

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
“Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина”

Кафедра теоретической и прикладной механики

Экспериментальное исследование и математическое моделирование конструкции из сплава с эффектом памяти формы

Выполнил:
студент гр. 4-33 Гуралюк И.А.
Научный руководитель:
доцент Зарубин З. В.

Цель и задачи работы

Цель работы: разработать и собрать установку термостата с применением пружины из сплава с эффектом памяти формы.

Задачи:

1. Разработка модели термостата
2. Проектирование реальной модели термостата
3. Расчет модели

Что такое термостат?

- ⌘ Термостат — это регулятор температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя. Он ускоряет прогрев двигателя и поддерживает нужный ему тепловой режим работы.
- ⌘ Основная задача термостата — блокировать поток охлаждающей жидкости в радиатор, пока двигатель не разогрелся. Когда двигатель холодный, через него не проходит охлаждающая жидкость. Когда двигатель достигнет операционной температуры, термостат открывается. Термостат позволяет двигателю разогреться быстрее, тем самым он уменьшает износ двигателя и вредные выхлопы.

Конструкция и принцип действия термостата

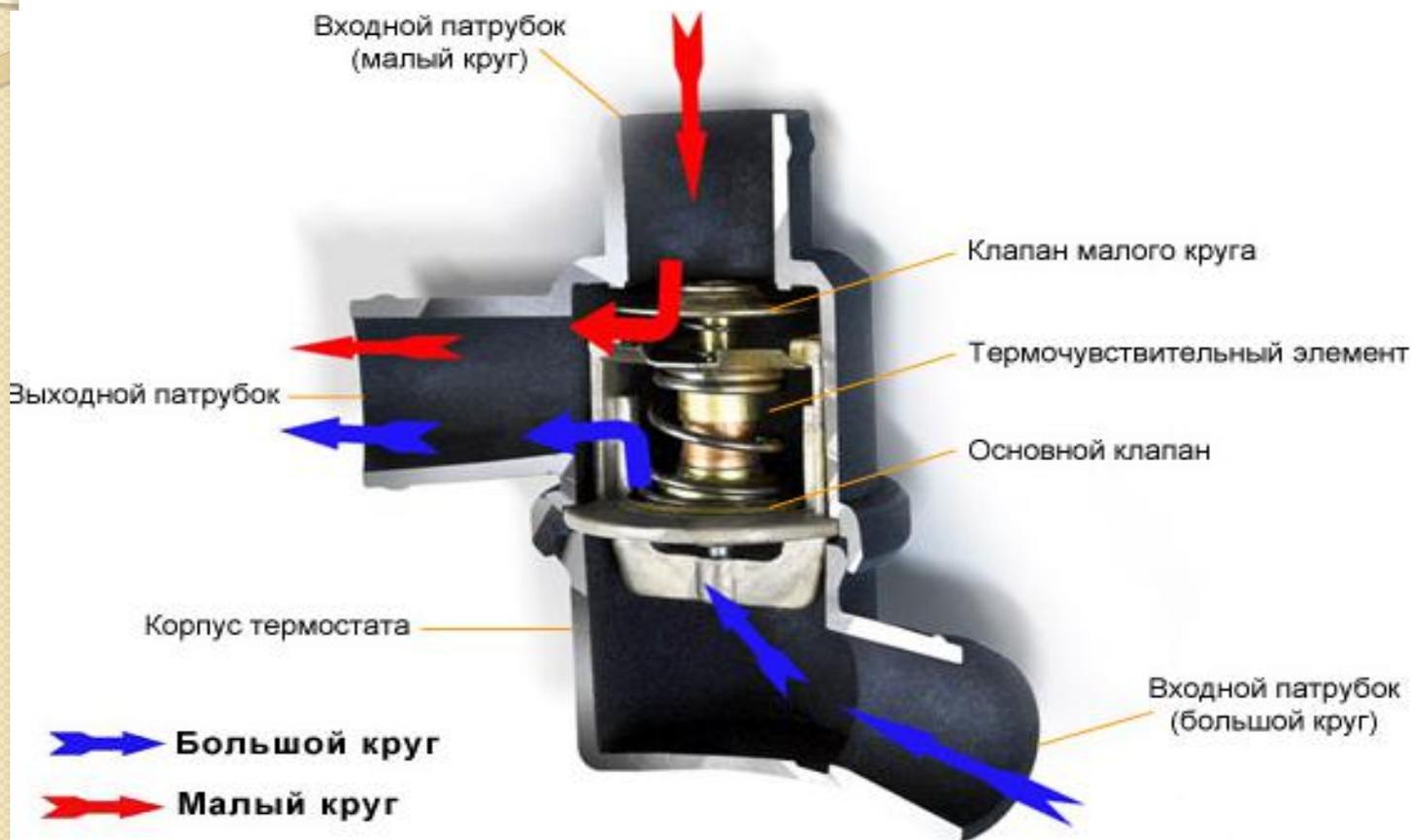
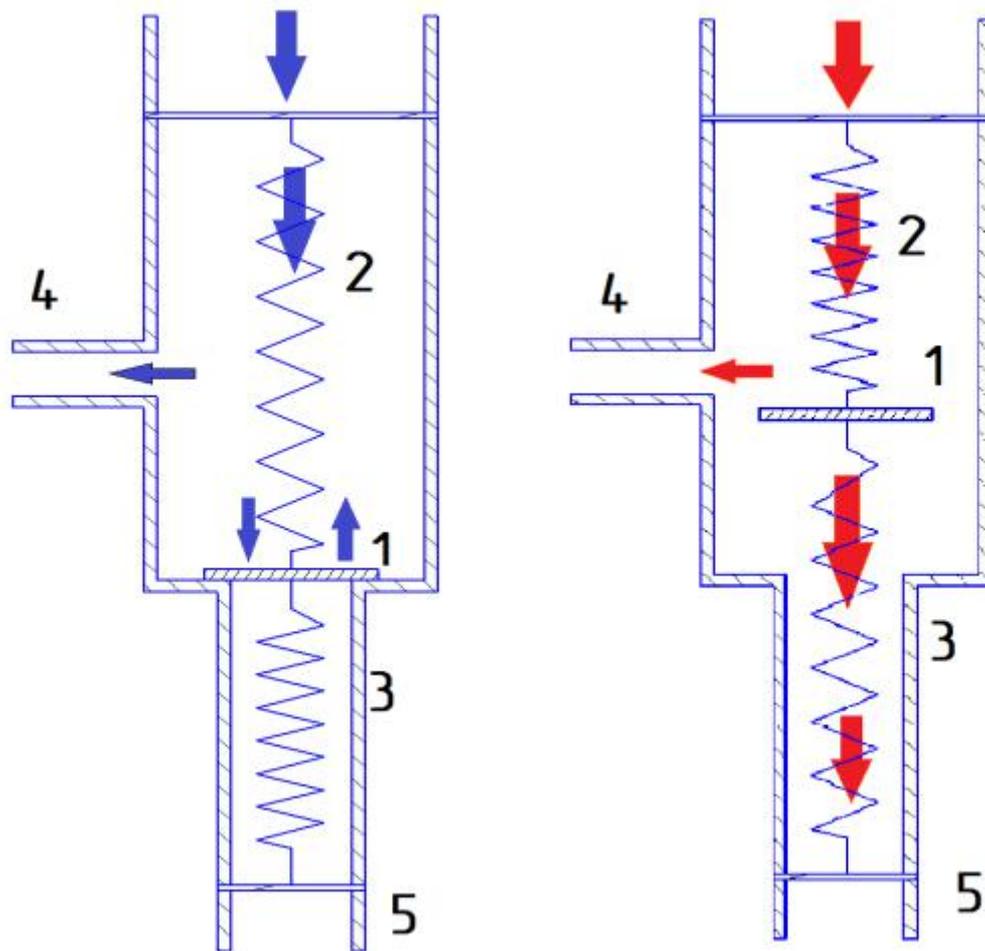
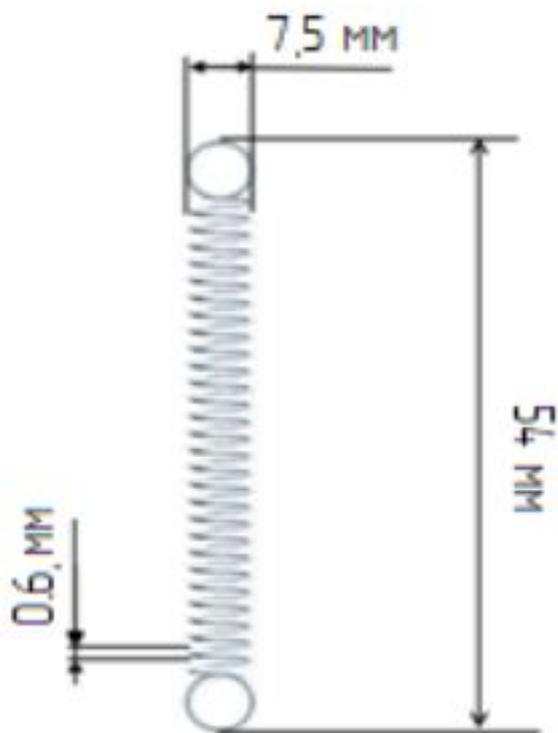


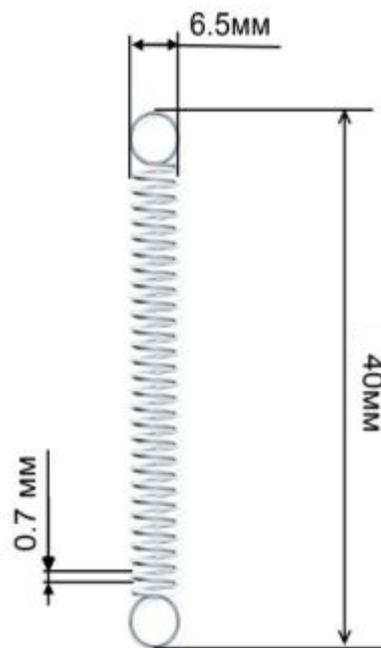
Схема и принцип работы термостата с применением пружины с ЭПФ



