

мости / Г. Кунец // Мир техники и технологий. – 2004. – № 6. – с. 35–37.

10. **Schmitz, T.** Three Component Receptance Coupling Substructure Analysis for Tool Point Dynamics Prediction / T. Schmitz, G. S. Duncan // ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering. – 2005. – No 127 (4). – P. 781–790.

11. **Stability Prediction for Milling / J. Gradisek [et al.] // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2005. – Vol. 45. No 7–8. – P. 769–781.**

12. **Altintas, Y.** Chatter Stability of Metal Cutting and Grinding / Y. Altintas, M. Weck // Keynote Paper, Annals of the CIRP. – 2004. – No 53 (2). – P. 619–642.

REFERENCES

1. **Zenkevich, O., & Morgan, K.** (1986) *Finite Elements and Approximation*. Moscow, World (in Russian).

2. **Turomsha, V. I., Dovnar, S. S., Truskovsky, A. S., & Shumsky, I. I.** (2012) Rigidity Balance of Milling-Drilling-Boring Machine Stand with Equally-Spaced Location of Mandrel Stock. *Vestnik Gomel'skogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. P. O. Sukhogo* [Bulletin of P. O. Sukhoi State Technical University of Gomel], 3 (50), 19–29 (in Russian).

3. **Turomsha, V. I., Dovnar, S. S., Truskovsky, A. S., & Tumi El'-Mabruk Abuzhafer Ali** (2011) Analysis of Finning Efficiency in Plano-Milling Machine Traverse with Traveling Bridge. *Vestnik BNTU* [Bulletin of the Belarusian National Technical University], 6, 19–28 (in Russian).

4. **Turomsha, V. I., Dovnar, S. S., Truskovsky, A. S., & Tumi El'-Mabruk Abuzhafer Ali** (2011) Rigidity Increase of Plano-Milling Machine Slide with Traveling Bridge. *Vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya V: Prikladnye Nauki. Promyshlennost'* [Bulletin of Polotsk State University. B. Industry. Applied Sciences], 11, 104–112 (in Russian).

5. **Turomsha, V. I., Dovnar, S. S., Truskovsky, A. S., & Tumi El'-Mabruk Abuzhafer Ali** (2011) Rigidity Analysis of Traveling Bridge in “Gentry” Plano-Milling Machine. *Vestnik Gomel'skogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. P. O. Sukhogo* [Bulletin of P. O. Sukhoi State Technical University of Gomel], 3 (46), 15–28 (in Russian).

6. **Turomsha, V. I., Tumi El'-Mabruk Abuzhafer Ali, Kovaleva, I. L., Dovnar, S. S., & Shumsky, I. I.** (2013) Modal Analysis of Bridge in Heavy “Gentry” Plano-Milling Machine. *Vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya V: Prikladnye Nauki. Promyshlennost'* [Bulletin of Polotsk State University. B. Industry. Applied Sciences], 3, 38–48 (in Russian).

7. **Lopez de Lacalle, L. N., Lamikiz, A., & Celaya, A.** (2009) *Machine Tools for High Performance Machining*. Springer. doi: 10.1007/978-1-84800-380-4_6.

8. **Kudinov, V. A.** (1967) *Dynamics of Machine Tools*. Moscow, Mashinostroenie (in Russian).

9. **Kunets, G.** (2004) High-Speed Machining And Conventional Technological Basis: Overcoming Incompatibility. *Mir Tekhniki i Tekhnologii* [World of Technique and Technology], 6, 35–37 (in Russian).

10. **Schmitz, T., & Duncan, G. S.** (2005) Three Component Receptance Coupling Substructure Analysis for Tool Point Dynamics Prediction. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 127 (4), 781–790. Doi: 10.1115/1.2039102.

11. **Gradisek, J., Kalveram, M., Insperger, T., Weinert, K., Stépan, G., Govekar, E., & Grabec, I.** (2005) Stability Prediction for Milling. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45 (7–8), 769–781. Doi: 10.1016/j.ijmactools.2004.11.015.

12. **Altintas, Y., & Weck, M.** (2004) Chatter Stability of Metal Cutting and Grinding. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 53 (2), 619–642.

Поступила 09.04.2014

УДК 629.331.015.5-545.74

ОЦЕНКА ВИБРОНАГРУЖЕННОСТИ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ COMMON RAIL АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

Докт. техн. наук, проф. КУХАРЕНОК Г. М., асп. ЖАРНОВ М. В.

