

УДК.: 539.-371; 621.7.014.2

### ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ СПЛАВА ТН-20 НА ПРИМЕРЕ КОНИЧЕСКИХ ПРУЖИН

Абдрахманов С.А., Кожошов Т.Т., Сатыбалдиев Т.А., КГТУ им. И. Раззакова, тел. 0312545171, 0312545150, e-mail: [abdrahmanov7@rambler.ru](mailto:abdrahmanov7@rambler.ru), [tkojoshov7@gmail.com](mailto:tkojoshov7@gmail.com)

В данной работе экспериментально определяются модули упругостей цилиндрических и конических пружин растяжения, обладающих эффектом памяти формы. Известно [1], что пружины проектируются и изготавливаются для работы, в основном, в упругой области деформирования. Но с появлением материалов, обладающих нетрадиционными свойствами, в частности, эффектами памяти формы, появилась возможность их работы и за пределами упругости [2,]. Причем, наличие как раз неупругих деформаций обеспечивает нетрадиционную работу пружин, изготовленных из материалов, обладающих эффектом памяти формы.

Механические свойства сплавов с ЭПФ сильно зависят от процентного состава. Бывает так, что неизвестны модуль упругости и касательное напряжение, соответствующее началу фазовой текучести данной пружины.

**Ключевые слова:** модуль упругостей цилиндрических и конических пружин растяжения, эффект памяти формы

### EXPERIMENTAL DETERMINATION OF A ELASTIC MODULUS ALLOY VT-20 AN EXAMPLE OF CONICAL SPRINGS

Abdrakhmanov S.A., Kozhoshev T.T., T.A. Satybaldyev, KSTU named after I. Razzakov, tell: 0312545171, 0312545150, e-mail: [abdrahmanov7@rambler.ru](mailto:abdrahmanov7@rambler.ru), [tkojoshov7@gmail.com](mailto:tkojoshov7@gmail.com)

In the given work modules elasticity cylindrical and conic springs of a stretching possessing effect of memory form experimentally defined. It is known [1] that the springs are designed and manufactured to work, mainly in the field of elastic deformation. But with the advent of materials having unconventional properties, in particular, shape memory effects, there was a possibility of their operation outside the elastic and [2]. Moreover, the presence of inelastic deformation just provides unconventional work springs made of materials having shape memory effect.

The mechanical properties of shape-memory alloys strongly depends on the percentage composition. It so happens that it is not known modulus and shear stress corresponding to the beginning of the phase flow of the spring.

**Keywords:** modulus of elasticity and cylindrical conical extension springs, shape memory effect

В данной работе приводится способ экспериментального определения модуля упругости в образцах конических пружин растяжения, изготовленных из материала ТН-20, обладающего эффектом памяти формы.

Для экспериментального исследования фасонных, а также цилиндрических пружин было сконструировано и изготовлено:

- усовершенствованный универсальный стенд-приспособление с вертикальной установкой на растяжение, сжатие и кручение, рис. 1;
- кондуктор для навивки конической пружины диаметром прутка  $d=2\text{мм}$ .  $D_1=69\text{мм}$ . и  $D_2=30\text{мм}$ .;
- изготовлены образцы цилиндрических и конических пружин.

Экспериментально исследованы деформирование конических пружин на растяжение и разгрузки за пределом фазовой текучести, изготовленные из сплава ТН-20.

Рассмотрим процесс нагружения за упругую область деформирования конической пружины растяжения, изготовленной из сплава ТН-20 в мартенситном состоянии со следующими основными параметрами:

- наибольший радиус  $r_2=0,03\text{ м}$ , наименьший радиус  $r_1=0,02\text{ м}$ , диаметр прутка  $d=0,001\text{ м}$ , число витков  $i=3$ , начальный угол подъема  $\alpha=1,5$  градуса.

Испытываемая пружина прикрепляется одним концом жестко, а к свободному концу пружины прикладывается нагрузка  $P$  от величины  $P=0$  до нагрузки  $P_k$  как показана на рис. 1. При этом с каждым шагом увеличения нагрузки  $P$  измеряются изменения длины пружины.

Такие эксперименты проводятся несколько раз с разными образцами, имеющими одинаковые параметры, но отличающиеся конечными нагрузками  $P_k$ .

Приспособление для испытания пружин на растяжение и на сжатие.

