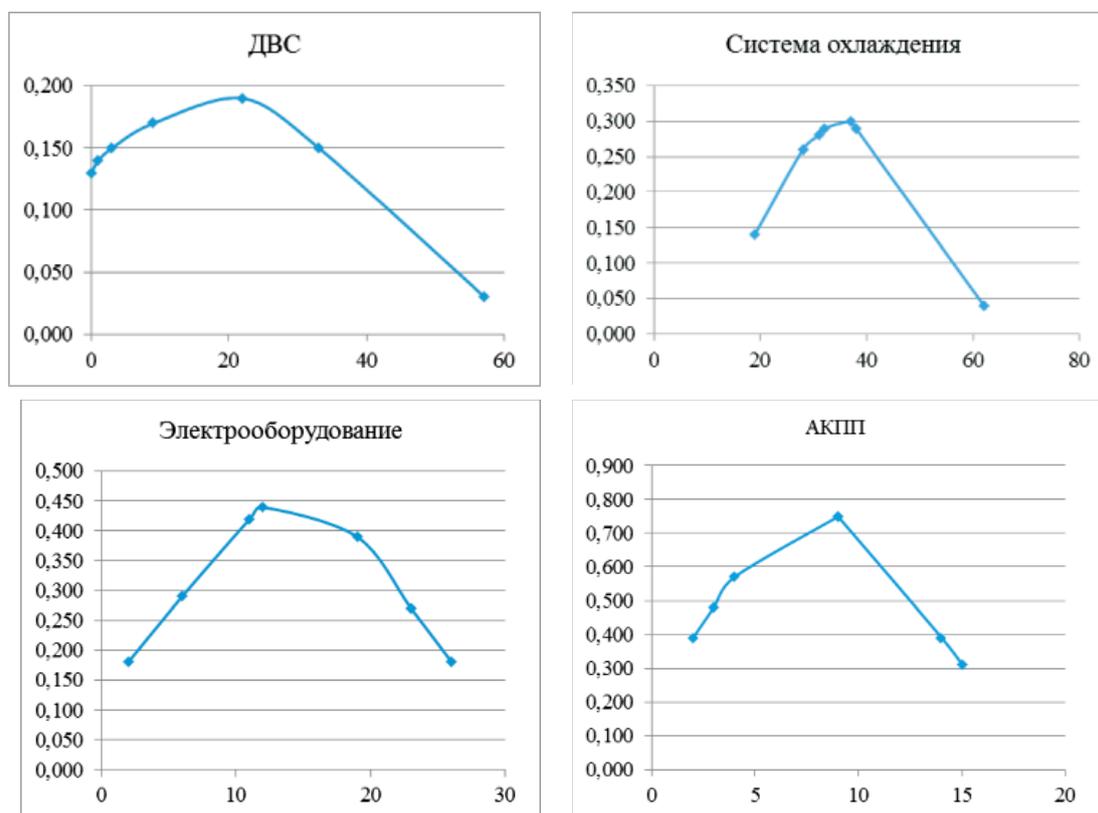


Рис. 1. Зависимости вероятности наступления отказа агрегатов, работа которых подчиняется нормальному закону распределения

Механизм формирования нормально распределенной случайной наработки связан с адаптивным процессом малых взаимодействий большого количества независимых факторов, приводящих к разрушению агрегата. Например, в системе охлаждения износ, деформация шлангов, прокладок при длительной эксплуатации часто приводят

к нормальному распределению наработок, обусловленному целыми спектрами воздействий: тепловых, химических, механических, каждый из которых нельзя считать доминирующим. Нормальное (Гауссово) распределение занимает центральное место в теории и практики статистического анализа и в теории надёжности.

Логарифмический нормальный закон распределения наработок (2) связан с мультипликативным характером действия разрушающих процессов. Степень воздействия этих процессов зависит от достигнутого объектом состояния.

Законы распределения отражают закономерность формирования отказов в процессе работы автобуса:

$$f(L) = \frac{1}{L \cdot b \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln L - a}{b} \right)^2}. \quad (2)$$



Расчет надежности элементов рулевого управления и пневморессор совершается с помощью логарифмически нормального закона распределения. Эти агрегаты наиболее часто подвержены усталостным разрушениям деталей, коррозии, ослабления креплений.

На рис. 2 показаны зависимости вероятности наступления отказа агрегатов, работа которых подчиняется нормальному закону распределения.

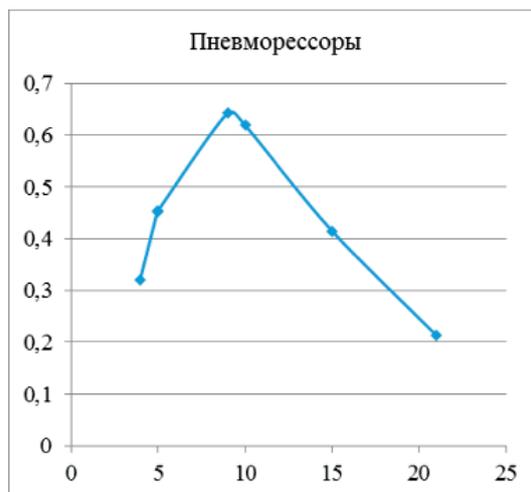


Рис. 2. Зависимости вероятности наступления отказа агрегатов, работа которых подчиняется логарифмическому закону распределения

С помощью данных графиков можно оценить плотность вероятности отказов. Законы распределения также дают оценку эксплуатационной надёжности автобусов марки НЕФАЗ-5299-20-22, графики плотности распределения показывают достаточно полную характеристику отказов. Это делает возможным оценить надёжность транспортного средства и его отдельных агрегатов и выявить агрегаты, наиболее подверженные отказам. Также по графикам можно определить рентабельность эксплуатации автобуса и спрогнозировать потребность в запасных частях.

#### Список литературы

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
2. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надёжности / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьёв. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
3. Кубарев А.И. Надёжность в машиностроении. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 224 с.
4. Кугель Р.В. Испытания на надёжность машин и их элементов. – М.: Машиностроение, 1982. – 181 с.
5. Чебоксаров А.Н. Основы теории надёжности и диагностика: курс лекций. – Омск: СибАДИ, 2012. – 76 с.

#### References

1. Adler Ju.P., Markova E.V., Granovskij Ju.V. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij. M.: Nauka, 1976. 279 p.
2. Gnedenko B.V. Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti B.V. Gnedenko, Ju.K. Beljaev, A.D. Solov'ev. M.: Nauka, 1965. 524 p.
3. Kubarev A.I. Nadezhnost' v mashinostroenii. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Izdvo standartov, 1989. 224p.
4. Kugel R.V. Ispytanija na nadszhnost' mashin i ih jelementov. M.: Mashinostroenie, 1982. 181 p.
5. Cheboksarov A.N. Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika: kurs lekcij. Omsk: SibADI, 2012. 76 p.

#### Рецензенты:

Копнов В.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Предпринимательство и маркетинг», ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург;

Неволин Д.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей», ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 07.05.2014.