

Секция «Вычислительная математика, математическое моделирование и численные методы»

Ультрагармонические колебания, возникающие в уравнении, описывающем гемодинамику головного мозга

Научный руководитель – Черевко Александр Александрович

Бугай Юрий Владимирович

Студент (магистр)

Новосибирский государственный университет, Механико-математический факультет,
Новосибирск, Россия

E-mail: y.v.bugay@gmail.com

Сосудистые патологии головного мозга часто встречаются в медицинской практике. Наиболее предпочтительными методами их лечения являются методы внутрисосудистой хирургии. При проведении подобных нейрохирургических операций возможны интраоперационные осложнения, в том числе в виде разрывов сосудов. Прогнозирование возможных осложнений является актуальной задачей. Для получения интраоперационного прогноза необходима достаточно простая модель, адекватно описывающая гемодинамику в окрестности сосудистой патологии.

Для построения такой модели используются клинические данные о давлении и скорости течения крови в сосудах головного мозга в окрестности патологии, получаемые во время нейрохирургических операций. Сбор данных осуществляется в ННИИПК им. Мешалкина при помощи аппарата ComboMap и внутрисосудистого датчика ComboWire [1].

В качестве модели, описывающей взаимосвязь скорости и давления в сосудах, было предложено использовать обобщённое уравнение Ван дер Поля — Дуффинга, коэффициенты которого строятся методами обратных задач индивидуально для каждого пациента на основе клинических данных, полученных во время нейрохирургических операций. Правая часть уравнения отвечает за внешнее воздействие на систему (скорость кровотока в церебральных артериях), давление в сосудах находится как решение уравнения. Данное уравнение является существенно нелинейным и его аналитическое решение на данный момент неизвестно.

Гемодинамические величины изменяются почти периодическим образом в виду того, что их изменение, в основном, вызвано сердечным циклом. Этот факт позволяет получать существенную информацию о поведении решений модельного уравнения, используя в качестве правой части гармоническую функцию с варьируемыми амплитудой и частотой.

В случае, когда решение приближённо представляется в виде суммы основной гармоники и ультрагармоники, получены общие аналитические формулы для амплитуд основной гармоники и ультрагармоник второго и третьего порядка. Описан алгоритм, позволяющий получать подобные формулы для ультрагармоник любого порядка. В случае гармонического представления решения получены общие аналитические формулы, описывающие области устойчивости основной гармоники в пространстве параметров.

Полученные результаты были использованы для описания колебательных режимов для уравнения, построенного по данным интраоперационного мониторинга реальных пациентов, и описывающего их гемодинамику.

Работа поддержана грантом Правительства РФ №14.W03.31.0002.

Источники и литература

- 1) Khe A.K., Cherevko A.A., Chupakhin A.P. et al. Endovascular blood flow measurement system // Journal of Physics: Conference Series. 2016.