

УДК 621.332.351+62 – 567.2

Инж. Р. Ф. НАСРЕТДИНОВ

Модель пружинного жидкостно-газового компенсатора натяжения проводов и тросов контактной сети

Аннотация. Рассматривается конструкция пружинно-жидкостно-газового компенсатора натяжения проводов и тросов контактной сети ПЖГ-1 и приводится математическая модель колебаний в условиях линейного и нелинейного сопротивления. Задача совершенствования токосъема на высоких скоростях движения требует эффективного подавления как первого колебания с большой амплитудой, так и последующих колебаний малой амплитуды. Показано, что для получения эффективного подавления первого колебания необходимо наличие нелинейного квадратичного сопротивления, а для подавления последующих колебаний необходимо наличие линейного сопротивления. Благодаря применению жидкостного трения получена квадратичная характеристика сопротивления компенсатора, а с помощью газожидкостного трения получена линейная характеристика сопротивления компенсатора.

Построены кривые положения поршня для больших и малых отклонений на основе решений линейных и нелинейных дифференциальных уравнений движения поршня. Показано, что предложенная конструкция компенсатора и сочетание жидкостного и жидкостно-газового трения обеспечивают эффективное подавление как больших, так и малых колебаний контактной подвески.

Применение пружинного жидкостно-газового компенсатора натяжения проводов и тросов контактной сети ПЖГ-1 дает возможность отказаться от используемых в настоящее время громоздких тросово-роллерных систем.

Ключевые слова: контактная сеть; натяжение; компенсатор; жидкостное трение; газовое трение

Введение. Непостоянство длины проводов и тросов контактной подвески, вызванное прохождением токоприемника, температурными колебаниями и ветровыми нагрузками, требует применения устройств компенсации длины при сохранении усилия [2, 3].

Значение гашения колебаний в контактной подвеске непрерывно возрастает с увеличением скорости движения и повышением требований к качеству токосъема. Однако существующие компенсаторы не всегда удовлетворяют растущим требованиям к качеству работы и их конструкции [3].

Простейшими и широко применяемыми устройствами такого типа являются свободно висятые грузы, прикрепленные к тросам и проводам контактной подвески посредством вспомогательных тросово-роллерных систем [2–4].

Несмотря на очевидное преимущество компенсирующих устройств данного типа в плане независимости усилия от длины выбираемого провеса, такие

устройства не обладают достаточной способностью поглощать колебания контактной подвески, что на высокоскоростных режимах движения приводит к возникновению резонансных явлений в проводах и тросах, так называемой пляски проводов, с неизбежным нарушением контакта полоза токоприемника и провода [5].

Также серьезным недостатком является громоздкость известных грузовых компенсирующих механизмов, состоящих из системы грузов, тросов и шкивов. Отсутствие возможности размещения компенсирующего устройства в произвольном месте и в стесненных габаритах делает невозможным решение задач совершенствования токосъема на высоких скоростях [7, 10, 11].

Таким образом, встает задача разработки компенсатора принципиально иной конструкции, которая решала бы задачи по повышению стабильности подвески контактной сети и скорости движения поездов, безопасности, долговечности, удобства монтажа и эксплуатации.

1. Конструкция пружинного жидкостно-газового компенсатора натяжения проводов и тросов контактной сети ПЖГ-1. Конструкция ПЖГ-1 включает в себя следующие элементы: корпус 1, шток 2, уплотнитель 3, передняя крышка 4, обратный клапан 5, зарядный штуцер с уплотнением и пробкой 6, проушины крепления 7, поршень высокого давления 8, силовая пружина 9, золотниковая пара 10, промежуточный поршень 11, золотниковая пружина 12, золотниковая проточка 13, исполнительный поршень 14, окна-компенсаторы 15, задняя крышка 16 (рис. 1–4).

Пружинный жидкостно-газовый компенсатор натяжения проводов и тросов контактной сети содержит три полости: полость высокого давления А и исполнительную полость В, заполненные рабочей жидкостью, силовую полость Б, заполненную газом.

На рис. 1 показан пружинный жидкостно-газовый компенсатор натяжения проводов и тросов контактной сети ПЖГ-1 в разряженном состоянии.

