

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ АВТОБУСОВ MAN A72

Мальшаков А.В., Терехов А.С.

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, albert\_nord@mail.ru*

В статье описывается математическая модель влияния сезонных условий на надежность пневмоподвески автобусов MAN A 72. Сравниваются модель на главных эффектах и модель со смешанными эффектами. Показаны преимущества модели второго типа. Проблема повышения надежности автомобиля на этапе эксплуатации на первом месте стоит перед прикладной наукой. Путей ее решения достаточно много, и одним из наиболее перспективных является повышение надежности путем установления различных закономерностей отдельных частей автомобиля. В статье рассматривается математическая модель влияния сезонных условий на надежность пневмоподвески автобусов MAN A 72. Математическая модель включает два фактора описывающих зависимость — это температура воздуха и доля дней с осадками.

Ключевые слова: надежность, сезонные условия, автобус большого класса, интенсивность отказов.

## MODELING THE REGULARITIES OF THE INFLUENCE OF SEASONAL CONDITIONS ON THE FAILURE RATE OF MAN A72

Malyshakov A.V., Terekhov A.S.

*Tyumen state oil and gas university, albert\_nord@mail.ru*

The article describes the mathematical model of the influence of seasonal conditions on the reliability of the air suspension of A MAN bus 72. Compares the model to the main effects model with mixed effects. The advantages of the model of the second type. The problem of increasing the reliability of the car during the operational phase in the first place is before applied science. It is quite a lot, and one of the most promising is to increase reliability by establishing different patterns of separate parts of the car. The article considers the mathematical model of the influence of seasonal conditions on the reliability of the air suspension MAN bus A 72. The mathematical model consists of two factors describing the dependence is the air temperature and the proportion of days with precipitation.

Keywords: reliability, seasonal conditions, bus large class, the failure rate.

Работа нефтегазовой отрасли тесно связана с надежностью транспортного обслуживания [1, 10, 14, 23]. Нефтяные компании для обеспечения производственной деятельности используют специальную технику различного назначения. Важную роль в обеспечении транспортного обслуживания играют автобусы большого класса, используемые для перевозки персонала [8].

В условиях Крайнего Севера важно учитывать влияние климатических условий на надежность автомобилей [3-6, 9, 11]. Для автобусов большого класса особо актуальна надежность подвески, так как от ее состояния зависит комфорт и безопасность пассажиров.

В компании ОАО «Сургутнефтегаз» эксплуатируют около 19 тыс. единиц подвижного состава, из них 35% составляют автобусы большого класса. В конструкции подвески таких автобусов используются пневмобаллоны. Опыт показывает, что в зимнее время существенно возрастает интенсивность отказов по сравнению с летним периодом. Кроме того, по сезонам меняется интенсивность эксплуатации машин [18]. Это ведет к неравномерной

потребности в запасных частях, постах обслуживания и ремонта, персонале [13, 15-17, 19-22].

Целью исследования является снижение затрат на эксплуатацию путем установления закономерностей формирования потока отказов пневмоподвески автобусов большого класса с учетом влияния сезонной вариации интенсивности и условий эксплуатации, а также совершенствование на этой основе методик определения потребностей запасных частях.

Для достижения поставленной цели решался ряд задач, сформулированных с учетом системного подхода [7]. Одной из задач исследования является составление математической модели для описания закономерностей формирования потока отказов пневмоподвески автобусов большого класса с учетом влияния сезонной вариации и интенсивности условий эксплуатации.

Оценка влияния климатических факторов на надежность пневмоподвески автобусов проводилась на основе экспериментальных исследования. Установлено, что значимо влияют на интенсивность отказов температура воздуха  $t$  и доля дней с осадками  $D$  [2]. На основе полученных данных об интенсивности отказов для каждого месяца и соответствующих значений показателей климатических факторов выдвинута гипотеза о возможности описания исследуемой зависимости моделью на главных эффектах следующего вида

$$\lambda = a_0 + a_1(t - t_0)^2 + a_2D^{a_3},$$

где  $a_0 \dots a_3$  – эмпирические коэффициенты.

На рис. 1 представлен график последней модели.

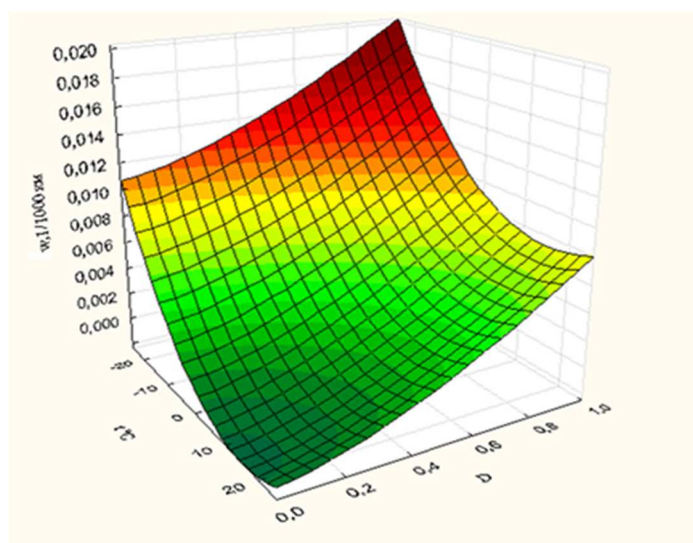


Рис. 1. Влияние температуры воздуха и доли дней с осадками на интенсивность отказов пневмоподвески автобусов большого класса MANA72 (модель на главных эффектах)