Белорусский национальный технический университет

E-mail: zarnovm@yandex.ru

Разработаны программы и методики, проведены испытания вибронгруженности компонентов системы топливоподачи Common Rail автомобильного дизеля. Выполнен анализ параметров, характеризующих виброактивность объекта исследования и определяющих возможность его применения в составе определенной механической системы. Разработана программа испытаний, включающая в себя замер общих пиковых значений виброускорений на компонентах топливной системы, преобразование полученных данных при зависимости пиковых значений виброускорений от частоты вращения коленчатого вала двигателя и спектра частот вибраций, сравнение этих зависимостей с предельно допустимыми значениями, полученными в ходе испытаний компонента на вибростендах. Исследования выполнены на одном из наиболее напряженных элементов топливной системы Common Rail – датчике давления в топливном аккумуляторе RDS 4.2 производства компании Robert Bosch GmbH, устанавливаемом на двигателях MM3 D245.7E4.

В соответствии с методикой испытаний измерения проводили на моторном стенде во всем диапазоне внешней скоростной характеристики двигателя. Результатом вибрационных измерений стала за-

пись пиковых значений виброускорения по времени в трех направлениях с каждого акселерометра и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Предложены увеличение диаметра втулок крепления топливного аккумулятора и установка демпфирующей стяжки на трубки высокого давления от топливного насоса высокого давления к топливному аккумулятору, что позволяет уменьшить максимальное пиковое значение виброускорения на датчике давления в топливном аккумуляторе на 400 м/с^2 и допустить его к применению в составе данного двигателя.

Ключевые слова: вибронегруженность, вибропрочность, виброустойчивость, топливоподача, дизель.

Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 10 назв.

EVALUATION OF VIBRATION LOAD ON COMMON RAIL FUEL SYSTEM COMPONENTS FOR DIESEL ENGINE

KUHARONAK G. M., ZHARNOV M. V.

Belarusian National Technical University

The objective of the paper is to develop a program, a methodology and execute vibration load tests of Common Rail fuel system components for a diesel engine. The paper contains an analysis of parameters that characterize vibration activity of research object and determine its applicability as a part of the specific mechanical system. A tests program has been developed that includes measurements of general peak values of vibration acceleration in the fuel system components, transformation of the obtained data while taking into account the fact that peak vibration acceleration values depend on crank-shaft rotation frequency and spectrum of vibration frequency, comparison of these dependences with the threshold limit values obtained in the process of component tests with the help of vibration shaker. The investigations have been carried out in one of the most stressed elements of the Common Rail fuel system that is a RDS 4.2-pressure sensor in a fuel accumulator manufactured by Robert Bosch GmbH and mounted on the MMZ D245.7E4-engines.

According to the test methodology measurements have been performed on an engine test bench at all full-load engine curves. Vibration measurements have resulted in time history of the peak vibration acceleration values in three directions from every accelerometer and crank-shaft rotation frequency.

It has been proposed to increase a diameter of mounting spacers of the fuel accumulator and install a damping clamp on high pressure tubes from a high pressure fuel pump to the fuel accumulator that permits to reduce a maximum peak vibration acceleration value on the pressure sensor in the fuel accumulator by 400 м/с^2 and ensure its application in the given engine.

Keywords: vibration load, vibration strength, vibration stability, fuel supply, diesel engine.

Fig. 5. Tab. 2. Ref.: 10 titles.

В настоящее время дизельные двигатели производства ОАО УКХ «Минский моторный завод» (ММЗ) нашли свое применение в составе тракторов, комбайнов, автомобилей, автобусов, карьерной техники, сельскохозяйственных, строительных, строительно-дорожных и других специальных машин, а также промышленных установок. На автомобильных и тракторных модификациях двигателей устанавливается современная система топливоподачи Common Rail производства Robert Bosch GmbH (рис. 1), которая позволяет им достигать высоких экологических и экономических показателей [1].

Наличие экспериментальных данных по вибронегруженности компонентов топливной системы позволяет делать оценку их вибропрочности и виброустойчивости. При этом под термином «вибропрочность» следует понимать прочность изделия в условиях его работы на объекте [2], а под термином «виброустойчивость» – свойство изделия выполнять свои функции в пределах заданных нормативной

документацией значений в условиях вибраций на объекте установки [2].

