

### **Некоторые проблемы построения теоретической спортивной биомеханики и моделирование прыжков в фигурном катании**

д.пед.н., проф. Виноградова В.И.  
МГТУ «МАМИ»

Биомеханика – часть физиологии и анатомии, изучающая строение, развитие и деятельность двигательного аппарата человека. Строение зависит от общего физического развития и специализации деятельности двигательного аппарата. В спорте, например, специализация определяется исполнением ограниченного числа определенных физических упражнений. Техническое мастерство исполнения физических упражнений зависит не только от физической подготовки спортсмена, а также от его способности творчески управлять деятельностью двигательного аппарата, психологического состояния во время исполнения физических упражнений и т.п. Учесть всю совокупность параметров влияния на строение, развитие и деятельность двигательного аппарата человека и учесть индивидуальные способности каждого человека невозможно из-за их бесконечно большого множества. По этой причине при построении теоретической биомеханики мы обратимся к спортивной биомеханике, которая необходима для совершенствования технического мастерства исполнения спортивных физических упражнений. В качестве параметров влияния на деятельность двигательного аппарата будем учитывать только антропометрические параметры спортсмена и динамические параметры его двигательных действий.

В широком смысле спортивная биомеханика как наука даже в ограниченных нами рамках находится на начальной стадии своего развития. Она находится на эмпирической стадии этого развития, так как ее состояние характеризуется наблюдениями экспериментов, обработкой совокупности опытных данных, представляющих собой конечное число наблюдений, обобщение опыта при переходе от конечного числа наблюдений на бесконечное число их повторений. Кроме того, построение науки на наблюдениях является субъективным и не позволяет, например, проникнуть в сущность быстро происходящих двигательных действий спортсмена. Качественные количественно не обоснованные законами механики результаты не дают полного представления о путях эффективного совершенствования техники исполнения двигательных действий спортсмена. Несмотря на сказанное качественные методы биомеханики двигательных действий, традиционно раскрывающие совокупность свойств с описанием их существенных признаков, продолжают развиваться. До последнего времени спортивная биомеханика остается, главным образом, на качественном уровне и содержит богатейший материал наблюдений и теоретические обобщения, завершающие систематизацию материала. Однако пока нет другой части, характеризующей развитую науку, - математической. Дополняя качественные представления формализованными математическими обобщениями, спортивную биомеханику превращают в количественную теорию, которая становится объективным средством не только анализа двигательных действий, а средством синтеза эффективных действий при совершенствовании технического мастерства исполнения спортивных физических упражнений. Такая теория становится средством вскрытия резервов и предсказаний путей развития эффективного исполнения физических упражнений в различных видах спорта.

Количественная, то есть теоретическая спортивная биомеханика только зарождается. Накапливается материал количественных исследований простейших физических упражнений. Обсуждаются различные подходы построения теории спортивной биомеханики. Схема же построения фундаментальной спортивной биомеханики определилась. Основными ее этапами являются:

- построение антропоморфных (человекоподобных) механизмов (АМ), то есть механическое моделирование спортсмена;
- математическое моделирование исполнения двигательных действий спортсмена на основе АМ;
- параметрические исследования механико-математических моделей спортсмена и его двигательных действий.

Каждый из перечисленных этапов построения фундаментальной теории является творческой профессионально специализированной работой.

Построение универсального АМ не требует привязки к исполнению специализированных спортивных физических упражнений. Число звеньев универсального АМ определяется числом суставов у человека, которые моделируются соответствующими шарнирами. Звенья моделируются абсолютно твердыми телами, кроме туловища. Туловище человека имеет возможность изгибаться и закручиваться и моделируется оно деформируемым твердым телом.

Если моделируется исполнение конкретного физического упражнения, то число звеньев АМ, позволяющего решить поставленную задачу, значительно сокращается.

Математическое моделирование исполнения двигательных действий спортсмена на основе универсального АМ неоправданно приводит к большим, а иногда и непреодолимым трудностям. Построение же АМ, адекватных задачам изучения исполнения конкретных физических упражнений, по силам только спортсмену, обладающему высоким техническим мастерством исполнения движений или, но в меньшей степени, его тренеру. Построение таких АМ практически не по силам человеку, профессионально специализирующемуся в области механического моделирования физических явлений и не являющемуся спортсменом высокой квалификации.

Математическое моделирование исполнения двигательных действий спортсмена на основе построенных АМ является непреодолимым этапом построения теории спортивной биомеханики для тренера и спортсмена, так как они, как правило, не обладают соответствующими знаниями. Построение математических моделей, соответствующих двигательным действиям спортсмена, приводит к записи дифференциальных уравнений динамики движения АМ. Математических моделей для универсальных АМ с учетом геометрически нелинейной деформации звена - модели туловища спортсмена авторам не приходилось встречать в литературе. Вероятно, они не строились. Однако математические модели для некоторых АМ в виде линейных дифференциальных уравнений динамики получены авторами, интересы которых далеки от спортивных занятий. Они получены на основе известных АМ, построенных при моделировании определенной группы спортивных физических упражнений. Для специалистов в области математического моделирования построение дифференциальных уравнений, описывающих быстро происходящие двигательные действия при исполнении физических упражнений с помощью адекватных АМ, задача в большинстве случаев является непреодолимой.

