

## ОБОСНОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РУЛЕВОГО МЕХАНИЗМА MITSUBISHI PAJERO SPORT II

Д.Н. Прошин<sup>1</sup>, А.Н. Кузьмин<sup>2</sup>, А. Д. Кустиков<sup>3</sup>

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева, Нижний Новгород, Россия

<sup>1</sup>e-mail: proshdn@mail.ru

<sup>2</sup>e-mail: kuzmin1anton@mail.ru

<sup>3</sup>e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

**Аннотация.** В процессе эксплуатации автомобиля в рулевом механизме могут возникать шумы, воспринимаемые владельцами, как дефекты.

Проведенные исследования указывают на то, что шум не всегда свидетельствует о наличии дефекта в рулевом механизме. Дефектами следует признавать зазоры, превышающие допустимые значения, в зубчатом зацеплении и между упором и рейкой.

Измерение зазора в сопряжении упора и рейки, а также крутящего момента при вращении вала ведущей шестерни, является трудоемким и дорогостоящим процессом, который в случае отсутствия дефекта ведет к значительным затратам автовладельца. С целью снижения затрат на поиск дефектов предложено измерять уровень шума в рулевом механизме с помощью шумомеров. Установлено, что при наличии зазора в сопряжении рейки и упора значением от 100 мкм до 130 мкм уровень шума принимает значения от 70 дБА до 80 дБА. Таким образом, решение о необходимости измерений зазоров в рулевом механизме следует принимать на основании показаний шумомеров, полученных при проведении тестовой поездки с подключенными микрофонами.

Перечень технического обслуживания (ТО) не содержит работ по контролю зазоров в зубчатом зацеплении и между упором и рейкой. Вместе с этим проведенные при реальной эксплуатации 15 автомобилей исследования указывают на то, что у 13 (87%) рулевых механизмов в сопряжении упор-рейка к 120 000 км появился зазор.

Одним из путей повышения долговечности представляется корректирование перечня ТО. В приведенной работе предложено введение обязательного измерения уровня шума в рулевом механизме и рассчитана его оптимальная периодичность. Полученные данные позволяют сервисному консультанту точно рассчитывать стоимость ремонтных работ для коммуникации владельцу и планировать работу механиков.

Данное исследование также имеет практическое применение при проведении технических экспертиз независимыми организациями.

**Ключевые слова:** рулевой механизм, рулевая рейка, шум, дефект, зазор, периодичность технического обслуживания.

**Для цитирования:** Прошин Д. Н., Кузьмин А. Н., Кустиков А. Д. Обоснование периодичности технического обслуживания рулевого механизма Mitsubishi Pajero Sport II // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 7. – С. 120-128. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-7-120.

## THE RATIONALE FOR THE FREQUENCY OF MAINTENANCE STEERING GEAR FOR MITSUBISHI PAJERO SPORT II

D. N. Proshin<sup>1</sup>, A. N. Kuzmin<sup>2</sup>, A. D. Kustikov<sup>3</sup>

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>1</sup>e-mail: proshdn@mail.ru

<sup>2</sup>e-mail: kuzmin1anton@mail.ru

<sup>3</sup>e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

**Abstract.** During the operation of the vehicle in the steering mechanism, noise may occur, perceived by the owners as defects.

Studies have shown that noise does not always indicate a defect in the steering mechanism. Defects should be recognized gaps exceeding the permissible values in the gear engagement and between the stop and the rail.

Measuring the gap between the stop and the rail, as well as the torque when the drive gear shaft rotates, is a

*time-consuming and expensive process, which in the absence of a defect leads to significant costs for the car owner. In order to reduce the cost of finding defects, it is proposed to measure the noise level in the steering mechanism using noise meters. It is established that in the presence of a gap in the interface of the rail and the stop value from 100  $\mu\text{m}$  to 130  $\mu\text{m}$ , the noise level takes values from 70 dBA to 80 dBA. Thus, the decision on the need to measure the gaps in the steering mechanism should be taken on the basis of the testimony of sound level meters obtained during the test trip with connected microphones.*

*A list of the technical maintenance does not work on control gaps in the gear teeth and between the stop and the rail. At the same time, studies conducted in the actual operation of 15 cars indicate that 13 (87%) steering mechanisms in the interface of the stop-rail to 120 000 km appeared gap.*

*One way to improve durability is to adjust the list of TOS. In this paper, the introduction of mandatory measurement of the noise level in the steering mechanism is proposed and its optimal frequency is calculated. The data obtained will allow the service consultant to accurately calculate the cost of repair work for communication to the owner and plan the work of mechanics.*

*This study also has a practical application in the conduct of technical examinations by independent organizations*

**Keywords:** steering gear, steering rack, noise, defect, clearance, maintenance service.

**Cite as:** Proshin, D.N., Kuzmin, A.N., Kustikov, A.D. (2019) [Substantiation of the Mitsubishi Pajero Sport II steering service periodicity]. *Интеллект. Инновации. Инвестиции* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 7, pp. 120-128. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-7-120.

