

- Зарубежные компании делают ставку на универсальность и интеллектуальный анализ.
- Совмещение диагностики и ремонта - перспективное направление, позволяющее сократить время простоя.

Заключение

Роботы для диагностики труб - ключевой элемент цифровизации инфраструктуры. Их развитие позволяет повысить безопасность, сократить затраты и перейти к предиктивному обслуживанию. В будущем ожидается интеграция с цифровыми двойниками и автоматизированными системами управления.

Благодарность. Выражаю признательность научному руководителю Михайлову Михаилу Иванович, профессору, зав. кафедры, за консультации и помощь при подготовке данного доклада.

Список литературы

1. Патент РФ № [671230] – Метод управления роботом в криволинейных трубах
2. Официальный сайт TUBOT – <https://tubot.ru>
3. GE Inspection Robotics – <https://inspection-robotics.com>
4. Егоров И. Н., Кадхим Д. А. Применение мобильных роботов при внутритрубной диагностике трубопроводов с переменным поперечным сечением //Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2011. – №. 3. – С. 73-83.
5. Невзорова, А. Б. Разработка концепции управления рисками загрязнения окружающей среды на объектах транспортирования нефти / А. Б. Невзорова, В. В. Невзоров, Сюэ Пэн // Надежность и безопасность транспортирования, хранения и распределения газа, нефти и нефтепродуктов: эл. сб. тез. докл. XI Междунар. науч.-техн. конф., посвященной памяти д-ра техн. наук, проф. Владимира Константиновича Липского, Новополоцк, 27–28 нояб. 2025 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; редкол.: Г. Г. Васильев (пред.) [и др.]. – Новополоцк, 2025. – С. 138.

УДК 616.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОЙ БЛЯШКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕНКИ АРТЕРИИ ПРИ РАСКРЫТИЯ СТЕНТА

Старовойтов А.П., (студент, гр. ТТ–11)

*Гомельский государственный университет им. П.О. Сухого,
Республика Беларусь*

Актуальность. Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смертности во всем мире. Ишемическая болезнь сердца (ИБС) вызывается атеросклерозом – атеросклеротическими бляшками под эндотелием, которые приводят к нарушению структуры и функции артерий. По мере прогрессирования атеросклероза артериальная стенка становится более толстой и жесткой, в то время как кровоток в коронарных артериях затруднен. Для восстановления нормального кровотока применяются стентирование, при котором устраняются стенозы — сужения сосудов, ограничивающие кровоток к сердечной мышце. Этот метод предполагает введение в артерию специального устройства – стента, которое позволяет удерживать стенки сосуда открытыми и восстанавливать проходимость.

Стенты улучшают клинические результаты лечения ИБС, но при этом могут возникнуть проблемы, связанные с артерией – локальное повреждение, вызванное установкой стента, может привести к чрезмерному росту тканей и рестенозу внутри стента, а также к риску тромбоза стента.

Цель работы – исследование влияния состояния атеросклеротической бляшки на напряженное состояние стенки артерии при раскрытии стента. Расчет напряжений и деформаций в артерии и стенте проводили при помощи метода конечных элементов.

Коронарная артерия была смоделирована в виде цилиндра и осесимметричной бляшки. Длина артерии составила 17,0 мм, внутренний диаметр - 2,7 мм, общая толщина стенки – 0,5 мм; длина стеноза и максимальная толщина бляшки в среднем поперечном сечении составляли 6,5 и 0,4 мм соответственно. Модель артерии была структурно разделена на три слоя: интима, медиа и адвентиция. Толщина слоев составила 0,145 мм, 0,165 мм и 0,190 мм соответственно. Предполагали, что артерия и бляшка изотропны и гиперупруги. Для описания механического поведения артерии приняли модель Огдена. Значения параметров модели Огдена для слоев артерии приняли в соответствии с работой [1].

Рассматривали два варианта состояния атеросклеротической бляшки – кальцифицированную с упругим поведением материала и стенозированную с нелинейным упругим поведением, свойства которой описывались по модели Муни-Ривлина [2].

Анализ полученных результатов. В результате расчётов получены значения напряжений и деформаций в слоях стенки артерии и стенте.

В случае стенозированной бляшки, независимо от применяемых при моделировании конструкций стентов, она будет раздавлена при раскрытии стента. Локальные эквивалентные напряжения достигают 5-11 МПа в местах контакта стента и артерии. В кальцинированной бляшке эквивалентные напряжения не превышают 0,8 – 1,6 МПа, бляшка не повреждаясь вдавливается в стенку артерии. На рисунке показано деформированное состояние артерии и стента.

Напряжения в интима при стенозированной бляшке 0,5-1,26 МПа, при кальцинированной – значительно ниже и составляет 0,11–0,13 МПа. Этот слой не будет поврежден при использовании стента выбранной конструкции. Для меди и адвентиции состояние бляшки не так существенно – значение эквивалентных напряжений 0,13–0,46 МПа и 0,02–0,1 МПа соответственно.

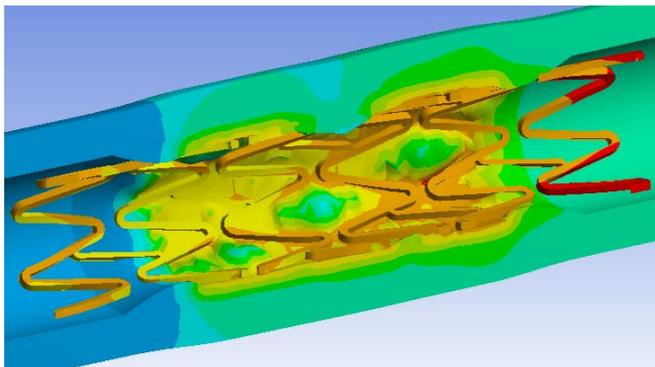


Рисунок – Деформированное состояние артерии и стента.

Заключение. Проведено численное моделирование воздействия стента на артериальную стенку в результате стентирования. Показано, уровень локальных напряжений в слоях артерии и атеросклеротической бляшке зависит от состояния самой бляшки. При этом для меди и адвентиции состояние бляшки менее выражено.

Благодарность. *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Столярову А.И. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

Список литературы

1. Hilary E. Barrett, Kim Van der Heiden, Eric Farrell, Frank J.H. Gijssen, Ali C. Akyildiz. Calcifications in atherosclerotic plaques and impact on plaque biomechanics, *Journal of Biomechanics*, Volume 87, 2019, Pages 1-12.
2. Zahedmanesh H., Kelly D., Lally C. (2010) Simulation of a balloon expandable stent in a realistic coronary artery; Determination of the optimum modelling strategy, *Journal of Biomechanics*, Vol.43, pp.2126–2132.