

НАДЕЖНОСТЬ ПЕРЕДНЕЙ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЕЙ ВАЗ-2105 И ВАЗ-2107 В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Кандидат техн. наук, доцент **Денисов И.В.**
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. ВлГУ),
магистр **Смирнов А.А.**

RELIABILITY OF THE FRONT CAR SUSPENSION OF VAZ-2105, VAZ-2107 IN OPERATION

Denisov I.V., Ph.D. (Tech), Associate Professor
(Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs. VISU),
Smirnov A.A., Master

Автомобиль, ВАЗ-2105, ВАЗ-2107, надежность, шаровая опора, передняя подвеска.

Car, VAZ-2105, VAZ-2107, reliability, spherical bearing, front suspension.

Представлены результаты исследования надежности нижних шаровых опор передней подвески автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107 в гарантийный период эксплуатации. Используя методы теории вероятностей и математической статистики, а также методику обработки экспериментальной информации, авторами проанализированы выборки дефектных деталей. Основными признаками неисправностей определены скрип шарового пальца и люфт шаровой опоры, сопровождаемый ее стуком. Установлено, что экспериментальное распределение отказов нижних шаровых опор подчиняется закону Вейбулла. Даны рекомендации по корректированию межсервисного интервала автотранспортных средств.

In this article, we present the results of a study of the reliability of the lower spherical bearings of the front suspension of VAZ-2105 and VAZ-2107 cars during the warranty period of operation. Using the methods of the theory of probability and mathematical statistics, as well as the method of processing experimental information, the authors analyzed samples of defective parts, the main signs of which were the creak of the ball pin and the backlash of the spherical bearing, accompanied by its knocking. It is established that the experimental distribution of failures of the lower spherical supports obeys the Weibull law. Recommendations for correcting the interservice interval of vehicles are given.

Введение

Двухрычажная подвеска автомобилей ВАЗ классического семейства имеет в конструкции шаровые опоры, обеспечивающие вертикальное перемещение и поворот управляемых колес во время движения, связывая верхний и нижний рычаги с поворотной цапфой.

Конструкция данных элементов представляет собой корпус с вкладышем, внутрь которого помещен палец, удерживаемый запорным кольцом или пружиной с заглушкой. В зависимости от воспринимаемых нагрузок шаровые опоры могут быть выполнены в двух вариантах: заливные конструкции и изделия с вкладышем из металлокерамики. Верхние рычаги имеют конструкцию первого типа, поскольку испытывают сжатие от веса автомобиля, а нижние – второго типа, ввиду того, что нагружены не только сжатием, но и растяжением.

В процессе эксплуатации транспортной машины на дорогах II-V категории в условиях умеренного климата данные элементы подвергаются влиянию постоянных знакопеременных нагрузок, причем наибольшее воздействие приходится на нижнюю шаровую опору. Следует отметить, что попадание в процессе движения автомобиля мелких и крупных абразивных частиц на защитный чехол детали (пыльник) приводит к повреждению его целостности вследствие износа. Это вызывает потерю герметичности пыльника и способствует проникновению дорожной пыли и влаги в контактную полость опоры, что приводит к вымыванию рабочей смаз-

ки и увеличению скорости изнашивания элементов конструкции. Данные факторы негативно сказываются на ресурсе шаровых шарниров и могут стать причиной рассоединения элементов подвески, что увеличивает риск возникновения аварийной ситуации и развития ее до ДТП по техническим причинам.

Постановка задачи исследования

Авторы настоящей публикации являлись свидетелями многократных отказов на дорогах общего пользования нижних шаровых опор передней подвески автомобилей ВАЗ-2105, ВАЗ-2107 и их модификаций, связанных с выбиванием пальца шарнира из посадочного места, что и послужило основанием для исследования надежности рассматриваемых элементов.

