



РАСЧЕТ ПРУЖИН С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

С.И. Каратушин¹, Н.А. Бильдюк², Ю.А. Плешанова³, П.Н. Бокучава⁴

^{1,3,4}*Балтийский государственный технический университет (БГТУ) им. Д.Ф. Устинова
190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, 1;*

²*Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики (СПбГУСЭ),
191015, Санкт-Петербург, ул. Кавалергардская, 7, лит. А*

Рассматривается метод расчета пружин переменного сечения, формы и шага на основе программы ANSYS Workbench. В качестве примера используется автомобильная пружина подвески. Получена диаграмма нагрузка – деформация для равномерно нагруженной пружины с переменными параметрами.

Ключевые слова: пружина с переменными параметрами (ППП), диаграмма нагружения, ANSYS Workbench.

THE CALCULATION OF SPRINGS WITH VARIABLE PARAMETERS

S.I. Karatushin, N.A. Bilydyuk, Yu.A. Pleshanova, P. N. Bokuchava

*Baltic state technical University (BSTU) them. D.P. Ustinov,
190005, St. Petersburg, ul. 1-ya Krasnoarmeyskaya, 1
St.-Petersburg state university of service and economy (SPbSUSE),
191015, St.-Petersburg, street Kavalergardsky, 7, lit. A*

A method for calculating the spring of variable section, forms and step through the program ANSYS Workbench. For example, use a vehicle suspension spring. Load-deformation diagram for uniform-loaded spring with variable parameters was obtained.

Keywords: spring with variable parameters (SVP), the chart loading, ANSYS Workbench.

В конструкциях современных машин и механизмов используется огромное количество упругих элементов (УЭ) из металлических сплавов. Эти УЭ из сталей перлитного, аустенитного и мартенситного классов, Co – Cr – Ni сплавы, титановые, медные и алюминиевые сплавы. Чрезвычайно разнообразны и способы упрочнения, как заготовок, так и готовых изделий. Это – термическая обработка и различные варианты сочетания термической и механической обработок (ТМО). Все разнообразие материалов и технологических мероприятий предназначено для создания УЭ удовлетворяющих требованиям конструктора: при заданной конструкции, габаритах и весе изготовить УЭ с необходимой характеристикой нагружения. Авторам неизвестны работы по расчету пружин с переменными параметрами в программном комплексе ANSYS.

Нестандартные конструкции УЭ применяемые в различных устройствах позволяют решать многие проблемы при разработке новых

машин. Так, применение спиральных пружин переменного диаметра и сечения заготовки в автомобильной подвеске сделало жесткость подвески соответствующей нагрузке при одновременном снижении себестоимости и габаритов узла подвески. Разработки УЭ с переменными параметрами вызывают затруднения в аналитических расчетах таких конструкций. Применение численных методов и компьютерного моделирования, заложенных в программном комплексе инженерного анализа ANSYS, значительно упрощает расчеты и снижает до минимума экспериментальную проверку.

Конструкций УЭ с ПП достаточно много: это спиральные пружины переменного диаметра, рессоры, торсионные пружины переменного сечения, разнообразные динамометрические УЭ и др.

В настоящей работе в качестве примера рассматриваются две конструкции спиральных пружин переменного диаметра и сечения заготовки (рис. 1, 2). Сечение заготовки – проволо-

ки может быть круглым, квадратным или прямоугольным, т.е. практически любым. Для проведения расчетов ANSYS создается модель в любой из графических программ. Первоначальные размеры пружины (УЭ) задаются на основе ориентировочного расчета по общепринятым методикам [1, 2]. Окончательный расчет в ANSYS может быть как прямым, так обратным, т.е. можно задавать воспринимаемые нагрузки, выбирать материал с необходимыми свойствами и определять размеры. Значительно больший интерес представляет обратная задача: исходя из условий работы устройства, в котором используется УЭ, задается диаграмма нагружения, механические свойства материала (предел упругости, время релаксации, в зависимости от условий эксплуатации – динамический или статический модуль упругости) и далее конструируется форма УЭ.

