

СЕКЦИЯ VIII ФИЗИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ СТЕНТА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ АРТЕРИИ

Е. В. Зайцев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

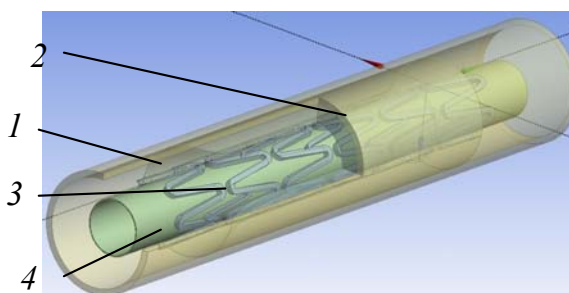
Научный руководитель А. И. Столяров

Выполнен расчет напряжений и деформаций в артерии и бляшке при раскрытии стента, а также влияния его конструкции на их НДС.

Ключевые слова: артерия, атеросклеротическая бляшка, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, стент.

Внутрисосудистым методом лечения ишемической болезни сердца является коронарная ангиопластика и стентирование. При ишемической болезни сердца происходит сужение кровеносных сосудов (коронарных артерий) холестериновыми бляшками. Стентирование позволяет расширить суженные артерии. Для этого специальный баллон заводится внутрь артерии и раздувается, «раздавливая» холестериновую бляшку и восстанавливая кровоток по артерии. После чего в место сужения имплантируется металлический каркас – стент.

Целью данной работы является расчет напряжений и деформаций в артерии и бляшке при раскрытии стента, который проводили при помощи метода конечных элементов. Исследовали влияние конструкции стента на напряженно-деформированное состояние артерии и бляшки. На рис. 1 показана физическая модель системы «артерия – бляшка – стент».



*Рис. 1. Физическая модель системы «артерия – бляшка – стент»:
1 – артерия; 2 – бляшка; 3 – стент; 4 – баллон*

Предполагали, что артерия и бляшка изотропны и гиперупруги. Модель артерии была структурно разделена на три слоя: интима, медиа и адвенция (внутренний, средний и внешний слои кровеносного сосуда). Для описания механического поведения артерии и бляшки приняли модели Ogden и Mooney-Rivlin, соответственно. Параметры

модели Mooney-Rivlin для бляшки: $C_{10} = 0,07508$; $C_{01} = 0,1090$; $C_{20} = 1,2935$; $C_{11} = -2,542$; $C_{02} = 2,4119$; значения параметров модели Ogden для слоев артерии приняли в соответствии с работой [2].

Материал стента – нержавеющая сталь 12X18Н10. Физико-механические свойства стали: модуль упругости $E = 1,98 \cdot 10^5$ МПа; плотность $\rho = 7920$ кг/м³; предел прочности $\sigma_b = 550$ – 650 МПа; условный предел текучести $\sigma_{0,2} = 225$ – 315 МПа [3]. Приняли, что начальные напряжения в стенте отсутствуют, нагрузка равномерно распределена по внутренней поверхности.

Рабочее давление задавали на внутреннюю стенку дилатационного баллона, который для упрощения модели представлен в виде жесткой цилиндрической оболочки.

Для достижения необходимой точности при минимальных затратах времени на вычисления напряжений и перемещений в структурах стента, артерии и бляшки общее количество конечных элементов составило более 100 тыс.

В результате расчета были получены значения напряжений и деформаций. На рис. 2 показаны эквивалентные напряжения в артерии и бляшке, на рис. 3, а – в стенте 1, на рис. 3, б – стенте 2.

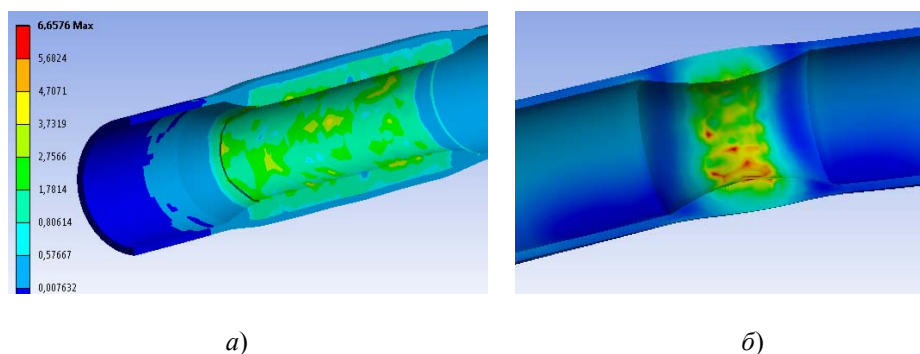


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу, МПа, в артерии и бляшке при установленном стенте 1 (а) и стенте 2 (б)

Наибольшее значение напряжений локализовано в зоне контакта стента и бляшки и достигает 6 МПа для варианта стента 2, что значительно больше, чем для варианта 1. Данный уровень напряжений может свидетельствовать о возможном разрушении поверхности бляшки и ее травмировании. Напряжения в стенке артерии незначительны.

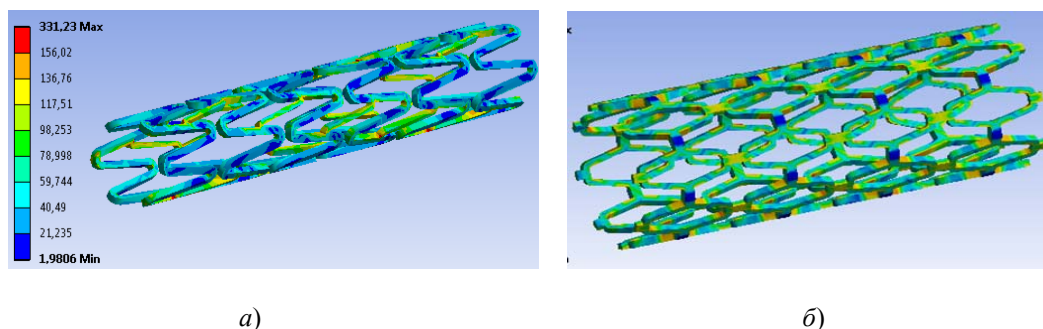


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений, МПа, по Мизесу в стенте 1 (а), в стенте 2 (б)

На рис. 3 видно, что значение максимальных эквивалентных напряжений в стенке при его полном раскрытии не превышает 330 МПа, что значительно меньше предела прочности материала, из которого он изготовлен.

В результате проведенной работы построена численная модель взаимодействия «дилатационный баллон – стент – артерия», с помощью которой проведено исследование их НДС. Определены уровни и зоны максимальных напряжений и деформаций. Установлено, что уровень максимальных напряжений в артерии и бляшке меньше для данного дизайна стента ячеистой структуры.

Л и т е р а т у р а

1. Медицинская технология. Стентирование коронарных артерий / А. Г. Осиев [и др.]. – Новосибирск : РИЦ НГУ, 2008.
2. Structural and Hemodynamic Analyses of Different Stent Structures in Curved and Stenotic Coronary Artery / L. Wei [et al.] // Front. Bioeng. Biotechnol. – 2019. – Vol. 7. – P. 366. DOI: 10.3389/fbioe.2019.00366
3. Марочник сталей и сплавов / Ю. Г. Драгунов [и др.] ; под общ. ред. Ю. Г. Драгунова и А. С. Зубченко. – 4-е изд., переработ. и доп. – М. : Машиностроение, 2014. – 1216 с. : ил.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ГРУППОЙ АССУРА IV КЛАССА

М. О. Прядко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: Д. Г. Кроль, Н. В. Иноземцева

Приведены результаты кинематического исследования плоского рычажного механизма высокого класса аналитическим методом. Представлены формулы, позволяющие определить кинематические параметры звеньев механизма.

Ключевые слова: плоский рычажный механизм, группа Ассура IV класса, кинематический анализ.

Одной из задач современного машиностроения является создание новых, перспективных машин и механизмов, в состав которых входят структурные группы Ассура высших классов (III, IV и далее). Связано это, прежде всего, со сложностью получения необходимых точных траекторий движения рабочих органов машины для обеспечения выполнения технологического процесса. Кинематика таких механизмов описывается системами нелинейных уравнений, имеющих не менее шести вариантов решений (по числу возможных сборок механизма). Поэтому разработка методов кинематического анализа механизмов высоких классов является весьма актуальной задачей. Цель работы – изучить кинематические параметры плоского рычажного механизма высокого класса, содержащего группу Ассура IV класса.

В данной работе будем изучать простейший механизм, содержащий одну группу Ассура IV класса с вращательными кинематическими парами. Такая структурная группа состоит из четырех звеньев 3, 4, 5 и 6 (рис. 1). Входными параметрами для кинематического анализа механизма являются длины звеньев l_{OA} , l_{AB} , l_{AC} , l_{BC} , l_{BD} , l_{CE} , l_{DE} , l_{FD} , l_{FE} , x_F , y_E (рис. 1) и кинематические параметры входного звена 2.