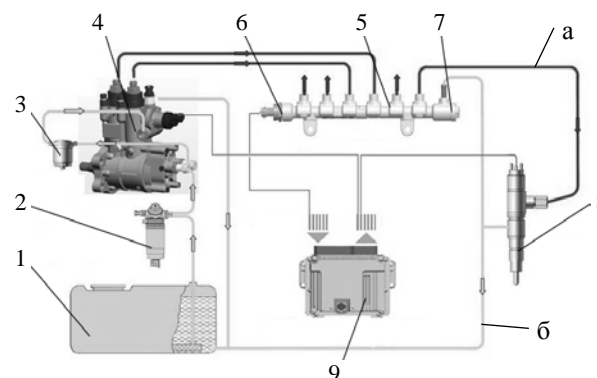


Рис. 1. Схема топливной системы Common Rail для двигателя D245.7E4: а – высокое давление; б – низкое давление;

- 1 – топливный бак; 2 – топливный фильтр грубой очистки; 3 – топливный фильтр тонкой очистки; 4 – топливный насос высокого давления (ТНВД) CB28; 5 – топливный аккумулятор; 6 – датчик давления топлива в топливном аккумуляторе (RPS); 7 – клапан ограничения давления (PLV); 8 – инжектор; 9 – электронный блок управления (ЭБУ)

Известно [3], что среднеквадратическое значение (СКЗ) амплитуды виброскорости $v_{скз}$ в диапазоне частот 10–1000 Гц позволяет характеризовать виброактивность объекта и устанавливать ограничения по срокам его эксплуатации исходя из условий безаварийной работы. Например, согласно ГОСТ 25364–97 [4] при $v_{скз} \leq 4,5$ мм/с паротурбинный агрегат может работать без ограничений на эксплуатацию. При $7,1$ мм/с $> v_{скз} > 4,5$ мм/с допускается работа не больше 30 сут., при $7,1$ мм/с $< v_{скз} < 11,2$ мм/с срок эксплуатации составляет 7 сут., а при $v_{скз} > 11,2$ мм/с работа запрещается. Исходя из изложенного следует, что для оценки вибропрочности какого-либо агрегата, установленного на двигателе, необходимо иметь данные о величинах $v_{скз}$ в диапазоне частот от 0 до 1000 Гц, а также частотные спектры виброскорости, определенные посредством 1/3-октавных фильтров. В частности, для тракторных и комбайновых двигателей можно воспользоваться данными вибрационных характеристик, определенных в соответствии с СТБ ГОСТ 52914–2010 [5].

Для оценки виброустойчивости компонентов систем топливоподачи Common Rail необходимо располагать допустимыми значениями вибрации, при которых тот или иной компонент системы может нормально функционировать [6]. Такими сведениями обладают разработчики топливоподающей системы. В качестве критерия виброн нагруженности компонента принято использовать такие параметры, как пиковое значение амплитуды виброускорения и его узкополосный спектр в частотном диапазоне от 2 до 5000 Гц.

Программа испытаний с учетом изложенного выше включала в себя замер общих пиковых значений виброускорений на компонентах топливной системы, преобразование полученных данных в зависимости пиковых значений виброускорений от частоты вращения коленчатого вала двигателя и спектра частот вибраций, сравнение этих зависимостей с предельно допустимыми значениями, полученными в ходе испытаний компонента на вибростендах.

Исследования проводили на одном из наиболее напряженных элементов топливной системы Common Rail – датчике давления в топ-

ливном аккумуляторе RDS 4.2 производства компании Robert Bosch GmbH, устанавливаемом на двигателях ММЗ Д245.7Е4. Предельно допустимые значения вибрационной нагрузки для данного датчика из технической документации [7] приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Предельно допустимые значения
вибрационной нагрузки
для датчика давления RDS 4.2**

Синусоидальная вибрация	Случайная вибрация
$s = 0,23$ мм при 70–147 Гц, $a = 198$ м/с ² при 147–1350 Гц, $a = 165$ м/с ² при 1350–2000 Гц	СПУ = 4,50 (м/с ²) ² /Гц при 10 Гц, СПУ = 4,50 (м/с ²) ² /Гц при 100 Гц, СПУ = 0,23 (м/с ²) ² /Гц при 300 Гц, СПУ = 9,00 (м/с ²) ² /Гц при 500 Гц, СПУ = 9,00 (м/с ²) ² /Гц при 2000 Гц
Примечания: s – виброперемещение; a – виброускорение; СПУ – спектральная плотность ускорения.	