На рис. 2 показан компенсатор в заряженном и готовом к работе состоянии.

На рис. 3 показан компенсатор при появлении усилия на штоке.

На рис. 4 показан компенсатор в положении обрыва объекта натяжения.

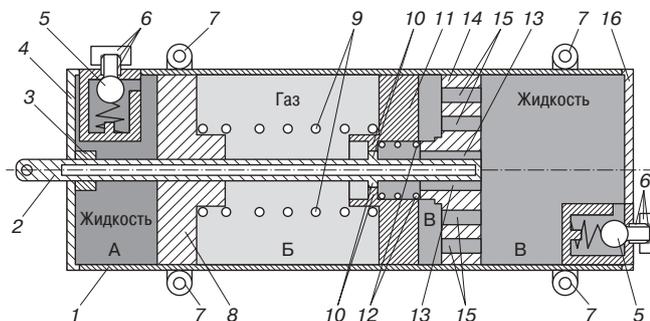


Рис. 1. Пружинный жидкостно-газовый компенсатор натяжения проводов и тросов контактной сети ПЖГ-1

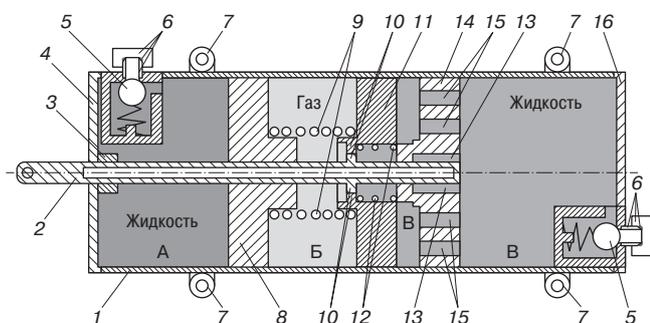


Рис. 2. Пружинный жидкостно-газовый компенсатор ПЖГ-1 в заряженном и готовом к работе состоянии

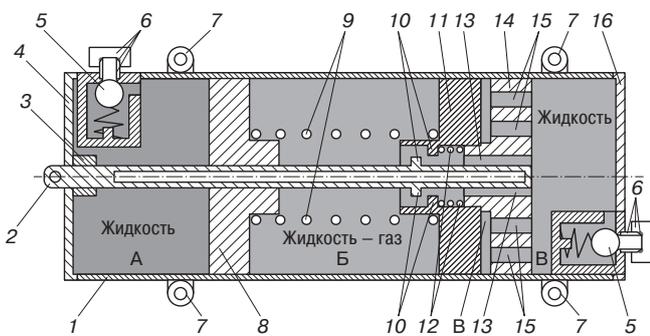


Рис. 3. Пружинный жидкостно-газовый компенсатор ПЖГ-1 при появлении усилия на штоке

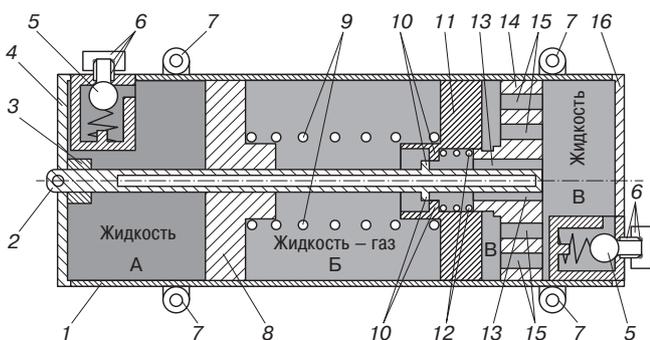


Рис. 4. Пружинный жидкостно-газовый компенсатор ПЖГ-1 в положении обрыва объекта натяжения

В заряженном и готовом к работе состоянии (см. рис. 2) в полость высокого давления А и исполнительную полость В закачивается объем жидкости для создания рабочего избыточного давления. В результате силовая пружина 9 сжимается. Золотниковая пружина 12 находится в состоянии покоя, что обусловлено отсутствием усилия на штоке 2 компенсатора.

