

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНИРОВКИ СПОРТСМЕНОВ

Г. Г. Малецкий, курсант
E-mail: germanbk67@gmail.com
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

И. Ю. Серенкова, старший преподаватель, МС РФ
E-mail: serenkova-irina@mail.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Авторы данного исследования собираются предложить будущим педагогам и тренерам использовать методы математического моделирования для составления индивидуальных тренировок спортсменов, чтобы достигать максимальных результатов на соревнованиях, а также произвести вывод формулы прыжка в высоту с места.

Ключевые слова: тренировка, эффективный подход, энергетические ресурсы, физические качества, формула, прыжок.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время человек постепенно приближается к максимуму своих физических способностей. В. Д. Фискалов отмечал, что успешность выступления спортсмена на соревнованиях зависит от совокупности нескольких составляющих:

- от тренера (его профессионализма);
- от настроения самого спортсмена (его мотивации на успех);
- от интенсивности тренировочного процесса [1].

Авторы данного исследования предложили инновационный подход к организации персонализированного тренировочного процесса, основанного на индивидуальных возможностях спортсмена. Данное исследование позволит не только сочетать групповые и индивидуальные занятия, но также эффективнее использовать имеющийся потенциал спортсмена для достижения более высоких результатов.

Рассмотрим предложенный подход на примере тренировочного процесса баскетболистов, что обусловлено имеющимся на площадке распределением ролей. Так, в команде представлены: разыгрывающий защитник (первый номер), атакующий защитник (второй номер), легкий форвард (третий номер), тяжелый форвард (четвертый номер), центровый (пятый номер). Каждый из игроков имеет примерно равные физические кондиции. Однако для центрального игрока приоритетными для развития являются икроножные мышцы, мышцы бедер и ягодиц, коленные суставы и голеностопы, что обуславливает высоту прыжка, необходимую для более точного приема мяча. В свою очередь, приоритетная цель атакующего защитника – забросить мяч в кольцо, для этого ему прежде всего необходимы развитые мышцы бицепсов и трицепсов рук, а также трапеции, дельтовидные мышцы, грудные мышцы и длинные сгибатели и разгибатели руки [2].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования мы рассматривали игроков баскетбольной команды.

Цели исследования: определить оптимальное распределение нагрузки во время тренировки и вывести формулу для расчета прыжка в высоту с места для баскетболистов.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть роль каждого игрока сборной по баскетболу.
2. Проанализировать упущенные возможности игроков.
3. Основываясь на курсе механики, вывести формулу, оценивающую высоту прыжка с учетом индивидуальных возможностей спортсмена.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве метода исследования нами применялось математическое моделирование.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе анализа индивидуальных особенностей развития физических качеств была выведена наиболее эффективная модель для определения индивидуальных способностей спортсменов.

Из курса механики нам известно, что совершенная работа равна произведению силы на ее перемещение [3], но в нашем случае формулу можно записать в следующем виде:

$$A = \langle F \rangle \cdot S, \quad (1)$$

где A – количество проделанной работы спортсменом; $\langle F \rangle$ – средняя сила, которую задействовал спортсмен во время тренировки; S – расстояние, на протяжении которого спортсмен использовал $\langle F \rangle$.

Расстояние (S) можно выразить по формуле:

$$S = \langle v \rangle \cdot t, \quad (2)$$

где $\langle v \rangle$ – средняя скорость использования спортсменом $\langle F \rangle$; t – время тренировки.

Таким образом, подставив формулу (2) в (1), получим:

$$A = \langle F \rangle \cdot \langle v \rangle \cdot t. \quad (3)$$

Данной формулой мы будем пользоваться далее, чтобы понять, как следует распределить нагрузку игрока в баскетбол для наиболее эффективного вклада в игру.

У разыгрывающего защитника преобладающими качествами являются скорость и способность быстро и неожиданно для противника совершить передачу мяча. Исходя из формулы (3), для повышения этих качеств в ходе тренировки им следует увеличить среднюю силу для эффективного броска мяча, а также скорость для совершения быстрых действий. Причем можно уменьшить для этого время выполнения упражнений для того, чтобы максимально сохранить энергетические ресурсы спортсмена и направить их на развитие необходимых качеств для своей роли.

У атакующего защитника преобладающими качествами являются быстрота, ловкость и высота прыжка. Для этого в ходе его тренировки следует сделать акцент на средней силе и средней скорости для увеличения высоты прыжка и быстроты спортсмена, при этом можно уменьшить время тренировки.