Таким образом, на этапах механико-математического моделирования исполнения спортивных физических упражнений при построении фундаментальной теории спортивной биомеханики ясно обозначается проблема: соединение знаний, достаточных для математического моделирования двигательных действий спортсмена в виде дифференциальных уравнений динамики АМ, и умений исполнения спортивных физических упражнений, достаточных для построения адекватных АМ, в одном лице. Проблема решается, если спортсмен является мастером высокого класса и одновременно специалистом в области математического моделирования механических явлений в виде дифференциальных уравнений. Такое соединение в одном человеке знаний и умений, необходимых для построения теорий, явление возможное, но весьма редкое. Таких людей принято называть талантливыми. Очевидно, что признаками талантливого человека являются знания и умения их реализовать. Талантливый пианист потому и талантлив, что создает музыкальные образы и обладает высочайшей техникой игры на пианино. Талантливый художник художественные образы и композиции, созданные воображением, реализует в виде полотен благодаря владению техникой письма и т.д. и т.п. Талантливому человеку по силам и построение основ фундаментальной теории спортивной биомеханики.

Проблему механико-математического моделирования можно преодолеть и иначе. Достаточно объединить работу и математика и спортсмена высоких квалификаций для решения поставленных задач.

После построения механико-математических моделей появляется новая проблема, ко-

торая связана с решением дифференциальных уравнений. Если они линейные, то необходимо выбрать из известных численных методов и построить алгоритм параметрических исследований. Добиться устойчивости счета при решении задач на ЭВМ. Если дифференциальные уравнения получаются нелинейные, то, как правило, требуется не выбор из известных численных методов, а построение нового численного метода и алгоритма решения нелинейных дифференциальных уравнений. Построение такого численного метода - фундаментальная проблема наших знаний.

Параметрические исследования математических моделей исполнения физических упражнений численными методами с помощью ЭВМ требуют привлечения специалиста из области численных методов решения дифференциальных уравнений, который умеет программировать и работать на ЭВМ. Найти человека с объединенными знаниями и умениями для решения обозначенных нами проблем, как нам кажется, практически невозможно.

Из сказанного следует вывод, что построение фундаментальной теории спортивной биомеханики - удел коллективного, вероятно, многолетнего творческого труда различных специалистов. Результаты такого труда ожидаются не только в спорте. Они необходимы, например, для развития робототехники и т.п.

Нет сомнений, что фундаментальная теория спортивной биомеханики будет строиться. Однако возможно построение и приближенной теории спортивной биомеханики. Нами с этой целью предлагается следующая концепция:

- Рассматриваются и моделируются только те физические упражнения, по которым, главным образом, судят о техническом мастерстве спортсмена. В одиночном фигурном катании - это многооборотные прыжки.
- Строятся по возможности простые АМ. Для моделирования прыжков в одиночном фигурном катании на коньках оказалось достаточно построение пятизвенных АМ: туловище, жестко связанное с головой, две руки и две ноги, шарнирно связанные с туловищем.
- Математические модели двигательных действий с использованием АМ строятся на основе теорем и законов теоретической механики.
- Моделирование механики движений исключается, а рассматриваются характерные положения спортсмена, что позволяет избежать дифференциальной формы математических моделей и построить их в виде многопараметрических формул.

Нам удалось получить зависимости скоростей вращения фигуриста в полете при исполнении всех известных прыжков в зависимости от антропометрических параметров спортсмена и динамических параметров его двигательных действий при создании начального вращения до отрыва ото льда и его двигательных действий в начальный момент свободного полета. При желании результаты можно найти в докторской диссертации В.И. Виноградовой. Фигурист и его тренер, используя полученные формулы, могут самостоятельно по антропометрическим параметрам спортсмена определить для себя приоритетность исполнения известных прыжков с целью достижения наибольшей скорости вращения в полете и, следовательно, достижения увеличения многооборотности прыжков. Формулы вскрывают резервы увеличения многооборотности прыжков в зависимости от динамических параметров двигательных действий спортсмена. Они объясняют скрытые от наблюдений причины срыва прыжков и падений фигуристов.

Рассмотрим прыжок “Сальхов”, при исполнении которого начальное вращение создается, главным образом, скольжением по дуге. Фигурист перемещается по прямой и набирает скорость. Затем на одной ноге скользит по спирали с уменьшением радиуса дуги и увеличением угловой скорости  $\omega$  вокруг воображаемой оси  $Ox$ . При отрыве ото льда движение фигуриста преобразуется во вращательное вокруг его продольной оси. Динамику преобразования прямолинейного движения фигуриста во вращательное в полете рассматривать не будем. Обратим внимание на характерное положение фигуриста перед отрывом ото льда. Будем считать, что перед отрывом ото льда фигурист скользит по дуге окружности. Фигуриста моделируем однородным стержнем. На рис. 1 *а, б, в* изображен однородный стержень, различным образом вращающийся вокруг воображаемой оси  $Ox$ . *А* – точка опоры фигуриста о лед.