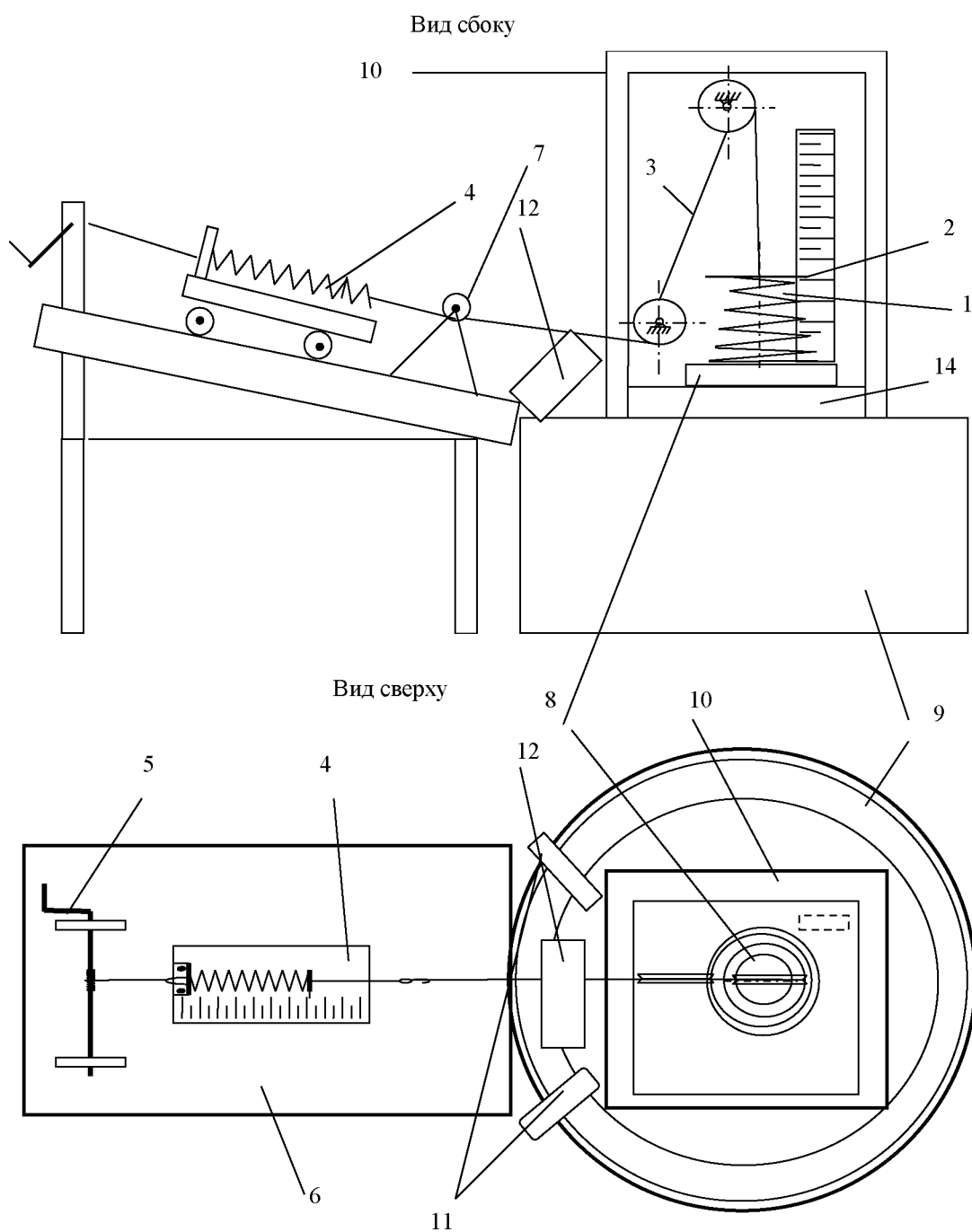


Рис.1.

Выносы: 1- испытываемая пружина на растяжение; 2- лимб для определения угловых перемещений пружины; 3-нерастяжимая нить; 4- динамометр; 5 – лебедка; 6-стол; 7- направляющий ролик; 8-линейка; 9- печь; 10 - стеклянная коробка; 11- трубы водяного охлаждения; 12 – вентилятор, 14- станина.

