

АРХИТЕКТУРА И ФУНКЦИОНАЛ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ СИНТЕЗА ТЕХНИКИ СПОРТИВНЫХ УПРАЖНЕНИЙ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Д. А. Лавшук, Д. Нвабуиси

(МГУ имени А. А. Кулешова, Могилев, Беларусь)

Аннотация. В статье дается описание архитектуры и функционала разработанной компьютерной программы синтеза техники физических упражнений в вычислительном эксперименте. В качестве математической модели, описывающей движение спортсмена, используется уравнение кинетического момента многозвенной разветвленной биомеханической системы, среда реализации программы – Microsoft Excel.

Ключевые слова: биомеханический синтез, моделирование движений спортсмена.

При всей перспективности использования биомеханического синтеза как инструмента поиска рациональных вариантов технических действий спортсменов, следует признать, что в практической деятельности тренерско-преподавательского состава его использование весьма ограничено. Данный факт можно объяснить слабой разработанностью методологического аппарата биомеханического синтеза, а также отсутствием инструментов, обеспечивающих практическую реализацию синтеза в вычислительных экспериментах на компьютере.

Для реализации биомеханического синтеза нами, совместно с кафедрой биомеханики БГУФК, разработана компьютерная программа, позволяющая в вычислительном эксперименте осуществлять процедуру конструирования различных вариантов технических действий спортсменов в имитационном моделировании движений на компьютере. Программа разработана в Microsoft Excel, что потенциально позволит расширить область ее применения в научной и учебной деятельности педагогов, так как навыками работы с электронными таблицами обладает большинство пользователей компьютеров.

В качестве математической модели, описывающей движения спортсмена, программа использует уравнения кинетического момента тела человека относительно оси, проходящей через точку контакта с опорой [1]:

$$L'_z = \sum_{i=1}^{i=N} (m_i (x_i y''_i - x''_i y_i) + J_i \omega'_i) = M_{тяж}, \quad (1)$$

где N – количество звеньев моделируемой системы, L'_z – момент количества движения модели тела относительно точки контакта с опорой, $m_i, x_i, y_i, x''_i, y''_i, J_i, \omega_i$ – соответственно параметры звена с номером i : масса, x_i и y_i – координаты центра тяжести, x''_i и y''_i – компоненты ускорения центра тяжести, момент инерции относительно центра масс, угловое ускорение, $M_{\text{тяж.к}}$ – момент силы тяжести относительно оси, проходящей через точку контакта с опорой.

Указанные уравнения позволяют моделировать плоскостные движения многозвенных разветвленных биомеханических систем в условиях опоры.

Решая методами численного интегрирования уравнения модели, мы получаем массив координат, описывающий траекторию движения тела спортсмена в моделируемой фазе исследуемого упражнения.

Первый этап моделирования – настройка параметров модели. Данная процедура предполагает задание численных значений масс-инерционных характеристик сегментов тела спортсмена, начальных условий движения (угол постановки стопы, начальная скорость вращения стопы относительно опоры), а также начального и конечного программного управления (рис. 1).

Параметры модели									
Параметры интегрирования	МДХ звеньев модели					Суставные углы (программное управление)			
	Наименование звена	Длина, м	Положение ЦМ звена, м	Масса звена, кг	Центральный момент инерции, кг*м ²	Сустав	Угол начальный	Угол конечный	
Длительность фазы	0.104	Стопа/опорная	0.28	0.14	1.65	0.0105	Голеностопный опорный	-70	-35
Шаг	0.005	Голеностопный	0.42	0.21	4.05	0.0598	Коленный опорный	40	7
Угол стопы	80	Бедро/опорное	0.41	0.20	9.60	0.1345	Тазобедренный между ногами	-150	100
Угловая скорость стопы	-348	Бедро/маховое	0.41	0.20	9.60	0.1345	Коленный маховый	-125	-80
Учит. силу тяг (зад. 0-нет)		Поперек/маховый	0.42	0.21	4.05	0.0598	Голеностопный маховый	45	70
		Стопа/маховая	0.28	0.14	1.65	0.0105	Тазобедренный (опора-туловище)	-35	0
		Туловище	0.5	0.25	34.45	0.7167	Правый плечевой	205	-90
		Плечо правое	0.28	0.14	2.45	0.0167	Правый локтевой	105	75
		Предплечье правое	0.39	0.195	3.20	0.0405	Левый плечевой	105	-90
		Плечо левое	0.28	0.14	2.45	0.0167	Левый локтевой	187.5	142.5
		Предплечье левое	0.39	0.195	3.20	0.0405			
					76.0				

Рис. 1 – Задание параметров моделируемого упражнения

Программное управление представляет собой суставные углы, реализуемые спортсменом на всей траектории движения. В принципе, это управление и переводит биомеханическую систему в конечное состояние, то есть, необходимо задание числовых значений суставных углов в каждый момент времени моделируемого движения. В программе ре-

ализован другой подход – мы задаем начальную и конечную позу моделируемого движения, а для построения программного управления в промежуточных положениях программа использует гармоническое приближение. Такое приближение наиболее соответствует реальным суставным движениям спортсмена.

Варьируя параметры модели, мы можем в вычислительном эксперименте дать ответ на вопрос, к чему приведут эти изменения. Например, изменяя масс-инерционные характеристики звеньев модели, мы получаем ответ, как влияют на траекторию движения индивидуальные антропометрические характеристики тела человека. Варьируя амплитуду программного управления в суставах спортсмена, мы можем определить вклад каждого суставного движения в достижение цели движения.

После настройки параметров модели необходимо методами численного интегрирования решить уравнение движения. Данная процедура осуществляется программой автоматически, путем нажатия кнопки «Пуск» (рис. 2).

Суставные углы (программное управление)		
Сустав	Угол начальн.	Угол конечн.
Головостопный опорный	-72	-28
Коленный опорный	26	4
Тазобедренный м-ду ногами	184	268

Пуск

Загрузить
параметры из БД

Рис. 2 – Запуск процедуры интегрирования

Результат процедуры интегрирования – вычисленные значения координат суставов на всей траектории движения. Используя расчетные модели анализа движений, возможно вычисление большого массива кинематических и динамических биомеханических характеристик, описывающих моделируемое упражнение. Программа представляет этот массив характеристик в числовой форме, а использование механизма построения диаграмм в Excel позволяет перейти к графическому описанию этих характеристик.

Кроме того, в программе предусмотрен режим построения кинетогрaмм моделируемых движений – возможен визуальный контроль результатов интегрирования. Экспериментатор наглядно видит, к чему приводят изменения суставных углов на всей траектории движения (рис. 3)

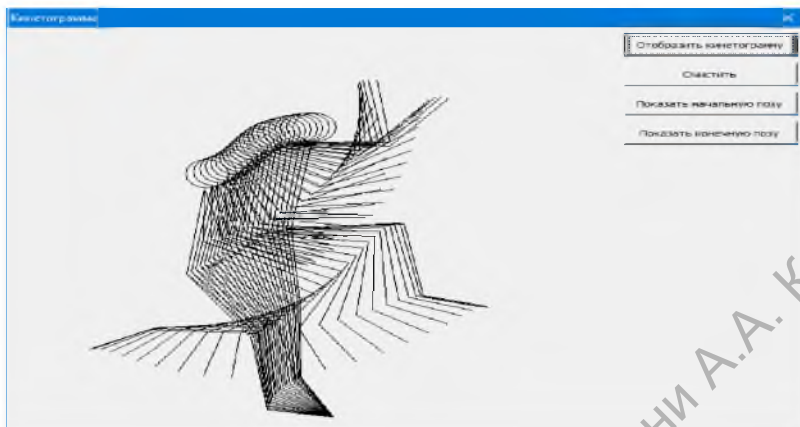


Рис. 3 – Кинетогрaмма моделируемого движения

Таким образом, используя программу, у педагога появляется возможность, не прибегая к практической трансформации техники индивидуального спортсмена, ответить на вопрос – к чему приведет определенная перестройка сгибательно-разгибательных действий в суставах спортсмена, как она повлияет на соревновательный результат. А это, в свою очередь, позволяет получить научно обоснованный ответ на вопрос о направлениях совершенствования техники соревновательных упражнений с целью достижения максимального спортивного результата.

Список литературы

1. Сотский, Н. Б. Измерение параметров позы и биомеханический компьютерный синтез двигательного действия человека / Н. Б. Сотский // Приборы и методы измерений. – 2015. – № 1 (10). – С. 114–120.