Вибрацию элементов поршневого двигателя можно разделить на синусоидальную и случайную. Синусоидальная вибрация зависит от частоты возбуждения. Взаимосвязь между виброускорением, скоростью и перемещением постоянная:

$$v = 2\pi fs; \tag{1}$$

$$a = (2\pi f)^2 s, \tag{2}$$

где v – виброскорость, м/с; f – частота, Гц.

При синусоидальной вибрации нужно рассмотреть одновременно все показатели: виброперемещение, виброскорость и виброускорение.

Кривая СПУ, образованная значениями из табл. 1, описывает случайную вибрацию, т. е. на каких частотах колебаний вибрации сильные и слабые. Случайная вибрация – это процесс, который не является детерминированным (поведение не может быть точно предсказано). Например, движение автомобиля по неровной дороге. Поэтому случайная вибрация характеризуется возбуждением, а не определенной частотой или формой колебаний.

Для получения всех перечисленных выше параметров измерительная аппаратура должна обеспечить измерение пиковых значений виброускорения общей вибрации компонента и частоты вращения коленчатого вала двигателя за определенный отрезок времени. Путем математических преобразований результатов измерений возможно получить:

- СКЗ виброускорения по частоте вращения коленчатого вала двигателя;
- пиковые значения виброускорения по частоте вращения коленчатого вала двигателя;
- пиковые значения виброускорения по частоте колебаний;
- СПУ по частоте и т. д.

Методика испытаний. Двигатель Д245.7Е4 был установлен на моторный стенд фирмы Mezservis на четырех резинометаллических амортизаторах, аналогично его установке на автомобиль ГАЗ-3309. При помощи двухкомпонентного клея НВМ Х60 вибрационные преобразователи были установлены в двух точках – RDS и RDSA – в соответствии с технической документацией. Точка RDS находится непосредственно на теле датчика давления в топливном аккумуляторе, а точка RDSA – на топливном аккумуляторе в месте крепления датчика давления (рис. 2). Имя точки вместе

с ориентацией датчика (табл. 2) вводится в программу для измерений в персональном компьютере (ПК) для записи сигнала.



Рис. 2. Установка вибрационных датчиков на аккумулятор топлива

Вибрационные измерения проводили на моторном стенде во всем диапазоне внешней скоростной характеристики двигателя [8]. Для вибрационных измерений использовали следующее оборудование (рис. 3):

- трехкомпонентный вибрационный преобразователь (акселерометр);
- преобразователь сигналов DATaRec с блоком питания;
- блок разрывов цепей (Breakout Box);
- ПК со специальным программным обеспечением;
- моторный испытательный стенд.

Таблица 2

Ориентация вибрационных преобразователей

Точка замера	Название точки замера	Изображение	Ориентация осей датчика	Примечание
Датчик давления топлива в аккумуляторе топлива	RDS		<p>Y: радиальное</p> <p>Z: продольное</p> <p>X: тангенциальное</p>	Ориентация осей датчика к осям компонента
Топливный аккумулятор (место крепления датчика давления топлива)	RDSA		<p>Z: радиальное</p> <p>X: тангенциальное</p> <p>Y: продольное</p>	

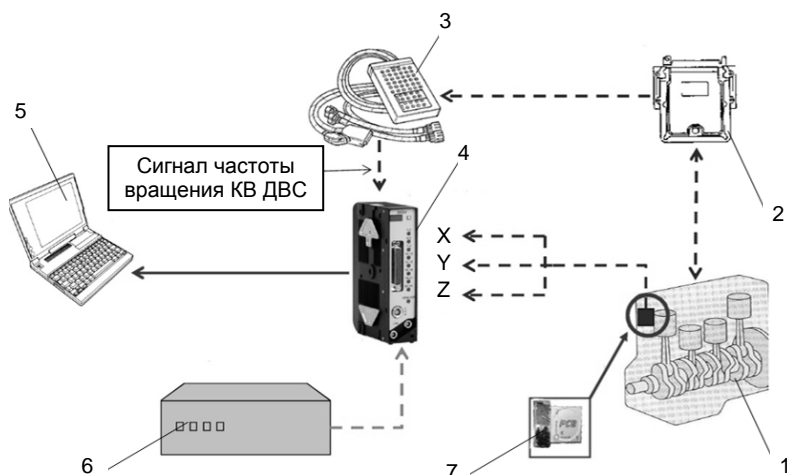


Рис. 3. Схема подключения оборудования для вибрационных измерений: 1 – двигатель; 2 – ЭБУ двигателем; 3 – блок разрывов цепей; 4 – преобразователь сигналов DATArec; 5 – ПК со специальным программным обеспечением для вибрационных измерений; 6 – источник питания; 7 – вибрационный преобразователь

Трехкомпонентные вибрационные преобразователи фирмы PCB Piezotronics модели 356B11 являются пьезоэлектрическими. Преобразователи созданы на основе пьезоэлектрических интегральных микросхем (ICP) и содержат встроенные микроэлектронные схемы формирования сигнала [9].

Преобразователь сигналов HEIM DATArec DIC24 с 24 каналами выполняет функции сбора данных. Модуль работает совместно с программой пользовательского интерфейса EdasWin 12.94 (подключение к ПК через USB 2.0). Каждый входной канал является полностью независимым и состоит из усилителя, преобразователя и фильтра защиты от наложения спектров. Особенностью модуля является то, что один из входных каналов используется для записи частоты вращения коленчатого вала (1/мин) [10].

Блок разрыва цепей предназначен для параллельного подключения к электронному блоку управления (ЭБУ) с целью контроля входных и выходных сигналов, а также поиска неисправностей в системах автомобиля. В данном случае он использовался для снятия и передачи сигнала частоты вращения коленчатого вала двигателя от ЭБУ к модулю HEIM DATArec DIC24.

Моторный испытательный стенд с динамометром постоянного тока SDG280KS6DYN фирмы Meszservis использовали для технологической обкатки и приемо-сдаточных испытаний дизельных двигателей. Система управления данным стендом позволила выйти на требуемый для вибрационных измерений режим.

Результаты измерений и их анализ. Как уже упоминалось ранее, результатом вибраци-

онных измерений является запись пиковых значений виброускорения по времени в трех направлениях с каждого акселерометра и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Запись была обработана при помощи программы xmfAnalyse, предоставленной фирмой Robert Bosch GmbH. При оценивании использовали фильтр нижних частот 80 дБ/октава – частота дискретизации 12,5 кГц, полоса пропускания 6,1 Гц.

Результатом обработки стал график (рис. 4а), на котором изображены зависимости пиковых значений виброускорений от частоты вращения коленчатого вала. Оценку виброустойчивости компонента по СПУ не проводили.

Как видно из графика (рис. 4), превышены максимально допустимые пиковые значения виброускорения на датчике в топливном аккумуляторе при частотах вращения коленчатого вала двигателя в диапазоне от $n = 2000$ об/мин до $n = 2400$ об/мин. Так как полученные значения находятся выше максимально допустимых (профайлов), был сделан вывод о возможной некорректной работе датчика давления или о выходе со временем его из строя.

Требовалась доработка конструкции крепления топливного аккумулятора, что и было сделано путем:

- увеличения диаметра втулок крепления топливного аккумулятора (рис. 5);
- установки демпфирующей стяжки на трубки высокого давления от топливного насоса высокого давления (ТНВД) к топливному аккумулятору (рис. 5).

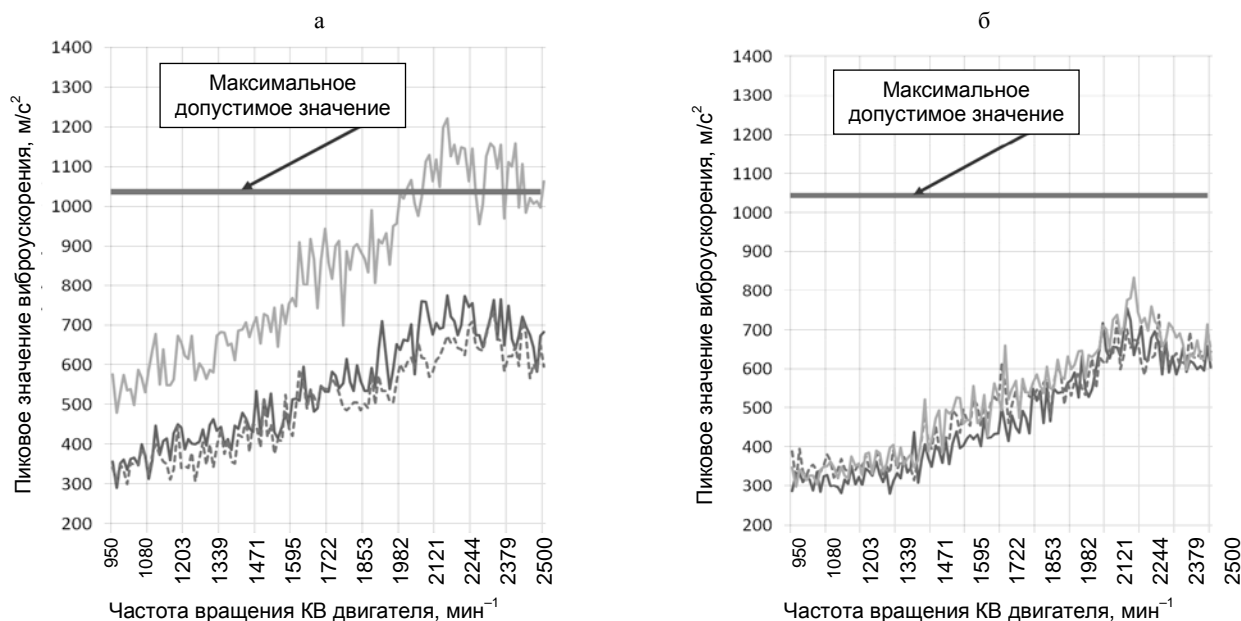


Рис. 4. Зависимость пиковых значений виброускорений датчика давления топливного аккумулятора от частоты вращения коленчатого вала (КВ) двигателя: а – до доработки конструкции крепления топливного аккумулятора; б – после доработки конструкции крепления топливного аккумулятора; — — — тангенциальное направление; - - - - радиальное направление; — · — · — продольное направление

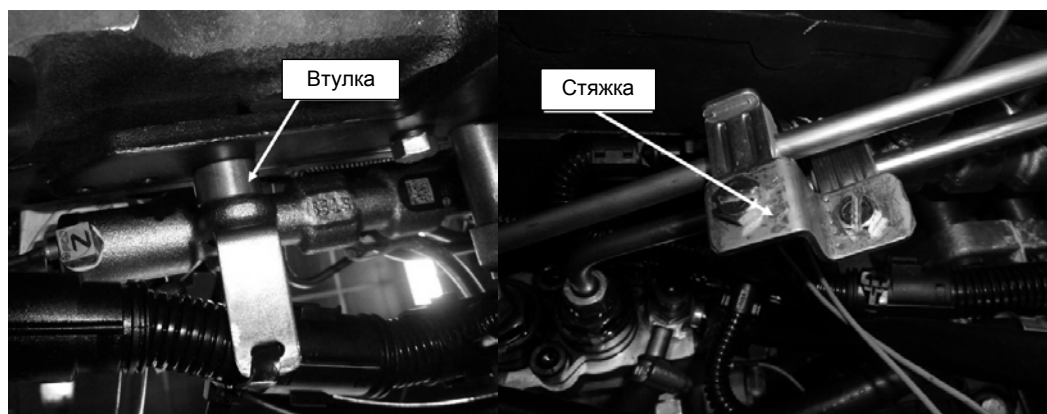


Рис. 5. Установка увеличенных по диаметру втулок крепления аккумулятора топлива и демфирующей стяжки на трубки высокого давления от ТНВД к аккумулятору топлива

Данные мероприятия были направлены на увеличение жесткости крепления топливного аккумулятора. Результаты повторных измерений показали уменьшение максимально пикового значения виброускорения на 400 единиц (рис. 4б). Так как все полученные величины находятся ниже максимально допустимого уровня, сделан вывод о достижении условий надежной работы компонента и допуске к применению в составе данного двигателя.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены программа и методика проведения экспериментальных работ по оценке виброн нагруженности компонентов системы топливоподачи Common Rail на примере автомобильного дизеля ММЗ Д245.7Е4.

2. Обоснована необходимость применения вибрационных измерений компонентов системы топливоподачи Common Rail на этапе ее адаптации.

