

УДК 796.012+796.015

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПОСТРОЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ SCILAB

**В. И. Загревский¹, О. И. Загревский², Е. С. Огородова²,
Т. В. Галайчук²**

¹МГУ имени А. А. Кулешова, Могилев, Беларусь;

²Томский государственный университет, Томск, Россия)

Рассмотрена схема построения вычислительного эксперимента по анализу движений биомеханической системы на уровне вариации параметров масс-инерционных характеристик звеньев тела спортсмена. Приведен пример компьютерного решения расчета координат общего центра масс N-звенной биомеханической системы.

Ключевые слова: структура, биомеханическая система, звено, вычислительный эксперимент, модуль.

Этапы программного решения вычислительного эксперимента. В настоящее время общепризнанным является факт применения моделирования, как одного из ведущих методов прогностического решения будущих аспектов развития исследуемой системы. Особая роль в этом случае принадлежит вычислительному эксперименту, предоставляющего возможность получения численной информации о параметрах изменения траектории моделируемой системы.

Известно, что даже для задач, допускающих аналитическое решение, которое несомненно является точным, существует целесообразность перехода от аналитического к численному решению [1]. Именно численное моделирование позволяет получить те решения задачи и в той ее форме, которые наиболее удобны для дальнейшего осмысления результатов моделирования и их практического использования.

Научный метод любой экспериментальной науки базируется на триаде «Гипотеза – Эксперимент – Теория» [1]. Компьютерное моделирование проходит все стадии вышесотмеченной триады научного поиска:

- на стадии формулировки гипотезы (предположение о численном значении параметров модели, ограничений на управляющие воздействия);
- на стадии обеспечения и реализации эксперимента (рассмотрение возможности использования в вычислительном эксперименте различных численных алгоритмов, решающих поставленную задачу);
- на стадии интерпретации результатов (обеспечение результатов решения задачи различными формами выходных данных и инструментальной базы их последующей обработки).

Несомненно, что эффективность такого многостадийного решения задачи вычислительного эксперимента, может быть достигнута только при его тщательном и рациональном проектировании. И здесь не без основания можно выбрать компьютерную программную среду SCILAB, способную обеспечить цель – реализовать рациональное проектирование программного решения вычислительного эксперимента.

Модель разработки программных решений. Модель процесса проектирования состоит из трех связанных стадий [3]: концептуальная, логическая, физическая.

Стадия *концептуального* проектирования включает анализ требований, предъявляемых к разрабатываемому программному решению конечным пользователем. Результатом концептуального проектирования является содержательное описание программного решения – сценарий функционирования модели проектирования в терминах специфичных предметной области программного решения задачи проектирования.

На стадии *логического* проектирования создается абстрактная модель программного решения. Компонентами абстрактной модели являются отдельные сценарии, разработанные на стадии концептуального проектирования и отражающие требования и ограничения, предъявляемые к программному решению в виде набора служебных сервисов, обеспечивающих реализацию частных задач, определяемых сценариями.

В конечном итоге на стадии *физического* проектирования набор служебных сервисов аккумулируется в прототипе пользовательского интерфейса, который, в частности, определяет форму ввода исходных данных и вывода конечных результатов.

Структурная модель опорно-двигательного аппарата тела человека. На первом этапе компьютерного моделирования движений человека выполняется ввод исходных данных, включающих сведения о структурной компоновке моделируемого опорно-двигательного аппарата (ОДА) тела человека (рис. 1) и масс-инерционных характеристиках (МИХ) звеньев тела [2].

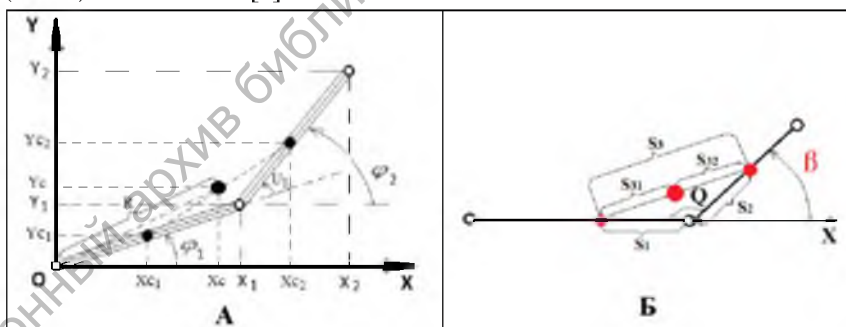


Рисунок 1 – Кинематическая схема двухзвенной модели ОДА человека в условиях опоры (А) и полетной части (Б) упражнения

ОДА тела человека моделируется различными геометрическими структурами и представляет собой неразветвленную, разветвленную, замкнутую, разомкнутую биомеханические системы [2].

Ввод исходных данных в параметры масс-инерционных характеристик звеньев опорно-двигательного аппарата тела человека. В качестве примера приведем фрагмент компьютерной программы, реализующей процедуру ввода МИХ звеньев тела спортсмена неразветвленной биомеханической системы с исходными данными стержневой многозвенной модели, содержащейся в тексте SCRIPT 1.

```
// SCRIPT 1
// 1. МОДУЛЬ ВВОДА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ
clear; mode(2);
// Ввод исходных данных – количество звеньев модели
labelsv = ['Введите n'];
labelsh = 'Кол-во звеньев (n)';
default_input_matrix = string(2);
rep = x_mdialog('Масс-инерционные характеристики звеньев ', labelsv, labelsh, default_input_matrix);
[d, tails] = strtod(rep);
n=d; sz = [4, n];
// Исходные данные МИХ по умолчанию
for j=1:n
z(1,j)=1;           // Длина звена (м)
z(2,j)=0.5;        // Расстояние от проксимального сустава до ЦМ звена (м)
z(3,j)=10;         // Масса звена (кг)
z(4,j)=0.833;      // Момент инерции (кгм2)
end
// Корректировка численных значений МИХ в диалоговом окне
labelsv = ['Длина'; 'Расстояние до ЦМ'; 'Масса'; 'Центр.мом. инерции'];
labelsh = 'Звено '+ string(1:n);
default_input_matrix = string(z(1:4,1:n));
rep = x_mdialog('Масс-инерционные характеристики звеньев ', labelsv, labelsh, default_input_matrix);
[d, tails] = strtod(rep);
L(1:n)=d(1,1:n); // Длина звена
S(1:n)=d(2,1:n); // Расстояние до ЦМ звена
m(1:n)=d(3,1:n); // Масса звена
Jc(1:n)=d(4,1:n); // Момент инерции
// 2. МОДУЛЬ РАСЧЕТНЫХ ПРОЦЕДУР
// Коэффициенты расчета общего центра масс системы ОЦТ
```

```

m0=0; for I=1 : n; m0=m0+m(I); end
for I=1 : n; SS=m(I)*S(I) ; PP=0;
if I<n then
for R=I+1:n
P=m(R)*L(I); PP=PP+P;
end
end
A(I)=(SS+PP)/m0;
end

```

// 3. МОДУЛЬ ВЫВОДА РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТНЫХ ПРОЦЕДУР

// Коэффициенты расчета общего центра масс системы в диалоговом окне

```

Ocmz=[1,2];
Oz(1,1:n)=A(1:n);
labelsv = [' Коэффициент A'];
labelsh = 'Звено '+ string(1:Ocmz(n));
default_input_matrix = string((Oz(1,1:n)));
rez = x_mdialog('Коэффициенты ОЦТ ', labelsv, labelsh, default_input_matrix);
[d, tails] = strtod(rez);
A(1:n)= d(1,1:n);

```

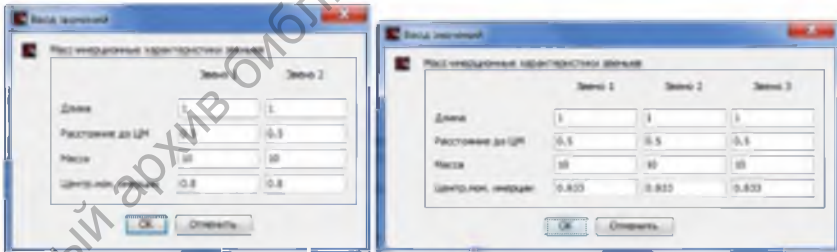


Рисунок 2 – Корректировка ввода параметров двухзвенной и трехзвенной модели ОДА человека в диалоговом окне

Количество звеньев модели, в зависимости от числа которых формируется диалоговое окно, задается пользователем. По умолчанию задана стержневая модель биосистемы (рис. 2). Пользователь может вводить в диалоговом окне числовые данные конкретного объекта исследования.

Заключение. В компьютерной программе вычислительного эксперимента по биомеханическому анализу двигательных действий спортсмена целесообразно выделять три модуля программного обеспечения. Первый модуль – ввод исходных данных, второй – модуль расчетных операций, третий модуль – вывод и визуализация результатов вычислительного эксперимента.

Список литературы

1. Алексеев, Д. В. Компьютерное моделирование физических задач в Microsoft Visual Basic / Д. В. Алексеев. – М.: СОЛОН-Пресс, 2009. – 528 с.
2. Загревский, В. И. Формализм Лагранжа и Гамильтона в моделировании движений биомеханических систем / В. И. Загревский, О. И. Загревский, Д. А. Лавшук. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2018. – 296 с.
3. Колесов, А. Введение в методологию Microsoft Solutions Framework. https://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=6687&sphrase_id=98112.