

DOI: 10.18721/JEST.230117

УДК 62–314.1

*Н.В. Бабанин, Е.Е. Корчагина*

## ДЕМПФЕР ПАРАЗИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Объектом исследования является разработанный авторами демпфер, снижающий паразитные колебания остова транспортного средства за счет автоматического увеличения сил сопротивления в его магистралях. Демпфер устанавливается в подвеске любого автомобиля — грузового либо легкового. С целью выявления эффективности влияния установки демпфера на плавность хода и на важнейшие эксплуатационные качества автомобиля (производительность и топливная экономичность) проведен расчет разработанной конструкции демпфера. На основе амплитудно-частотной характеристики сделаны выводы о снижении паразитных колебаний остова автомобиля с помощью демпфера. Исследования подтверждают эффективность применения демпфера, так как за счет его диссипативных свойств происходит уменьшение амплитуды спектра в среднем до 60 %.

ДЕМПФЕР; ПАРАЗИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ; АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДРОССЕЛИРОВАНИЕ; ПОДВЕСКА АВТОМОБИЛЯ.

*Ссылка при цитировании:*

Н.В. Бабанин, Е.Е. Корчагина. Демпфер паразитных колебаний// Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2017. Т. 23. № 1. С. 179–183. DOI: 10.18721/JEST.230117

*N.V. Babanin, E.E. Korchagina*

## PARASITIC OSCILLATION DAMPER

The object of the study is the damper developed by the authors that reduces parasitic oscillations of the core of the vehicle by automatically increasing the resistance forces in its mains. The damper is installed in the suspension of any vehicle or freight cars. In order to test the effectiveness of the installation effect of the damper for smooth running and maintaining the key characteristics of the car (performance and fuel economy). We have performed simulations of the damper design developed. We have drawn conclusions about reducing parasitic oscillations of the core of the car with the help of the damper on the basis of the frequency response. Studies have confirmed the effectiveness of the damper, since due to its dissipation characteristics a reduction of up to 60 % in the average amplitude range is achieved.

DAMPER; PARASITIC OSCILLATIONS; AUTOMATIC THROTTLING; THE CAR'S SUSPENSION.

*Citation:*

N.V. Babanin, E.E. Korchagina, Parasitic oscillation damper, St. Petersburg polytechnic university journal of engineering sciences and technology, 23 (1) (2017) 179–183, DOI: 10.18721/JEST.230117

### Введение

Важным свойством демпфера является уменьшение добротности той колебательной системы, в которой он установлен. Давно известно, что весьма эффективный способ гаше-

ния паразитных колебаний — это песок, который снижает колебания за счет трения песчинок между собой, но ввиду истирания песчинок и высоких абразивных свойств, громоздкой конструкции этот способ на практике не зарекомен-

довал себя. Наиболее целесообразно использовать гидравлические демпферы, как более компактные, недорогие и ремонтпригодные [1].

Целью наших исследований было разработать и провести расчет демпфера паразитных колебаний, который бы автоматически регулировал демпфирование подвески автомобиля за счет увеличения и уменьшения сопротивления потока путем изменения щелевого окна в демпфере, без всяких дополнительных электроустройств.

В статье изложены результаты только теоретических исследований, не подтвержденные пока экспериментально, что несколько снижает их научную ценность.

Была разработана конструкция, которая представлена на рис. 1.

Принцип действия демпфера состоит в следующем: на входе демпфера 14 нагнетается поток жидкости, которая поступает в надпоршневое окно 12 и протекает через жиклер 13 круглого

сечения диаметром 2–5 мм; из-за увеличения расхода жидкости  $Q$  в окне 12 растет перепад давления  $\Delta P$ , увеличивая силу давления  $R$  на двухходовой конический поршень 2 перемещая его вниз, при этом поршень 2, соединен с пакетом тарельчатых пружин 3, 4 разных жесткостей.

Соответственно нижняя часть 7 двухходового поршня 2 также перемещается вниз и уменьшает щелевое окно  $S$  между поршнем 7 и нижней крышкой 8, что приводит к росту силы вязкостного трения  $R_{тр}$  и повышению сопротивления на выходе из демпфера 14, увеличивая тем самым коэффициент демпфирования и соответственно повышая эффективность подвески автомобиля.

Расчет демпфера пройдет двумя путями. Первый путь складывается из расчета демпфера и построения его характеристики. Второй — из расчета модернизированной подвески автомобиля (с демпфером) и сравнения с базовой подвеской [1–4].

Итак, первый путь расчет дросселя (см. рис. 1) проводится следующим образом.

