

Ходырева Э.В. Дисковая пружина тормозного механизма вагона // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2019. – №8 (август). – АРТ 551-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 624.042

Ходырева Эльвира Валентиновна

студентка 2 курса магистратуры,

дорожно-строительный факультет

Московский автомобильно-дорожный государственный технический

университет (МАДИ)

г. Москва, Российская Федерация

e-mail: elya_hodyreva@mail.ru

**ДИСКОВАЯ ПРУЖИНА ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА
ВАГОНА**

Аннотация: Разработка математической модели пружины при опоре на одно кольцо. Приложение нагрузки через толкатель; Разработка математической модели пружины при опоре на оба кольца. Приложение нагрузки через нижнее кольцо.

Ключевые слова: дисковая пружина, конечно-элементная модель, толкатель, жесткость.

Khodyreva Elvira Valentinovna

2nd year master's student,
faculty of road construction

Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)

Moscow, Russian Federation

e-mail: elya_hodyreva@mail.ru

DISK SPRING BRAKE MECHANISM OF THE CAR

Abstract: Development of a mathematical model of a spring supported by a single ring. Application of the load through the pusher; Development of a mathematical model of the spring when supported on both rings. The application of load through the lower ring.

Key words: disc spring, finite element model, pusher, stiffness.

Работа содержит результаты исследования дисковой пружины. Основная цель исследования – выявить напряженно-деформированное состояние пружины в рабочем цикле, определить коэффициент передачи усилия с малого кольца на бобышку.

Вначале было произведено краткое описание физической постановки задачи: рассмотрены граничные условия, модели материала, модели формы геометрии и метод решения задачи.

Далее приведены результаты работы модели пружины по определению напряженно деформированного состояния, приведены усилия на различных элементах пружины при рабочем цикле. Определен коэффициент трансформации пружины. Описаны и приведены результаты

натурных испытаний пружины. Проведена оценка точности модели при сравнении с экспериментом.

1. Построение КЭ модели дисковой пружины и результаты ее работы

1.1 Геометрия дисковой пружины

Конструкторская документация по дисковой пружине была предоставлена заказчиком в виде чертежей, 3D моделей, также был предоставлен образец для испытаний (Рисунки 1-3).

Чертежная документация была предоставлена только для детали «Диск неразрезной» (Рисунок 1).

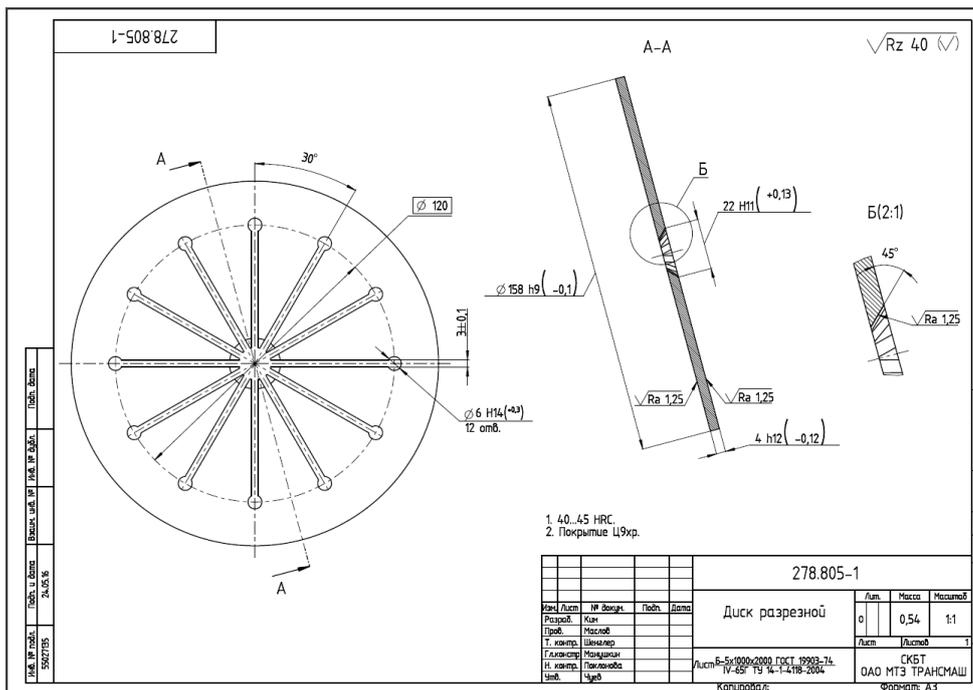
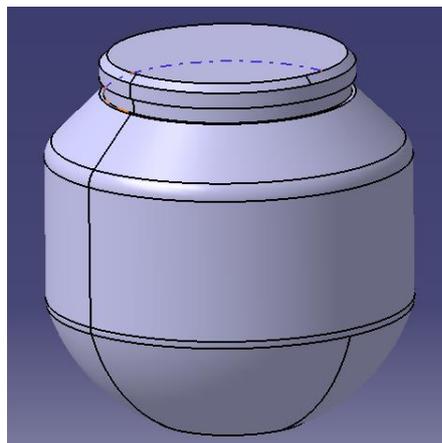
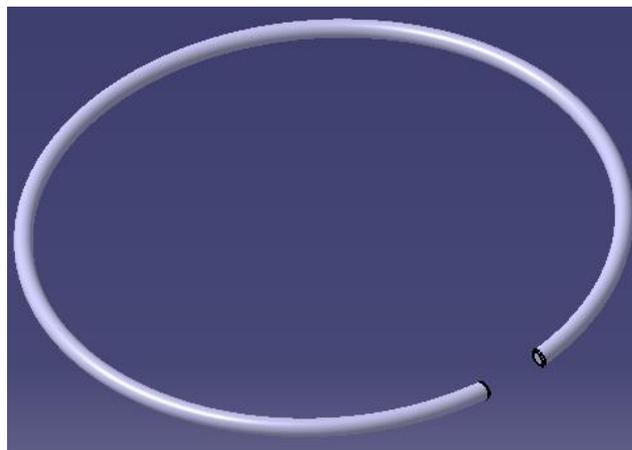