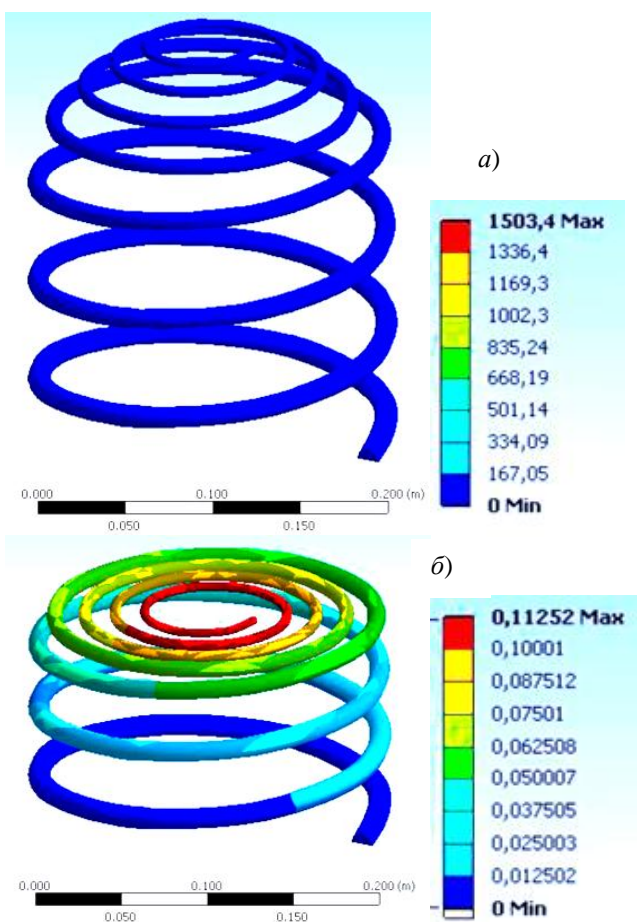


Рисунок 1. Автомобильная пружина подвески. Результаты расчетов: а) – интенсивности напряжений, Па; б) – перемещения, мм

Материалы для силовых пружин и динамометров могут быть разные [3, 4]. При выборе материалов для датчиков крутящего момента в ряде случаев целесообразно использовать демпфирующие сплавы [4]. Для многих силовых пружин после окончательной термической

обработки (закалка с отпуском) применяется дополнительное упрочнение пластической деформацией. Для изделий типа торсионов – это обкатка роликом, для спиральных пружин и пластинчатых – обдувка стальной или чугуной дробью. После такого дополнительного упрочнения необходим дополнительный отпуск (старение) с температурой несколько ниже предшествующего отпуска. Упрочнение обычно происходит на глубину 0,5–1 мм. Это упрочнение холодной пластической деформацией поверхности приводит к созданию сжимающих напряжений и, как следствие, повышение усталостной прочности. В результате добавления к напряжениям кручения напряжений от поверхностного упрочнения наибольшие растягивающие напряжения уменьшаются, а наибольшие сжимающие – увеличиваются по абсолютной величине.

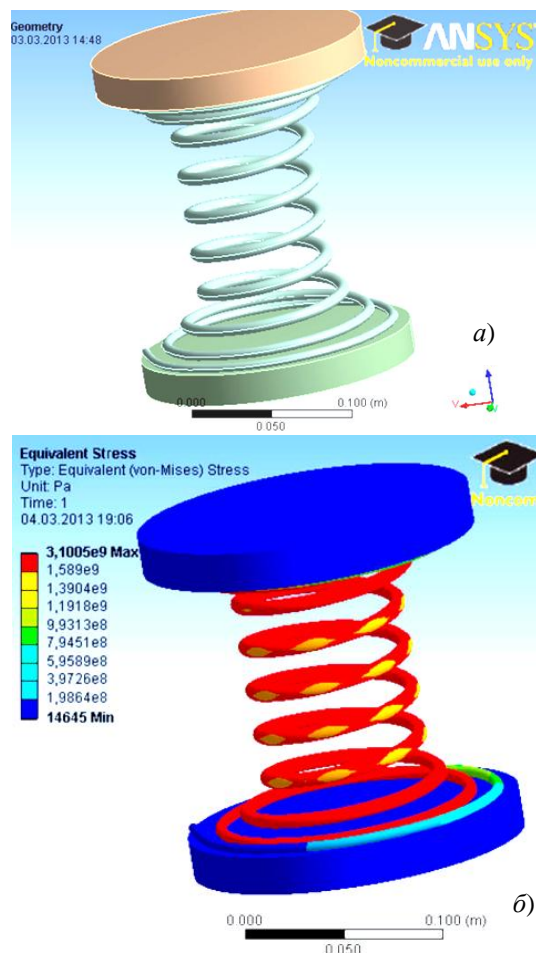


Рисунок 2. Спиральная симметричная пружина: а) без нагрузки; б) под нагрузкой

В отличие от цементации поверхностный наклеп создает весьма плавное изменение остаточных напряжений по глубине, отсутствует резкий скачок перехода сжимающих напряжений к растягивающим. Для получения информации о сжимающих напряжениях и соответственно объемных изменений, необходимы

экспериментальные данные на плоских образцах – свидетелях. На модели пружины можно задавать упрочненный слой и тем самым в дальнейшем оценивать его влияние на напряженно-деформированное состояние (НДС) всей пружины.

