

# КВАЗИНЬЮТОНОВСКАЯ ПРОЦЕДУРА УТОЧНЕНИЯ КОНСТАНТ РЕАКЦИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СВЕРТЫВАНИЯ КРОВИ С УЧЁТОМ МЕМБРАННЫХ РЕАКЦИЙ

Андреева А. А., Лобанов А. И.

Московский физико-технический институт (Государственный университет)  
141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9.

e-mail: [anna.a.andreeva@pystech.edu](mailto:anna.a.andreeva@pystech.edu)

[alexey@crec.mipt.ru](mailto:alexey@crec.mipt.ru)

Рассматривается математическая модель полимеризации фибрина, учитывающая мембранные реакции. Модель получена путём комбинирования двух других математических моделей: производства фибрина с учётом мембранных реакций [1] и полимеризации фибрина [2]. Модель включает в себя 44 обыкновенных дифференциальных уравнения. Подробное описание модели приведено в [3].

В системе присутствует большое количество констант реакций, многие из которых измерены неточно и их значения могут на порядки отличаться от реальных, что приводит к сильному несоответствию получаемых расчётов с экспериментальными данными. Поэтому была поставлена и исследована оптимизационная задача, позволяющая подбирать такие значения констант, чтобы результаты расчёта модели наилучшим образом соответствовали экспериментальным данным. Для этого необходимо численно решать обратную задачу. Сравнение с экспериментальными данными проводилось для динамики концентрации активированного тромбина. Для решения обратной задачи строился функционал невязки и вычислялся набор констант, на котором достигался минимум невязки. Оптимизационная задача решалась модифицированным методом Ньютона. Для численного решения системы ОДУ и приближенного вычисления элементов матрицы Гессе использовался монотонный, L2-устойчивый метод CROS (одностадийный метод Розенброка с комплексными коэффициентами второго порядка аппроксимации).

Результаты численных исследований модели с учётом модифицированного набора констант хорошо соответствуют экспериментальным и теоретическим данным. Уточнение набора констант реакций делает возможным редукцию математической модели для создания пространственно-распределённых моделей свертывания.

## Литература.

1. *Susree M., Anand M.* A mathematical model for in vitro coagulation of blood: role of platelet count and inhibition // *Sādhanā*, 2017, Vol. 42, No 3, pp. 291–305.
2. *Lobanov A.I., Nikolaev A.V., Starozhilova T.K.* Mathematical model of fibrin polymerization. // *Math. Model. Nat. Phenom*, 2011. Vol. 6, No 7.
3. *Andreeva A.A., Anand M., Lobanov A.I., Nikolaev A.V., Panteleev M.A., Susree M.* Mathematical modelling of platelet rich plasma clotting. Pointwise unified model // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 2018. Vol. 33, No 5, pp. 265–276.