Усовершенствованный универсальный стенд-приспособление с вертикальной установкой на растяжение, сжатие и кручение (рис. 1), состоит из: термокамеры 9 со стеклянным коробом для герметичности тепла 10, измерительных приборов, системы водяного 11 и воздушного охлаждения 12, нагружающего

устройства 5, магнитофона и цифрового фотоаппарата. Нагружающее устройство, то есть пружинный динамометр на колесах, соединенный с вращательной рукояткой лебедки с помощью нерастяжимой нити установлен на наклонном столе. Наклон стола предусмотрен для скатывания динамометра на колесиках по наклону в сторону испытываемого образца, в результате которого ликвидируется дополнительное усилие пружины для принятия пружиной первоначальной формы при разгрузке.

Нагрузки пружин 1 производились ручным приводом (рукояткой) лебедки 5, а измерения усилий при нагружении и разгрузке по показаниям динамометра 4. Через определенные интервалы нагружения пружинного образца без остановок производились замеры показаний приборов.

При проведении экспериментов фиксировались следующие значения:

- на динамометре 4- показание величины нагрузки,
- на лимбе 2- угол поворота (угловое перемещение) свободного конца пружины,
- по линейке 8 -осадка (удлинение) пружины,

**Точность измерений:**

цена делений динамометра 0,2 Н (20 грамм);

осадка (удлинение) измерялось с точностью  $10^{-4}$  м.;

угловое перемещение (угол поворота свободного конца пружин) 5 градусов;

изменение температуры 5 °С.

По полученным данным построены графики  $P \sim \lambda$  для конической пружины (рис. 2 и рис.3).

Диаграмму  $P \sim \lambda$  деформирования конической пружины (рис.2) можно рассматривать как состоящую из двух участков:  $OA$  упругий,  $AB$  – частично неупругий. На участке  $AB$  в точке  $A$  иногда, в самом опасном сечении, то есть в поперечном сечении прутка пружины появляются неупругие деформации, где возникает максимальный крутящий момент и максимальное касательное напряжение достигает касательного напряжения, соответствующего началу фазовой текучести  $-\sigma_{фт}$ . В процессе дальнейшего деформирования глубина зоны фазовой деформации увеличивается, а в следующих витках пружины только появляются неупругие деформации, где максимальные касательные напряжения достигают  $-\sigma_{фт}$ . И этот процесс по существу заканчивается в точке  $B$ , когда во всех витках пружины появились фазовые деформации. Такой постепенный переход прутков конических пружин в неупругую область деформирования обуславливается тем, что в пружинах растяжения или сжатия в поперечных сечениях прутка пружины в основном возникает крутящий момент, а он зависит от изменения диаметра от витка к витку.

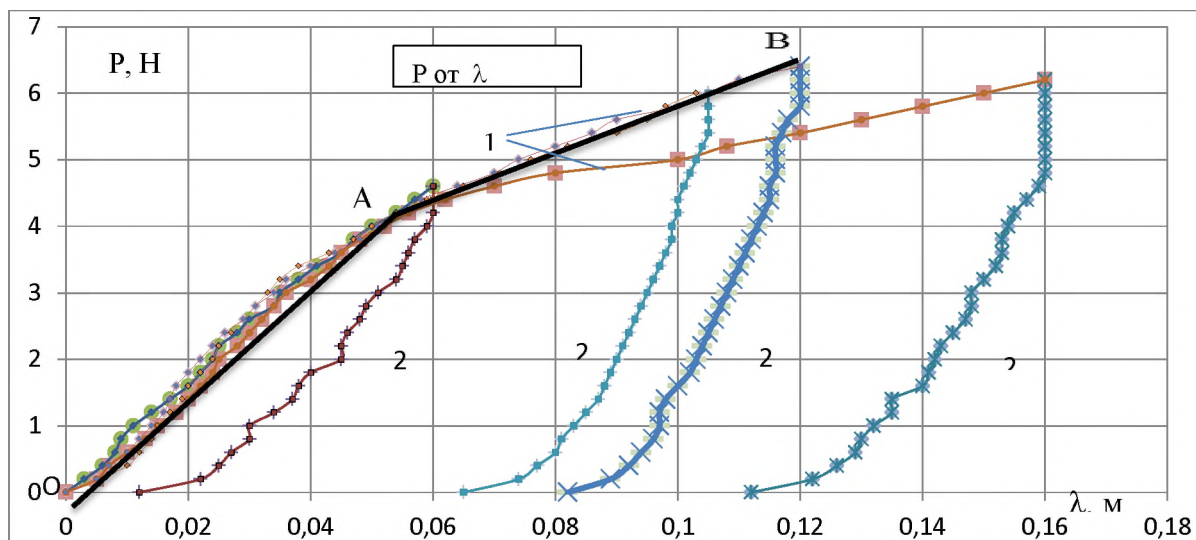


Рис. 2. Диаграмма деформирования образца №1. Кривые: 1- нагружение; 2- разгрузка.

Модуль упругости для конической пружины с постоянным шагом можно вычислить по формуле [3]:

$$G = \frac{P \cdot (r_2^3 - r_1^3)}{3 \cdot \lambda \cdot m \cdot J_\rho} \tag{1}$$

где

$$m = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2 \cdot \pi \cdot i}$$

а модуль упругости для конической пружины с постоянным углом подъёма можно вычислить по

формуле [3]:

$$G = \frac{P \cdot \pi \cdot i \cdot (r_2^2 - r_1^2) \cdot (r_2 - r_1)}{2 \cdot \lambda \cdot J_\rho} \quad (2)$$

Здесь  $J$ - полярный момент инерции.

– По результатам экспериментальных данных и расчетов по формулам (1) и (2) получены следующие данные:

- $G=1.48 \cdot 10^{10}$  Па для образца №1 с постоянным шагом подъема;
- $G=1.51 \cdot 10^{10}$  Па для образца №2 с постоянным шагом подъема;
- $P_T=4,2$  Н и  $\lambda_T=0,055$  м. для образца №1;
- $P_T=4,4$  Н и  $\lambda_T=0,075$  м. для образца №2;

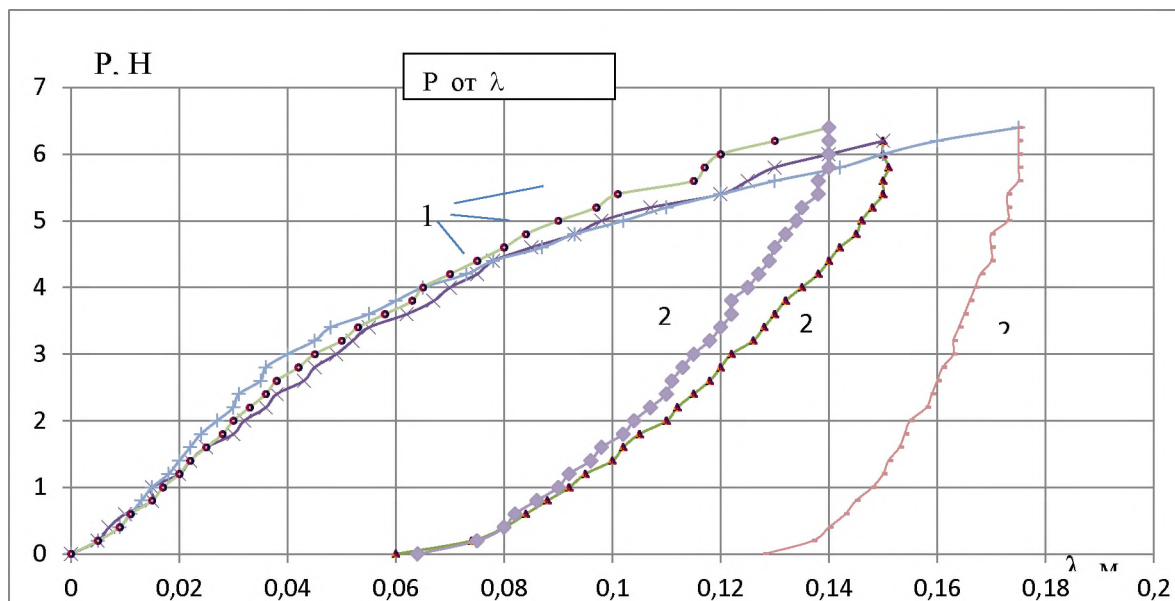


Рис. 3. Диаграмма деформирования образца №2. Кривые: 1- нагрузка; 2- разгрузка.

### Выводы.

Получены новые экспериментальные результаты испытания пружин с эффектом памяти формы (ТН-20):

- а) зависимость  $P \sim \lambda$  для конической пружины, работающей на растяжение в мартенситной области;
- б) определение модуля сдвига  $G$  по полученной диаграмме  $P \sim \lambda$  для фасонной (конической) пружины.
- в) нахождение предельных нагрузок по диаграмме  $P \sim \lambda$ , после которых в пружине появляются фазовые (неупругие) деформации.