Конструкция рассматриваемых пружин должна удовлетворять одному весьма важному условию: податливая часть пружин при сжатии не должна иметь соприкасающихся витков. Сжатые витки должны вкладываться друг в друга и находиться в одной плоскости. Дальнейшее приложение усилия будет деформировать жесткую часть пружины (рис. 1).

Создание моделей пружин производится в программном пакете КРМПАС-3D v.13. Для моделей пружин с переменным по длине шагом намотки, диаметрами витков и диаметром проволоки (прутка) была написана специальная интегрированная в КОМПАС библиотека, позволяющая автоматизировать этот процесс. Библиотека написана на языке C++ с использованием SDK, предоставляемого вместе с программой КОМПАС 3D. Эта библиотека, используя вводимые пользователем данные о форме пружины, способна генерировать ее модель. Генерируемая модель задается по сечениям проволоки (прутка), расположенным через одну восьмую витка. Каждая часть витка идентифицируется двумя диаметрами и радиусом кривизны, который задается в виде диаметра витка и шага. В случаях, когда требуется более точная модель пружины, частоту дискретизации можно увеличить. Таким образом, можно создавать модели спиральных пружин, имеющие переменные по высоте параметры формы с минимальными затратами времени. Созданные модели импортируются в программный пакет ANSYS для проведения исследований их механических характеристик. Принятая методика расчета позволяет корректировать размеры пружин таким образом, чтобы весь объем пружины под нагрузкой имел однородное напряженное состояние. Если какой-либо участок пружины будет находиться в недогруженном или перегруженном состоянии, то этот участок заменяется на модели. Жесткость податливой части пружины можно менять либо толщиной витка, либо его диаметром. О состоянии нагруженности частей пружины проще всего судить

по эквивалентным напряжениям. Касательные напряжения в витках определяются по величине Shear Stress XY и Shear Stress XZ в поперечном сечении витка, разрезанной вдоль оси всей пружины. Это будут τ_{xy} и τ_{xz} , по которым можно выбирать материал и дальнейшую технологию упрочнения. На рис. 3 представлена диаграмма нагрузки анализированной автомобильной пружины. На графике явно просматриваются три участка при сравнительно однородном напряженном состоянии всех витков пружины.

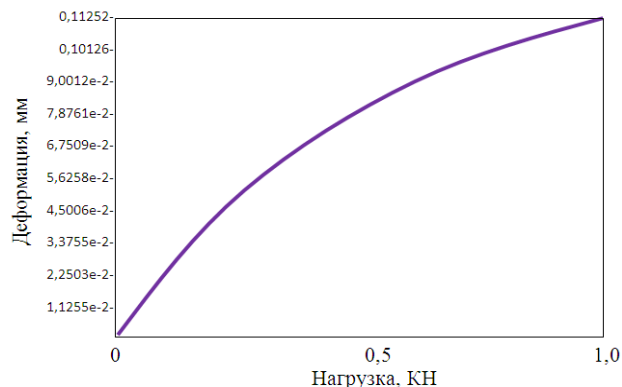


Рисунок 3. Диаграмма нагрузки автомобильной пружины

Вывод: разработана методика проектирования равнонагруженной пружины, имеющей переменные параметры, с использованием программного комплекса ANSYS, значительно снижающая трудоемкость расчетов по сравнению с традиционной.

Литература

1. Анурьев В.Н. Справочник конструктора машиностроителя в 3-х томах. Т. 1–3. М., Машиностроение, 2001, -864 с.
2. Лавриненко Ю.А. Беляков Е. Г., Фадеев В.Д. Упрочнение пружин. Уфа, Издательский дом «Бизнес-Партнер», 2002г, -124 с.
3. Рахштадт А.Г., Пружинные стали и сплавы, 3-е изд., перераб. и дополн. М., «Металлургия», 1982 г, -400 с.
4. Фастов Ю.К., Шульга Ю.Н., Рахштадт А.Г., Металловедение высокодемпфирующих сплавов. М., Металлургия, 1980 г, -272 с.

¹ Каратушин Станислав Иванович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Детали машин» БГТУ «Военмех» им. Устинова, моб.: +7 (921) 349 40 62, e-mail: karatsi@bk.ru;

² Бильдюк Николай Алексеевич – старший преподаватель кафедры «Техническая механика» СПбГУСЭ, моб.: +7 (911) 965 08 23, e-mail: tm_06@mail.ru;

³ Плешанова Юлия Андреевна – аспирант кафедры «Детали машин» БГТУ «Военмех» им. Устинова, моб.: +7 (921) 556 68 40, e-mail: julia_1980@mail.ru;

⁴ Бокучава Петр Нугзарович – аспирант кафедры «Космические аппараты и двигатели» БГТУ «Военмех» им. Устинова, моб.: +7 (961) 809 71 19, e-mail: bokuchava.pn@astronomikon.ru.