



### ВЕДЕНИЕ

Исследование эксплуатационных изменений характеристик автомобильных сайлентблоков в настоящее время является актуальной научной задачей [1] для решения которой требуется специальное исследовательское оборудование. В связи с этим на кафедре «Автомобили» ВСГУТУ разработан стенд (рис. 1), позволяющий получать силовые характеристики сайлентблоков, как в статическом, так и в динамическом режимах [2].

Порядок проведения испытаний на стенде следующий. Испытуемый сайлентблок 9 запрессовывается в рычаг 8 и закрепляется на раме стенда. Другой конец рычага соединяется с ползуном кривошипно-шатунного механизма 5-7, вращение которого осуществляется от элементов привода 1-4. Перемещение ползуна вызывает качание рычага, что приводит к закручиванию сайлентблока. Усилие от закручивания измеряется на конце рычага при помощи датчика силы 10, передающего сигнал через усилитель 11, аналого-цифровой преобразователь 12 в электронно-вычислительную машину 13. При испытаниях также измеряется вертикальное перемещение конца рычага при помощи датчика 14. Элементы привода: частотный преобразователь 1, электродвигатель 2, цепной вариатор 3 и редуктор 4 позволяют изменять частоту колебаний рычага стенда в диапазоне от 0 до 1,16 Гц.

Проведение испытаний сайлентблоков с использованием стенда выявили существенный недостаток его конструкции, проявляющийся

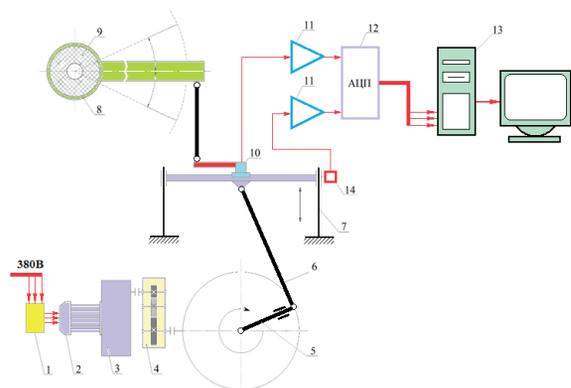


Рисунок 1 – Структурная схема стенда для исследования силовых характеристик сайлентблоков.

- 1 – частотный преобразователь,
- 2 – электродвигатель, 3 – вариатор,
- 4 – редуктор, 5 – кривошип, 6 – шатун,
- 7 – направляющее устройство, 8 – рычаг подвески, 9 – испытуемый сайлентблок,
- 10 – датчик силы, 11 – усилитель, 12 – аналого-цифровой преобразователь, 13 – компьютер,
- 14 – датчик перемещения

в невозможности обеспечить одинаковый характер перемещения рычага на различных режимах. При испытаниях на малых частотах наблюдались значительные искажения характеристики перемещения рычага стенда при прохождении верхней и нижней мертвых точек. На повышенных частотах такой аномалии не наблюдалось. На рис. 2 представлены нормированные по времени сигналы датчика перемещения рычага стенда при испытаниях одного и того же сайлентблока с частотой 0,17 Гц и 1,33 Гц, иллюстрирующие проявление описанной проблемы. Данные графики характеризуют входное управляющее воздействие на сайлентблок и в идеальном случае они должны совпадать или быть очень схожи друг с другом. Различие характера управляющих воздействий делает невозможным выполнение анализа полученных силовых характеристик сайлентблоков в целях решения поставленной научной задачи. Причиной возникновения, описанной ситуации является малая мощность привода стенда, соизмеримая с мощностью нагрузки (сайлентблока). В связи изложенным конструкция стенда была модернизирована.