К штоку 2 через узел крепления присоединяется объект натяжения. При появлении усилия на штоке 2 (см. рис. 3) исполнительный поршень 14 упирается в промежуточный поршень 11, золотниковая пружина 12 сжимается, золотниковая пара 10 становится негерметичной, и жидкость, находящаяся в исполнительной полости В, через золотниковую проточку 13 заполняет силовую полость Б смесью жидкость — газ, в то же время происходит распрямление силовой пружины 9, что обеспечивает постоянное натяжение объекта.

В связи с тем что объект натяжения эксплуатируется в тяжелых рабочих условиях, возможны явления обрыва объекта натяжения (контактного провода или несущего троса) контактной сети. В случае аварии с обрывом объекта натяжения шток 2 пружинного жидкостно-газового компенсатора (см. рис. 4) стопорится и не тянет за собой объект натяжения, что приводит к значительным уменьшениям масштабности аварии.

На корпусе 1 компенсатора расположены зарядные штуцера с уплотнением и пробкой 6 для заправки рабочей жидкостью полости высокого давления А и исполнительной полости В. Обратный клапан 5 препятствует вытеканию жидкости при проведении калибровки компенсатора.

При прохождении токоприемника электроподвижного состава и возникновении колебаний объекта натяжения энергия колебаний рассеивается и гасится пружинным жидкостно-газовым компенсатором натяжения проводов и тросов контактной сети в результате перетекания жидкостно-газовой смеси из силовой полости Б в исполнительную полость В и обратно.

При изменениях температуры окружающего воздуха длина объекта натяжения контактной сети изменяется, при этом заявленный компенсатор поддерживает постоянство натяжения.

2. Имитационное моделирование параметров работы пружинного жидкостно-газового компенсатора натяжения проводов и тросов контактной сети при линейном и нелинейном сопротивлении. Будем рассматривать компенсатор как диссипативную колебательную систему, состоящую из совокупной массы m поршней, пружины с жесткостью c и диссипативным коэффициентом r , как показано на рис. 5.

Запишем дифференциальное уравнение движения поршня компенсатора при приложении силы P :

$$m \left(\frac{d^2 y(t)}{dt^2} \right) + r \left(\frac{dy(t)}{dt} \right) + cy(t) = 0. \quad (1)$$

Обозначив начальное положение поршня как $y(0)$ и его скорость как $y'(0)$, получим решение дифференциального уравнения

$$y(t) = e^{-\frac{r}{2m}t} \left(y(0) \operatorname{ch} \left(\frac{t\sqrt{r^2 - 4mc}}{2m} \right) + \frac{(ry(0) + 2my'(0)) \operatorname{sh} \left(\frac{t\sqrt{r^2 - 4mc}}{2m} \right)}{\sqrt{r^2 - 4mc}} \right). \quad (2)$$

Поскольку движение поршня обычно начинается из состояния покоя, то удобно положить $y'(0) = 0$:

$$y(t) = e^{-\frac{r}{2m}t} \left(y(0) \operatorname{ch} \left(\frac{t\sqrt{r^2 - 4mc}}{2m} \right) + \frac{ry(0) \operatorname{sh} \left(\frac{t\sqrt{r^2 - 4mc}}{2m} \right)}{\sqrt{r^2 - 4mc}} \right). \quad (3)$$

Обозначим угловую частоту

$$\omega = \frac{\sqrt{-r^2 + 4mc}}{2m}. \quad (4)$$

Введем коэффициент затухания

$$g = \frac{r}{2m}. \quad (5)$$

Тогда уравнение (3) можно записать в виде

$$y(t) = \frac{e^{-tg} y(0) (\cos(t\omega)\omega + g \sin(t\omega))}{\omega}. \quad (6)$$

Из формулы (4) следует, что для того, чтобы колебания отсутствовали, необходимо считать $\omega = 0$, откуда получаем

$$r = 2\sqrt{m}\sqrt{c}, \quad (7)$$

$$g = \frac{\sqrt{c}}{\sqrt{m}}. \quad (8)$$

Взяв предел при $\omega = 0$, формулу (6) можно записать в виде

$$y(t) = \frac{y(0)(1 + tg)}{e^{tg}}. \quad (9)$$

На рис. 6 показаны графики движения поршня при значениях $g = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$.