Рисунок 1 – Чертеж диск разрезной

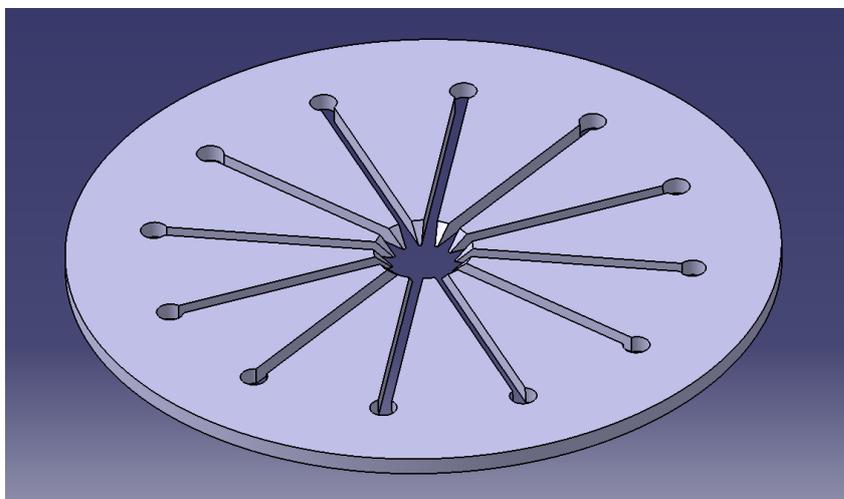
Конструкторская документация по остальным деталям была получена в виде не редактируемых 3D моделей (Рисунок 2).



(а)



(б)



(в) Дисконая пружина

Рисунок 2 – 3D модели основных элементов пружины: (а) толкатель,
(б) кольца, (в) диск пружины

Помимо конструкторской документации заказчиком был предоставлен образец для испытаний (Рисунок 3).



(а)



(б)



(в)

Рисунок 3 – Лабораторные образцы основных элементов пружины:

(а) толкатель, (б) кольцо малое, (в) пружина

При сопоставлении размеров колец 3D модели с образцом для испытаний были обнаружены несоответствия размеров. Малое кольцо в 3D модели имело диаметр 69 мм и толщину 5 мм, тогда как в лабораторном образце диаметр составлял 65 мм с толщиной 5 мм. Большое кольцо также отличается по размеру диаметра. Сравнение размеров колец модели и лабораторного образца приведено в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение геометрии колец 3D модели и лабораторного образца

	Лабораторный образец, мм	3D модель, мм	Размер при моделировании, мм
Малое кольцо диаметр внутренний/внешний	130/140	138/148	130/140
Большое кольцо диаметр внутренний/внешний	150/160	154/164	150/160

При моделировании за основу были взяты размеры с лабораторного образца пружины, так как иначе было бы невозможно провести сравнение результатов работы модели и эксперимента.

1.2 Построение КЭ модели пружины

1.2.1 Построение сетки КЭ

При моделировании пружины возможно использовать 3 типа элементов: твердотельные (solid), оболочечные (shell) и толстые оболочки (tshell). Основными критериями при выборе типа элементов были простота создания и надежность результатов. На этой основе были выбраны твердотельные элементы (solid). Преимуществами solid модели являются: точность, простота обработки результатов и создания сетки; основной недостаток – длительное время расчета. Расчет цикла разгрузка-нагрузка solid модели происходит за 60 минут, тогда как у моделей с элементами shell и tshell оно не превышает 10 минут.

КЭ сетка строилась с использованием препроцессора Altair Hypermesh. Для получения более равномерной сетки геометрия пружины была разделена на простые формы. Из пружины был выделен сегмент

пружины в 30° (Рисунок 4а), после чего на конце сегмента отделялась призма (Рисунок 4б).

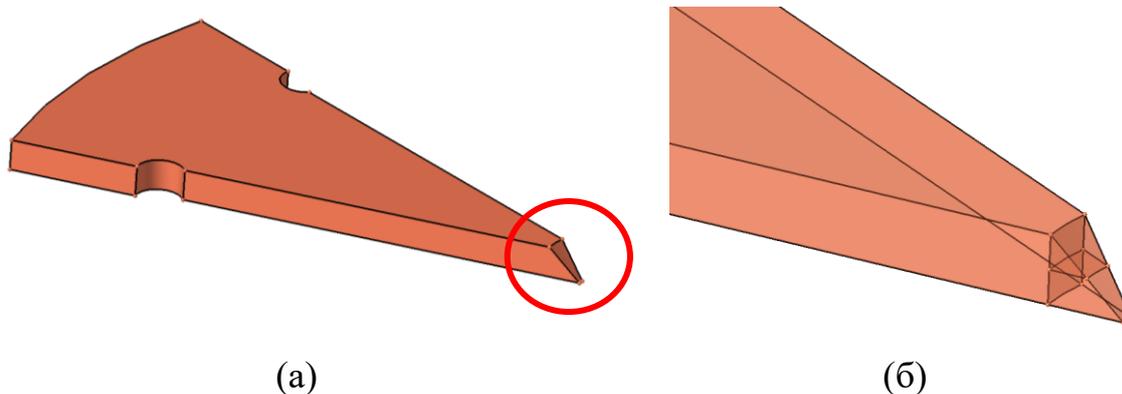


Рисунок 4 – Упрощение геометрии пружины

В начале производилось разбиение сеткой основной части, как наиболее важной, потом разбивалась треугольная призма на конце сегмента.

Средний размер элемента сетки был выбран так, чтобы параметр сетки aspect ratio не превышал 2. Требование связано с тем, что используемый тип элементов дает избыточную жесткость на изгиб в случае превышения параметра. В результате наиболее подходящим оказался размер элемента равный 0.8 мм.

Проверка модели на значение параметра aspect ratio приведена на Рисунке 5. Элементы, для которых aspect ratio > 1.8 приведены на Рисунке 5 (выделены белым). Количество таких элементов менее 1%.

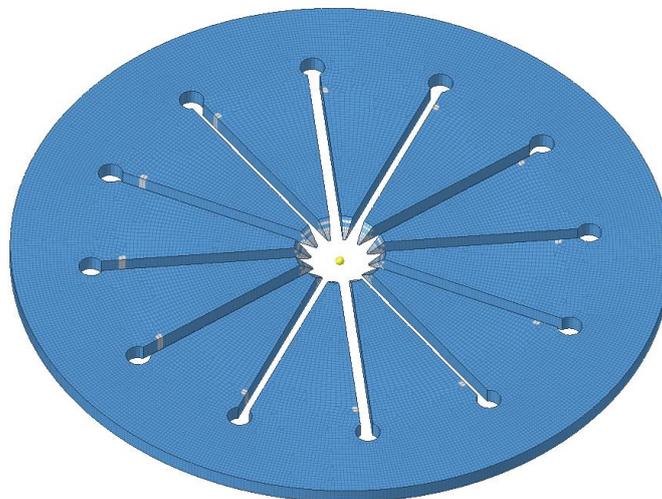


Рисунок 5 – Проверка пружины по параметру aspect ratio

Элементы в центре пружины не работают на изгиб, поэтому значение aspect ratio для этих элементов находится в диапазоне от 1.7 до 3.8, что приемлемо для общей устойчивости расчета.

