

гревский, Д.А. Лавшук. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2018. – 296 с.

2. Luby'sheva, L.I., Zagrevskaya, A.I. Kinesiological approach as methodology of modern sports science and practice // *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kul'tury*. – 2015. – № 12. – P. 3-5.

*В.И. Загrevский, О.И. Загrevский*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СПОРТИВНЫХ УПРАЖНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ РОБОТОТЕХНИКИ**

В настоящее время практика биомеханических исследований в области технического совершенствования спортсменов базируется на двух методах биомеханики спорта, дифференцируемых на метод анализа и метод синтеза техники спортивных упражнений.

Наиболее широкое распространение получил метод анализа техники спортивных упражнений, когда по материалам оптической регистрации движений (видеосъемка) выполняется промер исследуемого спортивного упражнения и далее с использованием средств компьютерной техники вычисляются биомеханические характеристики двигательного действия.

Конечным результатом промера являются координаты маркерных точек спортсмена, за которые обычно принимаются координаты суставов спортсмена и в неподвижной системе координат. Обычно с этой целью используется прямоугольная декартова система координат (ДСК). Если упражнение выполняется в условиях опоры, то место контакта спортсмена с опорой также рассматривается в виде маркерной точки.

Массив координат маркерных точек определяется для каждого видеокадра упражнения на всей его траектории. По полученным данным координат суставов вычисляются обобщенные координаты звеньев биомеханической системы: угол наклона звеньев тела спортсмена к оси Ох ДСК. И координаты маркерных точек, характеризующие линейное перемещение объекта, и обобщенные координаты, характеризующие вращательное движение звеньев тела спортсмена, используются в качестве исходных данных в расчетных моделях анализа и математических моделях синтеза движений биомеханических систем.

Прямая задача робототехники в биомеханике физических упражнений заключается в определении координат маркерных точек движущейся системы по данным обобщенных координат звеньев тела спортсмена и длинам звеньев, что для упражнений в условиях опоры формализуется системой уравнений.

$$\begin{cases} X_j = \sum_{i=1}^j L_i \cos Q_i, \\ Y_j = \sum_{i=1}^j L_i \sin Q_i. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь:  $i, j$  – порядковый номер сустава;  $L_i$  – длина  $i$ -го звена;  $Q_i$  – обобщенная координата  $i$ -го звена;  $X_j, Y_j$  – координата  $j$ -го сустава по осям  $Ox, Oy$  в ДСК.

Визуально используемые обозначения раскрываются рисунком (рис. 1).

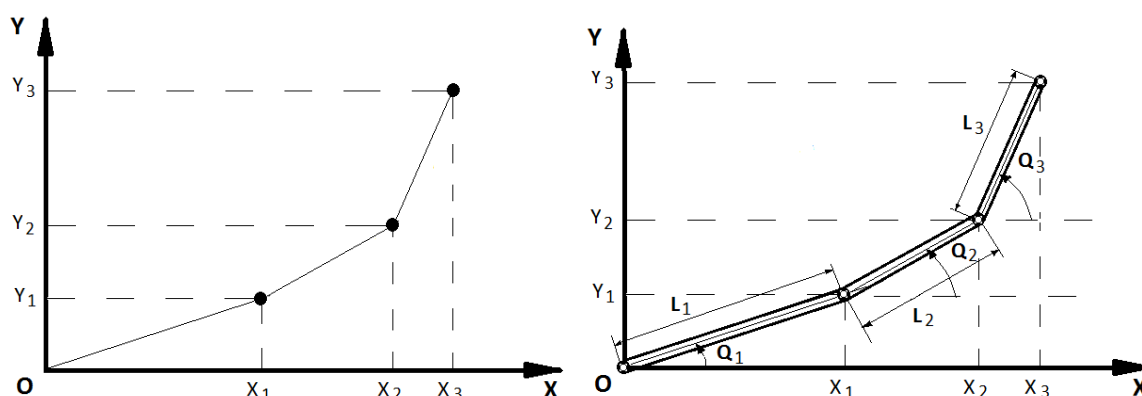


Рис. 1. Обозначения в кинематической схеме биомеханической системы

Обратная задача робототехники в исследованиях по биомеханике может быть транслирована следующим образом: определить обобщенные координаты звеньев биомеханической системы, при которых достигаются заданные координаты целевой точки. За целевую точку в данном случае (трехзвенная модель) принимается точка с координатами  $(X_3, Y_3)$ . В двухзвенной модели биомеханической системы (рис. 2) целевой точкой является точка с координатами  $(X_2, Y_2)$  – дистальный шарнир модели.