Из графиков на рис. 6 следует, что при выборе сопротивления движению поршня возможно получить полное подавление колебаний контактной подвески.

Запишем дифференциальное уравнение движения поршня при нелинейном сопротивлении.

Нелинейное сопротивление имеет место при жидкостном трении [1].

$$P = m \left(\frac{d^2 y(t)}{dt^2} \right) + r \operatorname{sgn} \left(\frac{dy(t)}{dt} \right) \left| \left(\frac{dy(t)}{dt} \right) \right|^k + cy(t). \quad (10)$$

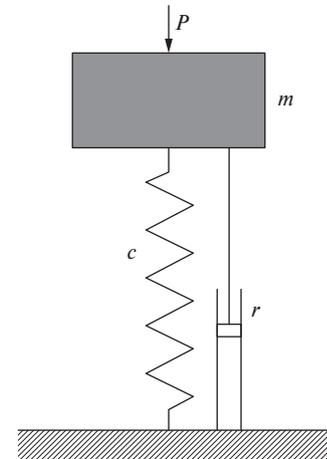


Рис. 5. Модель пружинного жидкостно-газового компенсатора ПЖГ-1 как диссипативной системы

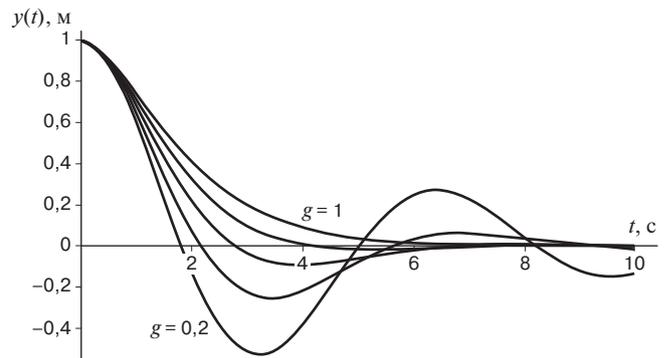


Рис. 6. Кривая положения поршня при линейном сопротивлении

Коэффициент сопротивления начального участка k обычно равен 2 для жидкостного сопротивления. В случае когда $k = 1$, получаем линейное сопротивление.

Нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка (10) не имеет аналитического решения, поэтому следует воспользоваться численными методами приближенного решения, например методом Рунге — Кутты [6, 7].

Для сравнения поведения компенсатора при различных параметрах нелинейного сопротивления выберем нормированные значения массы и жесткости колебательной системы, положив $m = 1$ кг, $c = 1$ Н/м, $r = 1$ Нс/м. Коэффициент степени k положим равным 1, 2 и 3.

Примем начальное положение $y(0) = 0$, а начальную скорость $y'(0)$ будем полагать равной различным значениям.

На рис. 7 показаны графики движения поршня компенсатора при начальной скорости $y'(0) = 1,0$.

Из графиков на рис. 7 следует, что по параметрам амплитуды начального колебания и скорости затухания колебаний наиболее предпочтительным оказывается линейное сопротивление при $k = 1$. Однако с увеличением начальной скорости картина изменяется.