Анализ показал, что данная модель не в полной мере соответствует физическому смыслу изучаемого процесса: при низких температурах в зимний период года интенсивность отказов возрастает, при увеличении в этих условиях доли дней с осадками это влияние еще сильнее. При положительных температурах данной зависимости не должно быть. В модели на главных эффектах учесть совместно влияние факторов невозможно. Следовательно, необходимо использовать модель со смешанными эффектами.

Модель со смешанными эффектами имеет общий вид:

$$\lambda = A_0 + A_1 t + A_2 t^2 + A_3 t^2 D^{1,45} + A_4 t D^{1,45} + A_5 D^{1,45},$$

де  $A_0 \dots A_5$  – эмпирические коэффициенты.

Для оценки значимости смешанных эффектов последняя модель линеаризована путем замены переменных:

$$\lambda = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + A_4 X_4 + A_5 X_5.$$

Для оценки адекватности модели, определения численных значений ее параметров и статистических характеристик использовалась программа «REGRESS 2.5» [12]. К смешанным эффектам в последней модели относятся 4-е и 5-е слагаемые. Расчеты показали, что коэффициент парной корреляции между  $X_3 = t^2 D^{1,45}$  и  $\lambda$  составил 0,76, а между  $X_4 = t D^{1,45}$  и  $\lambda$  -0,74 (табл. 1). Проверка по критерию Стьюдента показала, что с вероятностью 0,99 оба смешанных эффекта статистически значимо влияют на интенсивность отказов пневмобаллонов (табл. 2).

**Таблица 1**

Матрица коэффициентов парной корреляции

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$\lambda$	-0,65	0,59	0,76	-0,74	0,79
$X_1$	1	-0,28	-0,59	0,96	-0,71
$X_2$	-0,28	1	0,89	-0,44	0,15
$X_3$	-0,59	0,898	1	-0,73	0,5
$X_4$	0,96	-0,44	-0,73	1	-0,73
$X_5$	-0,71	0,157	0,5	-0,73	1

На рис. 2 представлен график модели со смешанными эффектами.

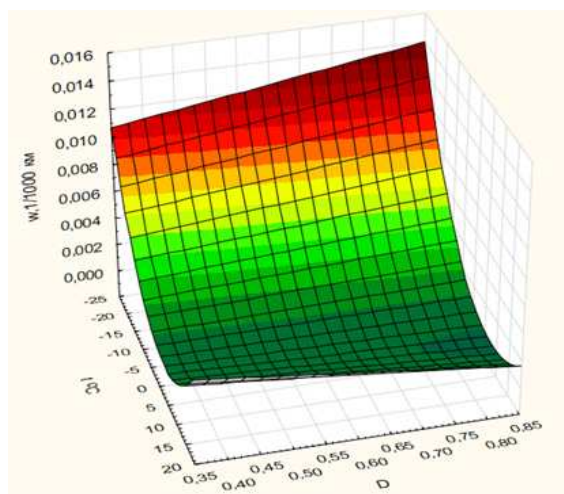


Рис. 2. Влияние температуры воздуха и доли дней с осадками на интенсивность отказов пневмоподвески автобусов большого класса MANA72

Таблица 2

Матрица вероятностей значимости коэффициентов парной корреляции

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
$\lambda$	0,98	0,95	0,99	0,99	0,99
X <sub>1</sub>	0,99	0	0,95	0,99	0,99
X <sub>2</sub>	0	0,99	0,99	0,80	0
X <sub>3</sub>	0,95	0,99	0,99	0,99	0,90
X <sub>4</sub>	0,99	0,80	0,99	0,99	0,99
X <sub>5</sub>	0,99	0	0,90	0,99	0,99

Адекватность уравнения оценивалась по критерию Фишера. Дисперсионное отношение Фишера превысило табличное значение с вероятностью 0,95, что свидетельствует об адекватности выбранной модели. Средняя ошибка аппроксимации составила 4,6%.

На основе полученных результатов можно моделировать поток отказов элементов бульдозеров, что позволит планировать объемы ремонтных работ, потребность в трудовых и материальных ресурсах, запасных частях [24].

### Список литературы

1. Захаров Н.С. Актуальные проблемы эксплуатации автомобилей и транспортно-технологических машин в нефтегазодобывающем регионе [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, К.В. Бугаев, Д.С. Быков, В.В. Ефимов, А.А. Панфилов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2006. – № 6. С. 77-79.
2. Захаров Н.С. Взаимосвязь между климатическими факторами [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, А.Н. Ракитин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 26-29.
3. Захаров Н.С. Влияние неравномерности интенсивности эксплуатации автомобилей на время простоя исполнителей технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, В.Н. Карнаухов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 12-2. – С. 167-173.