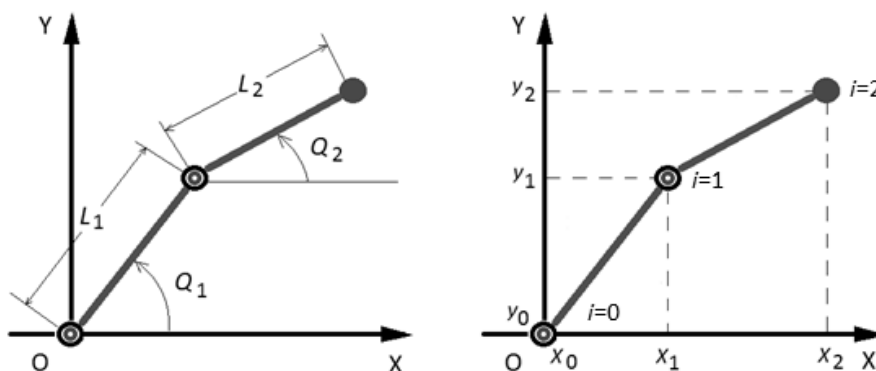


Рис. 2. Кинематическая схема двухзвенной биомеханической модели

В работе [1] показана методика определения углов  $Q_1$  и  $Q_2$  (рис. 2) при известных значениях  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ . Здесь следует отметить, что в практике спорта ставятся задачи разнообразного содержания, связанные с решением обратной задачи робототехники. Одной из таких задач является задача программирования траектории целевой точки в прямолинейном движении. Например, при выполнении гимнастом большого оборота назад накатом на перекладине, после прохождения вертикального положения над опорой, необходимо выполнить разгибательное движение в суставах таким образом, чтобы голеностопные суставы перемещались в горизонтальном направлении (рис. 3).