### Введение

На современных легковых автомобилях применяется рулевой механизм реечного типа с интегрированным усилителем рулевого управления гидравлического, электромеханического или комбинированного типа [1, 10, 15]. Многие автовладельцы обращаются к официальным дилерам с жалобами на посторонние шумы в рулевом механизме. При этом обнаружить дефект не всегда удается, так как даже при номинальных значениях зазоров шум может присутствовать из-за динамической и вибрационной нагрузки.

В рамках проведенных в НГТУ научно-практических работ установлено, что причинами шума в рулевом механизме являются увеличенный зазор в зацеплении ведущей шестерни с зубчатой рейкой и зазор между упором рейки и рейкой вследствие износа антифрикционного материала упора рейки.

Процесс измерений зазоров является трудоемким и в случае отсутствия дефектов мастерам-консультантам крайне сложно обосновать владельцам автомобилей стоимость работ, указанных в счете. Для того, чтобы исключить подобные ситуации, следует научно обосновать необходимость измерения зазоров в рулевом механизме. Предложено измерять уровень шума при работе рулевого механизма, чтобы косвенно оценить превышение допустимых зазоров, и определена оптимальная периодичность таких измерений на примере Mitsubishi Pajero Sport II.

Результаты данной работы имеют практическую ценность для инженерно-технического персонала станций технического обслуживания и применяются в учебных программах кафедры «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е.Алексеева.

Цель работы, проводящейся в НГТУ им. Р.Е. Алексеева, состоит в разработке методов и научно-технических решений повышения без-

отказности рулевых механизмов автомобилей, на основе эксплуатационных и ремонтно-технологических решений. Достижение поставленной цели позволит снизить затраты производителей на проведение гарантийных работ, а также автовладельцев при ТО.

Исследованием надежности рулевых механизмов в разное время занимались Ю.В. Баженов, А.С. Денисов, М.Г. Корчажкин, Н.А. Кузьмин, В.И. Рассоха, Ю.В. Шапкина. Вместе с тем, вопросам корректирования обслуживания рулевых механизмов внимания уделено мало.

Анализ надежности автомобилей требует полноценной информации об дефектах из подконтрольной эксплуатации. Единственным источником информации о дефектах в настоящее время является документация дилерских центров по результатам реальной эксплуатации клиентских автомобилей: жалобы клиентов на посторонние шумы рулевых механизмов постоянно фиксируются мастерами-консультантами в заказ-нарядах.

Объектом разработки был выбран рулевой механизм автомобиля Mitsubishi Pajero Sport II, представленный на рисунке 1.

Причинами постороннего шума в рулевом механизме могут быть нарушения зазоров в зубчатом зацеплении и между упором и рейкой. С целью уточнения причин посторонних шумов рулевой механизм был демонтирован и разобран.

Заложенное на этапе конструирования пятно контакта соответствует правильной регулировке общего момента прокрутки ведущей шестерни рулевого механизма, а также зазора и прижимного усилия в сопряжении упор рейки – рулевая рейка.

Установлено, что следствием увеличенного зазора в зацеплении ведущей шестерни с зубчатой рейкой является неравномерный износ боковых поверхностей зубьев (рисунок 2).