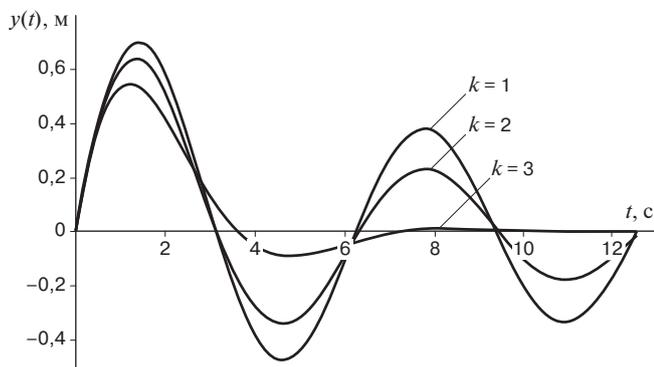


Рис. 7. Кривые положения поршня при нелинейном сопротивлении

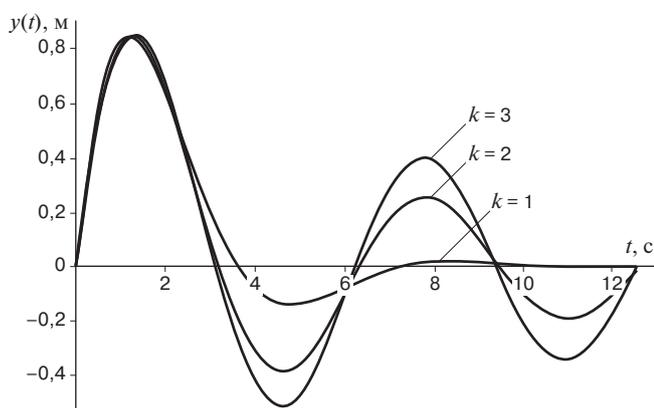


Рис. 8. Кривые положения поршня при нелинейном сопротивлении для равных амплитуд начального колебания

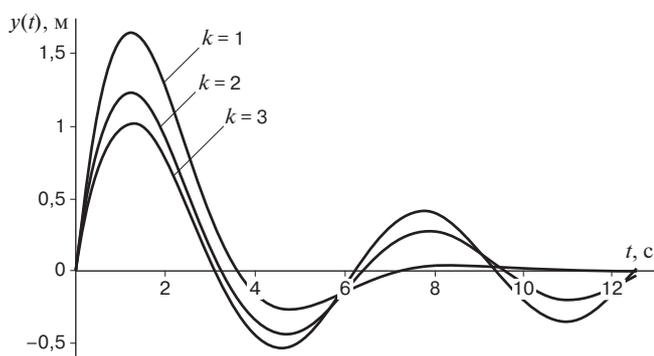


Рис. 9. Кривые положения поршня при нелинейном сопротивлении и начальной скорости $y'(0) = 3,0$

На рис. 8 показаны графики движения поршня компенсатора при начальной скорости $y'(0) = 1,55$.

Из графиков на рис. 8 следует, что по параметрам амплитуды начального колебания все виды сопротивлений оказываются равными. Однако по скорости затухания колебаний предпочтительным оказывается линейное сопротивление при $k = 1$.

На рис. 9 показаны графики движения поршня компенсатора при начальной скорости $y'(0) = 3,0$.

Из графиков на рис. 9 следует, что по параметрам амплитуды начального колебания предпочтительными оказываются нелинейные виды сопротивления, причем с увеличением степени нелинейности амплитуда начального колебания уменьшается, и это проявляется тем больше, чем выше начальная скорость поршня. Однако по скорости затухания колебаний предпочтительным по-прежнему оказывается линейное сопротивление при $k = 1$.

При этом большие отклонения при возрастании степени нелинейности подавляются лучше, нежели малые колебания.

Таким образом, из вышеприведенного исследования следует, что для подавления сильного первоначального колебания необходимо использовать нелинейное сопротивление степеней от 2 до 3, а для подавления малых колебаний лучше всего подходит линейное сопротивление.

При наличии газа в жидкости давление в исполнительной полости возникает в результате процессов сжатия и вытеснения жидкостно-газовой смеси через окна-компенсаторы. Давление в исполнительной полости в каждый момент времени практически одинаково как для жидкости, так и для газа. Компоненты смеси — жидкость и газ под действием возрастающего давления сжимаются по-разному: объем жидкости изменяется ничтожно мало, а объем газа — весьма значительно. При снижении давления газ и жидкость расширяются в той же мере, как и сжимаются. Главные особенности работы компенсатора на газожидкостной среде определяются именно разной сжимаемостью компонентов смеси, которая обладает так называемыми реологическими свойствами [1].

Для получения уравнений движения поршня компенсатора необходимо получить характеристику компенсатора при работе на газожидкостной рабочей среде.

Будем считать исходное заряженное состояние компенсатора как нулевое. Рассмотрим движение поршня при появлении усилия на штоке. В этом случае происходит движение жидкости через дросселирующие окна, поэтому имеет место жидкостное сопротивление. Коэффициент сопротивления этого участка $k = 2$ в нелинейном уравнении (10) для жидкостного сопротивления.

