

# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТЕНТА

Колодич А.В. (студент, ГТ-21)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,  
Республика Беларусь*

Сосудистые стенты являются важным инструментом в лечении атеросклероза, особенно в случаях ишемической болезни сердца, стенозов (сужений) периферических артерий и других сосудистых заболеваний [1]. Применение стентов позволяет значительно улучшить проходимость сосудов, что в свою очередь способствует улучшению кровоснабжения тканей и органов.

При проведении операции стентирования в сосуд вводится закрепленный на баллонном катетере стент и подводится к месту сужения сосуда. Достигнув намеченного места, баллон раздувается и вдавливая стент в стенку сосуда. При раскрытии стента происходит его увеличение размеров в радиальном направлении и изменение напряженного состояния.

Целью данной работы являлось исследование влияния типа материала стента на его напряженно-деформированное состояние (НДС). Расчет НДС проводили при помощи метода конечных элементов. Были рассмотрены четыре различных используемых материалов для стентов: нержавеющая сталь 316L, сплав платина–хром, сплав кобальт–хром и нитинол. На рисунке 1а показана физическая модель гофрированного стента.

Физико-механические свойства материалов приведены в таблице.

Таблица.

Физико-механические свойства материалов стента [2]

| Материал      | Модуль упругости, ГПа | Коэффициент Пуассона | Предел текучести, МПа | Предел прочности, МПа |
|---------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Сталь 316L    | 193                   | 0,23                 | 225                   | 595                   |
| Сплав Pt–Cr   | 203                   | 0,30                 | 260                   | 834                   |
| Сплав Co–Cr   | 243                   | 0,30                 | 310                   | 1020                  |
| Нитинол Ni–Ti | 83                    | 0,30                 | 195                   | 1050                  |

Задавали упругопластическое поведение материала стента. Приняли, что начальные напряжения в стенте отсутствуют.

В результате расчета были получены значения напряжений и деформаций в стенте. На рисунке 2 показаны распределения эквивалентных напряжений по Мизесу в стенте.

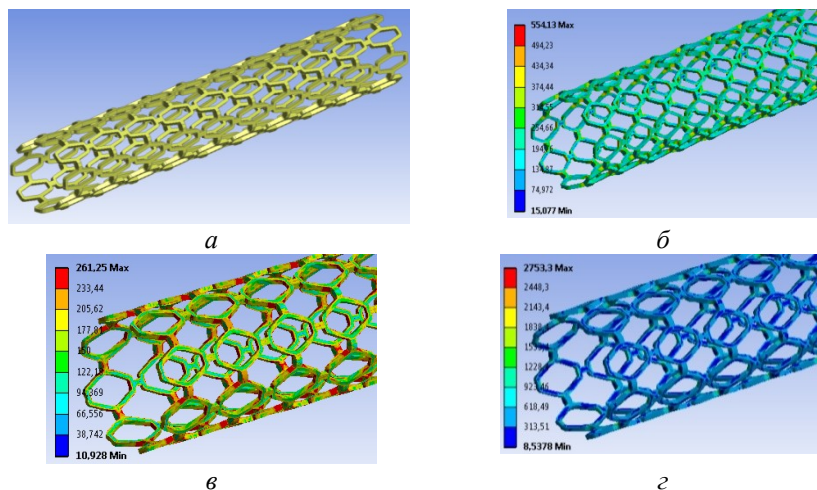


Рисунок – Физическая модель стента (а), распределение эквивалентных напряжений по Мизесу в стенте, МПа (б-д). Материал стента: б – сталь 316L, в – сплав Pt–Cr, г – нитинол.

Из рисунков видно, что наибольшие напряжения локализованы в месте сопряжения ячейки стента и перемычки, соединяющей ряды ячеек между собой. При выполнении стента из нержавеющей стали 316L, сплавов Pt–Cr и Co–Cr наибольшие эквивалентные напряжения составили 585 МПа, 261 МПа и 320 МПа, соответственно, и не превышают предела прочности указанных материалов (таблица). В случае стента из нитинола наибольшие напряжения – 2753 МПа, что значительно больше допустимого значения, что является неприемлемым с точки зрения обеспечения прочности.

Также установлено, что нержавеющая сталь 316L, которая является наиболее часто используемым материалом для изготовления стентов, демонстрирует высокие напряжения, близкие к допустимым. Следовательно, при высоких давлениях развертывания может привести к механическому разрушению структурных элементов стента.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что сплавы Co–Cr и Pt–Cr являются наиболее подходящими материалами для изготовления стента данной конструкции и размеров.

## Литература

1. Коронарное стентирование и стенты / Д. Г. Иоселиани, Д. А. Асадов, А. М. Бабунашвили. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 256 с.
2. 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.