

**А.В. Греченева**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
E-mail: 1155464@bsu.edu.ru*

**Н.В. Дорофеев**

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

### Многоуровневая модель имитации биомеханики тела человека

Существующие системы рассчитывают работу мышц по перемещениям скелета и, не зависимо от работы мышц, нагрузку на костный скелет, тем самым, допуская, что мускулатура развита у всех в целом одинаково, что является крайне грубым приближением. В перспективе при построении систем моделирования ОДА человека в совокупности с кинематическим целесообразно использовать динамический анализ движения, что позволит сразу перейти к массосиловому анализу и находить взаимосвязи статических параметров ОДА и динамических (т.е. как влияет угол сгиба сустава и длина конечности на нагрузку соседних суставов). Это позволит через динамические характеристики описывать в трехмерной интерактивной модели взаимодействия костей скелета, мышц, кровеносных сосудов и нервных клеток человека.

Для комплексного описания биодинамики тела человека, структура антропоморфной модели может иметь несколько слоёв: а) кости и суставы; б) мышцы, сухожилия, кости, суставы и связки; в) нервная система, мышцы, кости, суставы и связки.

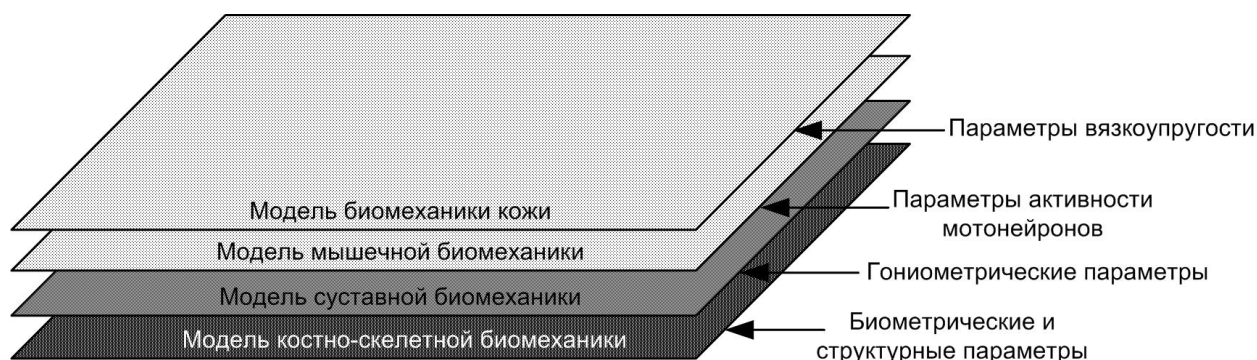


Рис. 1. Многоуровневая имитационная модель биомеханики тела человека

Структура модели предполагает объединение нескольких уже известных параметрических моделей биомеханики тела человека в единую комплексную имитационную модель. При этом, при построении модели суставной биомеханики предлагается применять новый подход, предложенный в [1]. Задание числа звеньев, тип суставов, количество и вид движителей. Если представить полную модель тела человека, состоящую из костей позвоночника и черепа, верхней и нижней конечностей, то такая модель будет состоять более чем из 80 твердых тел (костей) и иметь 250 степеней свободы [1]. Создать математический алгоритм такой комплексной задачи достаточно трудно. В настоящее время из моделей тела человека наиболее полными являются: 16-17-звенные модели с 40-44 степенями свободы, разработанные [2, 3].

Таким образом, применение комплексной имитационной модели биомеханики тела человека позволит осуществить:

- динамическое моделирование характеристик (например, работы мышц через понятия акселерографии, работы сустава через понятия гониометрии и т. д.);

### Секция 13. Приборы и системы

- интерактивные модели взаимодействия элементов опорно-двигательной, сердечно-сосудистой и нервной систем органов человека через понятия механики и динамики, гидродинамики и теории управления, соответственно;
- методики измерения антропометрических данных пациента;
- методики внесения изменений в модель, в соответствии с измеренными данными;
- встроенные подсистемы интерфейса удаленной работы с данными, хранения данных и документооборота и доступа к данным через Internet.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-38-00704 мол\_a

#### Литература

1. А.В. Греченева, О.Р. Кузичкин, Н.В. Дорофеев, И.С. Константинов/ Применение акселерометрических датчиков в измерительных гониометрических системах// Научно-технический журнал "Информационные системы и технологии", ISSN 2072-8964, № 4(90)2015 июль-август. Рубрика "Математическое и компьютерное моделирование", стр. 5-10
2. Антонова Н. Е. Математическое моделирование прямой стойки и походки человека для задач медицинской диагностики // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2012. №2.
3. Тяжелов А. А., Кизилова Н. Н., Фищенко В. А., Яремин С. Ю., Карпинский М. Ю., Карпинская Е. Д. Анализ стабилотраграмм на основе математической модели тела человека как многозвенной системы // Травма. 2012. №4.
4. Сучилин Н. Г., Шевчук Ю. В. Ориентация главных центральных осей инерции тела человека при произвольном изменении позы в безопорном положении // Вестник ТГПУ. 2013. №8 (136).