У легкого форварда цели в игре примерно схожи с целями атакующего защитника, поэтому у третьего номера в приоритете также должна преобладать средняя скорость и средняя сила, а время тренировки можно, в свою очередь, сократить.

У тяжелого форварда в приоритете физическая сила и выносливость, поэтому для экономии энергетических ресурсов следует больше внимания уделять средней силе, которую спортсмен задействует во время тренировки, и времени.

У центровых игроков преобладающими качествами являются: физическая сила и выносливость. Для их улучшения в ходе тренировки следует увеличить среднюю силу и время

занятия, причем можно сократить для этого среднюю скорость выполнения упражнений для того, чтобы максимально сохранить энергетические ресурсы спортсмена и направить их на развитие необходимых качеств для своей роли.

Высокий прыжок – залог успешного попадания в корзину баскетбольного мяча. Для вывода формулы расчета этого параметра, без учета сопротивления воздуха, вновь обратимся к курсу механики, а именно к формуле, выражающей высоту горизонтального броска тела [3]:

$$H_{max} = v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t_{max}^2}{2}, \quad (4)$$

где H_{max} – максимальная высота прыжка; v_0 – начальная скорость прыжка; g – ускорение свободного падения; t_{max} – момент времени, когда стопы спортсмена находятся на максимальной высоте.

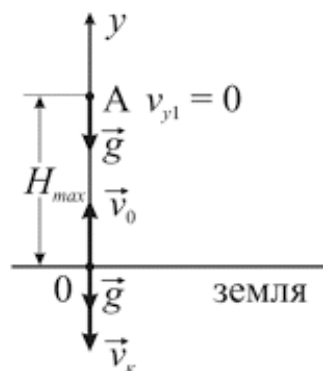


Рисунок 1 – Иллюстрация прыжка на оси ординат [4]

На рисунке 1 представлена упрощенная схема прыжка спортсмена. Таким образом, высотой прыжка мы будем считать расстояние от нулевой точки «0» (стопы спортсмена на земле) до точки А (максимальная высота стоп).

Выразим скорость прыжка в момент времени t_{max} :

$$v_{y1} = v_0 - g \cdot t_{max}, \quad (5)$$

где v_{y1} – скорость спортсмена, которая равна нулю (так как мы рассматриваем наивысшую точку прыжка). Тогда выразим время из формулы (5):

$$t_{max} = \frac{v_0}{g}. \quad (6)$$

Подставим формулу (6) в формулу (4) и упростим:

$$H_{max} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2 \cdot g}{2g^2} = \frac{v_0^2}{2g}. \quad (7)$$

Таким образом, мы получили формулу зависимости высоты прыжка от квадрата начальной скорости. Получается, что при увеличении начальной скорости прыжка в полтора раза высота прыжка увеличивается более чем в два раза.

Теперь попробуем вывести формулу зависимости начальной скорости прыжка (v_0) от глубины приседа и силы, которую прилагает спортсмен для выпрыгивания. Рассмотрим момент, когда баскетболист еще не оторвал ступни от пола, а только собирается выпрыгнуть (рисунок 2).

Тогда формула глубины приседа будет иметь следующий вид:

$$H_{пр} = \frac{a \cdot t_{пр}^2}{2}, \quad (8)$$

где $H_{пр}$ – глубина приседа (за глубину приседа будем считать разницу между прямыми ногами и согнутыми); a – ускорение, с которым спортсмен выпрыгивает (создано за счет собственных усилий спортсмена); $t_{пр}$ – время, за которое спортсмен выпрыгивает (когда он отрывает ступни, оно очень мало).

