

УДК 539.3

БАЖАНОВА А.Ю.

Одесский национальный политехнический университет

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРУЖИН С ЛИНЕЙНОЙ И ПРОГРЕССИВНОЙ УПРУГИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

**Цель.** Исследование напряжено-деформированного состояния пружин с линейной и прогрессивной упругими характеристиками.

**Методика.** Исследование проведено в программном комплексе SolidWorks, в основе которого лежит метод конечных элементов.

**Результаты.** Произведен сравнительный расчет прочности пружин с линейной и прогрессивной упругими характеристиками. Подтверждено рациональность использования прогрессивных пружин в подвесных элементах крепления и монтажа.

**Научная новизна.** Задача решена с использованием конечно-элементного комплекса SolidWorks. Отмечена рациональность использования прогрессивной пружины.

**Практическая значимость.** Научно обоснованно преимущества использования пружины с прогрессивной упругой характеристикой над пружиной с линейной упругой характеристикой.

**Ключевые слова:** пружина, метод конечных элементов, прогрессивная упругая характеристика, SolidWorks.

**Вступление.** Одним из широко распространенных упругих элементов современных механизмов и машин являются пружины. Популярность пружин обусловлена их компактностью, простотой монтажа и возможностью «вмещать» в себя телескопические амортизаторы, а также тем, что у пружины легче получить прогрессивную характеристику. Обычно, пружина имеют линейную зависимость усилия деформации от ее величины. Это обусловлено формой упругого элемента и материалом, из которого он изготовлен. Чтобы повысить энергоемкость подвески, достаточно увеличить жесткость упругого элемента, что также приведет к повышению ее скоростных качеств. Однако при этом может пострадать комфорт и сохранность грузов [1].

Решением данной проблемы стало создание прогрессивной пружины. Она представляет собой пружину с переменным шагом по всей длине либо, что наиболее распространено, пружину с группами витков двух разных шагов.

Работает такая пружина следующим образом. В статическом состоянии подвески усилие воспринимают все витки, обеспечивая заданную геометрией жесткость. С ростом нагрузки происходит замыкание витков с меньшим шагом, тем самым уменьшается число оставшихся рабочих витков, и жесткость пружины увеличивается [2].

**Постановка задачи.** Требования к обеспечению необходимой прочности пружин при увеличении плавности хода и комфорта вызывают необходимость

разработки алгоритмов расчета пружин с линейной и прогрессивной упругими характеристиками с последующей компьютерной реализацией.

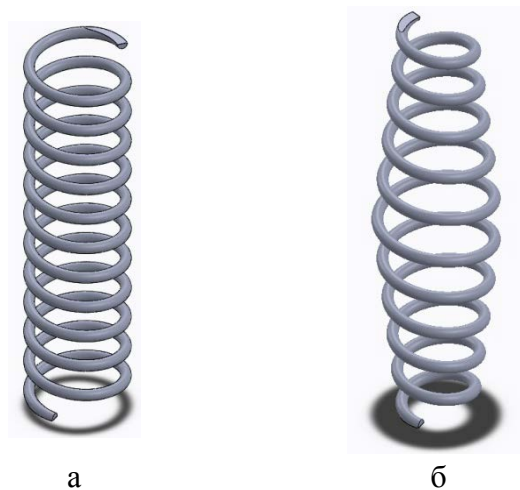
**Результаты исследования.** В работе произведен сравнительный расчет пружин с линейной (1) и прогрессивной (2) упругими характеристиками (табл. 1). Геометрические размеры и затраты материала на производство данных видов пружин отличаются менее чем на 5%, что дает возможность сравнительного анализа. Исследование проводилось в программном комплексе SolidWorks, в основе которого лежит метод конечных элементов [3].

Таблица 1

**Геометрические размеры пружин, с линейной (1) и прогрессивной (2) геометрическими характеристиками**

Тип пружины	Высота пружины, мм	Диаметр пружины, мм	Диаметр сечения пружины, мм	Количество витков	Шаг, мм
1	418	108,8	12	11,5	36
2	417	100	10,5	10,5	36/45

Проведено моделирование и обрезка пружины для интеграции ее в механизм (рис.1).