Пружины используемые в модели термостата



Обычная пружина



Нитиноловая пружина

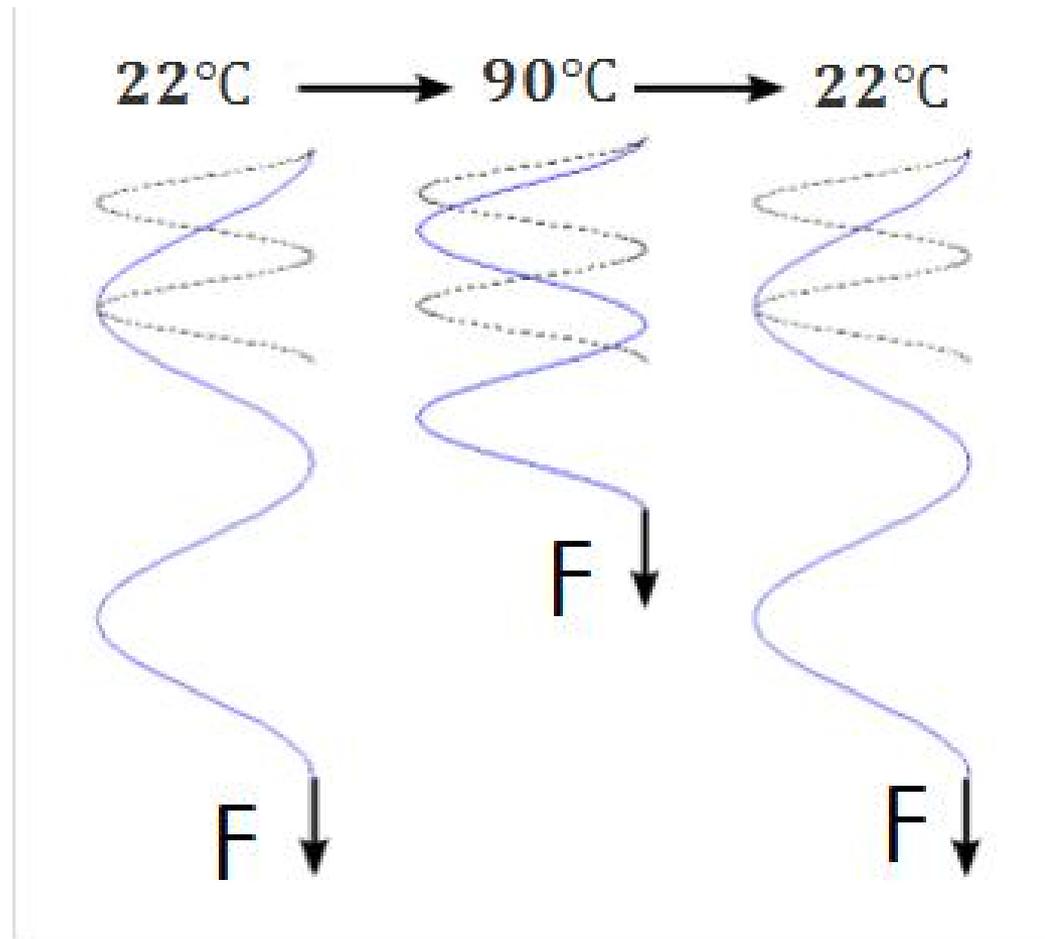
Проведение эксперимента

В ходе эксперимента были найдены жесткости пружин, входящих в устройство термостата по известной формуле:

$$k = \frac{F}{\Delta l}$$

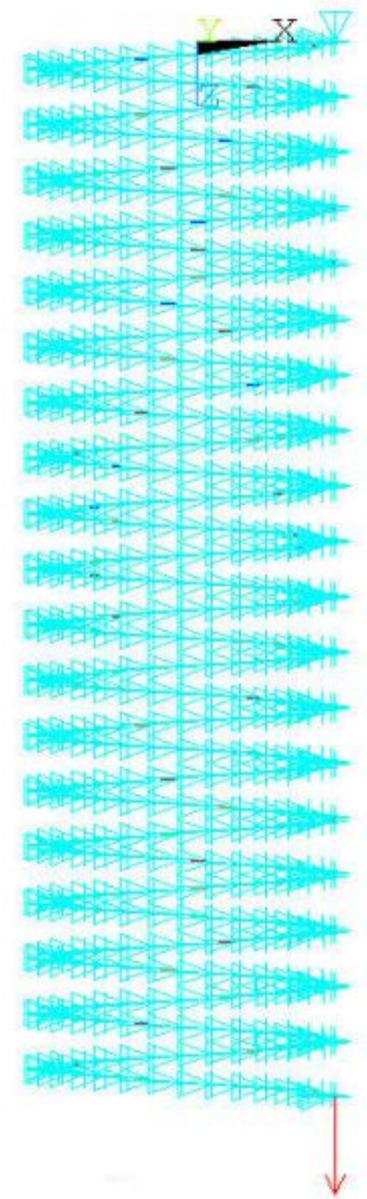
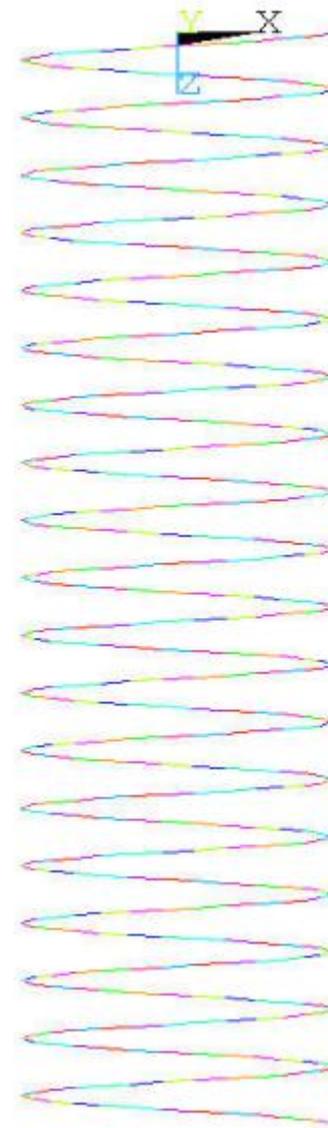
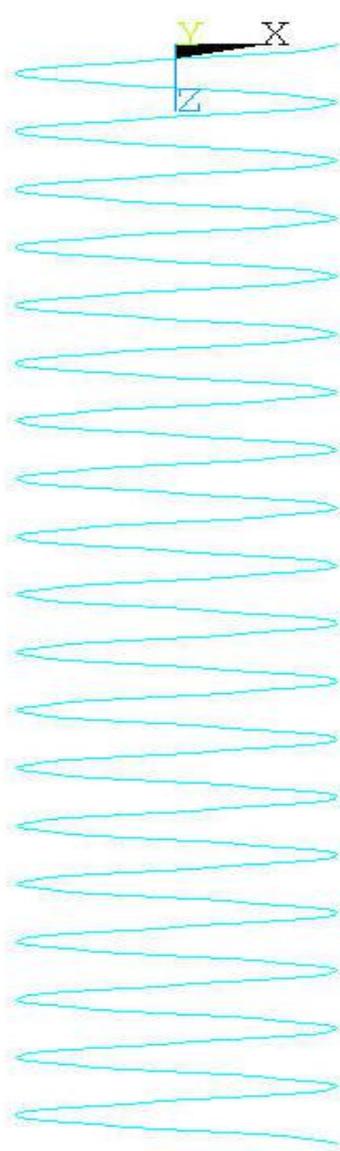
Пружина	Жесткость пружины, Н/м
С ЭПФ в мартенситном состоянии	48
С ЭПФ в аустенитном состоянии	188
Возвратная пружина	173

Постановка задачи для расчета в ANSYS



Построение КЭ сетки и приложение ГУ

	Y	X	
.65	4	9	2.1
.8			
.145	14	13	12.1
.18			
.225	24	23	22.1
.28			
.325	34	33	32.1
.38			
.425	44	43	42.1
.48			
.525	54	53	52.1
.58			
.625	64	63	62.1
.68			
.725	74	73	72.1
.78			
.825	84	83	82.1
.88			
.925	94	93	92.1
.98			
1.05	104	103	102.1
1.08			
1.115	114	113	112.1
1.18			
1.225	124	123	122.1
1.28			
1.325	134	133	132.1
1.38			
1.425	144	143	142.1
1.48			
1.525	154	153	152.1
1.58			
1.625	164	163	162.1
1.68			
1.725	174	173	172.1
1.78			
1.825	184	183	182.1
1.88			
	189	190	191



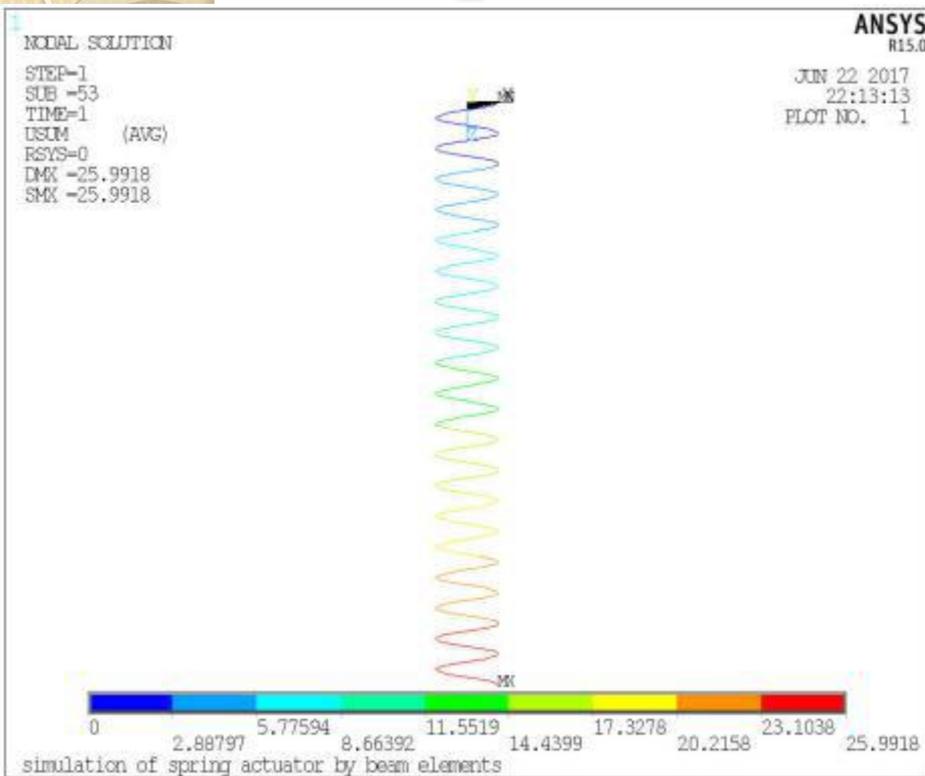
Свойства материала с ЭПФ

Модуль упругости $E=80000$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu=0.3$

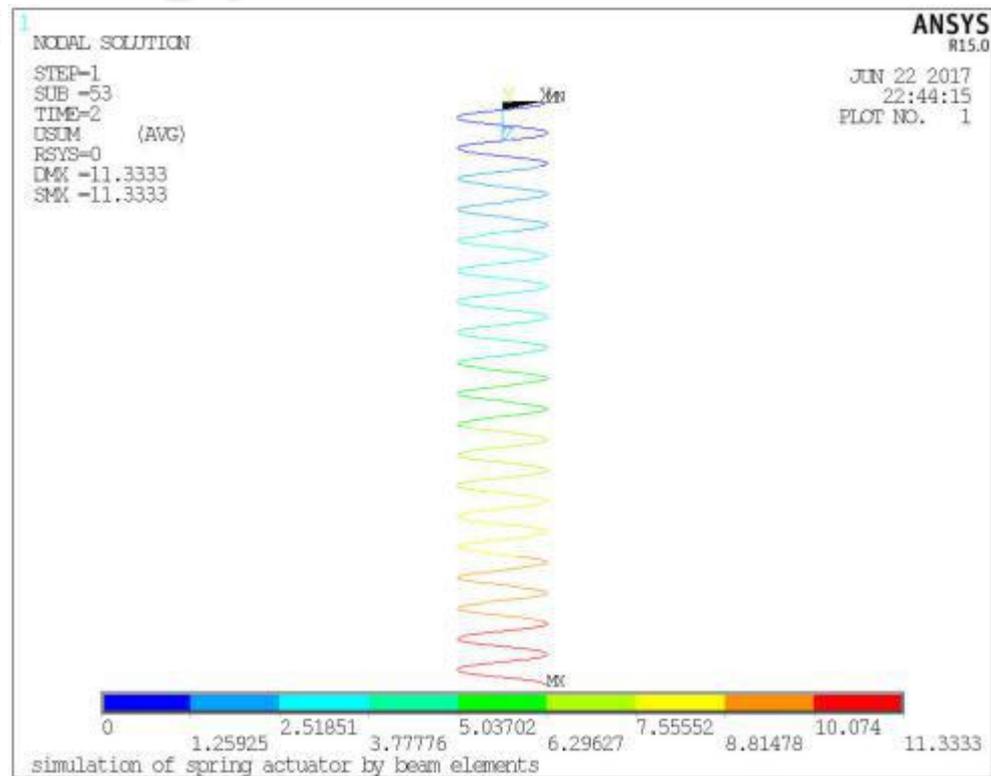
Также для описания эффекта памяти формы необходимо задать шесть констант $C1-C6$, где

- ∞ $C1=1000$ МПа – параметр упрочнения;
- ∞ $C2=333$ °К – температура мартенситного перехода;
- ∞ $C3=140$ МПа – предел упругости;
- ∞ $C4=5.6$ – температурный коэффициент;
- ∞ $C5=0.1$ - максимальная деформация превращения;
- ∞ $C6=80000$ МПа – модуль упругости в мартенситном состоянии.

Перемещения пружины



Перемещения пружины в мартенситном состоянии

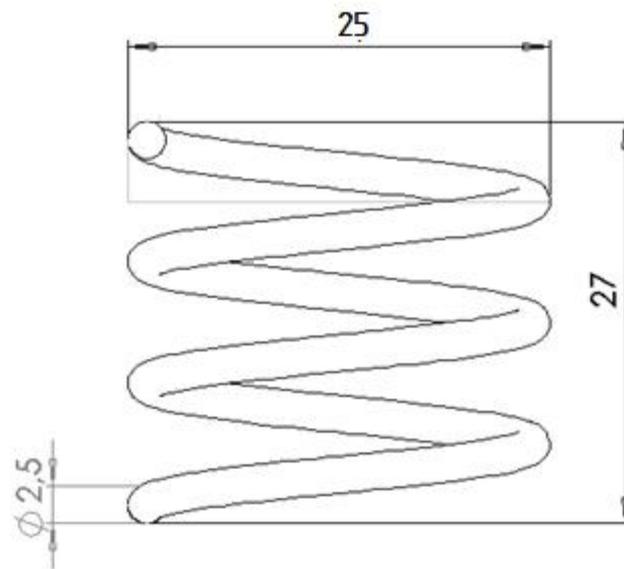


Перемещения пружины в аустенитном состоянии

А н а л и з р е з у л ь т а т о в

	Сила, Н	Растяжение пружины в мартенситном состоянии, мм	Растяжение пружины в аустенитном состоянии, мм
Эксперимент	1	21	5
	2	74,5	17
ANSYS	10	26	11,3
	20	70,6	18,4

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОСТАТА



Возвратная пружина автомобильного термостата

Жесткость возвратной пружины:

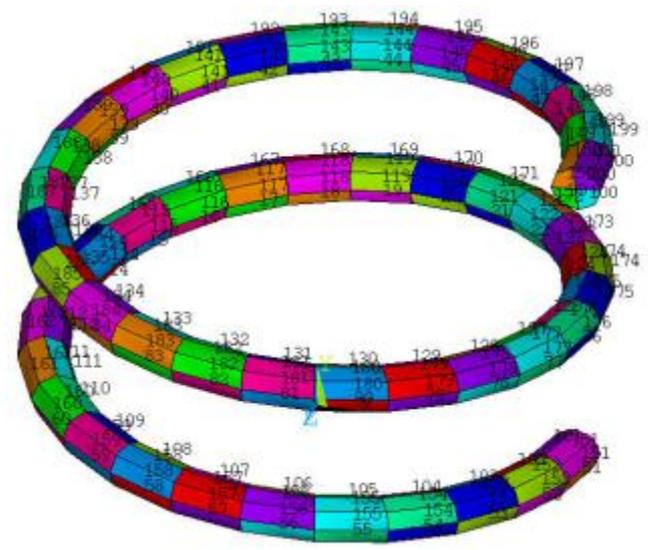
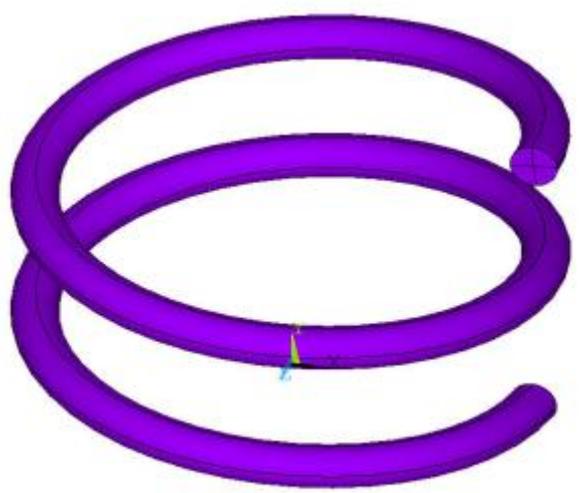
$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{110}{0.013} = 8462 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Сила упругости, возникающая в пружине при открытии термостата:

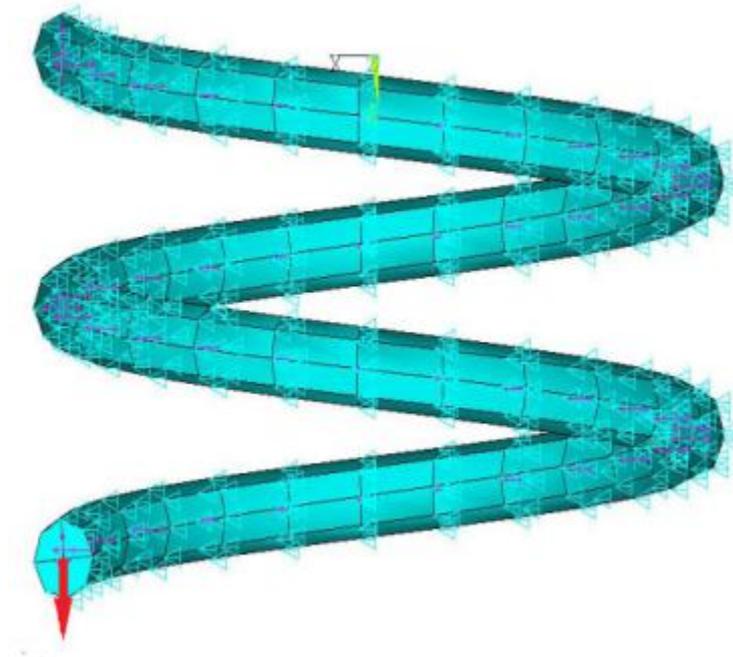
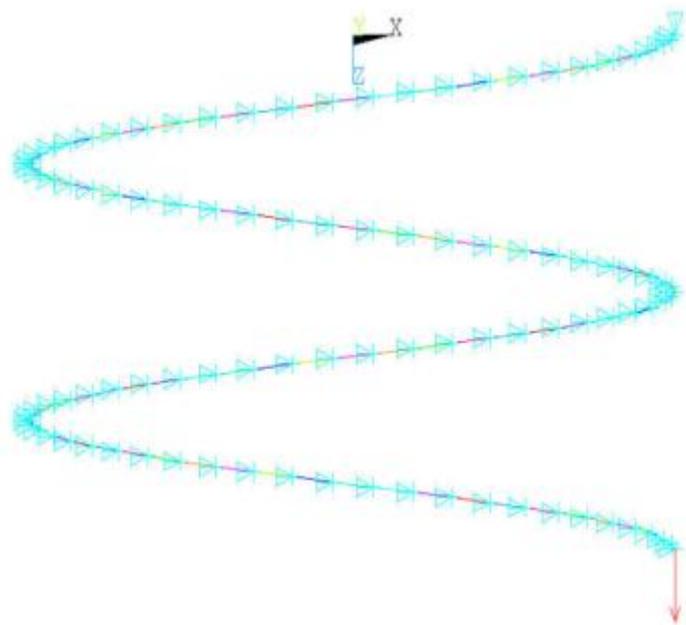
$$F_{\text{упр.}} = k \cdot \Delta l = 8462 \cdot 0.015 = 127 \text{ Н}$$

Автомобильный термостат

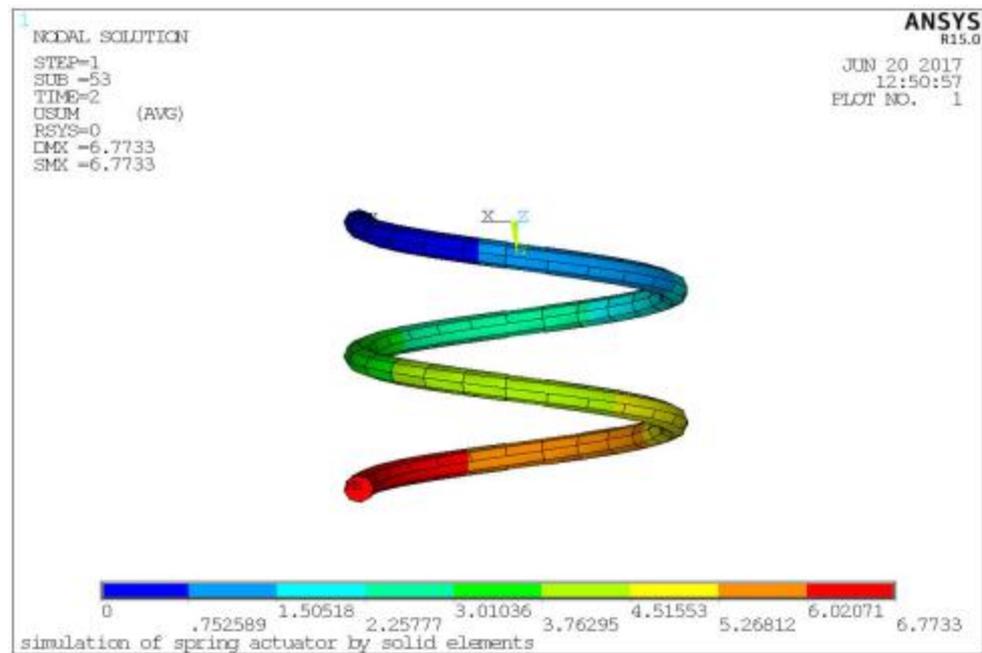
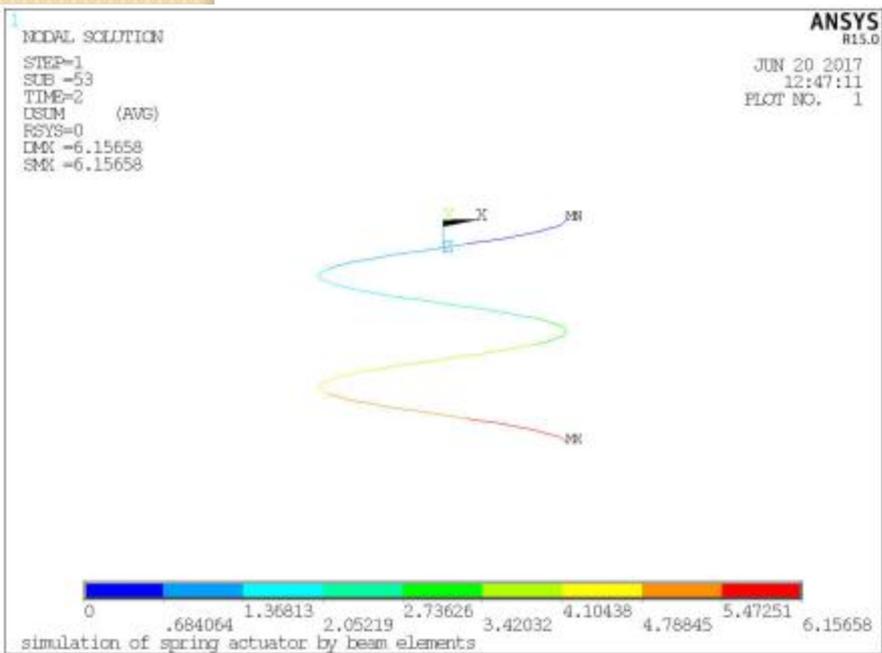
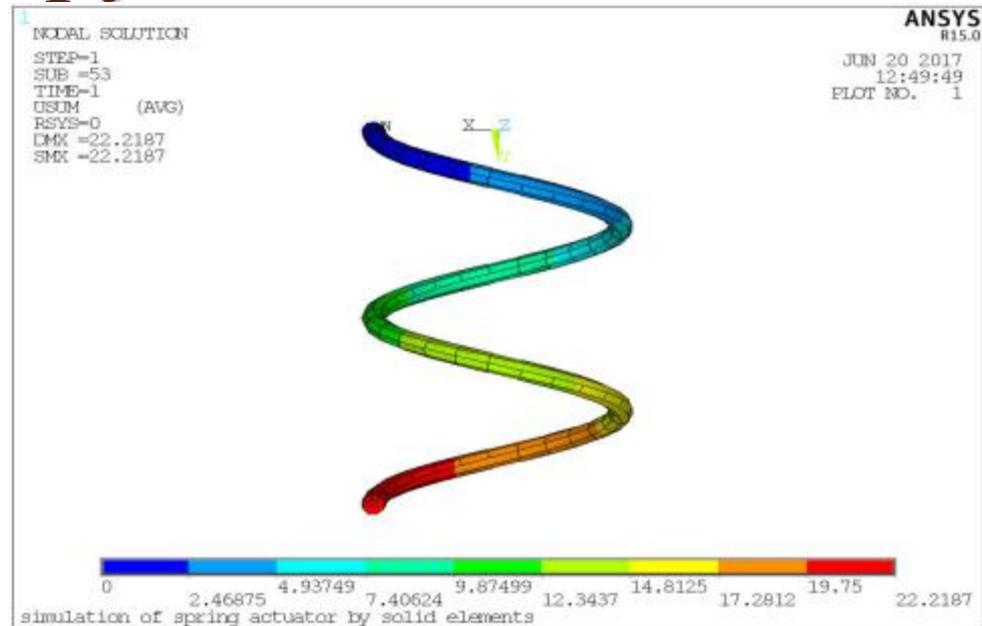
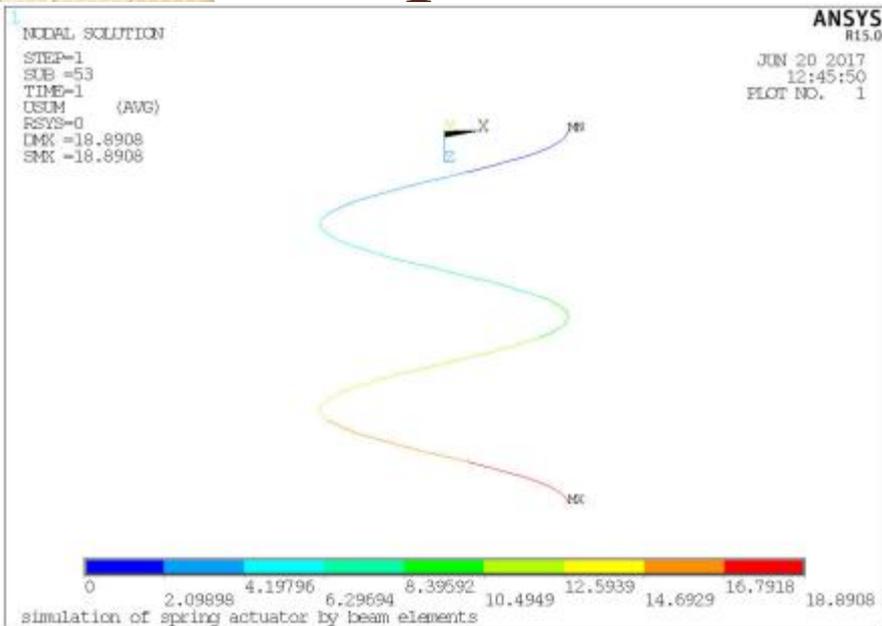
РАСЧЕТ НИТИНОВОЙ ПРУЖИНЫ ТЕРМОСТАТА В ANSYS



Г р а н и ч н ы е у с л о в и я



Перемещения пружины



А н а л и з

р е з у л ь т а т о в

Пружина	Разбиение	Жесткость, Н/м
Возвратная	BEAM	8462
Нитиноловая в мартенситном состоянии	BEAM	6720
Нитиноловая в аустенитном состоянии	SOLID	20650
Нитиноловая в мартенситном состоянии	BEAM	5721
Нитиноловая в аустенитном состоянии	SOLID	18760

Заключение

Исследования, проведенные в данной работе, показывают возможность использования пружины с эффектом памяти формы в качестве исполнительного механизма автомобильного термостата. Программный комплекс ANSYS позволяет произвести расчет конструкции выполненной из материала с ЭПФ, такого как нитинол. Данная возможность является несомненным преимуществом при проектировании и производстве различных устройств, работающих на принципе эффекта памяти формы.