1.2.2 Механические характеристики материала пружины

В рабочем цикле пружина после деформации полностью восстанавливает начальные размеры, поэтому материал пружины работает в упругой области. Упругое поведение сталей описывается 2-мя механическими постоянными: модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ . Для материала пружины – Сталь 65Г, механические характеристики приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – Механические характеристики Сталь 65Г

Механические характеристики	Значение
Плотность, кг/м ³	7850
Модуль упругости, МПа	$2.15 \cdot 10^5$
Коэффициент Пуассона, мм/мм	0.33
Предел текучести, МПа	1790

1.2.3. Механические характеристики материала кольца и толкателя

Толкатель и кольца моделировались абсолютно жестким материалом. Такая модель материала не позволяет телу деформироваться, но на вход модели необходимо задать значения механических характеристик для определения жесткости тела в контакте. Механические характеристики толкателя и колец приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Механические характеристики материала толкателя и колец

Механические характеристики	Значение
Плотность, кг/м ³	7850
Модуль упругости, МПа	2.0*10 ⁵
Коэффициент Пуассона, мм/мм	0.30

1.3 КЭ исследование работы пружины

1.3.1 Нагрузка пружины через толкатель

Первой была построена модель взаимодействия пружины с толкателем при опирании пружины на большое кольцо.

Большое кольцо толкателя в процессе нагружения было неподвижно. Нагружение останавливалось в тот момент, когда усилие на толкателе достигало 1.5 кН. Такое усилие было выбрано так, чтобы его было не сложно получить при натурных испытаниях и при этом не перегрузить пружину.

Напряжения, возникающие в пружине в процессе нагружения показаны на Рисунке 6. Картина полученных напряжений близка к симметричной, что косвенно может подтверждать правильность работы модели.

Всероссийское СМИ

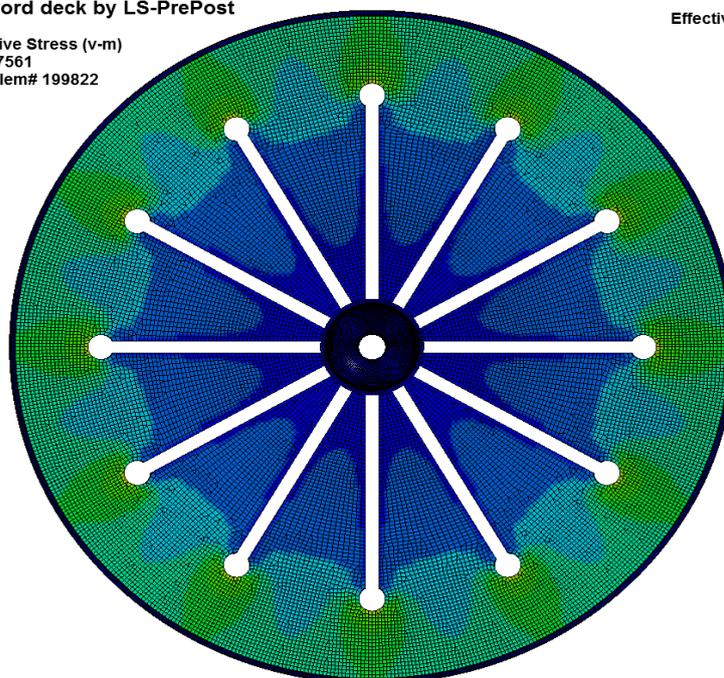
«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru
e-mail: akademnova@mail.ru

