

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Воробьев С.А.¹, Горин Д.С.¹

¹ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я красноармейская ул., д.4, e-mail: dmitriygorin@inbox.ru

В статье рассматривается, разработанная автором модель влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспортных средств (АТС). Для проверки выбран период с 2008 по 2011 год эксплуатации автобусов пассажирской автоколонны. Модель в редакторе FIS определена четырьмя входными и одной исходной переменными, которые отображают среднее значение отобранных технико-эксплуатационных характеристик АТС. Использование теории нечетких множеств при создании математической модели влияния величины значений технико-эксплуатационных характеристик на статистику отказов АТС, позволит отразить величину влияния изменений условий эксплуатации на техническое состояние АТС. Результаты анализа показали, что данную модель можно рассматривать как пример отображения сложного процесса влияния технико-эксплуатационных характеристик на техническое состояние АТС, а также она может служить основой для последующих исследований с целью детализации взаимосвязей между переменными.

Ключевые слова: интенсивность отказов автотранспортных средств, модели влияния технико-эксплуатационных характеристик на статистику отказов автотранспортных средств.

MODELING OF TECHNICAL AND PERFORMANCE FOR MOTOR VEHICLES FAILURE RATE

Vorobiev S.A.¹, Gorin D.S.¹

¹SEI HPE Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 190005, Saint-Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya street, b.4, e-mail: dmitriygorin@inbox.ru

The article examines the impact of model developed by the author of the technical and operational characteristics to the failure rate of vehicles (ATS). To check the selected period from 2008 to 2011, operation of the passenger bus convoys. Model in editor FIS defined four inputs and one of the original variables, which represent the average value of selected technical and operational characteristics of the ATS. Using the theory of fuzzy sets to create a mathematical model of the impact values of the technical and operational characteristics on the statistics failures ATS, would reflect the value of the impact of changes in operating conditions on the technical condition ATS. The results showed that this model can be seen as an example of the complex process of mapping the impact of technical and operational characteristics on the technical condition ATS, and it can serve as a basis for further studies to detail the relationships between variables.

Keywords: the failure rate of vehicles, model the impact of technical and operational characteristics of the statistics of failures vehicles.

В статье разработана авторская модель влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспортных средств (АТС) для практических расчетов на примере ее использования для прогноза количества внеплановых ремонтов автобусов пассажирской автоколонны. Усовершенствование методов и средств контроля технико-эксплуатационных характеристик автотранспорта открывает новые возможности относительно повышения эффективности использования АТС и их эксплуатационного качества [2]. Во-первых, конкретизированный и уточненный контроль (мониторинг) технико-эксплуатационных характеристик позволяет получить информацию для разработки методов уточнения межремонтных интервалов, что в свою очередь дает возможность добиваться их

оптимальных значений [3]. Во-вторых, современные методы контроля технико-эксплуатационных характеристик дают возможность аргументировать мероприятия, которые направлены на повышение равномерности распределения загруженности автобусов пассажирского парка, оставляя неизменными межремонтные периоды. Указанное подчеркивает необходимость развития направления исследований влияния эксплуатационных характеристик на техническое состояние автотранспортных средств.

Цель исследования

Разработать модель влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспортных средств (АТС).

Материал и методы исследования

В настоящее время имеются фрагментарные исследования в направлении учета влияния технико-эксплуатационных характеристик на техническое состояние узлов и систем АТС [5].

При разработке модели был использован математический аппарат нечетких множественных чисел с целью учета влияния эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспорта. Литература [1] содержит описание разработки модели, которая учитывает влияние основных технико-эксплуатационных характеристик на статистику отказов АТС. Модель является примером упрощенного описания влияния эксплуатационных характеристик на техническое состояние автотранспорта. В данной статье представлена проверка погрешности и возможности использования предложенной модели.

Математическое моделирование и проверка на адекватность модели выполнены на примере использования разработанных решений пассажирской автоколонны с помощью программного пакета моделирования MATLAB, которое содержит специализированный редактор для работы с математическими моделями, построенными на базе теории нечетких множественных чисел (редактор FIS). При реализации модели в редакторе FIS определены четыре входные и одна исходная переменные, которые отображают среднее значение отобранных технико-эксплуатационных характеристик АТС. К входным переменным принадлежат «М» (уровень загруженности), «V» (средняя техническая скорость), «В» (коэффициент дорожных условий), «L» (пробег единицы автотранспорта).

Автором были построены функции принадлежности нечетких множеств соответствующие входным переменным (использовались треугольные, трапециевидные, S-образные и Z-образные функции принадлежности) в среде MATLAB Fuzzy Logic Toolbox [4].