Для исключения вероятности возникновения линейного отказа шаровых опор в эксплуатации необходимо осуществлять диагностирование их технического состояния, проводя инструментальный контроль с использованием люфт-детекторов. Основанием для проведения технических воздействий по оценке работоспособности шаровых шарниров являются следующие признаки неисправностей:

- рысканье управляемых колес и увод транспортной машины с прямолинейной траектории движения, требующие от водителя постоянной коррекции курсового угла;
- скрип при повороте рулевого колеса;

- стук в передней подвеске во время движения при значительных люфтах в сопряжениях;
- неравномерный износ шин вследствие усиления эффекта Шимми.

Следует отметить, что надежность рассматриваемых элементов зависит не только от условий эксплуатации, но и качества их изготовления. Поэтому назначать контрольно-диагностические воздействия следует на основе результатов о фактическом эксплуатационном состоянии шаровых шарниров подвески и прогнозирования их остаточного ресурса, величина которого может быть значительно ниже межсервисного интервала. Для решения задачи обеспечения безотказности транспортных машин в эксплуатации необходимо проводить исследования надежности шаровых шарниров.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящей статье представлены результаты исследования надежности нижних шаровых опор передней подвески автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107 в гарантийный период эксплуатации. В ходе пассивного эксперимента в выборку с гарантийными дефектами различных деталей, узлов и агрегатов рассматриваемых автомобилей попали 4453 изделия [1], из них скрип шаровых опор имел 191 шарнир (4,3% от общего количества), а люфт, сопровождаемый стуком, наблюдался у 53 единиц (1,2% от общего количества неисправностей). При этом доля отказов рассматриваемых элементов в конструкции передней подвески составляет 92%.

В рамках научных исследований по оценке эксплуатационной надежности колесных транспортных машин был проведен литературный обзор, по результатам которого определены работы, посвященные анализу дефектов и определению показателей безотказности передней подвески автомобилей различных моделей и марок.

Так, в работах [2, 3] приводятся сведения о том, что доля неисправностей шарового шарнира рычага составляет 22,4% от общего количества отказов элементов системы передней подвески автомобиля ВАЗ-2170. Средняя наработка на отказ данного узла составляет 38,35 тыс. км.

Публикация [4] содержит информацию о доле отказов шаровых опор в ходовой части автомобиля ВАЗ 2112, которая составляет около 20,3% при средней наработке на отказ 45,5 тыс. км.

В диссертационном исследовании [5] установлено, что повторяемость отказа шаровой опоры в системе передней подвески автомобилей ВАЗ семейства «Самара» первого и второго поколений равняется 21,6%.

В статье [6] представлены сведения о надежности систем автотранспортных средств (АТС), эксплуатирующихся в г. Пенза и ее области. Авторами отмечается, что на долю передней подвески приходится 28,9% от общего числа отказов, причем количество неисправностей шаровых опор составляет 29,3%. Характерными дефектами шаровых опор являются разрушение полимерного элемента вследствие его износа и последующей пластической деформации (более 90% отказов), а также усталостное разрушение в зоне крепления шарнира к рычагу.

Авторы работы [7] отмечают, что ресурс шаровых шарниров легковых автомобилей, оснащенных подвеской типа «МакФерсон», находится в пределах

25 – 120 тыс. км. По их мнению, на столь значительную вариацию средних наработок на отказ влияют следующие факторы: качество дорожного покрытия, качество изготовления узла и режимы эксплуатации АТС.

Результаты эксплуатационных наблюдений, представленные в [8], позволяют сделать вывод, что к основным видам повреждений шаровых шарниров относятся: коррозия шарового пальца и корпуса шаровой опоры; абразивный износ шарового пальца и вкладыша шаровой опоры; деструкция вкладыша; деформация корпуса шаровой опоры и ее пальца. Повреждения пыльника опоры заключаются в растрескиваниях и разрывах корпуса, а также ослаблении его фиксации, что приводит к потере герметичности узла.

Таким образом, одним из элементов, лимитирующих надежность передней подвески автомобилей различных марок и моделей, является шаровая опора, что свидетельствует об актуальности настоящего исследования, выполненного по автомобилям ВАЗ классического семейства.