При обратном движении поршня имеет место дросселирование газожидкостной рабочей среды. Коэффициент сопротивления k этого участка близок к 1 в нелинейном уравнении (10) для жидкостного сопротивления. Таким образом, характеристика компенсатора будет иметь вид, показанный на рис. 10, на котором v_n — скорость поршня начального участка, P_{ao} — сила сопротивления компенсатора на ходе отдачи, P_{ac} — сила сопротивления компенсатора на ходе сжатия.

Запишем дифференциальное уравнение движения поршня при нелинейном сопротивлении:

$$P = m \left(\frac{d^2 y(t)}{dt^2} \right) + \frac{r_2 \left(1 + \operatorname{sgn} \left(\frac{dy(t)}{dt} \right) \right) \left(\frac{dy(t)}{dt} \right)^2}{2} + \frac{r_1 \left(1 - \operatorname{sgn} \left(\frac{dy(t)}{dt} \right) \right) \left(\frac{dy(t)}{dt} \right)}{2} + cy(t), \quad (11)$$

где функция

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} (1, 0 < x) \\ (0, x = 0) \\ (-1, x < 0). \end{cases}$$

Примем начальное положение $y(0) = 0$, а начальную скорость $y'(0) = 1,0$.

На рис. 11 показана кривая положения поршня компенсатора.

Из графика на рис. 11 следует, что предложенный вид сопротивления компенсатора дает возможность эффективно подавить первое сильное колебание на участке сжатия за счет жидкостного сопротивления и затем так же эффективно подавляется второе колебание на участке расширения за счет газожидкостного сопротивления.

Таким образом, предложенная конструкция жидкостно-газового компенсатора ПЖГ-1 обеспечивает эффективное подавление как больших, так и малых колебаний контактной подвески.

Заключение. Рассмотренная в настоящей статье конструкция жидкостно-газового компенсатора контактной сети ПЖГ-1 с использованием жидкостной и газожидкостной рабочей среды дает возможность эффективно подавлять как большие, так и малые колебания проводов и тросов контактной сети. Математические модели с использованием линейных и нелинейных дифференциальных уравнений движения поршня компенсатора показали, что применение жидкостного трения позволяет подавлять сильные начальные колебания, а использование жидкостно-газового трения эффективно гасит последующие малые колебания проводов и тросов контактной сети. Компенсатор ПЖГ-1 можно применять вместо используемых в настоящее время тросово-роллерных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дербаремдикер А.Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей. М.: Машиностроение, 1969. 236 с.
2. Михеев В.П., Себелев В.И. Контактные подвески и их характеристики: учебное пособие. Омск: Омский ин-т инж. ж.-д. транспорта, 1990. 79 с.
3. Вологин В.А. Взаимодействие токоприемников и контактной сети. М.: Интекст, 2006. 256 с.
4. Ерошенко С.В., Демченко А.Т., Туркин В.В. Метод прямого математического моделирования динамики контактных подвесок // Транспорт Российской Федерации. «Наука и транспорт». Специальный выпуск. 2007. С. 32 – 33.

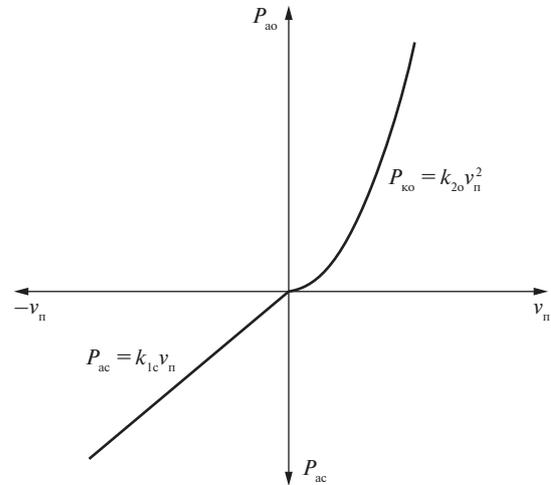


Рис. 10. Характеристика сопротивления компенсатора натяжения проводов и тросов контактной сети