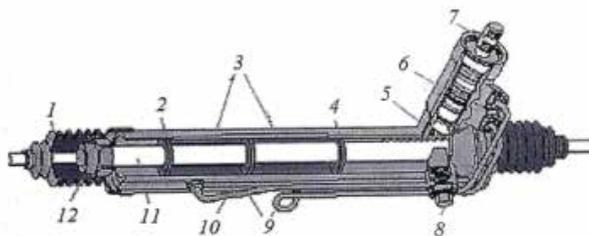


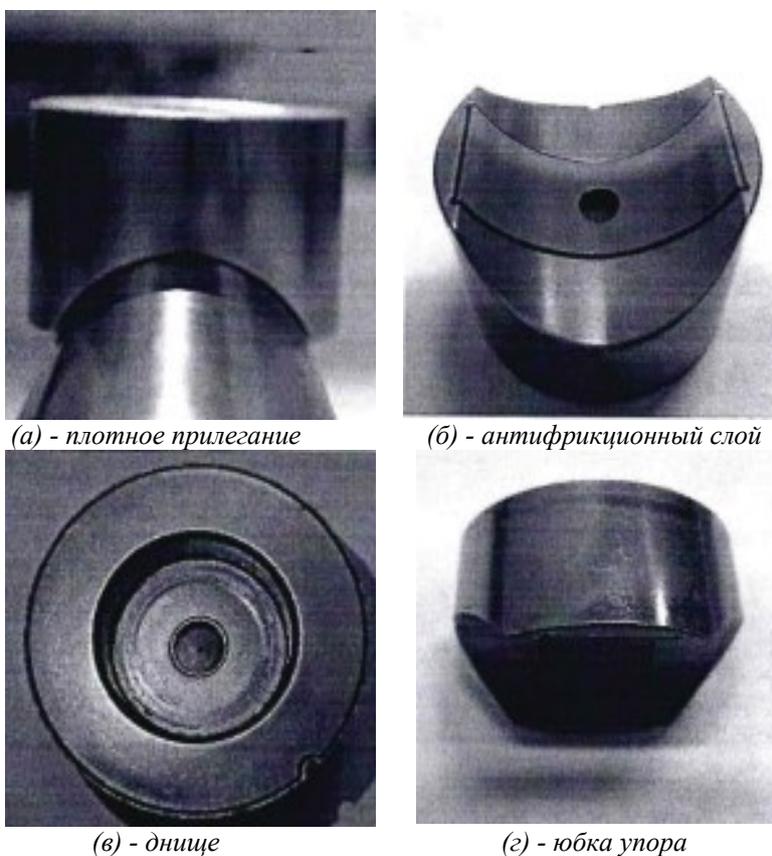
Рисунок 1. Рулевой механизм Mitsubishi Pajero Sport II:

1 – пыльник; 2, 4 – концевое уплотнение; 3 – цилиндр усилителя; 5 – шестерня; 6 – цилиндрический золотник; 7 – шестерня входного вала; 8 – винт регулировочный; 9 – гидравлические трубки; 10 – центральное уплотнение; 11 – зубчатая рейка; 12 – гнездо рулевой тяги



1 - правильное расположение;  
 2 - на вершине;  
 3 - у основания;  
 4 - на узком конце;  
 5 - на широком конце

Рисунок 2. Ведущая шестерня рулевого механизма и расположение пятна контакта



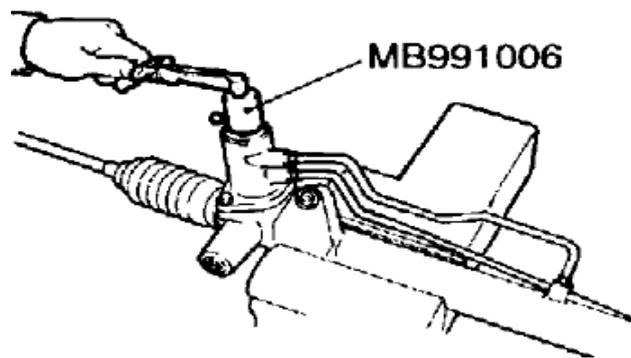
(а) - плотное прилегание

(б) - антифрикционный слой

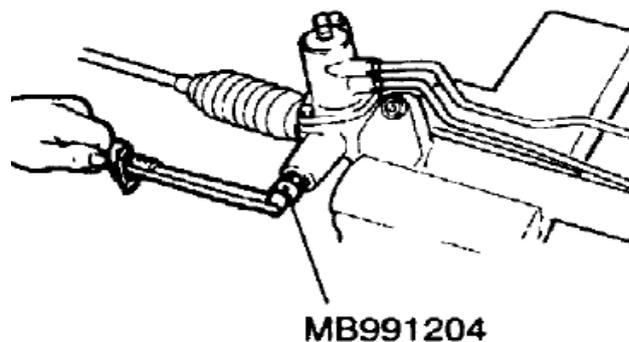
(в) - днище

(г) - юбка упора

Рисунок 3. Состояние исправного упора и его сопоставление по рабочей поверхности



(а) – схема регулировки



(б) – схема фиксации

#### ►◀ РЕГУЛИРОВКА ОБЩЕГО МОМЕНТА ПРОКРУТКИ ВЕДУЩЕЙ ШЕСТЕРНИ

1. В нейтральном положении поверните шестерню специальным ключом по часовой стрелке на один оборот за 4-6 секунд.

**Номинальное значение:**

Общий момент прокрутки: 0,6 – 1,7 Н.м.