Массив наработок до отказа нижней шаровой опоры автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107 был проанализирован по методикам обработки статистической информации [9, 10]. Характеристики исследуемой выборки представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Характеристики исследуемой выборки дефектов нижней шаровой опоры автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107

№ п/п	Параметр	Вид дефекта нижней шаровой опоры	
		Люфт	Скрип шарового пальца
1	Минимальное значение в выборке, тыс. км	0,2	0,12
2	Максимальное значение в выборке, тыс. км	12,6	22,1
3	Средняя наработка на отказ, тыс. км	5,6	6,2
4	Коэффициент вариации	0,57	0,74
5	Среднее квадратичное отклонение, тыс. км	3,2	4,5
6	Шаг интервала, тыс. км	1,9	2,55

Конечные результаты исследования, включающие следующие показатели: границы интервалов, $X_i \div X_k$, тыс. км; середины интервалов, \bar{X}_i , тыс. км; опытные частоты попадания в интервал, m_i^* ; относительной величины частоты, W_i ; теоретические вероятности попадания в интервал, P_i ; теоретические частоты попадания в интервал, m_i ; вероятности безотказной работы, $P(\bar{X}_i)$; вероятности отказа узла, $F(\bar{X}_i)$ и интенсивность отказов, $\lambda(\bar{X}_i)$, наглядно представлены для дефекта «Люфт шаровой опоры нижней» в табл. 2, а для дефекта «Скрип шарового пальца передней подвески» – в табл. 3.

Таблица 2.

**Результаты исследования эксплуатационной надежности шаровой опоры
передней подвески автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107 по дефекту «Люфт»**

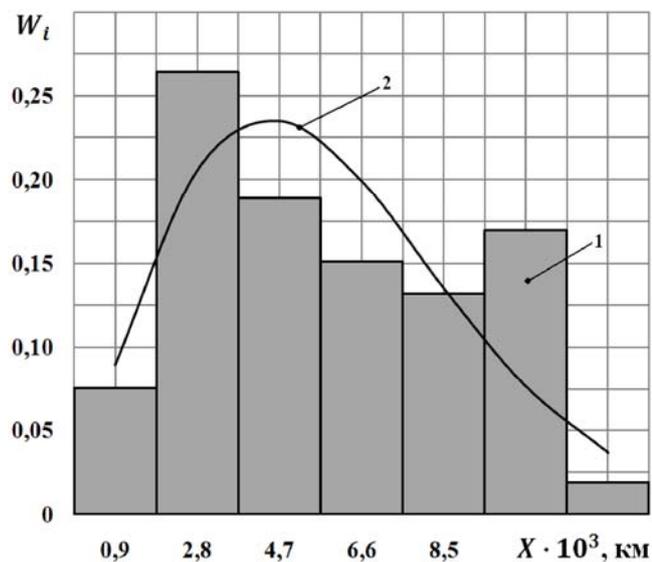
№ п/п	Функция	Интервал						
		1	2	3	4	5	6	7
1	$X_i \div X_k$	0÷1,8	1,8÷3,8	3,8÷5,6	5,6÷7,6	7,6÷9,4	9,4÷11,4	11,4÷13,2
2	\overline{X}_i	0,9	2,8	4,7	6,6	8,5	10,4	12,3
3	m_i^*	4	14	10	8	7	9	1
4	W_i	0,076	0,264	0,189	0,151	0,132	0,169	0,019
5	P_i	0,089	0,205	0,235	0,198	0,135	0,076	0,037
6	m_i	4,74	10,89	12,46	10,53	7,16	4,06	1,95
7	$P(\overline{X}_i)$	0,910	0,705	0,469	0,271	0,136	0,059	0,022
8	$F(\overline{X}_i)$	0,090	0,295	0,531	0,729	0,864	0,941	0,978
9	$\lambda(\overline{X}_i) \cdot 10^{-5}$	0,711	1,486	2,200	2,858	3,562	4,299	5,080

Таблица 3.