Составляем расчетную схему сил, действующих на поршень (рис. 2).

Сила  $R$  зависит от перепада давления на входе в дроссель  $\Delta P_1$ . С увеличением расхода  $Q$  перепад  $\Delta P_1$  растет, увеличивая силу давления  $R$  на площадь поршня  $S_{п}$ , что приводит к уменьшению щелевого окна  $S$ . Изменение щелевого окна  $S$  зависит от силы  $R$  и жесткости тарельчатых пружин  $C_{тар}$ .

Во-первых, необходимо задать расход, в данном случае — переменный расход по формуле

$$Q = 2 \sin(3,5x) \quad (1)$$

и подставить его в формулу (2), найдя тем самым силу давления  $R$  на поршень дросселя [5–8]:

$$\Delta R = \frac{Q^2 \rho S_n}{4(0,785d^2)2\mu^2}, \quad (2)$$

где  $Q$  — расход жидкости, м<sup>3</sup>/с;  $\rho$  — плотность авиационно-гидравлического масла (АМГ-10), кг/м<sup>3</sup>;  $d$  — диаметр жиклера, мм;  $\mu$  — коэффициент пропускной способности канала;  $S_{п}$  — площадь поршня, 0,277 мм<sup>2</sup>.

Расчитанную по формуле (2) силу давления  $\Delta R$  на поршень подставим в формулу, определяющую изменение щелевого окна  $\Delta S$  в нижней камере дросселя (см. рис. 1, поз. 15):

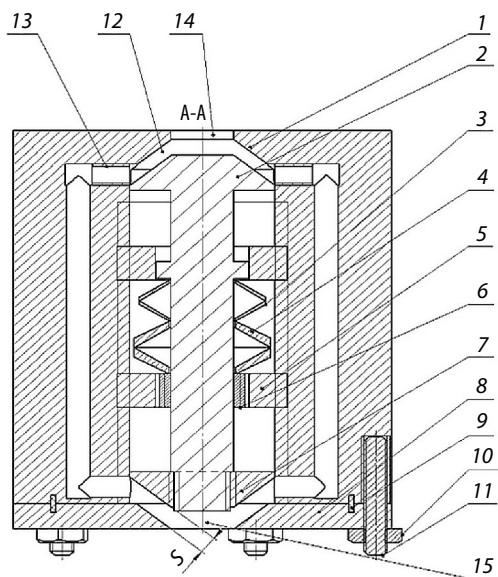


Рис. 1. Демпфер паразитных колебаний:

- 1 — корпус демпфера; 2, 7 — двухходовой конический поршень; 3, 4 — пакеты тарельчатых пружин разной толщины (жесткости); 5 — внешняя гайка; 6 — внутренняя гайка; 8 — нижняя крышка демпфера; 9 — резиновый уплотнитель; 10, 11 — стандартные изделия; 12 — надпоршневое окно; 13 — калиброванные отверстия жиклеров ( $d = 5$  мм); 14 — вход в дроссель; 15 — выход из дросселя

$$\Delta S = \frac{\Delta R}{C_{\text{тар}}}, \quad (3)$$

где  $C_{\text{тар}}$  — жесткость тарельчатых пружин 55 Н/мм<sup>2</sup>.

Во-вторых, зная, как изменяется щелевое окно (см. рис. 1, поз. 15), и задав соответствующую жесткость пакетов тарельчатых пружин (см. рис. 1, поз. 3, 4), а также плотность используемого масла (в данном случае АМГ-10), можно рассчитать скорость потока жидкости в магистралях демпфера:

$$V = \sqrt{\frac{2C_{\text{тар}}\Delta S}{\rho S_n}}. \quad (4)$$

Скорость, рассчитанная по формуле (4), позволит найти коэффициент сопротивления или силу вязкостного трения:

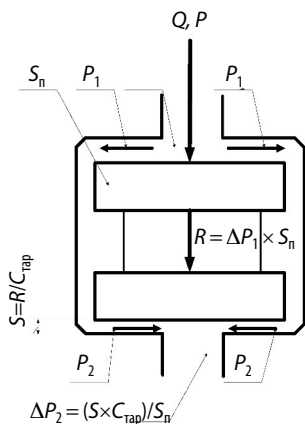


Рис. 2. Расчетная схема сил, действующих в дросселе

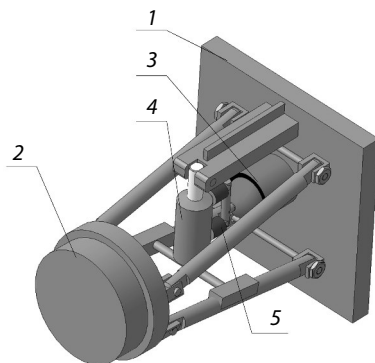


Рис. 4. Проектируемая подвеска автомобиля:

1 — остов; 2 — ступица; 3 — пневмо-аккумулятор; 4 — гидроцилиндр; 5 — демпферы

$$R_{\text{тр}} = \frac{320V\rho}{\Delta Sd}. \quad (5)$$

Далее, зная силу трения, рассчитанную по формуле (5), и изменение щелевого окна (3), можно проследить характер изменения силы трения от изменения щели в демпфере. Для этого построим зависимость изменения сил трения  $\Delta R_{\text{тр}}$  от щелевого окна  $\Delta S$  (рис. 3).

В заключение найдем коэффициент демпфирования для разрабатываемой подвески автомобиля

$$K = \frac{R_{\text{тр}}}{2m}, \quad (5)$$

где  $K$  — коэффициент демпфирования,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$ ;  $R_{\text{тр}}$  — сила вязкостного трения, Н;  $m$  — масса остова автомобиля, кг.

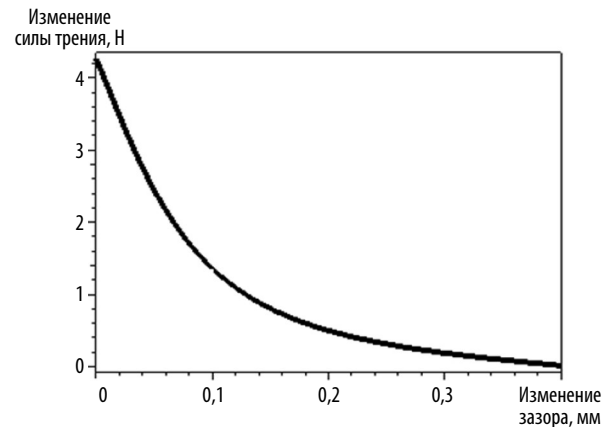


Рис. 3. Зависимость изменения силы трения  $\Delta R_{\text{тр}}$  от изменения щелевого окна  $\Delta S$

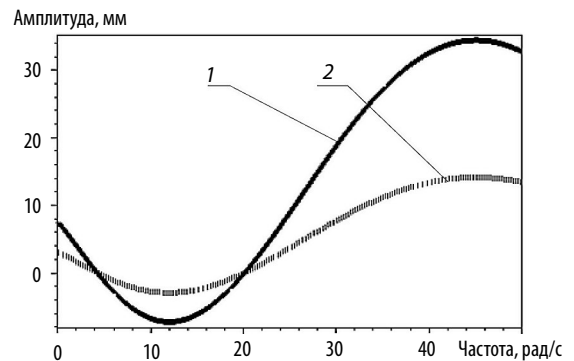


Рис. 5. АЧХ подвески автомобиля:

1 — амплитуда колебаний подвески для серийного варианта;  
2 — то же для модернизируемой подвески

Второй путь исследования сложится из описания конструкции подвески автомобиля и ее расчета (рис. 4).

Важной особенностью проектируемой подвески автомобиля является отсутствие витых пружин. В роли пружины здесь выступает инертный газ (азот) в аккумуляторе 3, а гаситель вертикальных ускорений — демпфер 5. Также следует отметить, что комбинация газа и масла дает нелинейную характеристику в подвеске из-за разного вязкостного трения двух сред, что предупреждает резонансные явления и увеличивает ресурс подвески.

Движение рассматриваемой подвески описывается следующим дифференциальным уравнением [9, 10]:

$$m\ddot{z} + k(\ddot{z}_2 - \ddot{z}_1) + c(z_2 - z_1) = z. \quad (6)$$

Решаем данное уравнение, подставляя в него коэффициенты демпфирования: для серийного

варианта  $K = 2,7$  и проектируемого варианта подвески, рассчитанного по формуле (5),  $K = 3,9$  (рис. 5).

Как показали результаты теоретических исследований, при работе подвески на грунтовой дороге с неровностями до 6–8 см для инерционно-упруго-диссипативной системы (ИУДС) с серийной подвеской амплитудные максимумы колебаний находятся в диапазоне частот 4–8 Гц; с модернизируемой подвеской — в том же диапазоне частот 4–8 Гц, но при этом за счет упругих и диссипативных свойств подвески удалось снизить амплитуду вертикального ускорения до 60–70 % (это видно из (рис. 5)).