Изменение момента при прокрутке: не более 0,4 Н.м.

2. Если измеренный момент или изменение момента не соответствует номинальному значению, отверните крышку упора рейки на 30°-60° и отрегулируйте момент прокрутки до номинальной величины.

**Внимание:**

(1) В процессе регулировки старайтесь установить верхнюю границу номинального значения.

(2) Убедитесь в отсутствии стуков и заедания при перемещении рулевой рейки.

(3) Измерение общего момента прокрутки ведущей шестерни проводите за весь рабочий ход рейки.

3. Если в пределах указанного угла поворота шестерни регулировка не получается, то проверьте и замените при необходимости детали упора рейки и крышки упора рейки.

(б) – технология регулировки

#### ►◀ УСТАНОВКА КРЫШКИ УПОРА РЕЙКИ / КОНТРГАЙКИ

1. Нанесите герметик на резьбовую часть крышки упора рейки.

**Рекомендуемый герметик: 3M ATD № 8663 или эквивалент.**

2. Динамометрическим ключом заверните крышку усилием  $12 \pm 2$  Н.м.

3. Отверните крышку примерно на 10°.

4. Затяните контргайку номинальным моментом, чтобы предотвратить отворачивание крышки.

(в) – технология фиксации

Рисунок 4. Регулировка общего момента прокрутки ведущей шестерни и положения упора рейки

Упор рулевой рейки, при правильном установлении зазора (с помощью регулировочного винта) и прижимного усилия в сопряжении с рулевой рейкой, имеет двухстороннее изнашивание поверхности контактирующей в процессе работы с рейкой. Боковые образующие (юбка) упора не имеют следов механического воздействия [1, 4, 6, 8, 10, 15]. При совмещении упора с рейкой достигается плотное прилегание (между данными деталями не остается зазор). На днище упора прослеживается место контакта с пружиной. Зона продольных трасс на рулевой рейке совпадает с зоной трасс на антифрикционном слое упора с обеих сторон (рисунок 3).

Согласно инструкциям производителя с целью устранения несоответствия крутящего момента, а также получения правильного расположения регулировочных и фиксирующих деталей (резьбовая крышка и контрящая гайка) рулевого механизма, проводится регулировка общего момента прокрутки ведущей шестерни и положения упора рейки с контролем затяжки регулировочной гайки по схемам, предложенным на рисунке 4.

При регулировке необходимо выставлять верхнюю границу номинального значения. После чего замер крутящего момента осуществляется повторно.

В результате проведения рекомендованных заводов мероприятий было зафиксировано, что при

затяжке гайки упора с предписанным моментом затяжки происходит сохранение постороннего звука на движущемся автомобиле с работающим двигателем. Это позволяет сделать вывод о том, что в данном случае шум, сопровождающий работу узлов и агрегатов, не является дефектом. Шум следует рассматривать как диагностический признак, который может проявляться и/или сопровождать как естественные процессы и явления, возникающие в ходе эксплуатации автомобиля, так и являться следствием наличия какого-либо дефекта.

Согласно требованиям Технического регламента таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», применительно к рулевому управлению автомобиля, наличие посторонних звуков не регламентируется<sup>1</sup>.

Автомобиль, на котором фиксируется проявление шумов, может выполнять заданные функции, находиться в работоспособном состоянии и не иметь невыполненных требований по ГОСТам РФ, что противоречит понятию дефект и неисправность<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Технический регламент № 018/2011 таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств. – Официальный сайт Комиссии таможенного союза www.tsouz.ru. – 2011. – 465 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. – М.: Стандартинформ. – 2016. – 28 с.