3. Приведены методы уменьшения вибрационной нагрузки на датчик давления топливного аккумулятора и результаты их применения на двигателе Д245.7Е4.

1. **Системы** управления дизельными двигателями: пер. с нем. / Robert Bosch GmbH. – М.: «КЖИ «За рулем», 2004. – 480 с.
2. **Вибрация.** Термины и определения: ГОСТ 24346–80. – Введ. 31.07.1980. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1992. – 32 с.
3. **Гольдин, А. С.** Вибрация роторных машин / А. С. Гольдин. – М.: Машиностроение, 1999. – 344 с.
4. **Агрегаты** паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений: ГОСТ 25364–97. – Введ. 01.08.1999. – М.: Технический секретариат Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 12 с.
5. **Двигатели** тракторные и комбайновые. Виброакустические показатели и методы испытаний: СТБ ГОСТ Р 52914–2010. – Введ. 02.09.2010. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2010. – 20 с.
6. **Комплексная** система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний: ГОСТ 20.57.406–81. – Введ. 01.01.82. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 2011. – 135 с.
7. **High-Pressure** Sensor for Diesel Common Rail, RDS4.2: Technical Customer Information: Document No 0 261 K00 499 / Robert Bosch GmbH. – 33 p.
8. **Двигатели** автомобильные. Методы стеновых испытаний: ГОСТ 14846–81. – Введ. 01.01.82. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 2012. – 44 с.
9. **Accelerometer** ICP, Triaxial 356B11: Technical Specification: Document No 32784 / PCB Piezotronics, Inc. – 1 p.
10. **DATARec** 4Dic24: Technical Specification: Document No 54054106 / ZODIAC Data Systems GmbH. – 2 p.

1. **Bosch.** *Control Systems for Diesel Engines.* Moscow, Book Publishing House “Behind the Wheel”, 2004 (in Russian).
2. **State Standard 24346–80.** *Vibration. Terms and Definitions.* Moscow, USSR State Committee for Standards, 1992 (in Russian).
3. **Goldin, A. S.** (1999) *Vibration of Rotary Machines.* Moscow, Mashinostroenie (in Russian).
4. **State Standard 25364–97.** *Stationary Steam-Turbine Units. Vibration Norms for Shaft Line Supports and General Requirements for Performing Measurements.* Moscow, Technical Secretariat of Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 1999 (in Russian).
5. **State Standard P 52914–2010.** *Tractor and Combine Harvester Engines. Vibro-Acoustic Indices and Test Methods.* Minsk, GosStandart of the Republic of Belarus, 2010 (in Russian).
6. **State Standard 20.57.406–81.** *Complex Quality Control System. Electronic, Quantum Electronics and Electrical Products Test Methods.* Moscow, USSR State Committee for Standards, 2011 (in Russian).
7. **High-Pressure Sensor for Diesel Common Rail, RDS4.2.** Technical Customer Information, Document No 0 261 K00 499. Robert Bosch GmbH (Unpublished Source).
8. **State Standard 14846–81.** *Automobile Engines. Bench-test Methods.* Moscow, USSR State Committee for Standards, 2012 (in Russian).
9. **Accelerometer ICP, Triaxial 356B11.** Technical Specification, Document No 32784. PCB Piezotronics, Inc (Unpublished Source).
10. **DATARec 4Dic24.** Technical Specification, Document No 54054106. ZODIAC Data Systems GmbH (Unpublished Source).

Поступила 10.04.2014

УДК 624.04:531.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЯ НА МОСТ НА НЕРОВНОМ ПОКРЫТИИ

Кандидаты техн. наук, доценты **ВЕРБИЦКАЯ О. Л., ЗИНЕВИЧ С. И., ШЕВЧУК Л. И.**

Белорусский национальный технический университет

E-mail: ftk75@bntu.by

В настоящее время в транспортном потоке на территории Республики Беларусь значительный объем занимают большегрузные автомобили, и неровности на проезжей части мостов существенно усиливают нагрузку на их несущие элементы, а также вызывают вибрацию пролетных строений. Это приводит к быстрому износу и сокращению сроков между ремонтами мостов. Данная проблема еще не достаточно хорошо изучена и актуальна. Для прогноза и оценки износа мостовых конструкций требуется уточнение расчетных моделей, в которых бы учитывалось динамическое воздействие большегрузного транспорта, вызванное движением по неровному покрытию мостов.