

УДК 621.825

Экспериментальное определение податливости упруго-компенсирующих муфт с резиновыми и резинокордными упругими элементами

В.Н. Богачев, Б.А. Байков, А.В. Клыпин

Модульный принцип проектирования машин предопределяет разработку эффективных способов соединения различных модулей (узлов). Задача уменьшения радиальных сил, действующих на выходные концы валов узлов, требует разработки и испытания муфт повышенной податливости. Для решения данной задачи могут быть использованы муфты с упругими элементами из полимерных материалов. Экспериментальное исследование упругих лепестковых муфт позволило определить значения осевой, радиальной, угловой и крутильной податливости муфт, учесть свойственные резинокордным композициям явления релаксации напряжений и ползучести. Выявлена высокая демпфирующая и компенсирующая способность таких муфт. Доказана целесообразность применения лепестковых муфт для соединения узлов различных машин.

Ключевые слова: упругая муфта, резиновые упругие элементы, релаксация напряжений, ползучесть, предыстория нагружения, гистерезисная петля, податливость.

Experimental Determination of Elastic Couplings Compliance with Rubber and Rubber-elastic Elements

V.N. Bogachev, B.A. Baykov, A.V. Klypin

Modular approach to machine design predetermines the development of effective ways to connect the various modules (nodes).

Problem reduce of radial forces acting on the shaft output ends of nodes requires the development and test of couplings with increased compliance.

To solve this problem the couplings with elastic elements of polymeric materials can be used.

Experimental study of elastic petal couplings allowed to determine the axial, radial, angular and torsional flexibility of couplings and to take into account the phenomenon of stress relaxation and creep that are typical for rubber-elastic elements.

The high damping capacity and compensating ability of this type coupling are revealed.

The applicability of petal couplings to connect the nodes of different machines is proved.

Keywords: elastic coupling, rubber elastic elements, stress relaxation, creep, background loading, hysteresis loop, compliance.



БОГАЧЕВ
Василий Николаевич
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

BOGACHEV
Vasily Nikolaevich
(Moscow, Russian Federation,
Bauman Moscow State
Technical University)



БАЙКОВ
Борис Александрович
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

BAYKOV
Boris Alexandrovich
(Moscow, Russian Federation,
Bauman Moscow State
Technical University)



КЛЫПИН
Александр Владимирович
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

KLYPIN
Alexander Vladimirovich
(Moscow, Russian Federation,
Bauman Moscow State
Technical University)

Для изготовления упругих элементов муфт применяют разнообразные полимерные материалы, среди которых значительное место занимает резина. Для повышения нагрузочной способности и долговечности резиновые упругие элементы армируют кордом. В работах [1, 2] рассмотрены виды податливости, характерные для упругих муфт. В данной статье экспериментально определена податливость лепестковых муфт (рис. 1) с резиновыми и резинокордными (рис. 2) лепестками.

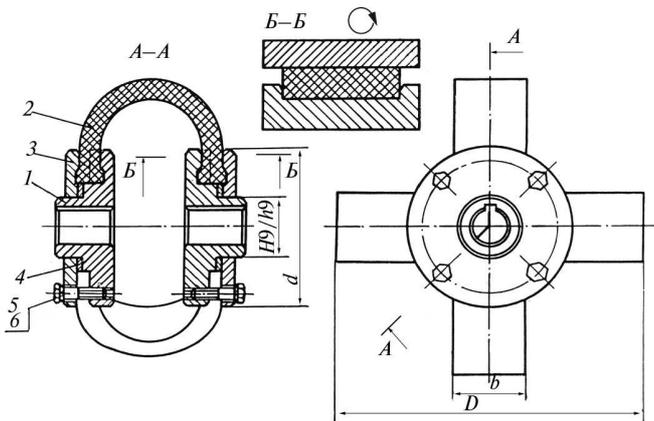


Рис. 1. Упругая муфта с повышенной компенсирующей способностью:

1 — полумуфта; 2 — упругий элемент; 3 — нажимное кольцо; 4 — сменное регулировочное кольцо; 5 — винт; 6 — пружинная шайба

