УДК 629.113

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ АВТОБУСОВ KAROSA C-934

Мальшаков А.В., Терехов А.С.

Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, e-mail: Albert_Nord@mail.ru, eom@tsogu.ru

В статье описывается математическая модель влияния сезонных условий на надежность пневмоподвески автобусов KAROSA C-934. Сравниваются модель на главных эффектах и модель со смешанными эффектами. Показаны преимущества модели второго типа.

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

MODELING THE REGULARITIES OF THE INFLUENCE OF SEASONAL CONDITIONS ON THE FAILURE RATE OF KAROSA C-934

Malshakov A.V., Terekhov A.S.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: Albert_Nord@mail.ru, eom@tsogu.ru

The article describes the mathematical model of the influence of seasonal conditions on the reliability of the air suspension of A KAROSA bus C-934. Compares the model to the main effects model with mixed effects. The advantages of the model of the second type.

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, 4, 5, 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 их 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, 16, 17, 19, 21, 20, 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 потребности в 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

$$\lambda = a_0 + a_1\left(t - t_0\right)^2 + a_2 D^{a_3},$$

где $a_0 \ldots a_3$ – эмпирические коэффициенты.

На рис. 1 представлен график последней модели.

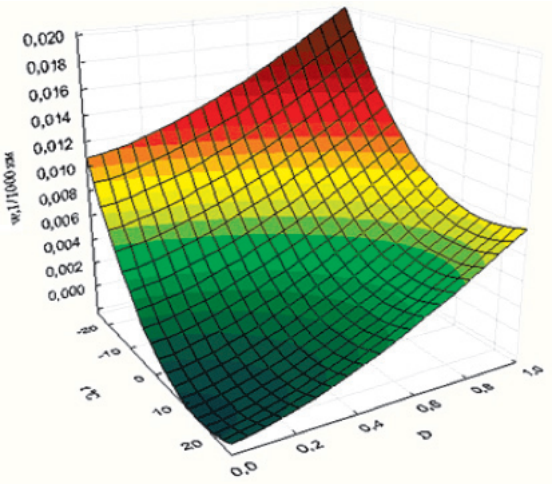

Рис. 1. Влияние температуры воздуха и доли дней с осадками на интенсивность отказов пневмоподвески автобусов большого класса KAROSA C-934 (модель на главных эффектах)

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:

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

где $A_0 \ldots A_5$ – 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 l составил 0,76, а между $X_4 = tD^{1,45}$ и $l = 0,74$ (табл. 1). Проверка по критерию Стъюдента показала, что с вероятностью 0,99 оба смешанных эффекта статистически значимо влияют на интенсивность отказов пневмобаллонов (табл. 2).

На рис. 2 представлен график модели со смешанными эффектами.

Таблица 1

Матрица коэффициентов парной корреляции

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
λ	–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

Таблица 2

Матрица вероятностей значимости коэффициентов парной корреляции

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
λ	0,98	0,95	0,99	0,99	0,99
X_1	0,99	0	0,95	0,99	0,99
X_2	0	0,99	0,99	0,80	0
X_3	0,95	0,99	0,99	0,99	0,90
X_4	0,99	0,80	0,99	0,99	0,99
X_5	0,99	0	0,90	0,99	0,99

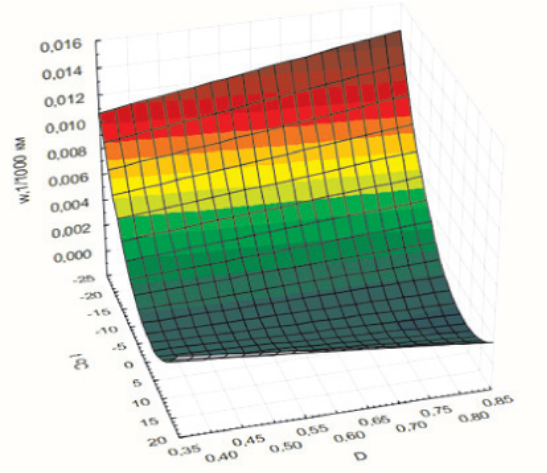

Рис. 2. Влияние температуры воздуха и доли дней с осадками на интенсивность отказов пневмоподвески автобусов большого класса KAROSA C-934

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 / 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 / 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 / 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 / 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 / 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. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1997. – 139 с.

7. Захаров Н.С. Использование ТР-распределения при моделировании процессов изменения качества автомобилей // 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 / 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 / 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. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 52 с.

13. Захаров Н.С. Структура системы при моделировании расхода запасных частей для транспортно-технологических машин в нефтегазодобыче / 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 / 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 / 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 / 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 / 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 / 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 / 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 / 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 / Л.Г. Резник, Н.С. Захаров // Автомобильный транспорт. – 1988. – № 11. – С. 29–31.

23. Сервис транспортных, технологических машин и оборудования в нефтегазодобыче: учебное пособие / Н.С. Захаров, А.И. Яговкин, С.А. Асеев и др.; под ред. Н.С. Захарова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 508 с.

24. Терехов А.С. Оценка надёжности пневматической подвески автобусов большого класса / А.С. Терехов, А.Н. Макарова, А.В. Мальшаков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 3. – С. 232–235.