

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСКУССТВЕННЫХ ДВУХСТВОРЧАТЫХ И ТРЕХСТВОРЧАТЫХ КЛАПАНОВ СЕРДЦА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ANSYS 12

Орловская А.А., Коваль Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск

In the given work possibilities of use of the modern software for the decision of problems of biomechanics are considered. Calculation of two-folding and three-folding valves of heart is made. Proceeding from results, a clear advantage the three-folding valve possesses.

Моделирование – метод исследования явлений, процессов и систем, основанный на построении и изучении их математических или физических моделей. Математическое моделирование биологических объектов представляет собой аналитическое описание идеализированных процессов и систем, адекватных реальным. Физическое моделирование основано на воспроизведении физическими способами биологических структур, функций или процессов.

Моделирование органов и структур человеческого организма дает возможность предсказать критические ситуации, выяснить механизмы формирования патологий, находить области допустимых изменений формы, механических свойств и характера функционирования этих биологических объектов. Это в свою очередь расширяет сферу применения диагностических методов и устройств и является предпосылкой для создания автоматизированных средств диагностики.

Насосная деятельность сердца нарушается, когда его клапаны не функционируют должным образом. Патологические звуки в сердце, которые обычно возникают при пороках клапанов сердца, называются шумами. Эти звуки вызваны аномальным градиентом давления и турбулентным характером кровотока во время сердечного цикла. Ряд методов исследования, начиная от простой аускультации (выслушивание звуков сердца) до эхокардиографии и катетеризации полостей сердца, используется для получения информации о природе и степени нарушения функции сердца. Вследствие этого в критических ситуациях проводятся операции по имплантации искусственных клапанов сердца.

На сегодняшний день двустворчатые искусственные клапаны сердца являются наиболее популярными в кардиохирургии. Типичный двустворчатый протез состоит из двух полукружных створок, которые открываются и закрываются в проходном отверстии седла корпуса (рис. 1). С наружной стороны корпуса имеется канавка для пришивной манжеты. Маленькие «ушки» на створках искусственного клапана сердца вставляются в специальные пазы (углубления) с внутренней стороны корпуса протеза. Форма этих пазов, напоминающих «бабочку», определяет движение створок на открытие и закрытие. Створки вращаются вокруг своей оси, позволяя потоку крови омывать шарниры («ушки» створок и «бабочки»), что помогает минимизировать накопление тромбов в пределах этих областей. Материалом для изготовления створок служит пиролитический углерод.

Трехстворчатый клапан представляет собой титановый корпус, в котором шарнирно закреплены три створки. При полном открывании створок на угол - (87-89)° обеспечивается осевой кровоток через клапан, при этом в плоскости проходного сечения отсутствуют какие-либо элементы, оказывающие сопротивление потоку, следовательно, отсутствуют потери энергии.

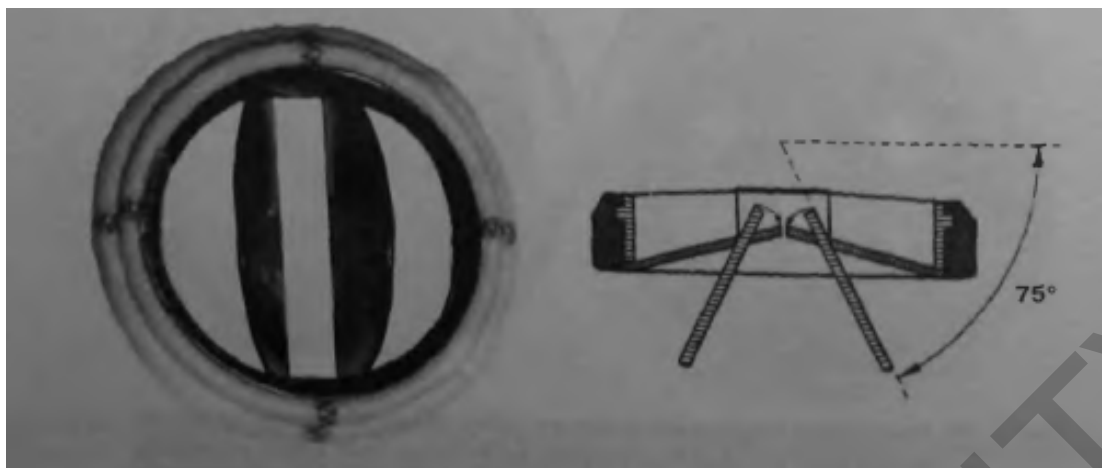


Рис.1. Искусственный клапан сердца Планикс-Д и его схема

Это свойство отличает трехстворчатый клапан от всех механических клапанов, применяемых в мировой практике в настоящее время (рис. 2).



Рис. 2. Трехстворчатый клапан «ТРИКАРДИКС»

Циркуляция крови через сердце. Малый круг кровообращения проходит через правое предсердие, правый желудочек, лёгочную артерию, сосуды лёгких, лёгочные вены. Большой круг проходит через левые предсердие и желудочек, аорту, сосуды органов, верхнюю и нижнюю полые вены. Направление движения крови регулируется клапанами сердца.

В процессе сжатия сердца течение крови имеет сложный характер, в нем возникают турбулентные потоки, которые попытаемся смоделировать приведенной ниже расчетной схемой.

Для расчетов изначально моделируем течение крови из сердца, для этого строим модель желудочка с участком аорты (рис. 3 и 4).

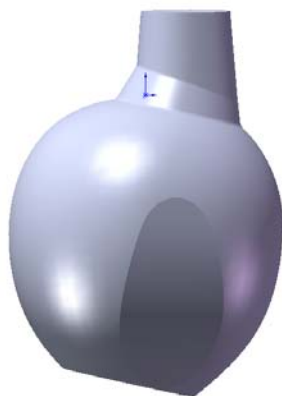


Рис. 3. Геометрическая модель

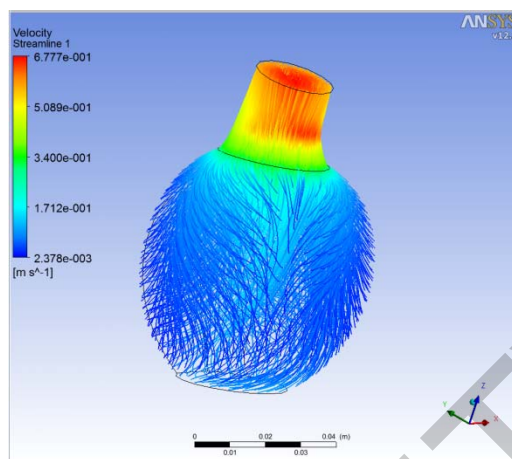


Рис. 4. Смоделированное течение кров.

Для расчета были взяты следующие модели, в которых положение лепестков искусственного клапана соответственно равны 0, 10, 30, 60, 75, 89 градусам (рис. 5).

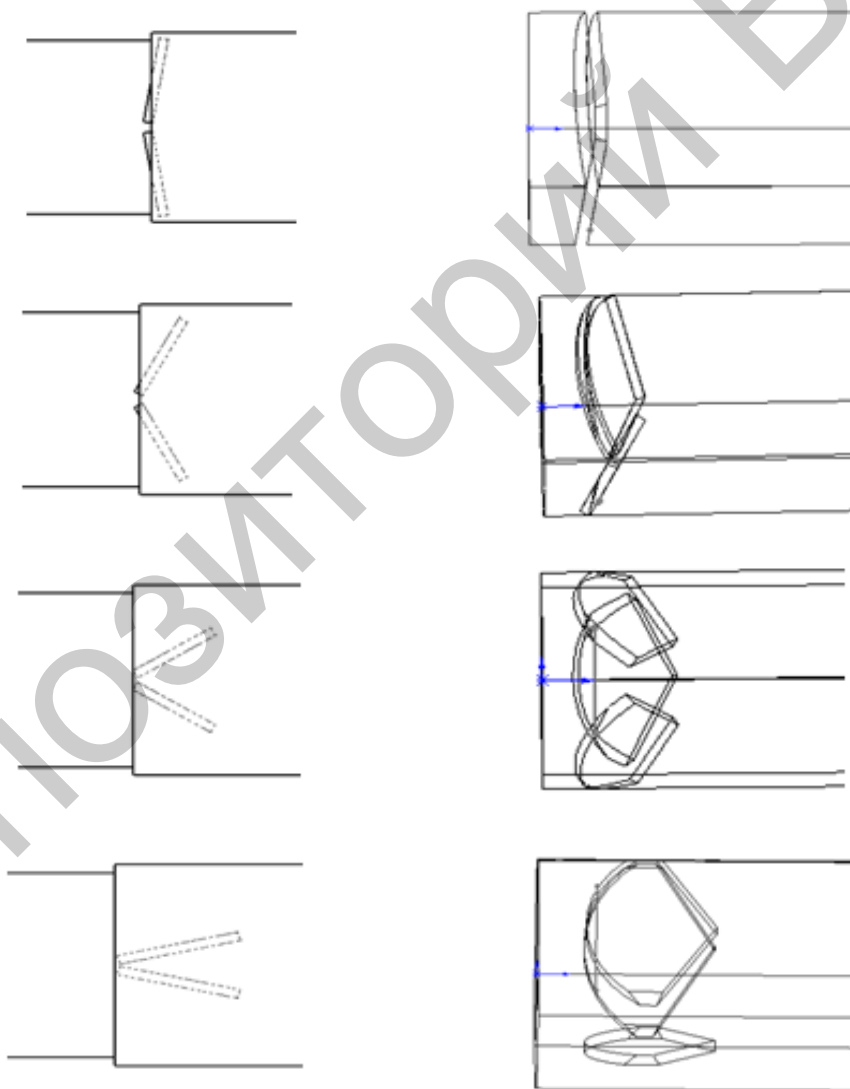


Рис. 5. Геометрические модели клапанов сердца

Моделирование потока жидкости через искусственные клапаны сердца в пакете CFX.

Таблица 1

Входные параметры расчета.

| | | |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------|
| Давление на выходе из клапана, Па | Плотность, г/мм ³ | Вязкость, г/мм с |
| 0 | 1,0 | 0,0046 |

Максимально возможное положение клапанов 75 и 89 градусов соответственно (рис. 6).

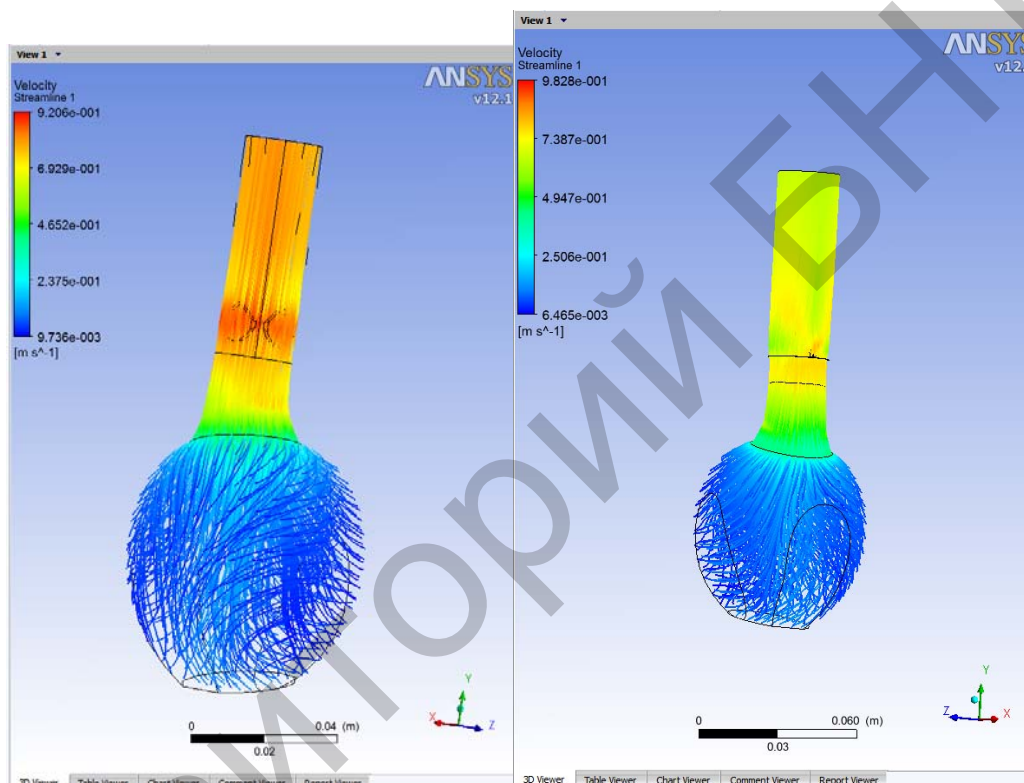


Рис. 6. Скорость течения крови через искусственные клапаны сердца

Таблица 2

Результаты расчета.

| | 10° | 30° | 60° | 75° | 89° |
|---|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| V _{max2} (м/с) | 3.59 | 2 | 1 | 0.98 | - |
| V _{max3} (м/с) | 13 | 3.36 | 1.5 | - | 0.9 |
| P _{max2} (Па) | 1.2·10 ⁴ | 2.6·10 ³ | 596 | 389 | - |
| P _{max3} (Па) | 1.48·10 ³ | 7.3·10 ³ | 979 | - | 431 |
| Градиент давления 2 (кг/м ² с ²) | 6.1·10 ⁵ | 9.3·10 ⁵ | 1.4·10 ⁵ | 1.32·10 ⁵ | - |
| Градиент давления 3 (кг/м ² с ²) | 2.3·10 ⁴ | 6·10 ⁵ | 1.6·10 ⁵ | - | 3.9·10 ⁴ |

В данной работе был произведен расчет искусственного двухстворчатого клапана сердца «Планикс-Т» белорусского производства и трехстворчатого «ТРИКАРДИКС», которые используются для замены биологического клапана сердца. Решив поставленную задачу и проанализировав полученные результаты, данные клапаны сердца имеют хорошие гидродинамические свойства. Однако у «ТРИКАРДИКС» есть свои преимущества по сравнению с «Планикс-Т». При замене, вследствие патологии клапана сердца, биологического клапана искусственным клапаном при начальном положении клапана менее 30 градусов (от поперечного сечения аорты) происходит образование завихрений крови возле створок, что может привести к разрушению компонентов крови. Также принцип конструкции трехстворчатого клапана более совершенен, в нем больший угол открывания створок и при этом отсутствуют конструктивные элементы в русле течения крови.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бегун П.И. Афонин П.Н. Моделирование в биомеханике, 2004
2. Орловский П.И. Гриценко В.В. Юхнев А.Д. Искусственные клапаны сердца, 2007
3. Морман Д. Хеллер Л. Физиология сердечнососудистой системы, 2000