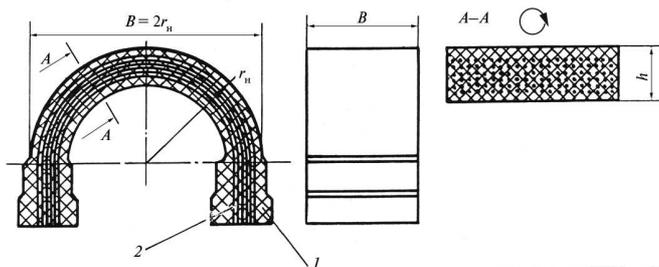


Рис. 2. Упругий элемент муфты:

1 — резиновый массив; 2 — нити корда

Резине и резинокордным композициям свойственны явления релаксации напряжений и ползучести [3, 4]. Поэтому при построении зависимостей нагрузка — перемещение ($F - \Delta$) при заданной нагрузке перемещение зависит от времени действия нагрузки, а при заданном перемещении нагрузка зависит от скорости деформирования. Равновесие между нагрузкой и перемещением (равновесное состояние) для

резины практически недостижимо. Поэтому в экспериментах скорость нагружения снижалась до такого значения, при котором погрешность оказывалась незначительной.

Жесткость резины и резинокордных композиций зависит от предыстории нагружения. При повторном нагружении жесткость меньше, чем при предыдущем — резина «размягчается». После некоторого числа циклов нагружений жесткость стабилизируется. При разгрузке исходные свойства резины восстанавливаются в тем большей степени, чем длительнее «отдых». Кривые нагружения и разгрузки не совпадают (рис. 3, 4). Площадь образующей петли (при циклических нагрузках замкнутой) пропорциональна рассеянной в материале работе (гистерезисным потерям), затрачиваемой на разогрев резины, на активизацию химических процессов и т. д. При повторных циклах нагружения площадь гистерезисных петель постепенно уменьшается, стабилизируясь после некоторого числа циклов. С учетом отмеченных выше свойств резины муфты перед испытаниями подвергались «тренировке», которая заключалась в нагружении

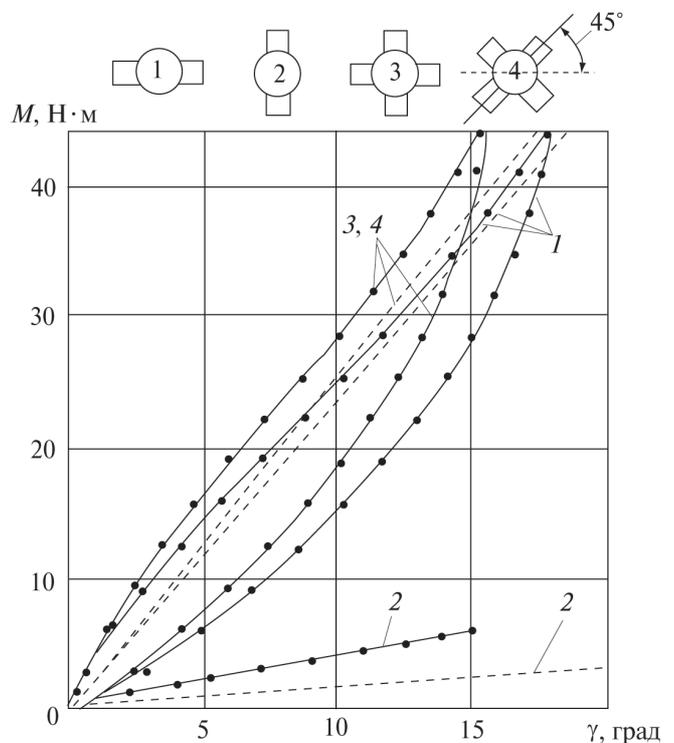


Рис. 3. Зависимость угловой податливости муфты от числа лепестков и их углового положения:

— — эксперимент; - - - - расчет

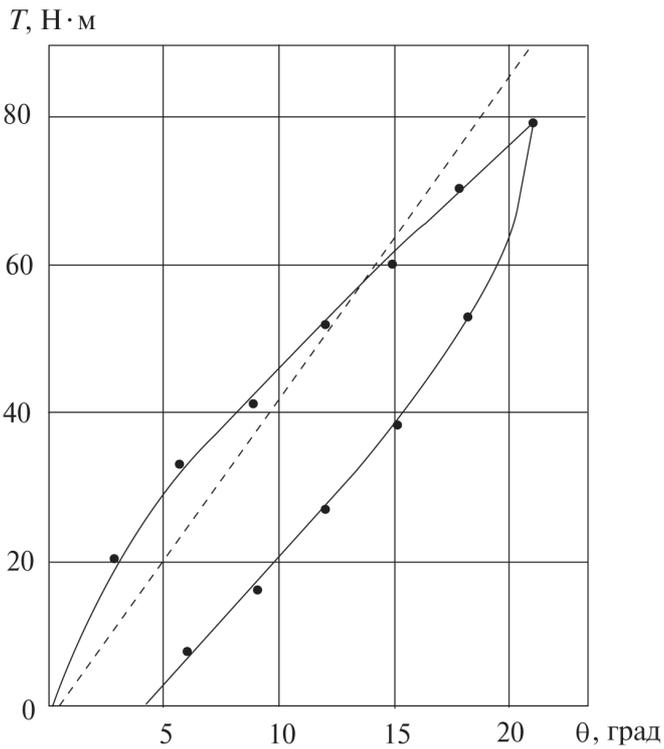


Рис. 4. Крутильная податливость муфты:
— — эксперимент; - - - - расчет

и разгрузении муфты до получения стабильных характеристик: 5—7 циклов для муфт с резиновыми и около 20 циклов для муфт с резинокордными лепестками (в это число входят циклы для определения оптимальной скорости нагружения).

Осевую, радиальную и угловую податливость определяли на специальных установках, а крутильную податливость — на крутильной машине. Испытание можно проводить в режиме заданных нагрузок или в режиме заданных перемещений. Осевая податливость муфты с резиновыми лепестками определялась в режиме заданных нагрузок. При этом было установлено, что испытания удобнее проводить в режиме заданных перемещений. Поэтому осевую податливость муфт с резинокордными лепестками, а также радиальную и угловую податливости определяли в режиме заданных перемещений. Крутильную податливость определяли на крутильной машине в режиме заданных нагрузок.

Были испытаны муфты с числом лепестков $z = 4$ и диаметром фланцев полумуфт $d = 180$ мм (см. рис. 1). Размеры лепестков (см. рис. 2): $b =$