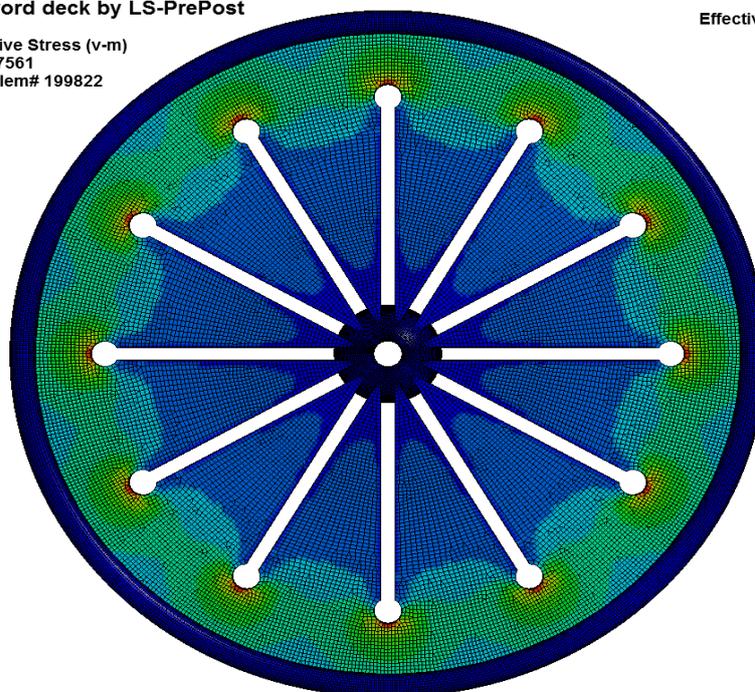
LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost
Time = 0.5
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0, at elem# 77561
max=742.847, at elem# 199822



Effective Stress (v-m)
7.428e+02
6.686e+02
5.943e+02
5.200e+02
4.457e+02
3.714e+02
2.971e+02
2.229e+02
1.486e+02
7.428e+01
0.000e+00

(a)

LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost
Time = 0.5
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0, at elem# 77561
max=742.847, at elem# 199822



Effective Stress (v-m)
7.428e+02
6.686e+02
5.943e+02
5.200e+02
4.457e+02
3.714e+02
2.971e+02
2.229e+02
1.486e+02
7.428e+01
0.000e+00

(б)

Рисунок 6 – Распределение напряжения в пружине: (а), (б)

Распределение напряжений по толщине неоднородное: максимальные напряжения возникают со стороны большого кольца и равны 742.84 МПа. Со стороны толкателя напряжения не превышают 660 МПа.

1.3.2 Нагрузка пружины через малое кольцо

Модель взаимодействия пружины с верхним и нижним кольцом приведена на Рисунке 7. Большое (нижнее) кольцо было неподвижно, а верхнему кольцу было задано перемещение до того момента, пока нагрузка на пружине не будет равна 1.5 тонны.

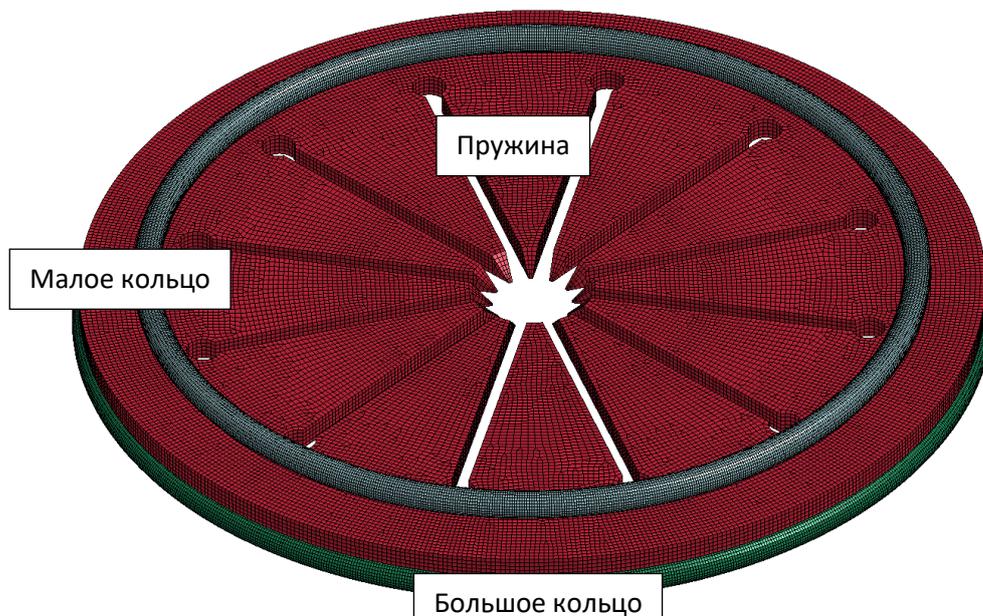


Рисунок 7 – КЭ модель пружины с двумя кольцами

Распределение напряжений по толщине пружины не равномерно. Наибольшие напряжения возникают со стороны большого кольца и составляют 1423 МПа. Со стороны малого кольца напряжения не превышают 1000 МПа.