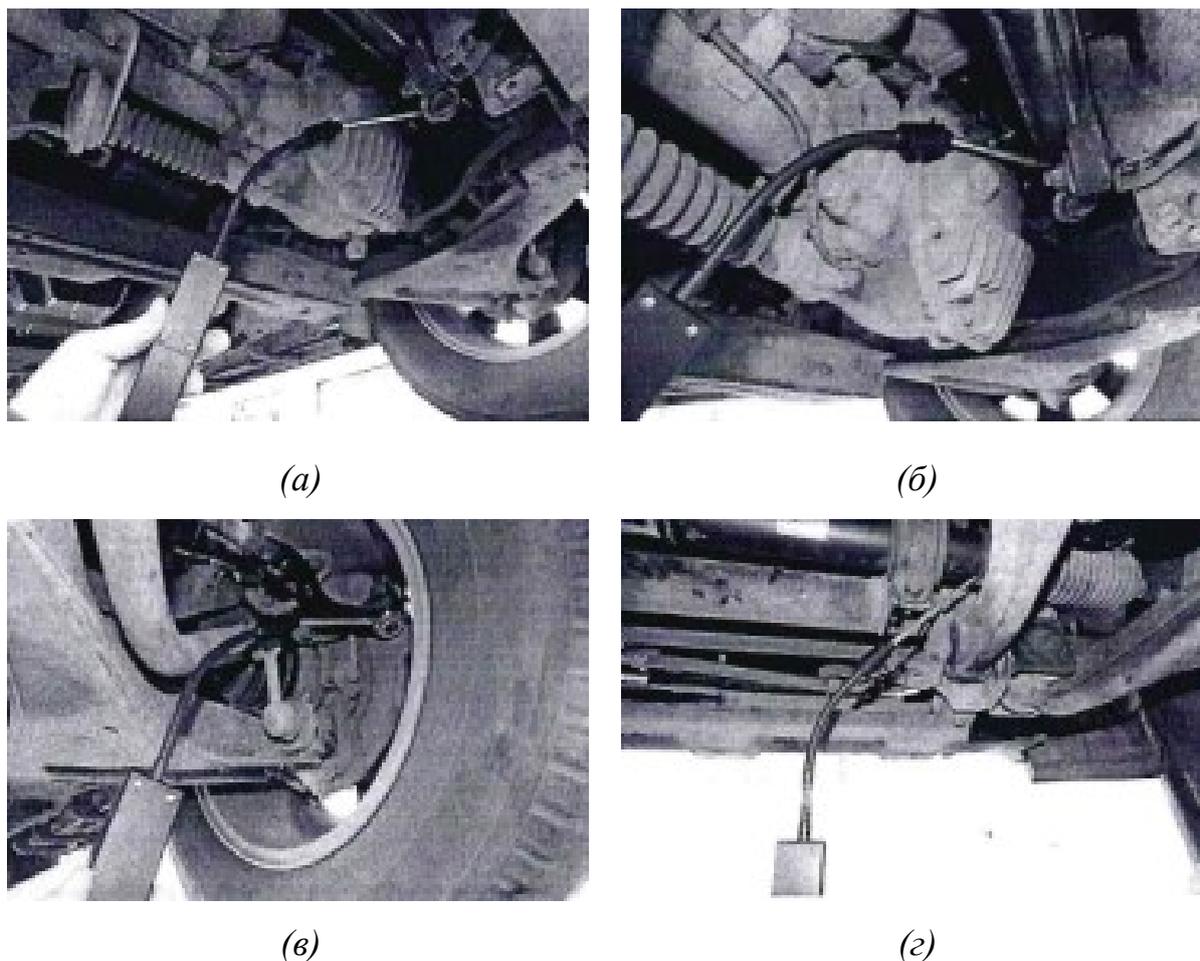


Рисунок 5. Прослушивание шумов при помощи электронного стетоскопа Licota АТР-2110А

Кроме того, шум не является дефектом или неисправностью, а лишь указывает на наличие зазора в сопрягаемых деталях, что является нормальным в автомобилестроении. Без зазоров в сопрягаемых деталях узлы не работают, отсутствие зазоров приводит к заклиниванию в сопряжении.

Применительно к технике, шум при работе механизмов возникает в результате перемещений (смещений) деталей узлов и агрегатов, не предусмотренных конструкцией, равно как и при превышении допустимых нагрузок на узел (деталь).

В этой связи для определения наличия дефекта в сопрягаемых деталях необходимо проанализировать характеристики звука, сопровождающего работу узла при различных значениях зазора. С точки зрения физики звук – это колебательное движение частиц упругой среды (газообразной, жидкой или твердой), распространяющееся в виде продольных волн. Основными характеристиками звуковой волны являются частота и интенсивность. При этом на практике распространение получила методика измерения уровня шума с помощью шумомеров.

#### Локализация источника стука

С целью обнаружения источника постороннего звука в рулевом управлении, была проведена проверка при помощи электронного стетоскопа Licota АТР-2110А, на предмет наличия, либо отсутствия непредусмотренного конструкцией перемещения деталей в шарнирах рулевых наконечников и рулевых тяг, а также резинометаллических втулок крепления рулевого механизма и непосредственно самого редуктора рулевого механизма. В результате проверки непредусмотренных конструкцией перемещений корпуса рулевого механизма, в шарнирах рулевых наконечников и рулевых тяг, а также резинометаллических втулок крепления рулевого механизма не имелось.

При прослушивании, в области расположения регулировочной гайки ведущей шестерни редуктора, было зафиксировано наличие звука, ассоциируемого со стуком (рисунок 5).