Подводя итог проделанной работы, необходимо отметить, что расчёт на прочность и жёсткость составных пружин усложняется в связи с присутствием в них пружин, обладающих памятью формы, так как область деформирования пружин расширяется и может включать и неупругую область. Поэтому полученные в этой работе расчётные формулы, графические отображения результатов этих расчётов могут внести вклад в дальнейшее развитие теоретических и практических исследований в области деформирования материалов, обладающих нетрадиционными свойствами.

### Список литературы

1. Материалы с эффектом памяти формы. Т.4 Справочное издание под общей ред. Лихачева В.А., Санкт-Петербург, 1998,- 268с.
2. Абдрахманов С.А. Деформация материалов с памятью формы при термосиловом воздействии. Бишкек, Илим, 1991,-116с.
3. Пономарев С.Д. и др. Расчет на прочность в машиностроении, Т-1, Машгиз, М.: 1956. -881 с

### References

1. Materials with shape memory effect. T.4 Reference edition, ed. Likhachev V.A., St. Petersburg, 1998 – 268p.
2. Abdrakhmanov S.A. Deformation of shape memory materials with thermo-exposure. Bishkek, Ilim, 1991, - 116p.
3. Ponomarev S.D. and others. The calculation of the strength in engineering, T-1, Mashgiz, M.: 1956 -881 with

УДК: 624.012.45-027.45:625.745.12

### ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

**Иманалиев Т.О.** КГУСТА им.И.Исанова

Обобщены основные критерии оценки надежности железобетонных автодорожных мостов в процессе эксплуатации. Применение аппарата надежности в инженерных сооружениях для выявления остаточного ресурса. Предложены рекомендации по повышению надежности железобетонных автодорожных мостов.

**Ключевые слова:** надежность, железобетон, пролетные строения, эксплуатация, долговечность, опоры, пролетные строения, проезжая часть, деформационные швы.

### ISSUES OF INCREASING RELIABILITY OF CONCRETE ROAD BRIDGE

**Imanaliev T.O.** KSUCTA im.I.Isanova

The main criteria of an assessment of reliability of ferroconcrete road bridges in use are generalized. Use of the device of reliability in engineering constructions for identification of a residual resource. Recommendations about increase of reliability of ferroconcrete road bridges are offered.

**Keywords:** reliability, reinforced concrete, spans, maintenance, durability, support, spans, roadway, expansion joints.

Вопросы повышения надежности железобетонных автодорожных мостов является актуальными, поскольку позволяют решать задачи определения надежности и остаточного ресурса пролетных строений в процессе эксплуатации.

Теорией надежности строительных конструкций занимались многие ученые, среди которых А.Р. Ржаницын, Л.И. Иосилевский, В.В. Болотин, М.Д. Кутуев.

Результатом работы являются конкретные мероприятия, направленные на увеличение надежности и долговечности эксплуатируемых, реконструируемых мостов.

Выводы по результатам обследований автодорожных железобетонных мостов следующие:

- значительная часть мостов находится в неудовлетворительном состоянии;
- грузоподъемность мостов не отвечает современным нормативным требованиям;
- долговечность мостов снижена;
- не обеспечены нормативные условия эксплуатации мостов.

Методика эксплуатационной оценки существующих мостов позволяет количественно оценить техническое состояние элементов мостов (опоры, пролетные строения, проезжая часть), их грузоподъемность, долговечность.

Общие выводы по результатам оценки эксплуатационных показателей мостов следующие:

1. По состоянию элементов значительная часть мостов имеет снижение надежности и долговечности. Основной причиной снижения долговечности мостов следует признать фильтрацию воды, проникающей через повреждения проезжей части и деформационные швы, а также многочисленные трещины, вызывающие коррозию бетона и арматуры, разрушение защитного слоя. В плитных сборных мостах, а также в мостах, уширенных в последние годы причиной снижения долговечности является также нарушение поперечных связей между блоками. Отмеченные дефекты имеют значительное развитие вследствие низкого уровня эксплуатационного содержания мостов.

2. Плохое состояние мостов вызвано допущенными ошибками при проектировании, а также низким качеством строительных работ. Особенно неблагоприятное состояние деформационных швов, въездов, подтроутарной изоляции и водоотвода. По пролетным строениям следует отметить недостатки поперечных