### Выводы

Проведенные исследования подтверждают эффективность применения демпфера: за счет его диссипативных свойств происходит уменьшение амплитуды колебаний в среднем до 60 %.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1967. 486 с.
2. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневматика. М.: Машиностроение, 1972. 133 с.
3. Бабанин Н.В. Улучшение плавности хода машинно-тракторного агрегата на базе трактора класса 1,4 с упругодемпфирующим приводом на ведущих колесах // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 100–106.
4. Дьяконов В.Н., Абраменкова И.В. Обработка сигналов и изображений. СПб.: Питер, 2002. 608 с.
5. Кутьков Г.М. Тяговая динамика тракторов. М.: Машиностроение, 1990. 212 с.
6. Ломоносов Ю.Н. Исследование влияния упругих свойств силовой передачи на работу тракторного агрегата: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ломоносов Юрий Николаевич. Москва, 1962. 29 с.
7. Прядкин В.И. Улучшение режимов работы тракторно-транспортного агрегата путем применения пневмогидравлического упругого элемента в приводе ведущих колес: Дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Прядкин Владимир Ильич. Воронеж. 1992. 175 с.
8. Юшкин В.В. Гидравлика и гидравлические машины. Минск: Высшая школа, 1974. 260 с.
9. Кравченко В.А. Исследование эффективности упругого элемента в трансмиссии трактора класса 5 // Известие высших учебных заведений. Технические науки. 2009. №2. С. 95–97.
10. Волков А.М. Уменьшение шума и вибрации подвижного состава. М.: Трансжелдориздат, 1982. 196 с.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**БАБАНИН Николай Викторович** — кандидат технических наук преподаватель Санкт-Петербургского государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Невский машиностроительный техникум». 192174, Санкт-Петербург, ул. Бабушкина, д. 119. E-mail: nikolai-babanin@mail.ru

**КОРЧАГИНА Елена Евгеньевна** — преподаватель Санкт-Петербургского государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Невский машиностроительный техникум». 192174, Санкт-Петербург, ул. Бабушкина, д. 119. E-mail: korchagina@spb-nmt.ru

### REFERENCES

1. Bashta T.M. Gidravlicheskie privody letatelnykh apparatov. M.: Mashinostroenie, 1967. 486 s. (rus.)
2. Bashta T.M. Hidroprivod i gidropnevmatika. M.: Mashinostroenie, 1972. 133 s. (rus.)

3. **Babanin N.V.** Uluchshenie plavnosti khoda mashinno-traktornogo agregata na baze traktora klassa 1,4 s uprugodempfiruiushchim privodom na vedushchikh kolesakh. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*. 2015. № 2. S. 100–106. (rus.)
4. **D'iakonov V.N., Abramenkova I.V.** Obrabotka signalov i izobrazhenia. SPb.: Piter, 2002. 608 s. (rus.)
5. **Kut'kov G.M.** Tiagovaia dinamika traktorov. M.: Mashinostroenie, 1990. 212 s. (rus.)
6. **Lomonosov Iu. N.** Issledovanie vliianiia uprugikh svoistv silovoi peredachi na rabotu traktornogo agregata: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Lomonosov Iurii Nikolaevich. Moskva, 1962. 29 s. (rus.)
7. **Priadkin V.I.** Uluchshenie rezhimov raboty traktorno-transportnogo agregata putem primeneniia pnevmogidravlicheskogo uprugogo elementa v privode vedushchikh koles: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Priadkin Vladimir Il'ich. Voronezh, 1992. 175 s. (rus.)
8. **Iushkin V.V.** Gidravlika i gidravlicheskie mashiny. Minsk: Vysshaia shkola, 1974. 260 s. (rus.)
9. **Kravchenko V.A.** Issledovanie effektivnosti uprugogo elementa v transmisi traktora klassa 5. *Izvestie vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnicheskie nauki*. 2009. №2. S. 95–97. (rus.)
10. **Volkov A.M.** Umen'shenie shuma i vibratsii podvizhnogo sostava. M.: Transzheldorizdat, 1982. 196 s. (rus.)

#### AUTHORS

**BABANIN Nikolai V.** — *St. Petersburg state budgetary professional educational institution «Nevsky Engineering College»*. 192174, St. Petersburg, ul. Grandma, d. 119. E-mail: nikolai-babanin@mail.ru

**KORCHAGINA Elena E.** — *St. Petersburg state budgetary professional educational institution «Nevsky Engineering College»*. 192174, St. Petersburg, ul. Grandma, d. 119. E-mail: korchagina@spb-nmt.ru

**Дата поступления статьи в редакцию: 16.01.2017.**