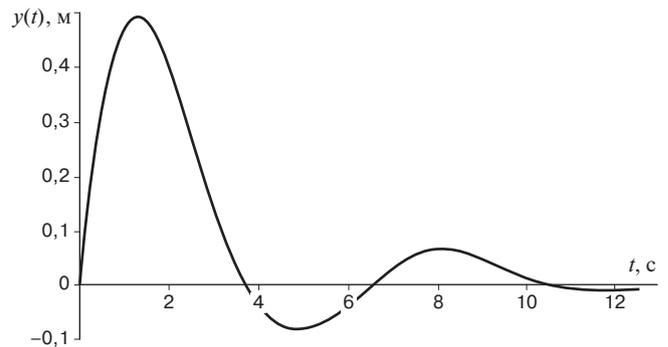


Рис. 11. Кривая положения поршня для газожидкостной рабочей среды

5. Вологин В.А., Герасимов А.С. Динамические параметры системы контактная сеть — токоприемник // Вестник ВНИИЖТ. 2008. № 2. С. 19 – 23.
6. Колесников Г.Н., Кувшинов Д.А. Численное моделирование динамического взаимодействия токоприемников и контактной сети // Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 1. С. 9 – 12.
7. Исследование контактной подвески по силам взаимодействия токоприемника и контактного провода // Железные дороги мира. 2007. № 11. С. 45 – 52.
8. Халиков К.Р. Выравнивание жесткости контактной подвески в пролетах анкерного участка // Известия Транссиба. 2012. № 4 (12). С. 58 – 69.
9. Кудряшов Е.В., Заренков С.В., Ходунова О.А. Метод расчета эластичности на основе простой конечно-элементной модели. Измерения эластичности // Известия Транссиба. 2011. № 4 (8). С. 16 – 26.
10. Pisano, A. Contact force estimation and regulation in active pantograph: an algebraic observability approach / A. Pisano, E. Usai // Asian Journal of Control. 2010. Vol. 12. no. 5. PP. 575 – 666.
11. R. Capacchione et al. Elektrische Bahnen, 2011, no.7, S. 331 – 337.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

НАСРЕТДИНОВ Руслан Фанависович, аспирант, Самарский государственный университет путей сообщения. 443066, Самара, Первый Безымянный пер., д. 18. Тел.: (917) 43-34-293. E-mail: nrf1986@mail.ru

Model of Spring Liquid-Gas Tension Compensator of Overhead Catenary Wires and Messenger Cables

Ruslan F. Nasretdinov, Post-Graduate Student, Samara State University of Railway Transport. 18, First Bezymyanniy lane, 443066 Samara, Russian Federation. Tel.: +7 (917) 4334293. E-mail: nrf1986@mail.ru

Abstract. There is discussed the design version of spring liquid-gas type tension compensator of overhead catenary wires and messenger cables. Also presented is computer model of oscillations under conditions of linear and non-linear resistance.

The task of improving current collection at high train speeds requires efficient suppression of the first large-amplitude oscillation and of all the subsequent small-amplitude oscillations as well. It has been indicated that non-linear quadratic resistance is necessary for efficient suppression of the first oscillation and linear resistance is needed for efficient suppression of the subsequent oscillations. Quadratic characteristic of the compensator resistance has been obtained employing liquid friction provisions and gas friction provisions have been used for obtaining its linear characteristic.

Based on the solution results of the piston motion differential equations, piston position curves have been plotted for the cases of large and small deviations. It has been demonstrated that the proposed compensator design version and combined use of liquid friction and liquid-gas friction ensure efficient suppression of the overhead catenary major and slight oscillations.

Application of the spring liquid-gas tension compensator of wires and messenger cables of overhead catenary system PZhG-1 makes possible forgoing of awkward wireline-roller systems.

Keywords: overhead catenary system; tension; compensator; liquid friction; gas friction

References

1. Derbaremdiker A. D. *Gidravlicheskie amortizatory avtomobily* [Hydraulic shock absorbers of cars]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1969. 236 p.
2. Mikheev V. P., Sebelev V. I. *Kontaktnye podveski i ikh kharakteristiki* [Contact suspenders and their characteristics]. Omsk, Omsk Institute of Railway Engineers Publ., 1990. 79 p.
3. Vologin V. A. *Vzaimodeystvie tokopriemnikov i kontaktnoy seti* [Pantograph/catenary interaction]. Moscow, Intext Publ., 2006. 256 p.