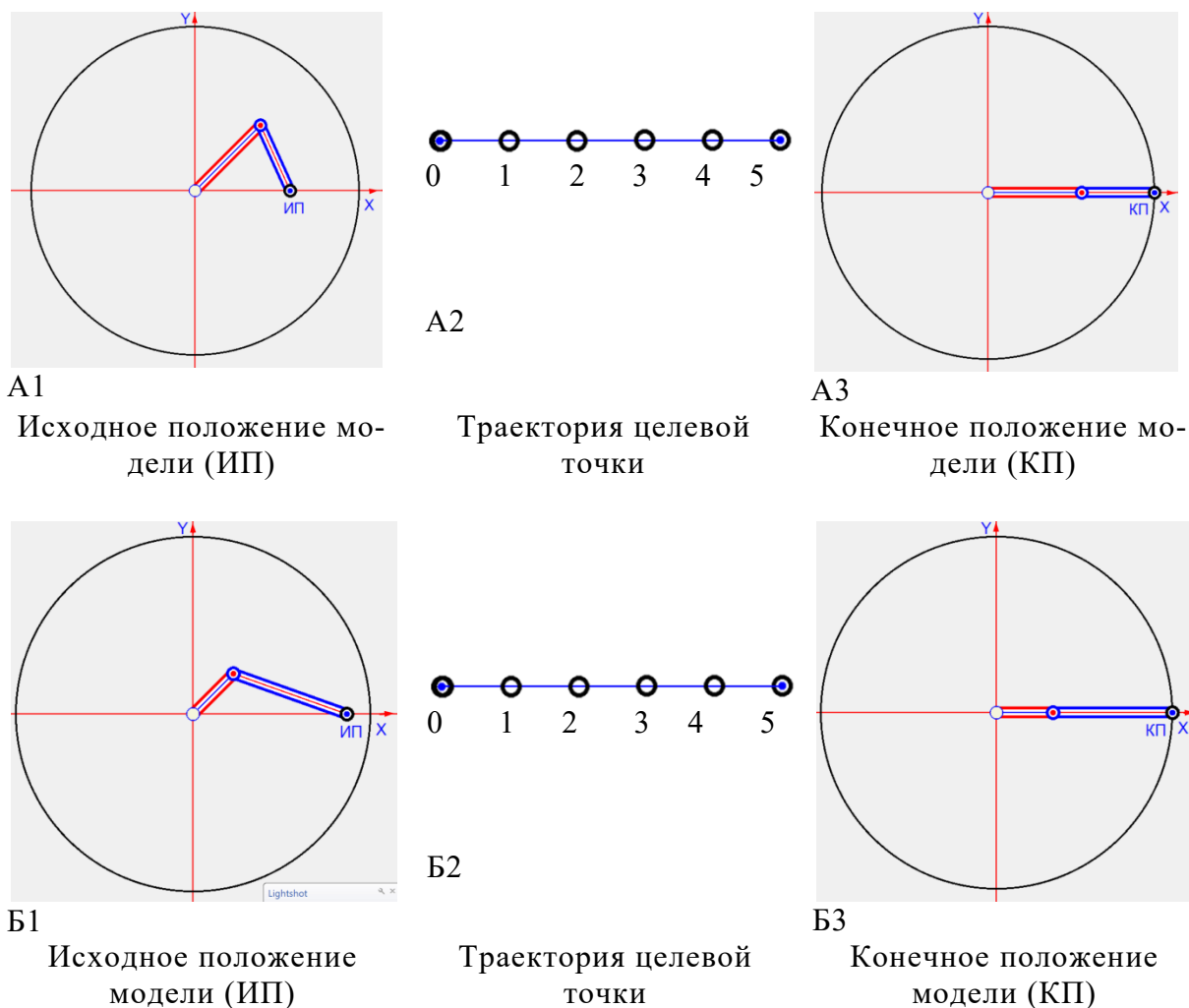


Рис. 3. Кинематическая программа перемещения стоп гимнаста в фазе «расхлест» на перекладине с разгибанием в плечевых (А) и тазобедренных (Б) суставах

Движение целевой точки (рис. 2;  $X_2$ ,  $Y_2$ ) происходит по заданной программной траектории в горизонтальном направлении (рис. 3; А2, Б2). Задача дополняется тем ограничением, что перемещение стоп должно происходить с равномерной скоростью и за один и тот же промежуток

времени проходить одинаковые отрезки пути (рис. 3; А2, Б2). Искомыми биомеханическими характеристиками пространственного положения являются: обобщенная координата первого ( $Q_1$ ) и второго звена ( $Q_2$ ) для каждой точки траектории, сформированные в виде двумерного массива ( $U_{i,j}$ ). Здесь:  $i$  – номер траекторной точки ( $i=0, 1, \dots, 5$ ),  $j$  – номер звена модели ( $j=1, 2$ ).

В качестве алгоритма решения поставленной задачи мы использовали следующие процедуры.

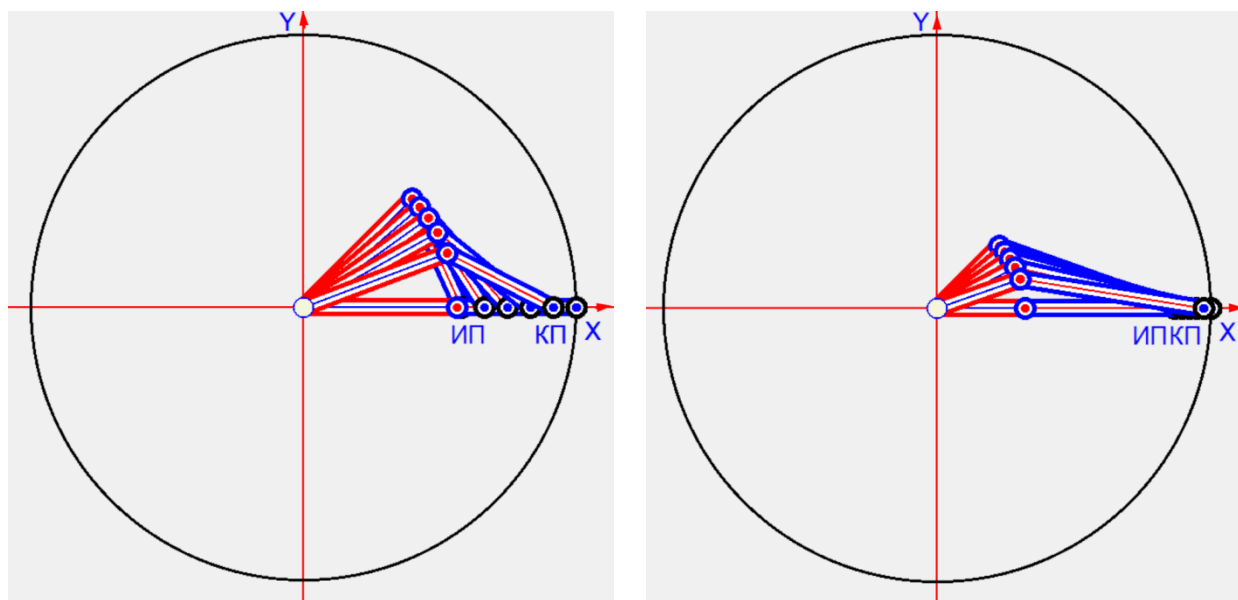
1. Расчет координат целевой точки ( $X_2, Y_2$ ) по оси  $Ox$  в исходном положении (ИП: траекторная точка – 0) с известными данными обобщенной координаты первого звена ( $U_{0,1}$ ).

2. Расчет координат целевой точки ( $X_2, Y_2$ ) по оси  $Ox$  в конечном положении (КП: траекторная точка – 5) с известными данными обобщенной координаты первого звена ( $U_{5,1}$ ).

3. Расчет координат целевой точки ( $X_2, Y_2$ ) по оси  $Ox$  для каждой траекторной точки.

4. Решение обратной задачи робототехники для каждой траекторной точки по алгоритмам, рассмотренным в работе [1].

Результат функционирования разработанной нами компьютерной программы представлен на рисунке (рис. 4).



Разгибание в тазобедренных суставах

Разгибание в плечевых суставах

Рис. 4. Кинетограмма равномерного перемещения стоп двухзвенной модели гимнаста в гимнаста в фазе «расхлест» на перекладине

В качестве исходных данных для длин звеньев модели задавались параметры: при разгибании в тазобедренных суставах  $L_1=0,64+0,48$  (дли-

на рук и туловища),  $L_2=0,87$  (длина ног); при разгибании в плечевых суставах  $L_1=0,64$  (длина рук),  $L_2=0,87+0,48$  (длина туловища и ног). Обобщенная координата первого звена в исходном положении (ИП) равнялась  $60^0$ , в конечном положении (КП) составляла  $0^0$ .

#### *Библиографический список*

1. Загrevский, В.И. Обратная задача робототехники в биомеханике физических упражнений / В.И. Загrevский, О.И. Загrevский // Олимпийский спорт и спорт для всех : материалы XX Международного конгресса, (16-18 декабря 2016 г.): в 2 ч. – СПб.: Издательско-полиграфический центр Политехнического университета, 2016. – Ч. 2. – С. 442-446.

*А.А. Зайцев, А.Ю. Фарафонов*

### **ОСОБЕННОСТИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ СТУДЕНТОВ К СДАЧЕ КОНТРОЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ**

Выполнение контрольных нормативов по физической подготовке, особенно если результаты влияют на итоговую оценку, связаны не только с высокими физическими, но и психологическими напряжениями, играющими значительную роль в настройке и мобилизации внутренних резервов организма. Этот феномен хорошо изучен спортивными психологами, доказавшими, что на результат и качество выполнения упражнения влияет предстартовое состояние спортсмена [2,3].

Нередкими являются случаи, когда обучающийся, выполняя на учебных занятиях физическое упражнение на положительную оценку, не справляясь с волнением, показывает неудовлетворительный или несоответствующий своему уровню результат на зачете. Для такой категории обучающихся, безусловно, необходим индивидуальный подход. Его реализация возможна при условии выявления «группы риска» в которой следует вести обучение необходимым навыкам саморегуляции неблагоприятных психофизиологических реакций в предстартовом состоянии.

Целью настоящего исследования стало обоснование способа оценки психологической готовности студентов к сдаче контрольных нормативов по физической подготовке.

В рамках проведенной экспериментальной работы на учебных занятиях по физической подготовке при выполнении контрольных упражнений студентами первого курса Калининградского технического университета, с учетом закономерностей, сопровождающих процесс выполнения упражнений: физическая нагрузка – изменение режимов работы организма – стресс и длительное нахождение в стрессовом состоянии – утомле-