Кривая зависимости усилия на верхнем кольце от прощений приведена на Рисунке 8. На кривой наблюдается ярко выраженный пик на спад.

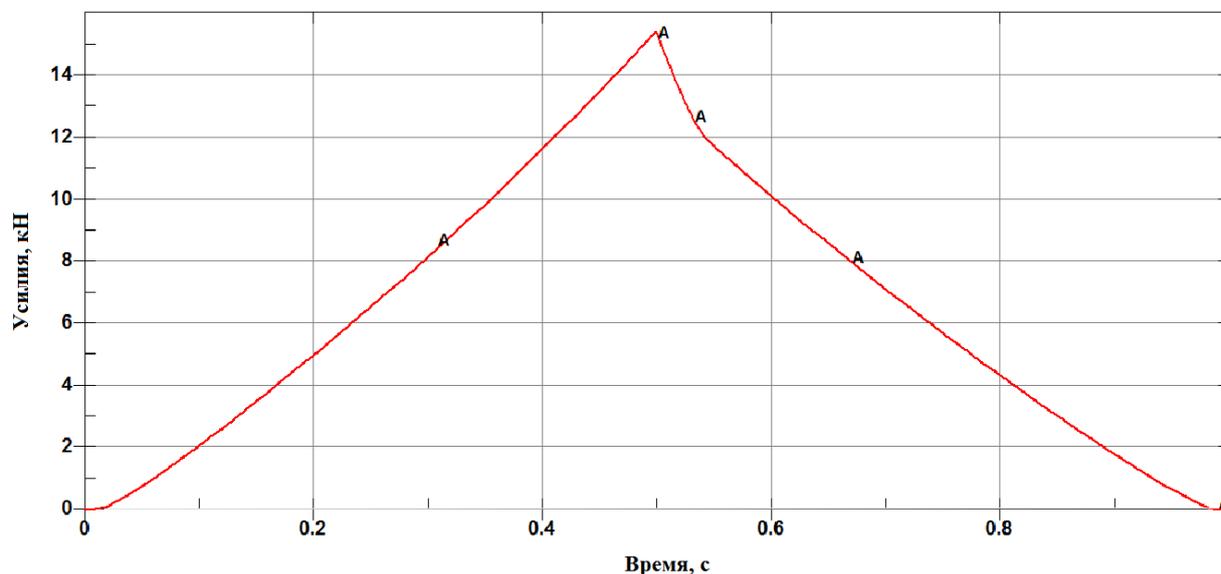


Рисунок 8 – Кривая нагружения пружины

Выводы

На первом этапе работ была разработана конечно-элементная модель разрезной пружины для двух случаев нагружения. Первое нагружение происходило через толкатель при опирании на большое кольцо. Для проверки точности модели был проведён эксперимент, максимальное отклонение кривых составило порядка 4% в области пика. Отличие жесткости пружины составило 1,3%. При сравнении 2ого эксперимента с моделью максимальное различие составило 4,9%. Рассматриваемые модели являлись калибровочными и показали хорошую сходимость, окончательная доводка модели будет происходить с учетом всех особенностей нагружения.

Список использованной литературы:

1. Бидерман, В.Л. Теория механических колебаний : Учеб. для вузов .— М., Ижевск : РХД, 2009 .— 407 с. : ил. — Библиогр.: с. 403-404.
2. Биргер И.А., Мавлюта Р.Р. Сопротивление материалов: Учебное пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 560 с.

3. Железнодорожный транспорт в девятой пятилетке. (Сб. статей). М., «Транспорт», 1972. 240 с.
4. Каталог-справочник. Автотормозное и пневматическое оборудование подвижного состава рельсового транспорта: М., НИИИнформтяжмаш, 1975. – 130с.
5. Кузьмич Л. Д., Кост Е. Л., Самсонова С. А. Прочностные нормативные требования к грузовым и пассажирским вагонам за рубежом. Обзорная информация. М., НИИИнформтяжмаш, 1975. 74 г.
6. Чиркин В. В., Вершинский В. В. Технология вагоностроения. М., «Машиностроение», 1970. 376 с.

Дата поступления в редакцию: 03.08.2019 г.

Опубликовано: 09.08.2019 г.

© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2019

© Ходырева Э.В., 2019