4. Eroshenko S. V., Demchenko A. T., Turkin V. V. *Metod pryamogo matematicheskogo modelirovaniya dinamiki kontaktnykh podvesok* [Direct method of mathematical modeling of the dynamics of overhead lines]. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, spec. issue "Nauka i transport", 2007, pp. 32–33.

5. Vologin V. A., Gerasimov A. S. *Dinamicheskie parametry sistemy kontaktnaya set' — tokopriemnik* [Dynamic parameters of catenary-current collector system]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2008, no. 2, pp. 19–23.

6. Kolesnikov G. N., Kuvshinov D. A. *Chislennoye modelirovaniye dinamicheskogo vzaimodeystviya tokopriemnikov i kontaktnoy seti* [Numerical modeling of dynamic interaction of pantograph and catenary]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2012, no. 1, pp. 9–12.

7. *Issledovaniye kontaktnoy podveski po silam vzaimodeystviya tokopriemnika i kontaktnogo provoda* [The study of the overhead catenary by the interaction forces of pantograph and contact wire]. *Zheleznnye dorogi mira*, 2007, no. 11, pp. 45–52.

8. Khalikov K. R. *Vyравnivaniye zhestkosti kontaktnoy podveski v proletakh ankernogo uchastka* [Equalization of rigidity of catenary in spans of anchor section]. *Izvestiya Transsiba*, 2012, no. 4 (12), pp. 58–69.

9. Kudryashov E. V., Zarenkov S. V., Khodunova O. A. *Metod rascheta elastichnosti na osnove prostoy konechno-elementnoy modeli. Izmereniya elastichnosti* [The method of calculating of the catenary wire elasticity based on simple finite element model. Elasticity measurements]. *Izvestiya Transsiba*, 2011, no. 4 (8), pp. 16–26.

10. Pisano A., Usai E. *Contact force estimation and regulation in active pantograph: An algebraic observability approach*. *Asian Journal of Control*, 2010, vol. 12, no. 5, pp. 575–666.

11. Capacchione R., Sieg M., Spieß K. *Nachspanneinrichtungen für Oberleitungen mit Federkraft* [Tensioning device for overhead contact lines using strings]. *Elektrische Bahnen*, 2011, no. 7, pp. 331–337.

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Ромен Ю. С. Динамика железнодорожного экипажа в рельсовой коле. Методы расчета и испытаний. М.: ВМГ-Принт, 2014. 210 с.

Описываются основные этапы теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия подвижного состава и пути. Изложена методика составления алгоритма расчетов динамических процессов направления экипажа рельсовой колеи. Приведены результаты расчетов и испытаний новых и модернизированных типов вагонов, на базе которых производится установление скоростей движения. Показано влияние состояния пути и ходовых

Турнин П. Г., Тибилов А. Т., Мирнон Н. В. Токоосъем: надежность, экономичность и пути совершенствования. М.: ВМГ-Принт, 2015. 166 с.

В книге рассмотрены наиболее важные вопросы токоосъема с учетом требований и методов проверки отдельных элементов контактной сети и токоприемников, эксплуатируемых при высокоскоростном движении. Подробно изложены отдельные решения экономичности и надежности устройств.

частей подвижного состава на энергетические параметры их взаимодействия и безопасность движения. Дается методика оценки состояния пути по динамическому воздействию на подвижной состав на основании измерения его геометрических параметров.

Книга предназначена для работников дорог, специалистов научных и проектных организаций, связанных с созданием и оценкой новых типов подвижного состава, может быть полезна преподавателям и студентам учебных заведений железнодорожного транспорта.

Книга рассчитана на широкий круг читателей: железнодорожников, уже имеющих общую подготовку и практический опыт работы на контактной сети и в локомотивном хозяйстве, работников предприятий — изготовителей электроподвижного состава, а также преподавателей и студентов транспортных вузов, техникумов и колледжей.

По вопросам предварительного заказа на приобретение книг обращайтесь в редакционно-издательский отдел ОАО «ВНИИЖТ», тел. (499) 260-43-20.