**Рис. 1. Модели пружин:**

а – с линейной упругой характеристикой, б – с прогрессивной упругой характеристикой

Построена конечно-элементная сетка, размеры конечных элементов и модели с сеткой представлены на рис. 2.

В расчетах закреплена нижняя грань при помощи опции *Зафиксированная геометрия*, а также приложена нагрузка. Стоит отметить, что в случае приложения классической нагрузки пружина при деформации не только сожмется, но и подвергнется существенному искривлению. Поэтому в этих задачах использована

опция *Дистанционная нагрузка/масса*. Особенностью данной опции является то, что она имитирует передачу нагрузки от жесткого тела и препятствует нежелательным деформациям.

Нагрузка 300Н приложена, как дистанционная нагрузка в центре пружины, с привязкой в верхней грани модели (рис. 2).

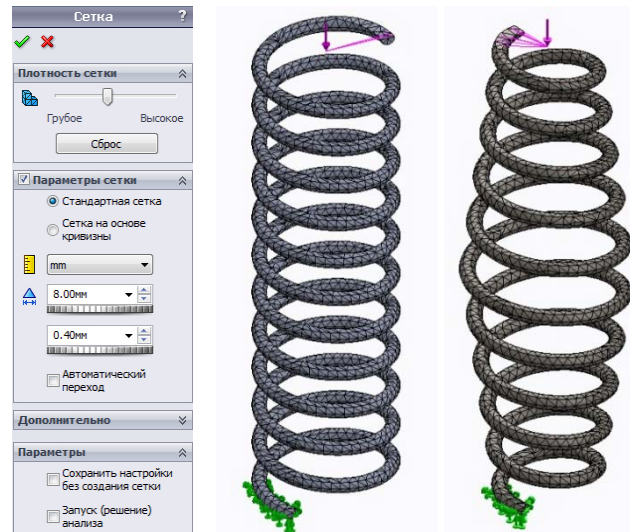


Рис. 2. Конечно-элементные модели, граничные условия закрепления и внешние нагрузки

Напряжения при нагрузке 300Н представлены на рис. 3.

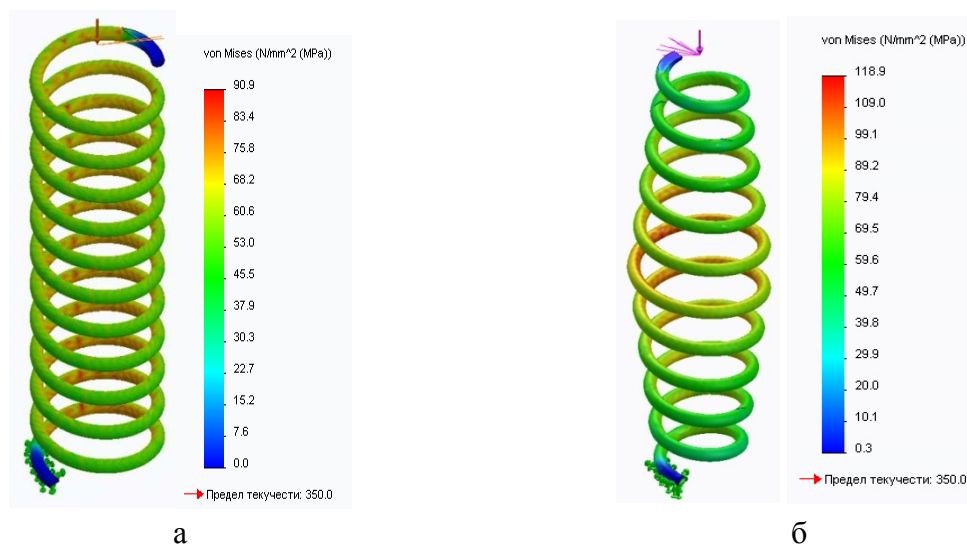


Рис. 3. Эквивалентные напряжения

Максимальные напряжения в расчете пружины с линейной упругой характеристикой составили 90.9 МПа, с прогрессивной – 118.9 МПа.

Суммарные перемещения представлены на рис. 4. Максимальные перемещения в первой задаче составили 17 мм, во второй – 15 мм.

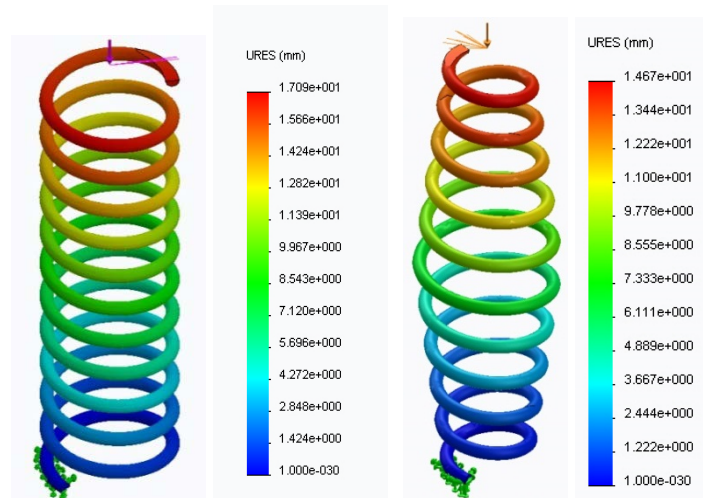


Рис. 4. Суммарные перемещения

Поля распределения деформаций представлены на рис. 5.

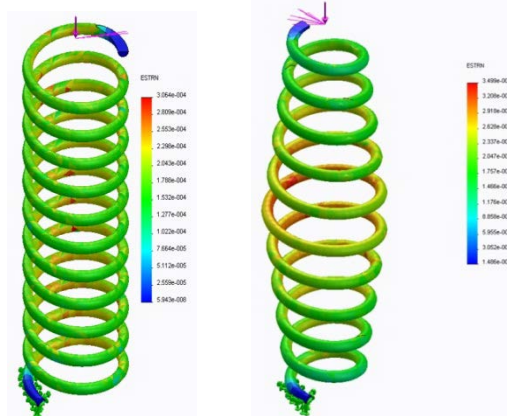


Рис. 5. Поля деформаций

Анализ полей деформаций указывает на то, что в прогрессивных пружинах большую деформацию испытывают центральные витки, в отличие от линейных пружин, где почти в равной степени деформируются все витки.

Проведенный сравнительный анализ показал, что прогрессивная пружина не имеет существенно возросших перемещений и напряжений при прочих равных условиях. При этом она сохраняет все свои преимущества по сравнению с линейной пружиной. В прогрессивной пружине сила сжатия распределяется поэтапно; после сжатия мягких витков в работу вступают более жесткие, поэтому комфорт езды на таких пружинах выше, ход автомобиля мягче, а также уменьшается крен при торможении.

**Выводы.** Таким образом, конечно-элементный анализ в программе SolidWorks подтвердил рациональность использования прогрессивных пружин в подвесках.

Список использованной литературы

1. Влазнева А. Ю. Расчет листовых рессор переменной жесткости / А. Ю. Влазнева, Н. Г. Сурьянинов // Труды Одесского политехнического университета : научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. – 2009. – Вып. 1(31). – С. 19-24.
2. Детали машин : сборник материалов по расчету и конструированию : в 2-х кн. / под ред. Н. С. Ачеркана. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1954. – 560 с.
3. Дашенко А. Ф. ANSYS в задачах инженерной механики / А. Ф. Дашенко, Д. В. Лазарева, Н. Г. Сурьянинов; под ред. Н. Г. Сурьянинова. – Одесса: Астропринт, 2007. – 484 с.

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРУЖИН З ЛІНІЙНОЮ ТА ПРОГРЕСИВНОЮ ПРУЖНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

БАЖАНОВА А.Ю.

*Одеський національний політехнічний університет*

**Мета.** Дослідження напружено-деформованого стану пружин з лінійною та прогресивною пружними характеристиками.

**Методика.** Дослідження виконано в програмному комплексі SolidWorks, основу якого становить метод скінчених елементів.

**Результати.** Проведено порівняльний розрахунок міцності пружин з лінійною прогресивною пружними характеристиками. Підтверджено раціональність використання прогресивних пружин в підвісних елементах кріплення і монтажу.

**Наукова новизна.** Задача вирішена з використанням скінчено-елементного комплексу SolidWorks. Отримані напруження, сумарні переміщення та деформації для кожної з пружин. Відзначена раціональність використання прогресивної пружини.

**Практична значимість.** Науково обґрунтовано переваги використання пружини з прогресивною пружною характеристикою над пружиною з лінійною пружною характеристикою.

**Ключові слова:** пружина, метод скінчених елементів, прогресивна пружна характеристика, SolidWorks.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF STRESS DEFORMED STATE OF LINEAR SPRINGS AND PROGRESSIVE ELASTIC CHARACTERISTICS**

BAZHANOVA A.

*Odessa National Polytechnic University*

**Purpose.** Research of the tense-deformed state of the springs with the linear elastic and progressive characteristics.

**Methodology.** Research is performed using the SolidWorks program complex based on the finite element method.

**Findings.** Comparative assessment of the strength of the springs with linear and progressive elastic characteristics is performed.

**Originality.** The problem is solved using the finite-element complex SolidWorks. Was noticed rationality to use progressive springs.

**Practical value.** The preferences of the use of the springs with progressive elastic characteristic over the springs with linear elastic characteristics are substantiated.

**Keywords:** *spring, finite element method, progressive elastic characteristic, SolidWorks.*

УДК 621.313.1:64.06

БІЛА Т.Я., СТАЦЕНКО В.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ КОЛЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ В ПРИВОДІ ПОБУТОВОГО ОБЛАДНАННЯ

**Мета.** *Визначення ефективності роботи універсальних колекторних двигунів, що працюють із змінним навантаженням. Створення комп'ютерної моделі, яка дозволяє розраховувати значення коефіцієнту корисної дії двигуна для певного режиму роботи.*

**Методика.** *Моделювання процесів, що виникають під час роботи універсального колекторного двигуна, здійснено за допомогою еквівалентної електричної схеми. Для проведення розрахунків застосовано систему Simulink.*

**Результати.** *В ході досліджень отримано комп'ютерну модель універсального колекторного двигуна для побудови часових залежностей коефіцієнту корисної дії (ККД) двигуна за різних видів навантаження та визначення середнього значення ККД для заданого інтервалу часу.*

**Наукова новизна.** *Створена математична модель та отримана залежність зміни ККД універсального колекторного двигуна від навантаження (моменту опору) на його валу.*

**Практична значимість.** *Модель, що запропонована, дозволяє розраховувати ефективність використання заданих моделей універсальних колекторних двигунів у режимах роботи зі змінним навантаженням.*

**Ключові слова:** *універсальний колекторний двигун, електропривод, побутова техніка, коефіцієнт корисної дії.*

**Вступ.** Сьогодні універсальні колекторні двигуни (УКД) широко застосовуються у побутовій техніці, а саме: у приводах пральних машин, блендерів та міксерів, посудомийних машин, кухонних комбайнів. Це зумовлено можливістю їх роботи від мережі змінної напруги, низьким пусковим струмом, хорошими масогабарітними показниками. Водночас на ринку доступні різні моделі УКД із технічними характеристиками, що помітно відрізняються. Так залежність ККД від моменту навантаження на його валу є нелінійною і положення екстремуму та її форма залежить від конкретної моделі УКД. Зважаючи на те, що навантаження на робочі органи