$P$  – вес фигуриста, сила которого приложена в общем центре его тяжести. Эпюрами изображены силы инерции, действующие на фигуриста во время его вращения вокруг оси  $Ox$ .

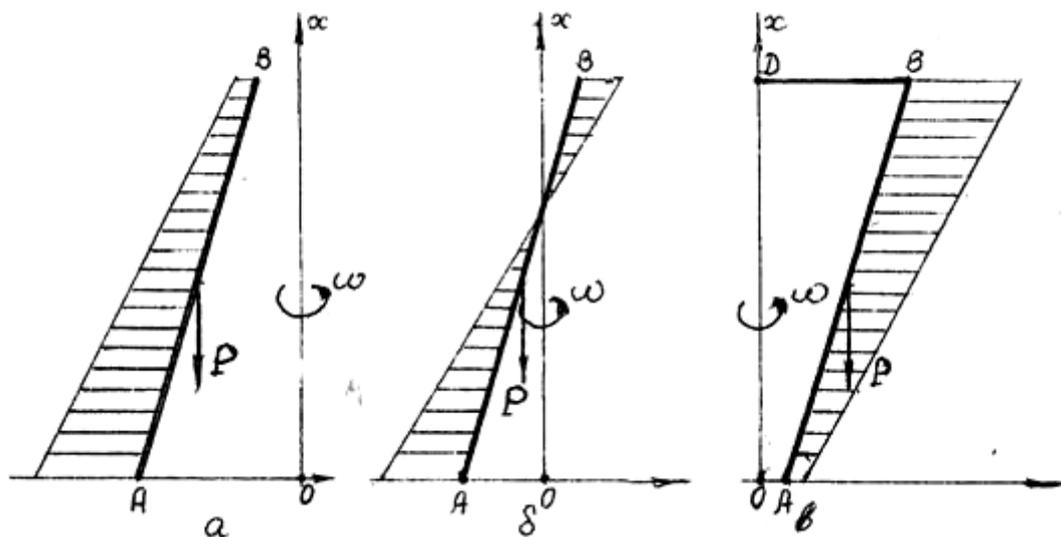


Рис. 1.

На рис. 1 *а* движение стержня вокруг оси  $Ox$  равновесное, так как сила веса  $P$  фигуриста и силы его инерции создают относительно точки  $A$ , его опоры, уравновешивающиеся моменты. Положение фигуриста устойчивое.

На рис. 1 *б* удержать движение стержня  $AB$  вокруг оси  $Ox$  может только тяга  $ВД$ , если материализовать ось вращения  $Ox$ , так как сила веса  $P$  фигуриста и его силы инерции действуют в одну сторону и стремятся “уложить” стержень на поверхность его опоры. Следовательно, существует неустойчивое положение стержня  $AB$ . Расчетами показано, что устойчивость обеспечивается пока воображаемая ось  $Ox$  вращения отсекает от точки  $B$  стержня часть его длины не превосходящую  $1/3$  общей длины. Иначе стержень должен упасть на поверхность точки опоры. Очевидно, что основной способ создания начального вращения при исполнении прыжка “Сальхов” ограничен возможностями увеличения его многооборотности. При исполнении прыжка “Сальхов” мастерами высочайшего класса можно наблюдать его срыв. Другим удастся без срыва исполнять этот прыжок в 4 оборота. Если внимательно присмотреться, то в последнем случае можно обнаружить, что начальное вращение создается вспомогательным способом – способом закручивания тела.

Без механико-математического, пусть даже почти примитивного моделирования, установить причину срыва прыжка “Сальхов” только с помощью наблюдений принципиально невозможно, так как ось вращения  $Ox$  воображаемая. Наблюдать эту ось и силы инерции невозможно. АМ позволяют ответить и на вопрос, почему срыв исполнения прыжка “Сальхов” не сопровождается, как правило, падением фигуриста.

#### Вывод

Построение приближенной теории исполнения основных физических упражнений в отдельных видах спорта позволяет научно обоснованно определять резервы и пути совершенствования спортивного мастерства. Построение приближенной теории доступно одному человеку и является неизбежным этапом построения фундаментальной теории.

### **Теоретические и прикладные проблемы разработки психолого-педагогического сопровождения развития одаренных студентов в высшей технической школе**

к.псих.н., проф. Баграмянц М.Л., к.фил.н., проф. Баграмянц Н.Л.  
МГТУ «МАМИ», УРАО

В контексте провозглашенной ориентации новой высшей технической школы на вариативное и развивающее образование необходимость специальной работы с одаренными студентами становится очевидной. Ее целесообразность не в последнюю очередь продиктована