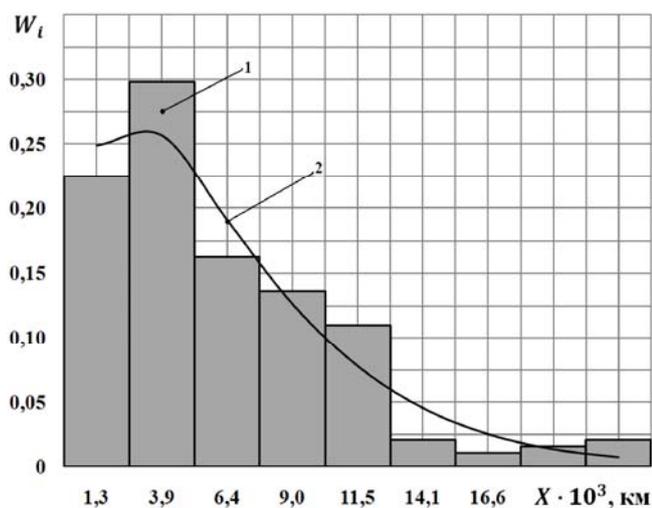
**Результаты исследования эксплуатационной надежности шаровой опоры передней подвески
автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107 по дефекту «Скрип шарового пальца»**

№ п/п	Функция	Интервал								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$X_i \div X_k$	0÷2,6	2,6÷5,1	5,1÷7,6	7,6÷10,2	10,2÷12,8	12,8÷15,3	15,3÷17,9	17,9÷20,4	20,4÷23,0
2	\overline{X}_i	1,3	3,9	6,4	9,0	11,5	14,1	16,6	19,2	21,7
3	m_i^*	43	57	31	26	21	4	2	3	4
4	W_i	0,225	0,298	0,162	0,136	0,109	0,021	0,011	0,015	0,021
5	P_i	0,249	0,257	0,191	0,127	0,078	0,045	0,025	0,013	0,007
6	m_i	47,5	49,1	36,5	24,2	14,9	8,6	4,8	2,6	1,3
7	$P(\overline{X}_i)$	0,751	0,494	0,303	0,176	0,098	0,052	0,027	0,013	0,006
8	$F(\overline{X}_i)$	0,249	0,506	0,697	0,824	0,902	0,948	0,973	0,987	0,994
9	$\lambda(\overline{X}_i) \cdot 10^{-3}$	1,200	2,439	3,422	4,292	5,093	5,846	6,564	7,253	7,919

По данным строк 2, 4 табл. 2, 3 построены гистограммы распределения значений наработок, на которых фиксировался люфт нижней шаровой опоры (рис. 1, А) и скрип шарового пальца передней подвески (рис. 1, Б) автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107.



А



Б

Рис. 1. Гистограммы распределения значений наработок (1), на которых зафиксированы:
А – люфт нижней шаровой опоры передней подвески;
Б – скрип шарового пальца передней подвески автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107, и сглаживающие кривые закона Вейбулла (2)

По характеру гистограмм выдвинуты гипотезы о принадлежности рассматриваемых отказов шаровых опор к закону Вейбулла. На основании сведений строки 5 табл. 2, 3 наложены сглаживающие теоретические кривые.

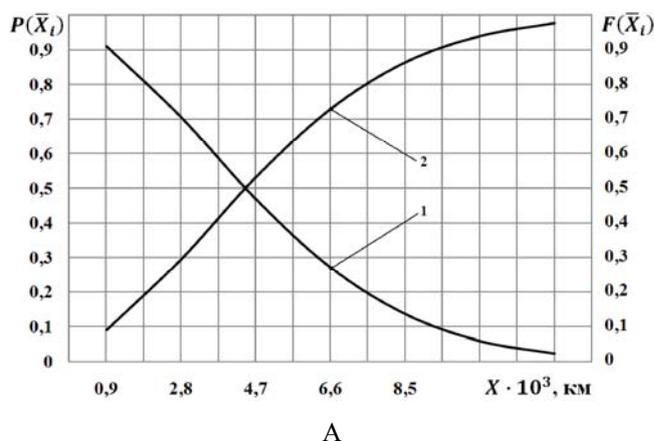
Результаты проверки гипотезы о принадлежности рассматриваемых отказов шаровых опор к закону Вейбулла, при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$, представлены в табл. 4.

Результаты проверки гипотезы о принадлежности отказов нижних шаровых опор к закону Вейбулла

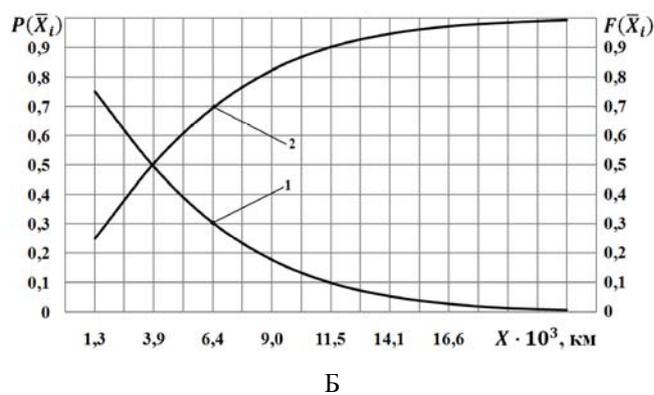
№ п/п	Параметр	Вид дефекта нижней шаровой опоры	
		Люфт	Скрип шарового пальца
1	Число степеней свободы, s	4	6
2	Расчетное значение критерия Пирсона, χ^2	8,58	9,37
3	Табличное значение критерия Пирсона, $\chi^2_{табл}$	9,49	12,59
4	Расчетное значение критерия Романовского, K_p	0,42	0,09

Таким образом, выполняются условия $\chi^2 < \chi^2_{табл}$ и $K_p < 3$, следовательно, гипотеза о принадлежности экспериментальных данных к закону распределения Вейбулла не отвергается.

Используя значения строк 7, 8 табл. 2, 3, установлены распределения вероятностей безотказной работы (1) и вероятностей отказа (2) люфта нижней шаровой опоры (рис. 2, А) и скрипа шарового пальца передней подвески (рис. 2, Б) автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107.



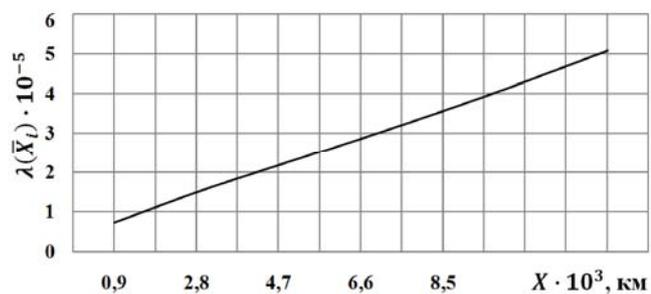
А



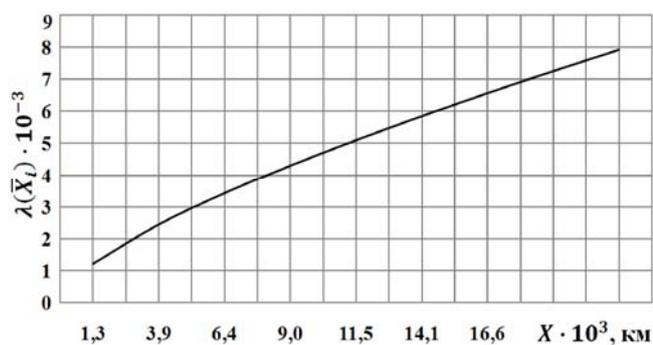
Б

Рис. 2. Графики вероятностей безотказной работы (1) и отказа (2): А – нижней шаровой опоры; Б – шарового пальца передней подвески автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107 по наработке

По данным строк 9 табл. 2, 3 построены номограммы зависимости интенсивности возникновения люфта нижней шаровой опоры (рис. 3, А) и скрипа шарового пальца (рис. 3, Б) передней подвески автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107 по наработке.



А



Б

Рис. 3. Распределения интенсивности возникновения: А – люфта нижней шаровой опоры; Б – скрипа шарового пальца передней подвески автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107 по наработке

Заключение

По результатам проведенного исследования рассчитаны показатели надежности нижней шаровой опоры передней подвески автомобилей ВАЗ-2105 и ВАЗ-2107, а также установлены теоретические законы распределения наработок до отказа по двум дефектам. Гипотеза о принадлежности опытных данных закону Вейбулла не отвергается, так как расчетные значения критерия согласия Пирсона удовлетворяют табличным значениям, а значение критерия Романовского меньше трех.

Таким образом, величины средних наработок до отказа нижней шаровой опоры передней подвески классических автомобилей ВАЗ ограничивают межсервисный интервал, сокращая его вдвое. Следует отметить, что полученные результаты свидетельствуют о низком качестве рассматриваемых изделий, поступающих на главный сборочный конвейер завода-производителя. Предприятиям автомобильного сервиса необходимо использовать данную информацию при выполнении планового технического обслуживания и назначения диагностических воздействий.

Литература

1. Денисов И.В., Смирнов А.А. Надёжность автомобилей в гарантийный период их эксплуатации // Автомобильная промышленность. – 2015. – № 11. – С. 1-4.

2. Денисов И.В., Денисов Ил.В. Методика определения общей вероятности безотказной работы технических систем автомобиля (на примере передней подвески ВАЗ-2170) // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 19. – С. 1425-1429.

3. Денисов И.В., Денисов Ил.В. Результаты исследования эксплуатационной надежности элементов передней подвески автомобиля ВАЗ-21703-01-018 / И.В. Денисов, Ил.В. Денисов // Проблемы функционирования систем транспорта: мат. межд. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – С. 150-154.

4. Юсупова О.В., Булатов С.В. Определение зависимости затрат на запасные части автомобилей ВАЗ от сроков эксплуатации // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 4. – С. 148-153.

5. Савельев В.В. Совершенствование сервиса машин индивидуального пользования интенсификацией профилактической стратегии (на примере переднеприводных автомобилей ВАЗ): автореф. дисс...канд. техн. наук: 05.02.13 / Владимир Викторович Савельев. – Саратов, 2004. – 20 с.

6. Родионов Ю.В., Войнов А.А. Анализ причин отказов шаровых опор легковых автомобилей // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 4. – С. 79-83.

7. Тебекин М.Д., Катунин А.А., Новиков А.Н. Технология диагностирования шаровых шарниров легковых автомобилей с помощью вибрационного способа // Информационные технологии и инновации на транспорте. Мат. 2-ой межд. науч.-практ. конф. – Орел: ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2016. – С. 185-190.

8. Радченко С.Ю., Новиков А.Н., Катунин А.А., Тебекин М.Д. Анализ видов повреждений шаровых шарниров // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 1(36). – С. 8-14.

9. Баженов Ю.В. Основы теории надежности машин. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – 160 с. – ISBN 5-89368-655-1.

10. Моделирование производственных процессов автомобильного транспорта // сост. С.И. Коновалов, С.А. Максимов, В.В. Савин. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2005. – 244 с.

Сведения об авторах:

Денисов Илья Владимирович. Место работы - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), доцент на кафедре «Автомобильный транспорт». Адрес:

600000, г. Владимир, ул. Белоконской, д. 3, корпус 2, ауд. 315-2.

Тел.: 8(915)-776-24-14,

e-mail: denisoviv@mail.ru.

Смирнов Алексей Александрович. Место работы – «GRAND-мебель».

601914, Владимирская обл., г. Ковров, ул. Комсомольская, д. 24.

Тел.: 8(920)622-15-21,

e-mail: AlexiFoX@yandex.ru.