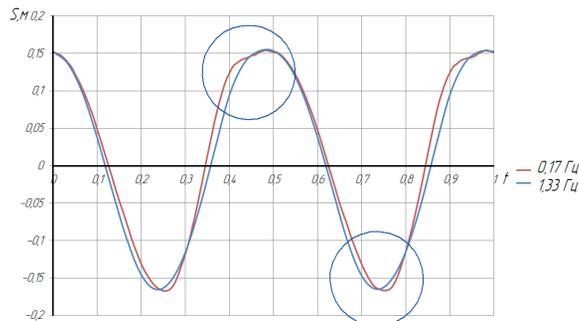


Рисунок 2 – Искаженный сигнал перемещения

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для обеспечения стабильного характера управляющих воздействий стенд был доработан следующим образом (рис. 3). Электродвигатель стенда 2 мощностью 4,5 кВт был заменен на более мощный двигатель 11 кВт. В состав стенда дополнительно включен маховик 6 для аккумуляции и отдачи кинетической энергии при изменении нагрузки на привод стенда со стороны сайлентблока и кривошипно-шатунного механизма. Из соображений безопасности в качестве маховика использован неисправный электродвигатель, ротор которого имеет момент инерции примерно равный 0,35 кг·м<sup>2</sup>. Аккумулятор кинетической

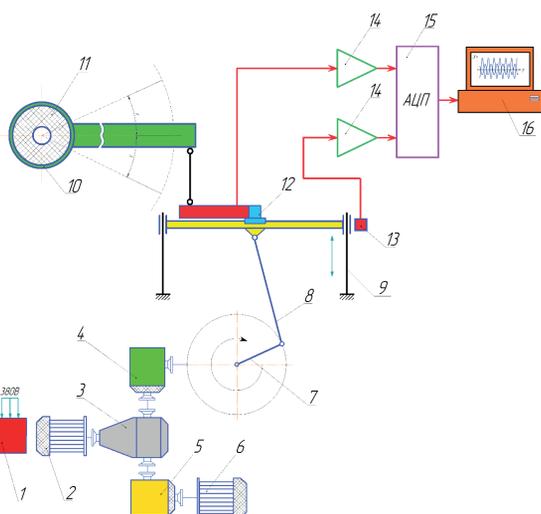


Рисунок 3 – Структурная схема модернизированного стенда.  
1 – частотный преобразователь, 2 – электродвигатель, 3 – редуктор, 4 – коробка перемены передач ВА3-2109, 5 – мультипликатор, 6 – маховик, 7 – кривошип, 8 – шатун, 9 – направляющее устройство, 10 – рычаг подвески, 11 – испытуемый сайлентблок, 12 – датчик силы, 13 – датчик перемещения компьютер, 14 – усилитель, 15 – аналого-цифровой преобразователь, 16 – компьютер

энергии включен в схему стенда параллельно и приводится во вращение от мультипликатора 5, выполненного на основе коробки перемены передач ВА3-2109. Вращение мультипликатора осуществляется со стороны заблокированного дифференциала. Возможность изменять передаточное число мультипликатора позволяет поддерживать обороты маховика в режиме безопасного функционирования, не превышающего 2200 об/мин, не зависимо от скорости вращения вала электродвигателя стенда.

Привод кривошипно-шатунного механизма 7, 8 стенда осуществляется через отдельную коробку перемены передач 4 ВА3-2109, включенную в стенд по обычной схеме. Наличие коробки передач и частотного преобразователя 1 позволяют изменять обороты кривошипа стенда в диапазоне от 0,54 до 218 об/мин. Вращение входных валов мультипликатора и коробки перемены передач кривошипно-шатунного механизма осуществляется от редуктора 3 заднего моста Toyota Mark II с заблокированным дифференциалом. Последний приводится во вращение от электродвигателя стенда, частота вращения которого регулируется частотным преобразователем.

В состав модернизированного стенда также входят: направляющее устройство 9, рычаг подвески 10, испытуемый сайлентблок 11, датчик силы 12, датчик перемещения 13, усилитель 14, аналого-цифровой преобразователь 15 и компьютер 16.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выполненная модернизация стенда позволила обеспечить стабильность управляющего воздействия на всех режимах испытания сайлентблоков. На рис. 4 представлены нормированные характеристики перемещения рычага, полученные после модернизации стенда. Графики показывают, что после внесенных изменений стенд позволяет задавать практически идентичное тестовое воздействие на сайлентблок на различных режимах испытаний.

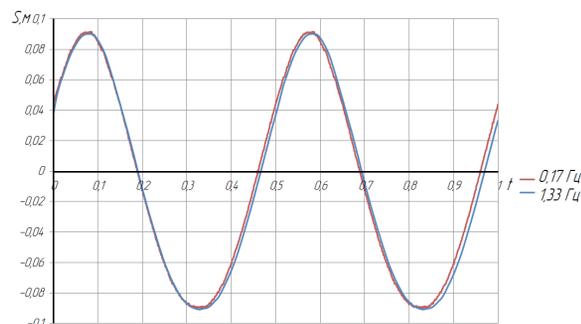


Рисунок 4 – Сигнал перемещения, полученный после модернизации стенда

Стабильность и одинаковый характер управляющих воздействий позволяют исключить из дальнейших исследований аргумент времени и проводить анализ функционирования сайлентблока по его силовым характеристикам (рис. 5).

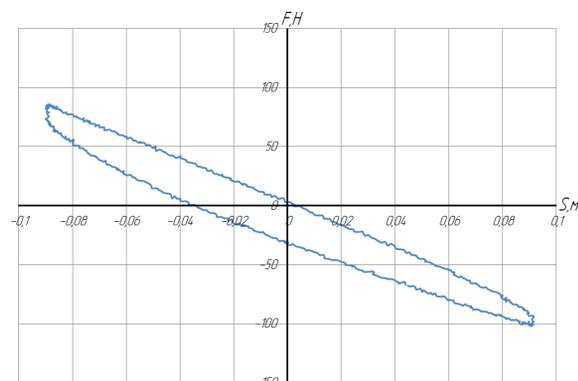


Рисунок 5 – Силовая характеристика сайлентблока

В данном случае силовой будет являться фазовая динамическая характеристика [3], представляющая зависимость усилия, развиваемого сайлентблоком, от величины его деформации. Фазовые динамические характеристики по сравнению с временными характеристиками обладают более высокой чувствительностью к изменению параметров технического состояния объектов [4,5,6], что в свою очередь создает предпосылки для разработки высокоэффективного и информативного метода диагностирования сайлентблоков.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К вопросу об определении технического состояния сайлентблоков в процессе эксплуатации автотранспортных средств / Д.А. Тихов-Тинников, В.С. Барадиев // Автомобиль для Сибири и Крайнего Севера: Конструкция, эксплуатация, экономика 90-я Международная научно-техническая конференция Ассоциации автомобильных инженеров / ИРНИТУ. – Иркутск, 2015. – С. 352-355.

2. Федотов А.И. Оборудование для экспериментального определения силовых характеристик автомобильных сайлентблоков / А.И. Федотов, Д.А. Тихов-Тинников, В.С. Барадиев // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 8 (115). С. 176-181.

3. Федотов А.И. Диагностика пневматического тормозного привода автомобилей на основе компьютерных технологий: Дис. доктора техн. наук: 05.20.03: защищена 17.03.1999: утв. 01.10.1999 / А.И. Федотов; науч. консультант И.П. Терских; ИргСХА. – Иркутск, 1999. – 506 с.

4. Федотов А.И. Технология и организация диагностики при сервисном сопровождении / А.И. Федотов; М.: Академия, 2015. 352 с.

5. Федотов А.И. Диагностика автомобиля: учебник для вузов / А.И. Федотов; ИргТУ. – Иркутск: ИргТУ, 2012. – 468 с.

6. Сергеев А.Г. Точность и достоверность диагностики автомобилей / А.Г. Сергеев; М.: Транспорт, 1980. – 188 с.

## MODERNIZATION OF THE STAND FOR DETERMINING THE FORCE CHARACTERISTICS OF THE SUSPENSION BUSHES SUSPENSION VEHICLES

*D.A. Tihov-Tinnikov, V.S. Baradiev, A.V. Bykov, V.G. Vlasov*

**Abstract.** *The article discusses the modernization of stand to obtain a stable control action on the test cushion, the car's suspension. The paper describes the procedure of testing bushings on the stand presented events for improvement of experimental equipment. The characteristics of the control action on the bushing, obtained with the upgraded stand, modes of 0.17 and 1.33 Hz. The performed work and the obtained results allow to conclude about the suitability of the upgraded stand for research of silent blocks in order to develop highly effective and informative method of diagnosis.*

**Keywords:** *suspension bushing, rubber joint, experimental equipment, modernization, diagnostics.*

### REFERENCES

1. Tihov-Tinnikov D.A., Baradiev V.S. K voprosu ob opredelenii tekhnicheskogo sostoyaniya sajlentblokov v processe ehkspluatacii avtotransportnyh sredstv [The issue of determining the technical state of the bushing in the process of operation of motor vehicles], *Avtomobil' dlya Sibiri i Krajnego Severa: Konstrukciya, ehkspluataciya, ehkonomika 90-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya Associacii avtomobil'nyh inzhenerov* [Car for Siberia and the far North: the Design, operation, economy, 90th international scientific and technical conference of

the Association of automotive engineers]. *Irkutsk, 2015, pp. 352-355.*

2. Fedotov A.I., Tihov-Tinnikov D.A., Baradiev V.S. *Oborudovanie dlya ehksperimental'nogo opredeleniya silovyh harakteristik avtomobil'nyh sajlentblokov* [Equipment for experimental determination of the force characteristics of automotive suspension bushes], *Vestnik Irgtu*, 2016, no 8 (115), pp. 176-181.

3. Fedotov A.I. *Diagnostika pnevmaticheskogo tormoznogo privoda avtomobilej na osnove komp'yuternyh tekhnologij* [Diagnostics of pneumatic brake drive of vehicles on the basis

of computer technologies], dissertaciya doktora tekhnicheskikh nauk 05.20.03, zashchishchena 17.03.1999, utverzhdena 01.10.1999 [Dissertation of doctor of technical sciences 05.20.03], Irkutsk, IrGSKHA, 1999, 506 p.

1. Fedotov A.I. Tekhnologiya i organizaciya diagnostiki pri servisnom soprovozhdenii [Technology and organization of diagnosis in the service support]. Moscow, Akademiya, 2015. 352 p.

2. Fedotov A.I. Diagnostika avtomobilya: uchebnik dlya vuzov [Vehicle diagnostics: textbook for universities]. Irkutsk, IrGTU, 2012. 468 p.

3. Sergeev A.G. Tochnost' i dostovernost' diagnostiki avtomobilej [The accuracy and reliability of diagnostics of cars]. Moscow, Transport, 1980. 188 p.

*Тихов-Тинников Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Автомобили», ФГБОУ ВО Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, 8(3012)41-08-04, 8-9025-63-11-43, dm\_tt@mail.ru. 670013, Республика Бурятия, г.Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В, строение 1.*

*Барадиев Виктор Сергеевич, ассистент кафедры «Автомобили», ФГБОУ ВО Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, 8(3012)41-08-04, 8-902-451-7707, vsgutu-ka@mail.ru.670013, Республика Бурятия, г.Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В, строение 1.*

*Быков Александр Владимирович, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО Восточно-Сибирский государственный университет тех-*

*нологий и управления, г. Улан-Удэ, 8(3012) 41-08-04, 8-902-168-86-79, pkesstu@mail.ru. 670013, Республика Бурятия, г.Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В, строение 1.*

*Власов Валерий Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры «Математика» ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, тел. 8-3952-40-51-76, e-mail: vlasov@istu.edu.664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.*

*Dmitriy A. Tihov-Tinnikov, Candidate of technical sciences, Head of the Automobile Department, East Siberia State University of Technology and Management, tel.: 8(3012)41-08-04, 8-9025-63-11-43, e-mail: dm\_tt@mail.ru. 40V, Klyuchevskaya St, Ulan-Ude, 670013.*

*Victor S. Baradiev, assistant, East Siberia State University of Technology and Management, tel.: 8(3012)41-08-04, 8-902-451-7707, vsgutu-ka@mail.ru. 40V, Klyuchevskaya St, Ulan-Ude, 670013.*

*Aleksandr V. Bykov, Candidate of technical sciences, East Siberia State University of Technology and Management, tel.: 8(3012)41-08-04, 8-902-168-86-79, pkesstu@mail.ru. 40V, Klyuchevskaya St, Ulan-Ude, 670013.*

*Valery G. Vlasov, Doctor of physic-mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department "Mathematics", Irkutsk National Research Technical University, tel.: 8-3952-40-51-76, e-mail: vlasov@istu.edu. 83, Lermontov St., Irkutsk, 664074.*

.....