

**Численное исследование потока воздуха в 10 поколениях  
трахеобронхиального дерева человека**

**Научный руководитель – Макевнина Виктория Валерьевна**

**Макевнина Виктория Валерьевна**

*Студент (магистр)*

Санкт-Петербургский государственный университет, Математико-механический  
факультет, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: nikkvik29@mail.ru*

*Введение, цели и задачи работы.* Для моделирования дыхательного процесса в биомеханике дыхания используются трехмерные модели трахеобронхиального дерева (ТБД) человека. Согласно Weibel [1], в легких человека насчитывается 23 генерации воздухоносных путей (ВП). Целью данной работы являлось исследование потока воздуха в первых 10 поколениях ВП ТБД человека. Для достижения указанной цели были поставлены задачи: построить биомеханическую модель ТБД; с использованием построенной конечно-элементной модели исследовать движение потока воздуха.

*Методы исследования.* С помощью компьютерного комплекса ANSYS была построена биомеханическая модель ТБД человека для 10 генераций ВП. Для моделирования геометрического образа были использованы данные количественных характеристик, приведенные в работе Weibel [1], угол бифуркации главных бронхов был принят равным  $65^\circ$  [2]. Были приняты следующие допущения: механические свойства однородно и изотропно распределены по всему объему, материал оболочки линейно упругий; среда сплошная. В расчете использовались: модель газа «Air at 25 °C» из стандартной библиотеки программы, модель турбулентности - SST с настройками «по умолчанию», метод теплообмена - Total Energy, число Прандтля принято равным 0.702. Рассматривался вариант с твердыми гладкими стенками без проскальзывания, не подвергающимися деформации при дыхании. Математическая модель построена в рамках механики трехмерного тела.

*Результаты.* В результате численного моделирования были получены: векторное поле скоростей, а также поля скоростей, давлений и температур с распределением параметров в разные периоды времени в течение всего дыхательного цикла. В результате проведенных расчетов показано, что скорость в ТБД во время вдоха и выдоха сначала увеличивается, а затем уменьшается до нулевых значений. Получено, при постепенном увеличении скоростей во время вдоха давление понижается (на концах 10 генерации - до 101228 Па), а при уменьшении скоростей - увеличивается до начальных значений (101325 Па). Напротив, на выдохе при постепенном увеличении скоростей давление увеличивается (на концах 10 генерации - до 101415 Па), а при уменьшении скоростей постепенно снижается до начальных значений. Температура во время вдоха постепенно понижается, воздух охлаждается до  $15^\circ\text{C}$ , и во время выдоха воздух постепенно прогревается до  $36.6^\circ\text{C}$ .

*Вывод:* Таким образом, в работе показана возможность проведения вычислительных экспериментов на полученной биомеханической модели.

*Работа выполнена автором самостоятельно (без руководства).*

**Источники и литература**

- 1) Ewald R.Weibel, M.D. Morphometry of the Human Lung. New York, Academic Press Inc., 1963, p. 151 with 109 figures
- 2) Пастухов А.Д. Рентгеноанатомия трахеи и главных бронхов в норме и при деформациях грудной клетки. Диссертация канд. мед. наук. Пермь, 2017, 205 с.