Исходная переменная «Р» (количество внеплановых ремонтов, которое приходится на опорный период выполнения операций технического обслуживания АТС) сформирована в соответствии с фактическим количеством выполненных внеплановых ремонтов АТС, которые документируются в отчетах авторемонтного цеха.

В соответствии с определенными методами агрегирования подусловий, аккумуляции выводов и метода дефазификации, выбираются пункты описания модели (рисунок 1).

Правила формирования нечеткого вывода записываются в соответствии с условиями, сформулированы по 20 правил для каждой функции принадлежности. В результате компиляции модели отображено рабочее окно для определения входных и считывания исходной переменной (рисунок 2).

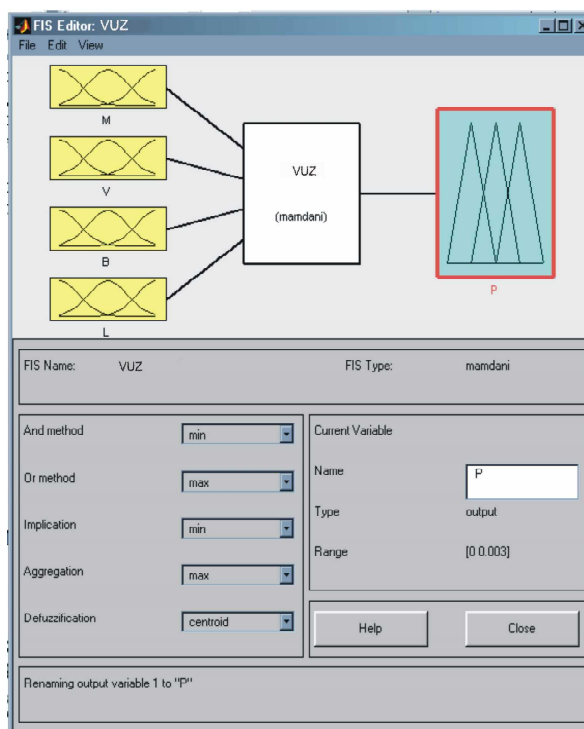


Рисунок 1 - Окно определения параметров модели

Такой формат работы с разработанной моделью дает возможность проверить ее на адекватность, рассчитать погрешность, задав значение основных технико-эксплуатационных характеристик АТС за определенный период и сравнив расчетные данные статистики отказов автотранспортных средств с фактическим значением величины.

Для проверки выбран период с 2008 по 2011 год эксплуатации автобусов пассажирской автоколонны. Входные данные определены в соответствии с годовыми средними значениями эксплуатационных характеристик АТС, результаты расчетов сравниваются с фактическими показателями статистики отказов автотранспортных средств за тот же период. Входные данные заданы с помощью окна работы с моделью (см. рисунок 2).

Существующие методы учета условий эксплуатации для идентификации фактического технического состояния даже при получении наиболее точных результатов исследований и расчетов не учитывают изменения технико-эксплуатационных характеристик. Исходя из

этого, наиболее точным расчетным значением интенсивности отказов АТС при принятой системе ремонта является среднее значение показателя за исследуемый период. То есть среднее значение коэффициента отказов АТС автоколонны за период с 2008 по 2011 год является наиболее точным результатом, который может быть получен в результате использования существующих методов учета условий эксплуатации.

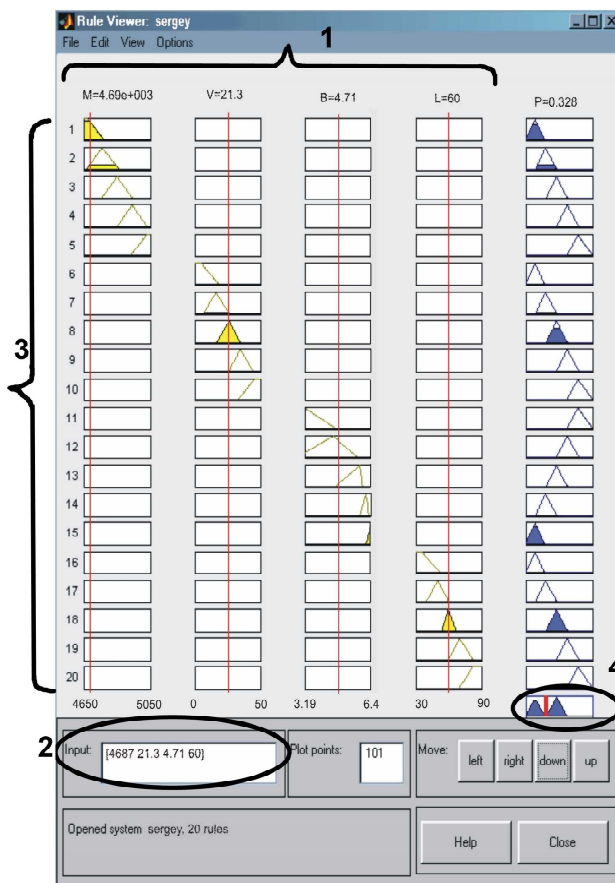


Рисунок 2 - Окно работы с переменными модели:

1 – функции принадлежности входных переменных; 2 – окно ввода значений переменных; 3 – правила функционирования модели; 4 – формирование значения исходной величины.

Сравнение среднего значения статистики отказа АТС за рассмотренный период с фактическим для каждого из периодов отдельно дает возможность получить значение погрешности существующих методов учета условий эксплуатации при определении интенсивности отказов транспортных средств. В результате сформировано сравнение разных способов получения информации об интенсивности отказов АТС.

Сопоставление результатов расчета ожидаемого годового количества отказов АТС с действительным значением количества внеплановых ремонтов за период с 2008 по 2011 год

показывает, что при максимальном значении погрешности 15% среднее значение погрешности других расчетных периодов составило 4,04%.

Значение среднего квадратичного отклонения расчетов коэффициента отказов P в сравнении с расчетом той же величины с использованием методов других авторов почти на 2,1 меньше. Это указывает на достаточную точность модели и возможность ее использования для практических расчетов.

Для расчета среднего квадратичного отклонения разных методов определения статистики отказа АТС использовано выражение

$$S = \sqrt{\sum_{\eta=1}^{\eta_{\max}} (P_{\text{мет}} - P_{\phi})^2}, \quad (1)$$

где S – среднее квадратичное отклонение;

$P_{\text{мет}}$ – расчетное значение коэффициента отказов, полученное с помощью использования определенного метода;

P_{ϕ} – фактическое значение коэффициента отказов АТС;

η – порядковый номер периода наблюдений;

η_{\max} – порядковый номер последнего периода наблюдения.

Выражение (1) дает возможность получить численную характеристику погрешности разных методов определения ожидаемой статистики отказов для сравнения полученных в работе результатов с существующими методами. Поскольку выбранный период наблюдений имеет существенные колебания показателя, который рассчитывается, полученные данные наглядно показывают необходимость учета колебания технико-эксплуатационных характеристик при определении технического состояния АТС.

С использованием выражения (1) рассчитывается значение среднего квадратичного отклонения для трех случаев. $S_{\text{расч}}$ – отклонение, рассчитанное для случая использования данных, полученных с помощью разработанной модели, при этом значение $P_{\text{мет}}$ обозначим как $P_{\text{расч}}$. $S_{\text{сущ}}$ – отклонение, рассчитанное для случая использования существующих подходов к определению величины влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов АТС, при этом значение $P_{\text{мет}}$ обозначим как $P_{\text{сущ}}$. $S_{\text{док}}$ – отклонение рассчитанное для случая использование паспортных данных из ожидаемой интенсивности отказов АТС, значения $P_{\text{мет}}$ обозначим как $P_{\text{док}}$.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты расчетов погрешности при определении статистики отказов представлены в таблице 1.

Реализация и проверка на адекватность разработанной модели влияния технико-эксплуатационных характеристик на статистику отказов АТС выполнена с помощью специализированных программ, что дало возможность визуализировать результаты моделирования (рисунок 3).

Таблица 1

Результаты расчетов погрешности при определении статистики отказов

	Период наблюдений, год				Среднее значение величины
	2008	2009	2010	2011	
Фактическое значение коэффициента отказов $P_{ф}$	0,520902	0,400134	0,552684	0,679866	0,53838
Расчетное значение коэффициента отказов $P_{расч}$	0,4866	0,4074	0,6378	0,6546	
Расчетное значение коэффициента отказов (существующие методы) $P_{сущ}$	0,53838	0,53838	0,53838	0,53838	
Расчетное значение коэффициента отказов (паспортные данные) $P_{док}$	0,25	0,25	0,25	0,25	
Среднее квадратичное отклонение расчетов $S_{расч}$	0,034302	0,007266	0,085116	0,025266	0,037988
Среднее квадратичное отклонение расчетов $S_{сущ}$	0,017478	0,138246	0,014304	0,141486	0,077879
Среднее квадратичное отклонение расчетов $S_{док}$	0,270902	0,150134	0,302684	0,429866	0,288397

Анализ результатов моделирования показывает соответствующее повышение величины, которая отображает количество отказов, которые приходится на опорную величину пробега АТС при увеличении уровня загруженности или снижении коэффициента дорожных условий.

Среднее квадратичное отклонение расчетов ожидаемого количества внеплановых ремонтов АТС за весь период наблюдений в виде сравнительной характеристики разных методов определения ожидаемой интенсивности отказов автотранспорта представлено

диаграммой (рисунок 4).