4. Захаров Н.С. Влияние сезонной вариации факторов на интенсивность расходования ресурсов при эксплуатации транспортно-технологических машин [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, А.В. Вознесенский, Л.В. Бачинин, А.Н. Ракитин // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2006. – № 1. – С. 75-79.
5. Захаров Н.С. Влияние сезонных условий на оптимальное количество постов технического обслуживания автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В., Абакумов Е.С. Шевелев // Транспорт Урала. – 2008. – № 1. – С. 72-76.
6. Захаров Н.С. Влияние условий эксплуатации на долговечность автомобильных шин [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1997. – 139 с.
7. Захаров Н.С. Использование TP-распределения при моделировании процессов изменения качества автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1999. – № 3. – С. 105-111.
8. Захаров Н.С. Методика сравнительной оценки потребительских свойств автомобилей / Н.С. Захаров, О.А. Новоселов, В.А. Ракитин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 6. – С. 158-160.
9. Захаров Н.С. Оценка надежности автомобилей с учетом вариации фактической периодичности технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, В.Г. Логачев, А.Н. Макарова // Известия Тульского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2012. – № 12–2. – С. 186–191.
10. Захаров Н.С. Проблема обеспечения надежности шин автомобилей, обслуживающих объекты нефтегазового комплекса [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, А.И. Петров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1998. – № 6. – С. 107-113.
11. Захаров Н.С. Проблемы обеспечения работоспособности автомобилей в условиях Западной Сибири [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, С.Ю. Кичигин, Е.С. Шевелев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2008. – Т. 33. – № 1. – С. 76-77.
12. Захаров Н.С. Программа «REGRESS». Руководство пользователя [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 52 с.
13. Захаров Н.С. Структура системы при моделировании расхода запасных частей для транспортно-технологических машин в нефтегазодобыче [Текст] / Н.С. Захаров, О.А. Новоселов, Р.А. Зиганшин, А.Н. Макарова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 5. – С. 193-195.
14. Захаров Н.С. Факторы, влияющие на продолжительность простоя транспортно-технологических машин в текущем ремонте [Текст] / Н.С. Захаров, С.А. Савин, М.М. Иванкив, А.А. Лушников // Нефтяное хозяйство. – 2014. – №4. – С. 82-84.

15. Захаров Н.С. Целевая функция при управлении снабжением запасными частями для транспортно-технологических машин в нефтегазодобыче [Текст] / Н.С. Захаров, О.А. Новоселов, Р.А. Зиганшин, А.Н. Макарова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 108-110.
16. Зиганшин Р. Моделирование потока требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники с учетом влияния сезонных факторов [Текст] / Р. Зиганшин, А. Зиганшина, Н. Захаров, В. Савчугов // Логистика. – 2013. – № 4 (77). – С. 50-52.
17. Зиганшин Р.А. Формирование потока требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники с учетом влияния сезонных факторов [Текст] / Р.А. Зиганшин, Н.С. Захаров, А.В. Зиганшина // Перспективы науки. – 2013. – № 10 (49). – С. 11-17.
18. Новоселов О.А. Влияние сезонных условий на интенсивность эксплуатации бульдозеров при строительстве оснований для нефтегазовых объектов [Текст] / О.А. Новоселов, В.Н. Пермяков, Е.И. Макаров // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. – № 3. – С. 177-180.
19. Новоселов О.А. Закономерности формирования расхода запасных частей для транспортно-технологических машин [Текст] / О.А. Новоселов, Р.А. Зиганшин, А.Н. Макарова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 6. – С. 288–290.
20. Пермяков В.Н. Моделирование закономерностей распределения наработок на отказ бульдозеров при строительстве оснований для нефтегазовых объектов [Электронный ресурс] / В.Н. Пермяков, О.А. Новоселов, А.Н. Макарова // Инженерный вестник Дона. – 2014. – №2. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2435> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
21. Пермяков В.Н. Оценка надежности бульдозеров Б170М1Б.01В4 при строительстве оснований для нефтегазовых объектов [Текст] / В.Н. Пермяков, О.А. Новоселов, А.Н. Макарова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 3. – С. 199-201.
22. Резник Л.Г. Корректирование норм пробега шин [Текст] / Л.Г. Резник, Н.С. Захаров // Автомобильный транспорт. – 1988. – № 11. – С. 29-31.
23. Сервис транспортных, технологических машин и оборудования в нефтегазодобыче: Учебное пособие [Текст] / Н.С. Захаров, А.И. Яговкин, С.А. Асеев и др. Под редакцией Н.С. Захарова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 508 с.
24. Терехов А.С. Оценка надёжности пневматической подвески автобусов большого класса [Текст] / А.С. Терехов, А.Н. Макарова, А.В. Мальшаков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 3. – С. 232-235.

**Рецензенты:**

Захаров Н.С., д.т.н., Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень;  
Мерданов Ш.М., д.т.н., Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень.