

UDC 615.47

## MATHEMATICAL MODELING OF ELASTIC-DISSIPATIVE PARAMETERS FOR DYNAMIC PERTURBATIONS ACTIVE\*

Svetlana M. Yatsun

Kursk State University, Kursk, Russia  
305000, Kursk, Radishchev st., 33  
The Doctor of Medical sciences, Professor  
E-mail: mbd155@mail.ru

The article deals with basic approaches to mathematical modeling of the skin as a complex multi-object. We present a study of elastic-dissipative characteristics of the material.

**Keywords:** modeling, skin, elastic-dissipative characteristics

Диагностика, лечение и мониторинг различных патологических состояний кожи часто требуют детальной информации об изменениях в ее структуре и функциях. Это, как правило, в первую очередь отражается на механических свойствах дермы.

Кожный покров состоит их ряда слоев (наружного – эпидермиса, основного или собственно дермы и подкожной жировой клетчатки), обладающих разными характеристиками, что определяет гетерогенность ее свойств. Механические свойства компонентов дермы во многом обусловлены растяжимостью ее эластиновых и коллагеновых волокон, их количественным соотношением и пространственной ориентацией. Все это затрудняет интерпретацию результатов при исследовании свойств кожного покрова [1].

Целью данной работы является математическое моделирование упруго-диссипативных параметров дермы при динамических возмущениях извне.

Нами был использован баллистометрический способ, при котором используется соударение в одной плоскости, вызванное падением твердого тела с заданной высоты на тестируемую поверхность [3]. Расчетная схема баллистометра показана на Рис. 1.

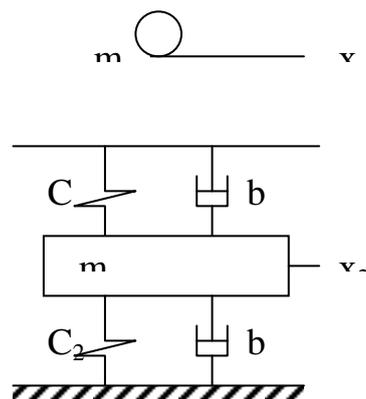


Рис. 1. Расчетная схема баллистометра

\* Работа выполнена в рамках ГК №14.740.11.0249 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Для данной расчетной схемы получена математическая модель взаимодействия в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= -mg, \text{ если } x_2 - x < 0 \\ m\ddot{x} &= -mg + c_1(x_2 - x) - b_1\dot{x}, \text{ если } x_2 - x > 0 \\ m_2\ddot{x}_2 &= -c_2x_2 - b_2\dot{x}_2, \text{ если } x_2 - x < 0 \\ m_2\ddot{x}_2 &= -c_2x_2 - b_2\dot{x}_2 - c_1(x_2 - x) - b_1\dot{x} \text{ если } x_2 - x > 0 \end{aligned} \right\}$$

где:  $m$  - масса падающего тела;  $m_2$  - приведенная масса участвующего во взаимодействии слоя кожного покрова;  $c_1$  и  $c_2$  - приведенные коэффициенты жесткости участвующего во взаимодействии слоя кожного покрова;  $b_1$  и  $b_2$  - приведенные коэффициенты вязкого затухания участвующего во взаимодействии слоя кожного покрова. Решение данной системы дифференциальных уравнений осуществляется дискретным способом, в среде Mathcad 6.0+, методом Рунге-Кутты четвертого порядка.

В результате получены графики виброперемещений и виброскоростей падающего тела и участвующего во взаимодействии слоя кожи (Рис. 2, 3).

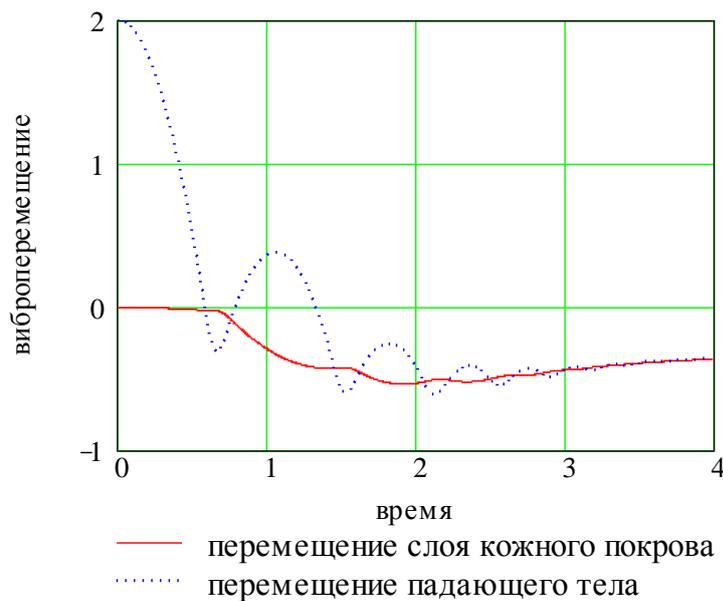


Рис. 2. Виброперемещение падающего тела и участвующего во взаимодействии слоя кожного покрова

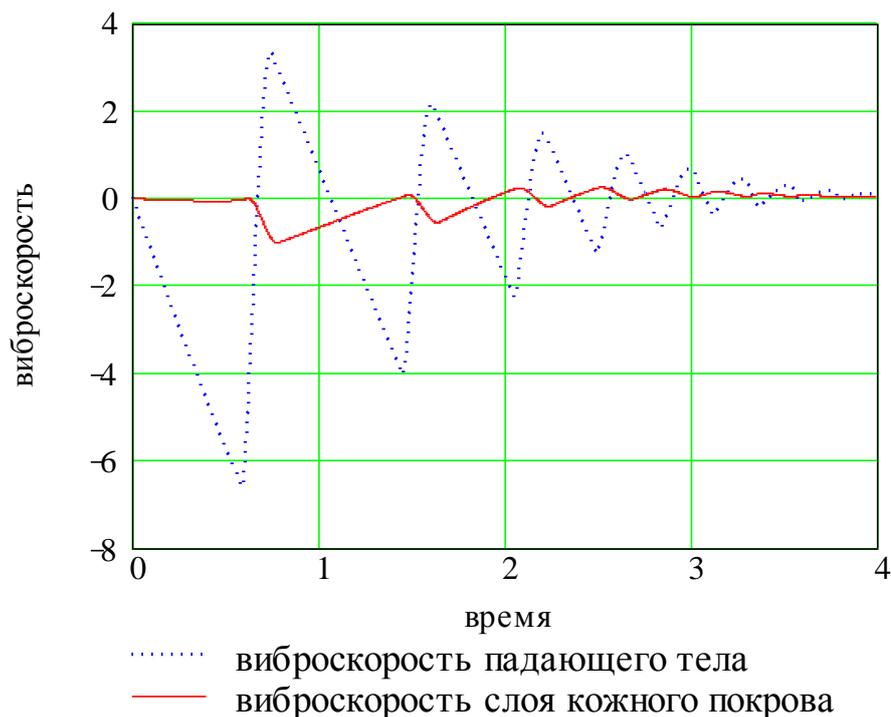


Рис. 3. Ви́броскорость падающего тела и участвующего во взаимодействии слоя кожного покрова

Таким образом, удается определить упруго-диссипативные свойства кожного покрова на основе вычислительного и натурального экспериментов. В данном методе используется стандартный алгоритм анализа, где присутствуют исходные данные параметров модели, отражающие реальные свойства тестируемых материалов, решение системы дифференциальных уравнений с получением выходных сигналов сенсора, т.е. моделирование процесса взаимодействия и обработка полученного сигнала.

Изменение коэффициентов жесткости и вязкости отражает изменения, происходящие в кожном покрове в зависимости от возраста: вязкая составляющая увеличивается, а упругая – уменьшается.

#### **Примечания:**

1. Голийски П., Димитров Д., Стоянов П. и др. Количественное исследование вязкоэластических свойств человеческой кожи *in vivo* // Вестник венерологии и дерматологии. 1988; (8). С. 14-18.
2. Tosti A., Compagno G., Fazbiw L. A ballistometer for the study of the plasto-elastic properties of skin // J. Invest. Derm. 1977 Vol. 69, P. 310-314.

УДК 615.47

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГО-ДИССИПАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕРМЫ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ**

Светлана Михайловна Яцун

Курский государственный университет, Курск, Россия  
305000, Курск, ул. Радищева, 33  
Доктор медицинских наук, профессор  
E-mail: mbd155@mail.ru

В статье рассматриваются основные подходы к математическому моделированию кожного покрова как сложного многослойного объекта. Приводится исследование упруго-диссипативных характеристик материала.

**Ключевые слова:** моделирование, кожный покров, упруго-диссипативные характеристики.