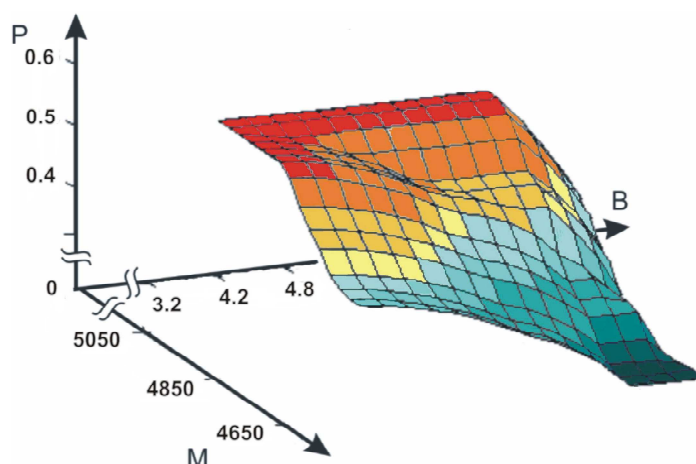


Рисунок 3 - Результаты моделирования при фиксированных параметрах V и L

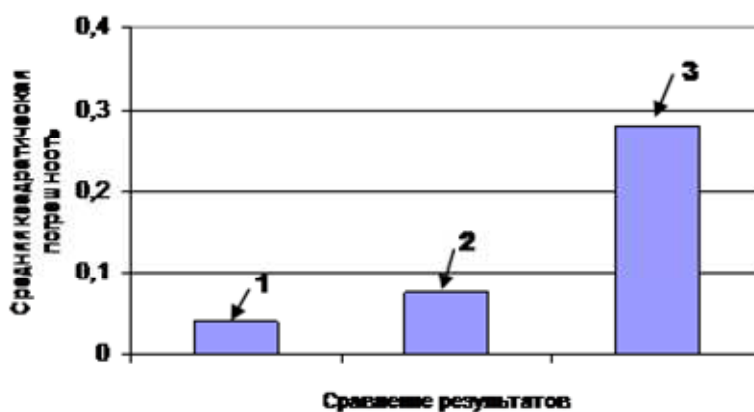


Рисунок 4 - Сравнительная характеристика статистики отказов АТС:

1 – результаты, полученные с использованием разработанной модели; 2 – на основе методов учета условий эксплуатации; 3 – паспортные данные из ожидаемого количества отказов

Для определения погрешности расчетов модели, для которой в результате моделирования получено значение коэффициента отказов за равные промежутки времени, допустимо рассматривать результаты моделирования с точки зрения часового ряда. В таком случае средняя относительная погрешность рассчитывается по формуле

$$\gamma_{отн} = \frac{\sum_{k=1}^N \frac{(P_{\phi} - P_{расч})}{P_{\phi}}}{N} \times 100\%, \quad (2)$$

где $\gamma_{отн}$ – средняя относительная погрешность результатов моделирования;

N – количество периодов исследования.

В результате расчетов из выражения (2) получено $\delta = 6,88\%$, что позволяет сделать вывод о возможности использования модели для практических расчетов.

Выводы

Сравнение результатов расчета ожидаемого количества отказов на примере автоколонны с действительным значением количества внеплановых ремонтов за период с 2008 по 2011 год дало возможность оценить погрешность модели влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспортных средств, которая составила 6,88%. Значение среднеквадратичного отклонения расчетов интенсивности отказов P в сравнении с расчетом той же величины с использованием методов других авторов почти в 2.1 раза меньше. Модель можно рассматривать как пример отображения сложного процесса влияния технико-эксплуатационных характеристик на техническое состояние АТС, также она может служить основой для последующих исследований с целью детализации взаимосвязей между переменными.

Список литературы

1. Архипов С.Г. Повышение эффективности технической эксплуатации городских автобусов за счет рациональной адаптации их к условиям маршрута движения.- Диссертация кандидата техн. наук. - Москва: 1999 г.
2. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей.- М.: Транспорт.- 1982.- 224 с.
3. Кузнецов Е.С., Андрианов Ю.В. Условия эксплуатации и надежность автомобилей // Автомобильная промышленность,- 1981.132. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей.- М.: Транспорт.- 1982.- 224 с
4. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH, / А. Леоненков. – СПб: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
5. Якунин Н.Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации. — М.: Машиностроение — 1.- 2003.- 178с.

Рецензенты:

Добромиров В.Н., д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург.

Капустин А.А., д.т.н., профессор, технический эксперт, АО «Автопарк №1 Спецтранс» , г. Санкт-Петербург.