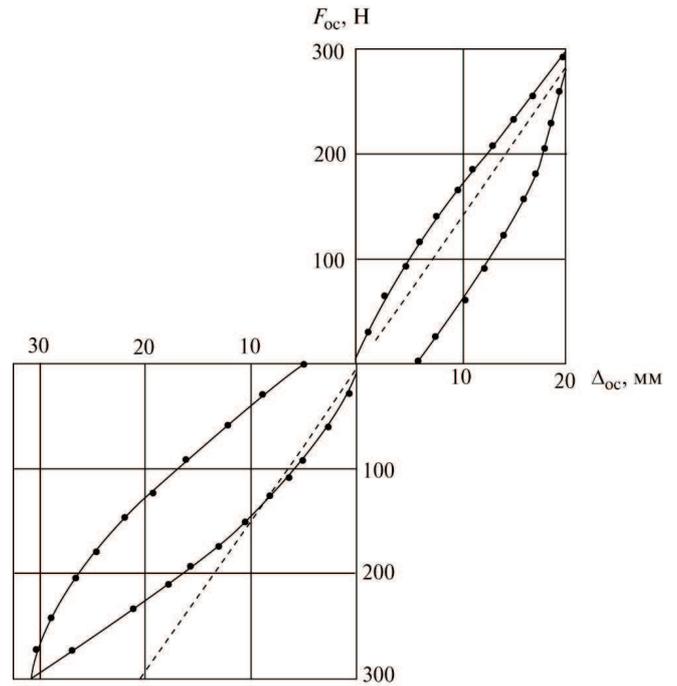


Рис. 5. Осевая податливость муфты:
— — эксперимент; - - - - расчет

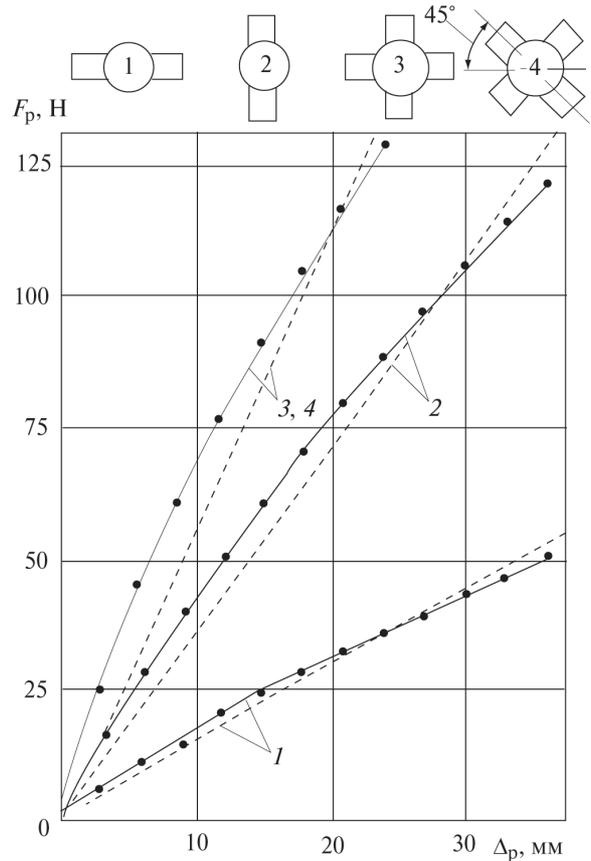


Рис. 6. Зависимость радиальной податливости муфты от числа лепестков и их углового положения:
— — эксперимент; - - - - расчет

$=80$ мм, $h = 16$ мм для резиновых лепестков и $h = 10$ мм — для резинокордных лепестков. Число слоев корда в резинокордных лепестках составляло 4, 8, 12 и 16.

В качестве примера на рис. 3—6 представлены экспериментальные и расчетные характеристики муфты с резиновыми лепестками соответственно для осевой, радиальной, угловой и крутильной податливостей.

Выводы

1. Расчетные зависимости достаточно хорошо совпадают с результатами экспериментов.
2. При числе лепестков в муфте $z = 4$ радиальная и угловая податливости муфты не зависят от положения лепестков по отношению к плоскости смещения полумуфты.
3. Полученная в ходе эксперимента большая ширина петель гистерезиса указывает на высокую демпфирующую способность муфты.

Литература

1. *Ряховский О.А., Иванов С.С.* Справочник по муфтам. Л.: Политехника, 1991. 384 с.
2. Атлас конструкций узлов и деталей машин; Под ред. О.А. Ряховского, О.П. Леликова. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 400 с.
3. *Потураев В.Н., Дырда В.И., Круш И.И.* Прикладная механика резины. Киев: Наукова думка, 1977. 216 с.
4. *Лавендел Э.Э.* Расчет резинотехнических изделий. М.: Машиностроение, 1976. 232 с.

References

1. Riakhovskii O.A., Ivanov S.S. *Spravochnik po muftam* [Reference couplings]. Leningrad, Politekhnik publ., 1991. 384 p.
2. *Atlas konstruktssii uzlov i detalei mashin* [Atlas construction components and machine parts]. Ed. Riakhovskii O.A., Lelikov O.P. Moscow, MSTU named after N.E. Bauman publ., 2009. 400 p.
3. Poturaev V.N., Dyrda V.I., Krush I.I. *Prikladnaia mekhanika reziny* [Rubber's applied mechanics]. Kiev, Naukova dumka publ., 1977. 216 p.
4. Lavendel E.E. *Raschet rezinotekhnicheskikh izdelii* [Calculation of rubber products]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1976. 232 p.

Статья поступила в редакцию 02.04.2013

Информация об авторах

БОГАЧЕВ Василий Николаевич (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы конструирования машин». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: dm-rk-3@yandex.ru).

БАЙКОВ Борис Александрович (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы конструирования машин». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

КЛЫПИН Александр Владимирович (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы конструирования машин». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

Information about the authors

BOGACHEV Vasily Nikolaevich (Moscow) — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of «Fundamentals of Machine Design» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation, e-mail: dm-rk-3@yandex.ru).

BAIKOV Boris Alexandrovich (Moscow) — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of «Fundamentals of Machine Design» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation).

KLYPIN Alexander Vladimirovich (Moscow) — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of «Fundamentals of Machine Design» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation).