Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 http://naukovedenie.ru/

Том 8, №4 (2016) http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-4

URL статьи: http://naukovedenie.ru/PDF/74TVN416.pdf

Статья опубликована 31.08.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:
Чугунов М.В., Арсентьев Е.О., Лаймин А.Н., Полунина И.Н., Басыров В.С., Махров Г.А. Параметрическая библиотека для металлических сильфонов в среде SolidWorks // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №4 (2016) http://naukovedenie.ru/PDF/74TVN416.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 62-762:539.3

Чугунов Михаил Владимирович[1]
ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск
Заведующий кафедрой «Общетехнических дисциплин»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: m.v.chugunov@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1736
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5318-5684

Арсентьев Евгений Олегович
ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск
Студент
E-mail: m.v.chugunov@mail.ru

Лаймин Андрей Николаевич
ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск
Студент
E-mail: m.v.chugunov@mail.ru

Полунина Ирина Николаевна
ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск
Доцент кафедры «Общетехнических дисциплин»
Кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: my_pk@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=623947
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1093-8401

Басыров Владимир Сергеевич
Саранский приборостроительный завод, Россия, Саранск
Заместитель главного конструктора
Кандидат технических наук
E-mail: nach-sktb@saranskpribor.ru

[1] 431440, Республика Мордовия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93

Махров Геннадий Александрович
ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск
Аспирант кафедры «Общетехнических дисциплин»
E-mail: g.a.makhrov@mail.ru

Параметрическая библиотека для металлических сильфонов в среде SolidWorks

Аннотация. В данной статье рассматривается методика создания параметрической 3D библиотеки для металлических сильфонов. Сильфоны широко применяются в различных областях техники и имеют весьма широкий размерный ряд. В этой связи задача разработки параметрической библиотеки является актуальной, поскольку существенным образом повышает эффективность проектирования любой конструкции (сборки), включающей в себя сильфоны в качестве элементов (деталей).

В качестве варьируемых параметров конструкции сильфона рассматриваются геометрические параметры согласно государственному стандарту. При изменении пользователем библиотеки значений этих параметров 3D модель перестраивается автоматически с сохранением заданных геометрических свойств (касательность, принадлежность, перпендикулярность и т.д.).

Одним из важных свойств библиотеки является полная адаптированность результирующих 3D моделей к последующему конечноэлементному анализу. Таким образом, библиотека позволяет не только создать модель сильфона с заданными размерами, но и оценить проектное решение с точки зрения прочности и жесткости.

В статье приводятся результаты, иллюстрирующие процедуру создания параметрической 3D модели, а также результаты базовых экспериментов по анализу напряженно-деформированного состояния сильфона: при растяжении, внутреннем давлении, заданном перемещении торцевого сечения.

Среда разработки SolidWorks (SolidWorks Simulation).

Ключевые слова: сильфон; параметрическая библиотека; 3D-моделирование и конечноэлементный анализ; SolidWorks (Simulation); статическая прочность и жесткость; напряженно-деформированное состояние; рациональность проектного решения

Введение

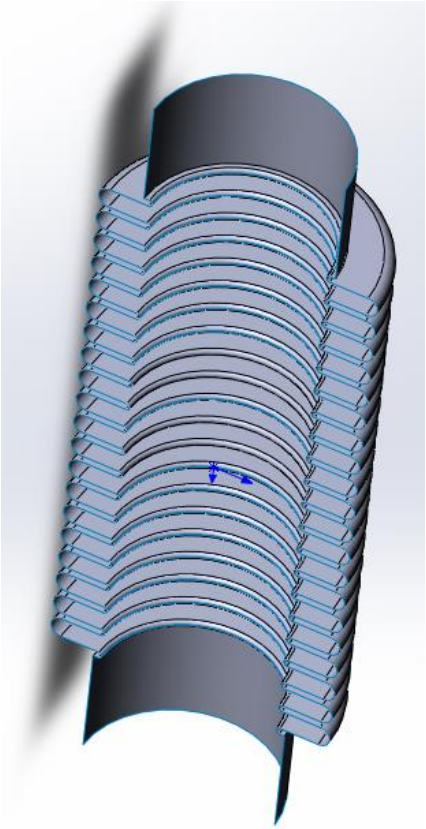
Металлические сильфоны широко применяются при решении разнообразных технических задач. Они используются в качестве упругих чувствительных элементов в приборах различного назначения, выполняют функции компенсаторов тепловых расширений трубопроводов, разделителей сред, герметичных уплотнителей и др.

Актуальной является задача разработки параметрической библиотеки для сильфонов, которая позволяла бы автоматически создавать 3D модель сильфона по заданным параметрам согласно существующим государственным стандартам. Под параметрической моделью понимают такой тип модели, которая однозначно задаётся набором геометрических параметров, представляющих собой переменные. При изменении значения переменных модель автоматически перестраивается, но некоторые геометрические свойства модели (касательность геометрических примитивов, перпендикулярность, принадлежность и т.д.) остаются неизменными. Использование параметрических библиотек существенно повышает

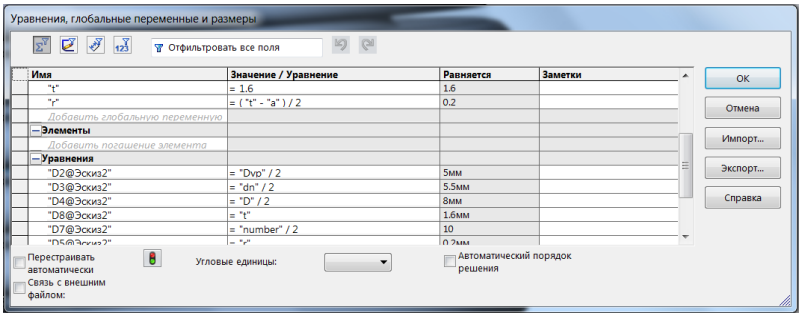
эффективность процесса проектирования, упрощает анализ проекта, а также существенно расширяет возможности поиска оптимальных (рациональных) проектных решений.

В данной работе рассматривается технология создания параметрической библиотеки для металлических сильфонов двух типов: цельнотянутых (ГОСТ 21744-83) и сварных пластинчатых (ГОСТ 21754-81).

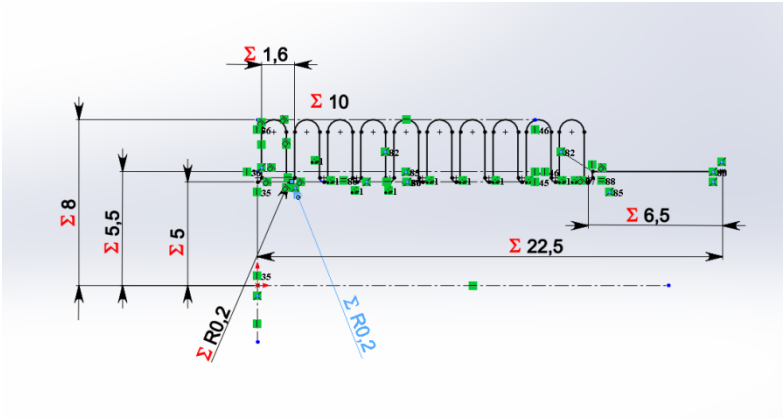
1. Сильфон цельнотянутый



(а)



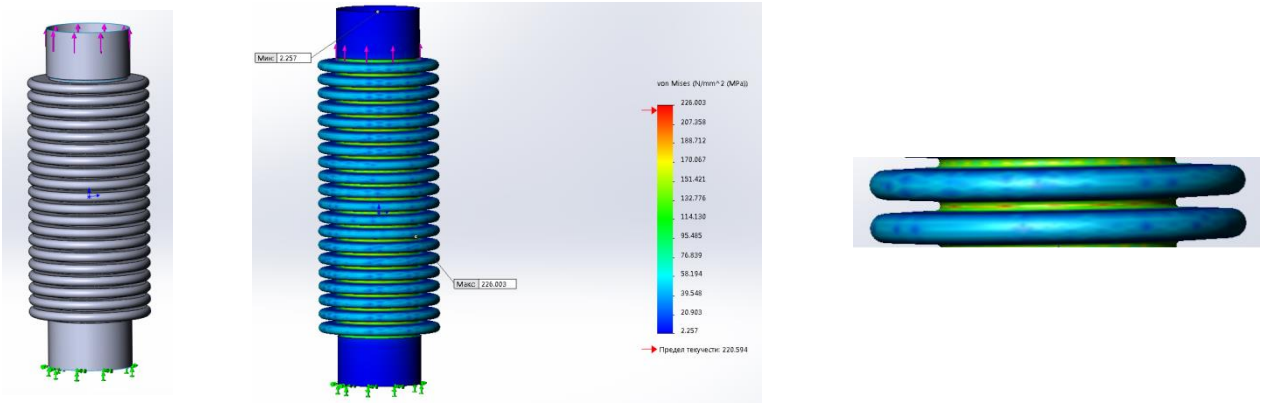
(б)



(в)

***Рисунок 1**. Цельнотянутый сильфон (а), глобальные переменные и уравнения модели (б), эскиз (в)*

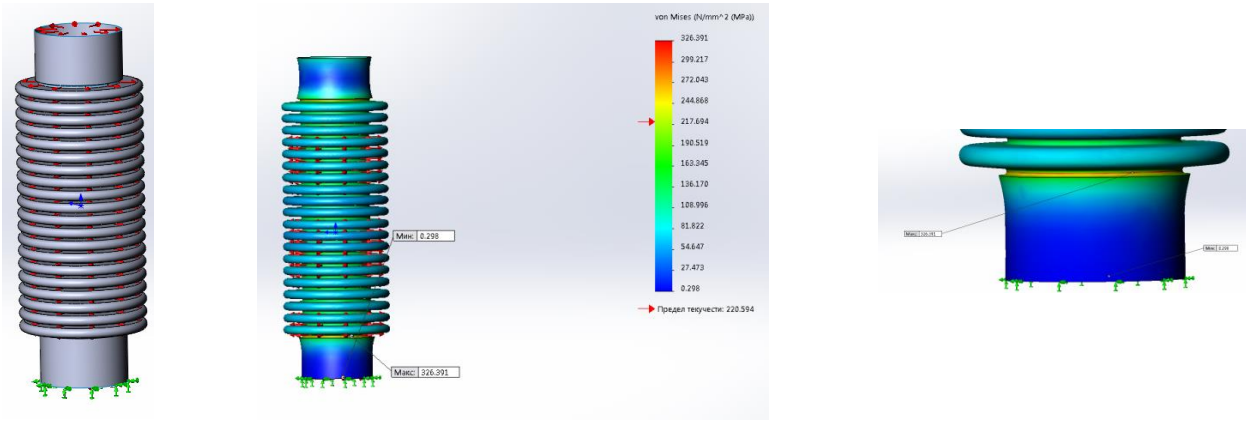
3D модель цельнотянутого сильфона показана на рис. 1. Рис. 1 (а) иллюстрирует собой собственно модель в разрезе. На рис. 1 (б) представлены глобальные переменные модели, которым присваиваются соответствующие значения геометрических параметров сильфона согласно ГОСТ (диаметр внешний, диаметр внутренний, радиусы скруглений для гофр, толщина сильфона, количество слоев, количество гофр и т.д. [1, 2]). Здесь же представлены уравнения, связывающие параметры сильфона друг с другом и определяющие собой привязку глобальных переменных к размерам (параметрам) модели. На рис. 1 (в) представлен результирующий эскиз. 3D модель сильфона формируется на базе эскиза [3, 4] как поверхность вращения [5, 6]. Таким образом, для формирования сильфона с заданным набором параметров, необходимо лишь задать значения этих параметров, а требуемая модель выстраивается автоматически [7, 8].



(а) (б) (в)

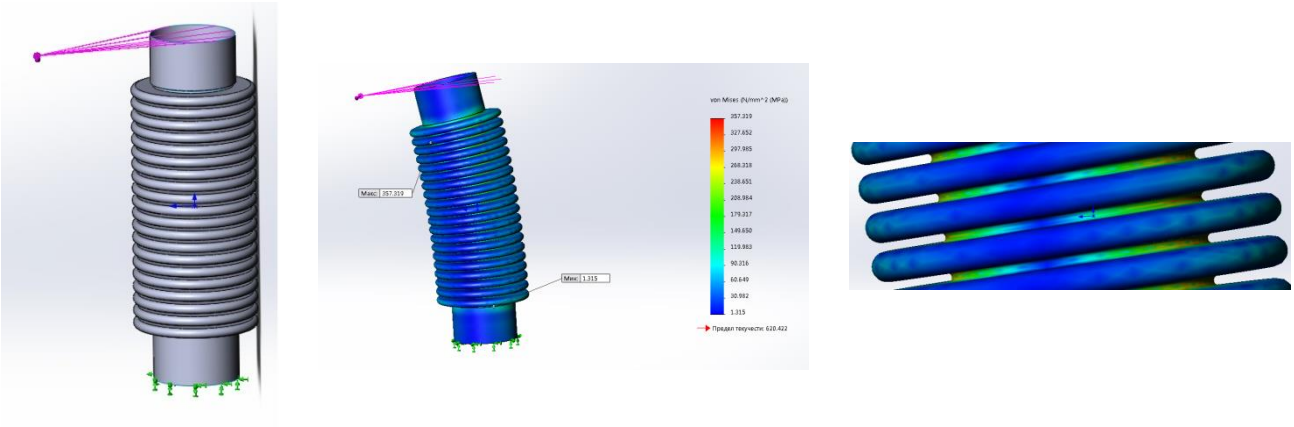
***Рисунок 2**. Растяжение. Граничные условия (а), НДС сильфона (б), локальное НДС (в)*

На рис. 2, 3 и 4 показаны расчётные схемы [3-6] (а), напряженно-деформированное состояние (НДС) в напряжениях по Мизесу (б) и локальное НДС в области концентратора напряжений для трех базовых экспериментов соответственно: при растяжении, при внутреннем давлении, заданном перемещении торцевого сечения. Необходимо отметить, что наибольшие напряжения возникают во впадинах гофр. Данный факт и качественная картина распределения напряжений в целом совпадают с результатами работ [1, 2].



(а) (б) (в)

***Рисунок 3**. Внутреннее давление. Граничные условия (а), НДС сильфона (б), локальное НДС (в)*



(а) (б) (в)

***Рисунок 4** – Заданное перемещение. Граничные условия (а), НДС сильфона (б), локальное НДС (в)*

Моделирование сильфона и анализ НДС выполнены в среде SolidWorks и SolidWorks Simulation. В качестве расчётной схемы в геометрическом аспекте используется оболочечная модель, привязанная к созданной предварительно поверхности, являющейся для оболочки срединной.

2. Сильфон сварной

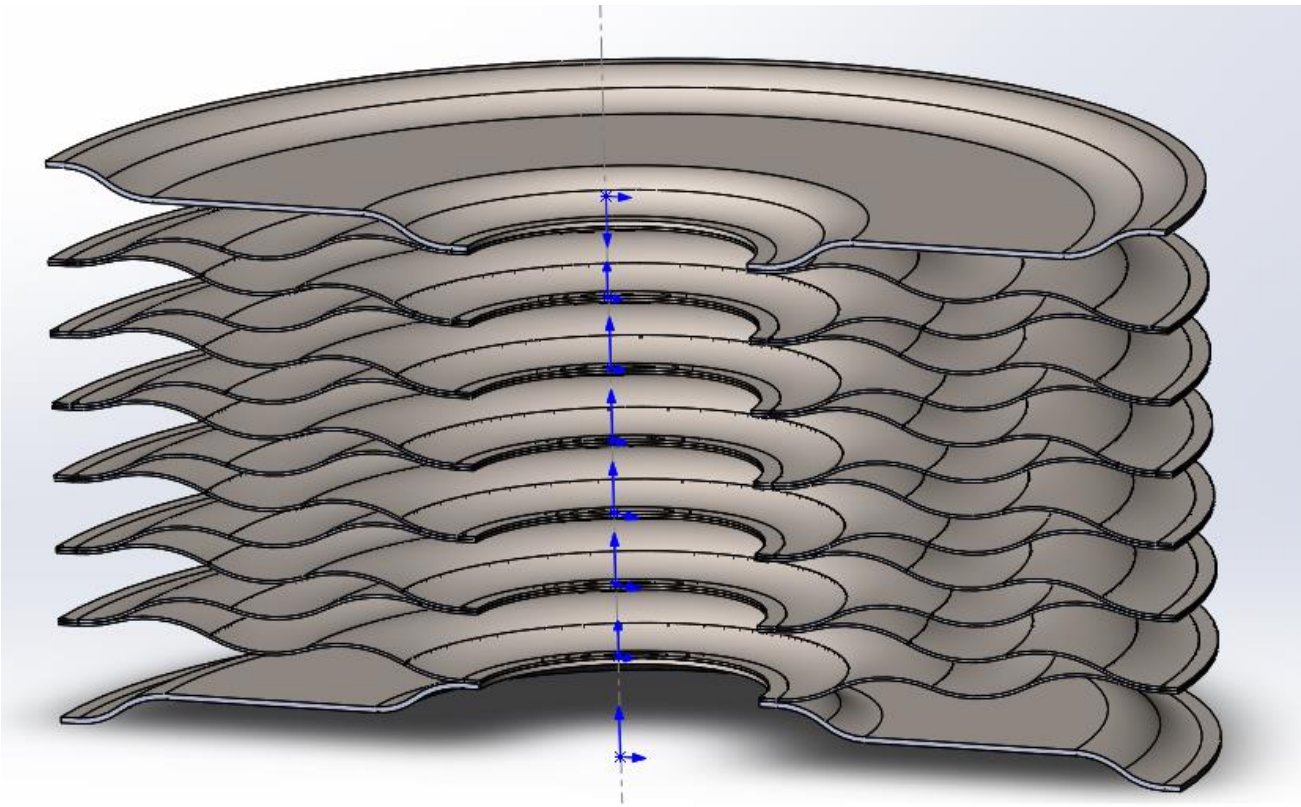
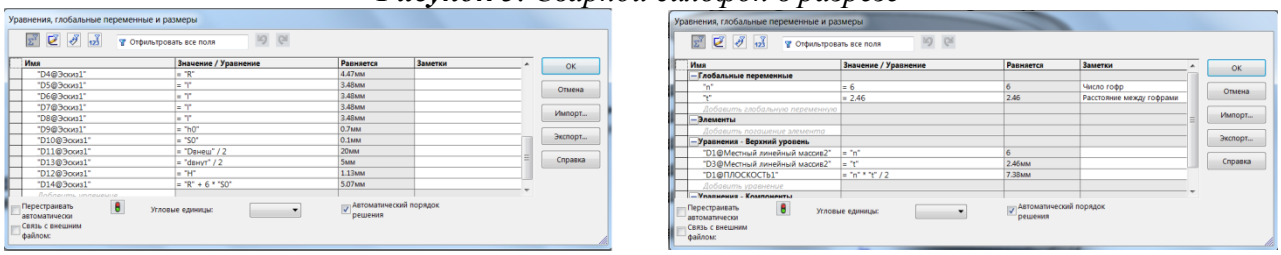


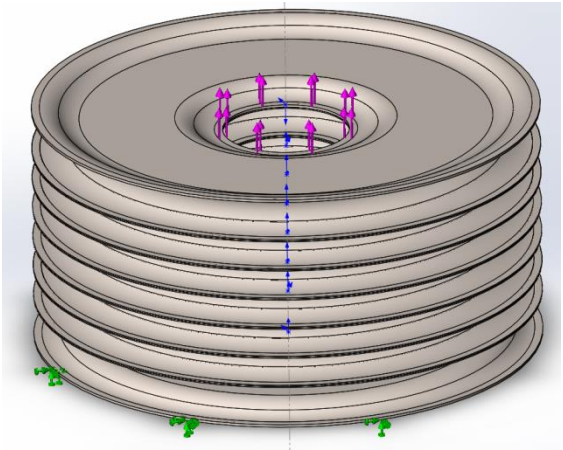
***Рисунок 5**. Сварной сильфон в разрезе*

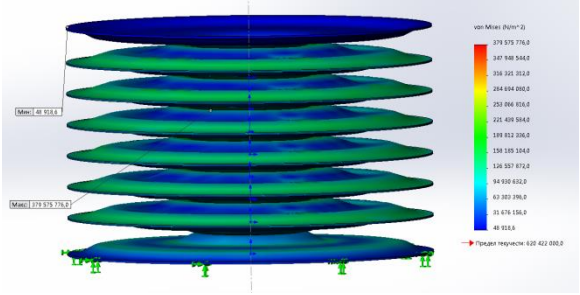


(а) (б)

***Рисунок 6**. Глобальные переменные и уравнения: на уровне детали (а), на уровне сборки (б)*

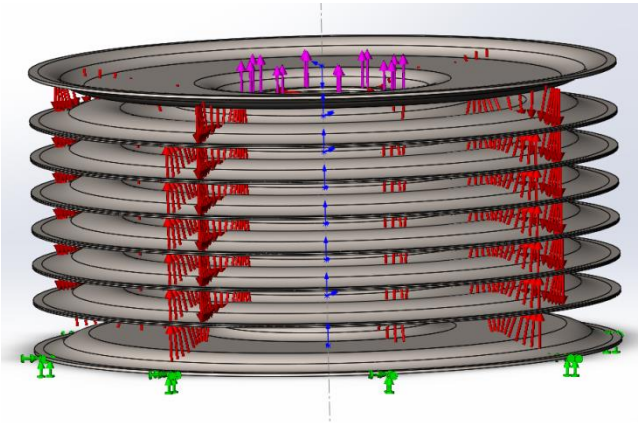
Процедура моделирования сварного сильфона несколько отличается от ранее рассмотренного цельнотянутого. Модель представляет собой сборку из деталей, представляющих собой пластины сложного профиля. Поэтому решение задачи параметризации модели решается на двух уровнях: на уровне детали и на уровне сборки [9, 10]. Соответственно, на рис. 6 (а) показаны глобальные переменные уравнения и для детали, а на рис. 6 (б) – для сборки. Параметрические свойства модели реализуются аналогично модели для цельнотянутого сильфона.

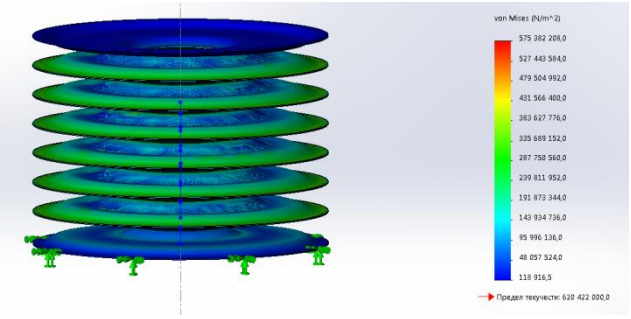




(а) (б)

***Рисунок 7**. Растяжение. Граничные условия (а), НДС сильфона (б)*

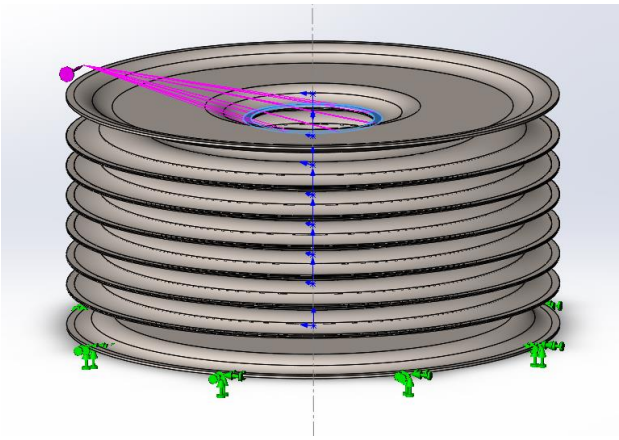


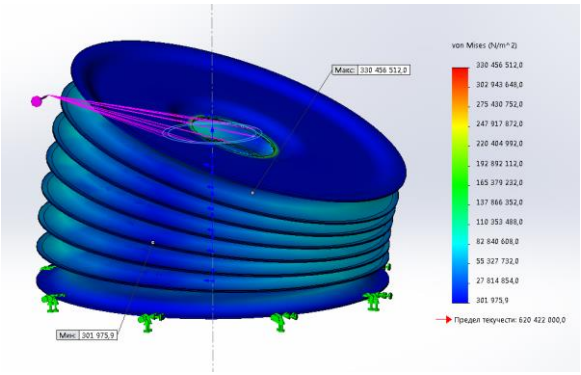


(а) (б)

***Рисунок 8**. Внутреннее давление. Граничные условия (а), НДС сильфона (б)*

На рис. 2, 3 и 4 показаны расчётные схемы (а), напряженно-деформированное состояние (НДС) в напряжениях по Мизесу (б) и локальное НДС в области концентратора напряжений для трех базовых экспериментов соответственно: при растяжении, при внутреннем давлении, заданном перемещении торцевого сечения. Необходимо отметить, что наибольшие напряжения возникают во впадинах гофр. Данный факт и качественная картина распределения напряжений в целом также совпадают с результатами работ [1, 2].



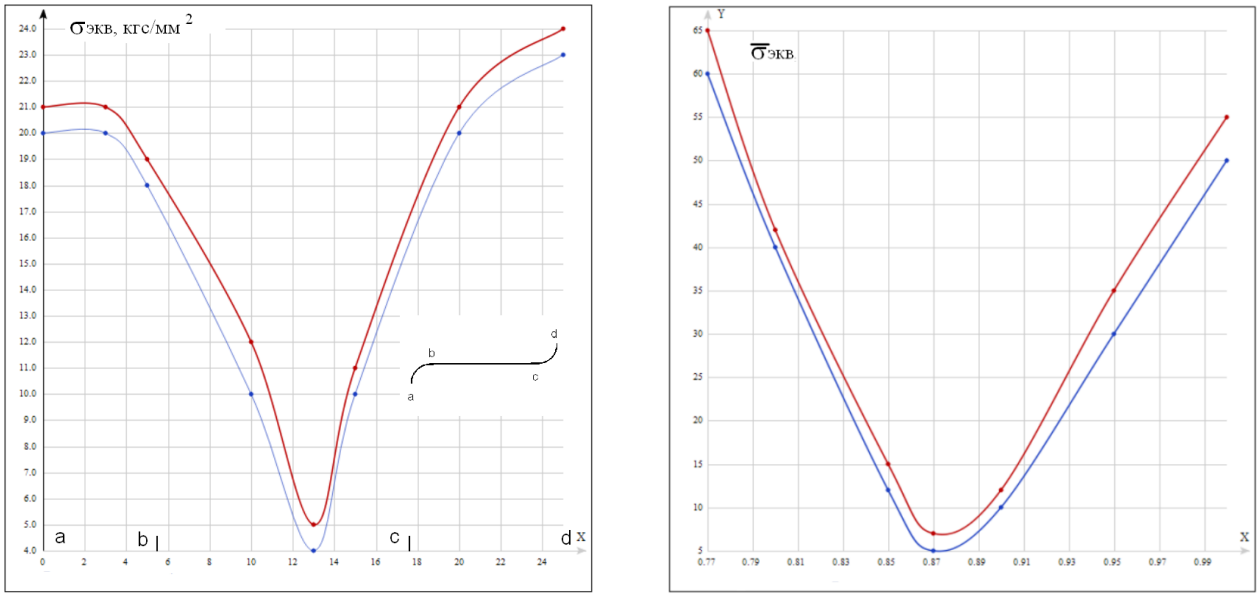


(а) (б)

***Рисунок 9.** Заданное перемещение. Граничные условия (а), НДС сильфона (б)*

На рис. 10 представлены результаты анализа НДС цельнотянутого сильфона в сравнении с результатами работы [1, 2]. На рис. 10 (а) показаны максимальные напряжения по Мизесу вдоль меридиана полугофры при следующих параметрах: $R_в$ = 3,2 мм (внутренний радиус сильфона), модуль Юнга E = 2.1*10^4 кг/мм^2, $\delta = h_0 / R_в$ = 0,02, h_0 – толщина стенки, $k = R_н / R_в$ = 1,5; $R_н$ – наружный радиус сильфона, внутреннее давление p = 1 кгс/мм^2. Результаты данной работы (красная кривая) весьма близки к результатам работы [1, 2] (синяя кривая).

На рис. 10 (б) представлены аналогичные результаты для сварного сильфона в относительных напряжениях $\bar{\sigma}_{экв} = \frac{\sigma_{экв} R_н^2 n}{wEh}$, где w – заданное перемещение, n – число гофр. Следует отметить близость двух решений друг к другу.



(а) (б)

***Рисунок 10**. Напряжённое состояние в сильфоне: в цельнотянутом (а), в сварном (б)*

Выводы и рекомендации

Полученные результаты представляют собой полнофункциональные 3D модели (параметрическую библиотеку). Библиотека готова для практического применения при проектировании конструкций широкого спектра назначения.

Все иллюстрации в данной работе являются авторскими и представляют собой копии экрана (скриншоты), полученные в процессе проектирования и анализа конструкции в среде SolidWorks.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сильфоны. Расчет и проектирование / Под ред. Л.Е. Андреевой. - М.: Машиностроение, 1975. - 156 с.
2. Аистов А.И., Скворцов Ю.В., Перов С.Н. Расчёт сильфонного компенсатора на малоцикловую прочность // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. т.17, №2. С. 158-163.
3. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде Solid Works. – М.: ДМК Пресс, 2010, – 784 с., ил. (Серия «Проектирование»).
4. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в Solid Works Simulation. – М.: ДМК Пресс, 2010, – 464 с., ил. (Серия «Проектирование»).
5. Алямовский А.А. Solid Works 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, Ф.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев, – Спб.: БХВ-Петербург, 2011. – 1040 с.: ил. + DVD – (Мастер).
6. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. − СПб.: БХВ-Петербург, 2012. −448 с.
7. Кудаев С.П., Чугунов М.В., Фоминов А.Г., Борискин С.И., Курганов В.В., Кармишин А.М. Моделирование процесса сварки боковой стенки вагона зерновоза в среде SOLIDWORKS SIMULATION Вестник Мордовского университета. 2015. Т. 25. № 1. С. 96-100.
8. Махров Г.А., Чугунов М.В., Кудаев С.П. Анализ динамических характеристик конструкций подвижного состава в среде SolidWorks // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2014. № 11 (12). URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1753.
9. Чугунов М.В., Осыка В.В., Кудаев С.П., Кузьмичёв Н.Д., Клёмин В.Н. Анализ и проектирование несущих элементов конструкций подвижного состава Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. №9. С. 216-226.
10. Чугунов М.В., Осыка В.В., Махров Г.А. Анализ прочности и жесткости элементов механических передач в среде SOLIDWORKS на базе API Научные труды SWorld. 2013. Т. 9. № 3. С. 33-36.

Chugunov Mikhail Vladimirovich
National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: m.v.chugunov@maul.ru

Arsentiev Evgeny Olegovich
National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: m.v.chugunov@mail.ru

Laymin Andrey Nikolaevich
National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: m.v.chugunov@mail.ru

Polunina Irina Nikolaevna
National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: my_pk@mail.ru

Basyrov Vladimir Sergeevich
Saransk device-making plant
Russia Federation, Saransk
E-mail: nach-sktb@saranskpribor.ru

Makhrov Gennady Alexandrovich
National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: g.a.makhrov@mail.ru

Parametrical library for metal bellows in SolidWorks software

Abstract. In this article the technique of creation of parametrical 3D library for the metal bellows is considered. Bellows are widely used in various types of machines equipment and have very wide dimension range. In this regard the problem of development of parametrical library is actual because it essentially increases design efficiency of any complex structures (assemblies) that includes bellows as elements (details).

As the control parameters of the bellow structure valve geometrical parameters according to state standard are considered. While changing of these parameter values by the user of library, the 3D model is rebuilding automatically with saving the set geometrical properties (a tangent, intersection, perpendicularity, etc.).

One of important properties of library is complete adaptedness of resultant 3D models to the subsequent finite element analysis. Thus, the library allows not only creating bellows model with given dimensions, but also to estimate the project decision from the point of view of strength and stiffness.

The results illustrating procedure of creation of a parametrical 3D model, and also results of basic experiments on the analysis of the stress-deformed state for the bellows are given in article: in case of tension, internal pressure, the set of displacements on the end face.

SolidWorks development environment (SolidWorks Simulation).

Keywords: bellows; parametric library; 3D - modeling and the finite element analysis; SolidWorks (Simulation); static strength and stiffness; the stress deformed state; rationality of the design solution

REFERENCES

1. Sil'fony. Raschet i proektirovanie / Pod red. L.E. Andreevoy. - M.: Mashinostroenie, 1975. - 156 s.
2. Aistov A.I., Skvortsov Yu.V., Perov S.N. Raschet sil'fonnogo kompensatora na malotsiklovuyu prochnost' // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2015. t.17, №2. S. 158-163.
3. Alyamovskiy A.A. COSMOSWorks. Osnovy rascheta konstruktsiy na prochnost' v srede Solid Works. – M.: DMK Press, 2010, – 784 s., il. (Seriya «Proektirovanie»).
4. Alyamovskiy A.A. Inzhenernye raschety v Solid Works Simulation. – M.: DMK Press, 2010, – 464 s., il. (Seriya «Proektirovanie»).
5. Alyamovskiy A.A. Solid Works 2007/2008. Komp'yuternoe modelirovanie v inzhenernoy praktike / A.A. Alyamovskiy, A.A. Sobachkin, E.V. Odintsov, F.I. Kharitonovich, N.B. Ponomarev, – Spb.: BKhV-Peterburg, 2011. – 1040 s.: il. + DVD – (Master).
6. Alyamovskiy A.A. SolidWorks Simulation. Kak reshat' prakticheskie zadachi. − SPb.: BKhV-Peterburg, 2012. −448 s.
7. Kudaev S.P., Chugunov M.V., Fominov A.G., Boriskin S.I., Kurganov V.V., Karmishin A.M. Modelirovanie protsessa svarki bokovoy stenki vagona zernovoza v srede SOLIDWORKS SIMULATION Vestnik Mordovskogo universiteta. 2015. T. 25. № 1. S. 96-100.
8. Makhrov G.A., Chugunov M.V., Kudaev S.P. Analiz dinamicheskikh kharakteristik konstruktsiy podvizhnogo sostava v srede SolidWorks // Universum: Tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn. 2014. № 11 (12). URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1753.
9. Chugunov M.V., Osyka V.V., Kudaev S.P., Kuz'michev N.D., Klemin V.N. Analiz i proektirovanie nesushchikh elementov konstruktsiy podvizhnogo sostava Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Baumana. 2014. №9. S. 216-226.
10. Chugunov M.V., Osyka V.V., Makhrov G.A. Analiz prochnosti i zhestkosti elementov mekhanicheskikh peredach v srede SOLIDWORKS na baze API Nauchnye trudy SWorld. 2013. T. 9. № 3. S. 33-36.