С целью подтверждения наличия звука, ассоциируемого владельцами автомобилей со стуком, и проверки предложенной методики, были выполнены тестовые поездки по дорогам общего поль-

звания с целью выявления шума, исходящего от рулевого механизма при движении.

Перед тестовой поездкой на автомобиле разме-

щались 4 микрофона в непосредственной близости от предполагаемых источников (рисунок 6).



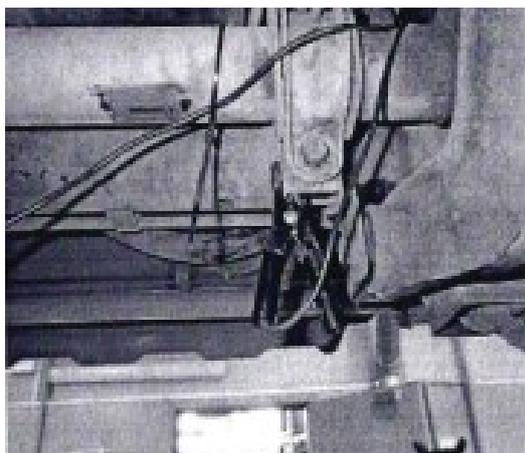
(а) – установка микрофона вблизи золотникового механизма рейки



(б) – установка микрофона в салоне автомобиля вблизи рулевой колонки



(в) – установка микрофона на левом креплении корпуса рейки



(г) – установка микрофона на правом креплении корпуса рейки

Рисунок 6. Расположение микрофонов во время тестовой поездки

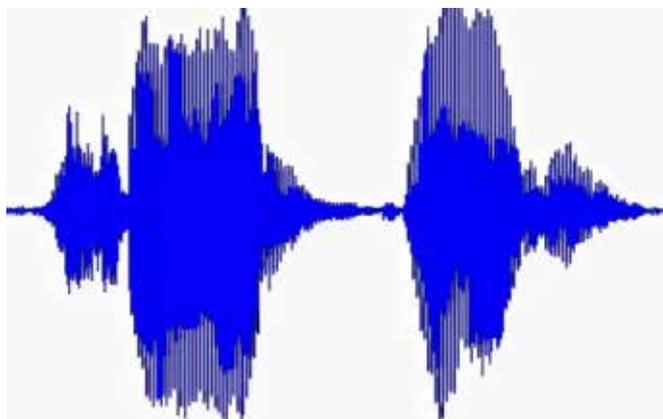


Рисунок 7. Визуализация шума в области регулировочной гайки ведущей шестерни рулевого механизма

При проведении тестовых поездок владелец отмечал наличие постороннего шума. В этот же момент на мониторе компьютера мастер-консультант мог наблюдать повышение амплитуды звуковой волны, вызванное дефектом в рулевом механизме (рисунок 7).

Предложенная методика позволяет обосновать

необходимость измерения зазоров рулевого механизма и его ремонта. При этом тестовую поездку следует проводить лишь в случае необходимости уточнения технического диагноза.

Проведенные наблюдения позволили сформировать таблицу со значениями уровня шума, характеризующими зазоры в сопряжении упор-рейка:

Таблица 1. Нарботки, при которых шум соответствовал дефекту

Пробег, км	Уровень шума, дБА	Зазор, мкм
117 969	76	115
118 849	74	102
116 818	71	113
128 557	78	107
119 614	80	119
117 616	73	111
125 707	76	114
118 839	72	103
116 724	74	123
118 828	79	121
126 697	77	122
114 730	75	117
118 601	74	130
115 909	70	119
119 996	73	128

### Корректирование обслуживания

Для предупреждения дефектов предложено ввести в перечень операций ТО измерение уровня шума в сопряжении деталей реечного механизма. Методом по допустимому уровню безотказности рассчитана оптимальная периодичность измерений [2,4–6,11].

Эксперимент проводился на 15 автомобилях Mitsubishi Pajero Sport II. Нарботки, при которых показания шумомера соответствовали зазору, превышающему допустимые значения, приведены в таблице 1.

Следуя алгоритму метода определения оптимальной периодичности по допустимому уровню безотказности, величину риска отказа принята  $F_{\delta} = 0,1$  (как для конструкционного элемента автомобиля, отвечающего за БДД) [1]. Из таблицы нормального распределения получено – при  $F(Z) = 0,1$ ,  $Z = -1,3$ . Значение оптимальной периодичности проверки стука в сопряжении упор-рейка вычисляется по выражению:

$$F_{\delta} = \int_0^{l_0} f(l)dl = F\left(\frac{l_0 - \bar{l}}{\sigma}\right) \quad (3)$$

где

$l_0$  – оптимальная периодичность операции ТО, км;  $\bar{l}$  – выборочное среднее, км;

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, км.

$$l_0 = Z \cdot \sigma + \bar{l} = -1,3 \cdot 1664 + 119697 = 121860 \quad (4)$$

Для автомобиля Mitsubishi Pajero Sport установленная заводом-изготовителем периодичность ТО составляет 15 000 км. С целью оптимизации рабочего времени замену следует проводить проверку шумов в сопряжении упор-рейка каждые 120 000 км, что является кратным периодичности ТО.

### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при фиксации уровня шума значением 80 дБА<sup>3</sup> в области рулевого механизма имеется зазор в сопряжении упор-рейка, и далее, согласно рекомендациям завода-изготовителя, следует устанавливать ремонтный комплект рейки (пластиковая шайба) [10].

<sup>3</sup> ГОСТ Р 51616-2000 Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний (Таблица 1, Примечание 1) – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2000. – 49 с.

Предложенные мероприятия являются дополнением к заводскому перечню работ по обслуживанию автомобилей. Рассчитать совокупный экономический эффект на данный момент невозможно, т. к. необходимы долгосрочные наблюдения. Вместе

с этим сегодня многие СТО фокусируют свое внимание на удовлетворенности клиентов, и выявление дефектов по инициативы дилерского центра является хорошим подспорьем для выстраивания долгосрочных отношений.

### Литература

1. Беляков В. В., Оценка конструкций механизмов управления транспортными средствами / В. В. Беляков, У. Ш. Вахидов, А. П. Куляшов // научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана Наука и образование № 11, ноябрь 2010. – 9 с.
2. Денисов А. С. Научные основы формирования структуры эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей. Дисс. ... докт. техн. наук. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. – 428 с.
3. Князьков А. Н. Разработка методики автоматизированного проектирования нормативов системы технического обслуживания и ремонта автомобилей. Дисс. ... канд. техн. наук. – М; 2003. – 235 с.
4. Корчажкин М. Г. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов / М. Г. Корчажкин, Н. А. Кузьмин, А. Д. Кустиков // Труды НГТУ, 2012. № 4. – С.168-174.
5. Кузьмин Н. А. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография / Н. А. Кузьмин, Г. В. Борисов; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева – Н. Новгород, 2012. – 270 с.
6. Кустиков А. Д. Обоснование корректирования периодичности обслуживаний коробок передач автобусов для условий дорог с переменным продольным профилем: Дисс...канд. техн. наук. – Н.Новгород: НГТУ. – 2015. – 176 с.
7. Лукинский В. С. Модели и алгоритмы управления обслуживанием и ремонтом автотранспортных средств / В. С. Лукинский, Е. И. Зайцев, В. И. Бережной. – СПб: ГИЭА. – СПб, 1997. – 95 с.
8. Лукинский В. С. Прогнозирование надежности автомобилей / В. С. Лукинский, Е. И. Зайцев. – Л.: Политехника, 1991. – 224 с.
9. Рассоха В. И. Повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на основе разработанных научно-технических, технологических и управленческих решений. Дисс. ... докт. техн. наук. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 400 с.
10. Шапкина Ю. В. Методика снижения вибронагруженности элементов рулевого управления колесных машин: Дисс. ... канд. техн. наук. – Нижний Новгород, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2016. – 137 с.
11. Якунин Н. Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации. Дисс. ... докт. техн. наук. – Оренбург: ОГУ, 2004. – 297 с.
12. Mitsubishi Pajero Sport MY 2013 (for Russia) Pre-Delivery Inspection and Periodic Inspection and Maintenance, eng. – 94 p.
13. Reimpell J. Fahrwerktechnik: Lenkung, deu. – Vogel Business Media 1984. – 296 p.
14. Shukhman S. B., Solovyev V.I. Minimization of power loss of a fully-driven wheeled transport vehicle. Vehicle design №1 2004.
15. Fujikawa K. Analysis of steering column vibration, Motion & Control. – 1998. – № 4. – P. 37– 41.

### References

1. Belyakov, V.V. (2010) Evaluation of structures and mechanisms of control of vehicles. *Science and education*. Vol. 11, p. 9
2. Denisov, A.S. (1999) *Nauchnyye osnovy formirovaniya struktury ekspluatatsionno-remontnogo tsikla avtomobiley. Dok. Diss.* [The Scientific basis of formation of structure of the maintenance cycle of the vehicles. Doc. Diss]. Saratov: Sarat. state tech. un-t, 428 p.
3. Knyazkov, A.N. (2003) *Razrabotka metodiki avtomatizirovannogo proyektirovaniya normativov sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley. Kand.Diss.* [Development of methods of computer-aided design of standards of maintenance and repair of vehicles. Cand. Diss.]. Moscow; 235 p.
4. Korchazhkin, M.G. (2012) [Improvement of standards of technical operation of city buses]. *Sovershenstvovaniye normativov tekhnicheskoy ekspluatatsii gorodskikh avtobusov* [Proceedings of NSTU]. Vol. 4, pp. 168-174. (In Russ.)
5. Kuzmin, N.Ah. (2012) *Nauchnyye osnovy protsessov izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley* [Scientific bases of processes of change of technical condition of cars]. Nizhegorod. state tech. in-t named after R.E. Alekseeva. Nizniy Novgorod, 270 p.

6. Kustikov, A.D. (2015) *Obosnovaniye korrektsirovaniya periodichnosti obsluzhivaniy korobok peredach avtobusov dlya usloviy dorog s peremennym prodol'nym profilem. Kand.Diss.* [Justification of correction of frequency of services of transmissions of buses for conditions of roads with a variable longitudinal profile. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod: NSTU, 176 p.
7. Lukinsky, B.C. (1997) *Modeli i algoritmy upravleniya obsluzhivaniyem i remontom avtotransportnykh sredstv* [Models and algorithms of service management and repair of vehicles]. Saint Petersburg GIAA, 95 p.
8. Lukinskiy, V.S. (1991) *Prognozirovaniye nadezhnosti avtomobiley* [Prediction of reliability of cars]. Leningrad, Polytechnic, 224 p.
9. Rassokha, V.I. (2010) *Povysheniye effektivnosti ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta na osnove razrabotannykh nauchno-tekhnicheskikh, tekhnologicheskikh i upravlencheskikh resheniy. Dok.Diss.* [Improving the efficiency of road transport operation on the basis of the developed scientific and technical, technological and management solutions. Doc.Diss.]. Orenburg: OSU, 400 p.
10. Shapkina, Y.V. (2016) *Metodika snizheniya vibronagruzhenosti elementov rulevogo upravleniya kole-snykh mashin. Kand. Diss.* [Methods of reducing the vibration elements to the steering wheeled vehicles. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, N. Novgorod state technical University named after R.E. Alekseeva, 137 p.
11. Yakunin, N.N. (2004) *Metodologicheskiye osnovy kontrolya i upravleniya tekhnicheskim sostoyaniyem avtomobiley v ekspluatatsii. Kand.Diss.* [Methodological bases of control and management of technical condition of cars in operation. Doc.Diss.]. Orenburg: OSU, 297 p.
12. Mitsubishi Pajero Sport MY (2013) (for Russia) Pre-Delivery Inspection and Periodic Inspection and Maintenance, 94 p. (In Engl.)
13. Reimpell, J. (1984) Fahrwerktechnik: Lenkung, deu. *Vogel Business Media*, 296 p. (In Engl.)
14. Shukhman, S.B., Solovyev, V.I. (2004) Minimization of power loss of a fully-driven wheeled transport vehicle. *Vehicle design*. Vol.1 (In Engl.)
15. Fujikawa, K. (1998) Analysis of steering column vibration, *Motion & Control*. Vol. 4, pp. 37– 41 (In Engl.)

**Информация об авторах:**

**Дмитрий Николаевич Прошин**, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия  
e-mail: proshdn@mail.ru

**Антон Николаевич Кузьмин**, ассистент кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия  
e-mail: kuzmin|anton@mail.ru

**Александр Дмитриевич Кустиков**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия  
e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 26.03.2019; принята в печать 29.10.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Information about the authors:**

**Dimitry Nikolaevich Proshin**, Senior Lecturer of the department Road transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after Alekseev R.E., Nizhny Novgorod, Russia  
e-mail: proshdn@mail.ru

**Anton Nikolaevich Kuzmin**, Graduate Student, Assistant, Department Road transport, State Technical University named after Alekseev R.E., Nizhny Novgorod, Russia  
e-mail: kuzmin|anton@mail.ru

**Aleksander Dmitrievich Kustikov**, Candidate of Technical Science, associate professor, department of Road transport Nizhny Novgorod State Technical University named after Alekseev R.E., Nizhny Novgorod, Russia  
e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

The paper was submitted: 26.03.2019.

Accepted for publication: 29.10.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.