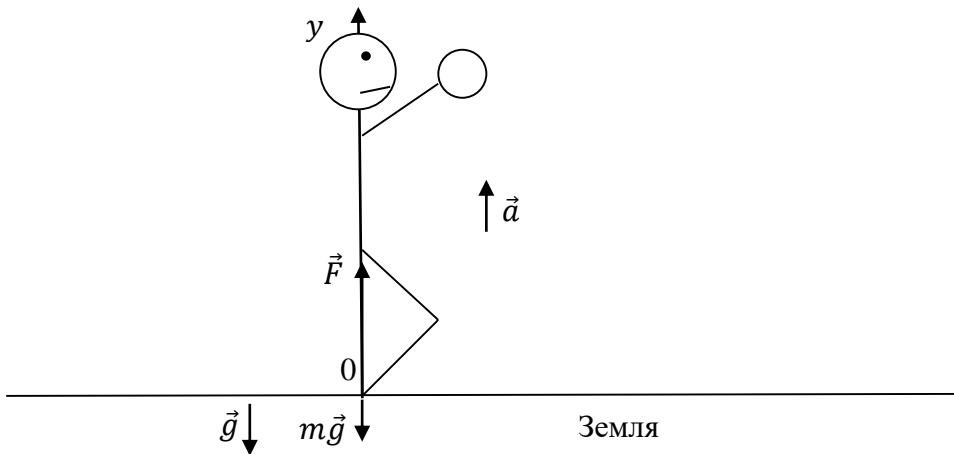


Рисунок 2 – Иллюстрация баскетболиста в приседе (для удобства все векторные силы смещены к точке отсчета)

Выразим из формулы (8) время выпрыгивания:

$$t_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{2H_{\text{пр}}}{a}}. \quad (9)$$

Теперь воспользуемся вторым законом Ньютона и запишем уравнение для нашего случая:

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F} + m \cdot \vec{g},$$

где \vec{F} – вектор силы, численно равный усилиям, которые прилагает спортсмен для прыжка; m – масса спортсмена.

Спроецируем силы на ось ординат:

$$m \cdot a = F - m \cdot g.$$

Выразим из этой формулы ускорение:

$$a = \frac{F - m \cdot g}{m}. \quad (10)$$

Теперь подставим формулу (10) в формулу (9):

$$t_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{2H_{\text{пр}} \cdot m}{F - m \cdot g}}. \quad (11)$$

Начальную скорость прыжка можно выразить по формуле:

$$v_0 = a \cdot t_{\text{пр}}. \quad (12)$$

Подставим в формулу (12) значение времени выпрыгивания, полученное в формуле (11), и значение ускорения, полученное в формуле (10):

$$v_0 = \frac{F - m \cdot g}{m} \cdot \sqrt{\frac{2H_{\text{пр}} \cdot m}{F - m \cdot g}} = \sqrt{\frac{2H_{\text{пр}} \cdot (F - m \cdot g)}{m}}. \quad (13)$$

Получили формулу зависимости начальной скорости от глубины приседа, силы, прикладываемой спортсменом для прыжка, и его массой. Теперь подставим формулу (13) в формулу (7):

$$H_{\text{max}} = \frac{2H_{\text{пр}} \cdot (F - m \cdot g)}{2m \cdot g} = \frac{H_{\text{пр}} \cdot (F - m \cdot g)}{m \cdot g}. \quad (14)$$

Данная формула выражает максимальную высоту прыжка в зависимости от глубины приседа спортсмена, его массы и усилий, которые он прилагает, чтобы выпрыгнуть. С помощью данной формулы можно легко определить, например, силу, зная параметры глубины приседа и высоты прыжка, которые можно измерить с помощью обычной рулетки, а массу баскетболиста можно измерить с помощью весов. Или наоборот, узнать максимальную высоту

прыжка, зная усилия, прилагаемые для прыжка, глубину приседа и массу спортсмена. Примеры использования формулы на практических вычислениях, а также сравнение с другой похожей работой приведены далее.

Рекорд Кеона Джонсона по самому высокому прыжку в баскетболе. Его высота составила 121,96 см [6]. На рисунке 3, слева, его состояние в приседе, а на фото справа максимальная высота прыжка.

Согласно данным интернет-ресурсов, рост Кеона Джонсона составляет 196 см, а масса 84 кг [7].



Рисунок 3 – Прыжок Кеона Джонсона [5]

Из теоретических расчетов, путем составления пропорции отношения длины Кеона Джонсона на видео к его реальному росту, а также глубины его приседа на видео получили, что $H_{\text{пр}}$ численно равна:

$$H_{\text{пр}} = \frac{1,5 \cdot 196}{8,5} \approx 34,59 \text{ см.}$$

Теперь, используя формулу (14), найдем, какие усилия он прилагал для этого прыжка. Для этого выразим силу из этой формулы, и подставив численные значения в системе измерения СИ, найдем ее значение:

$$F = \frac{m \cdot g \cdot H_{\text{max}}}{H_{\text{пр}}} + m \cdot g = \frac{84 \cdot 9,81 \cdot 1,2196}{0,3459} + 84 \cdot 9,81 \approx 3729,5 \text{ Н.}$$

Таким образом, теоретическими расчетами получили, что сила, которую Кеон Джонсон развивает в прыжке, эквивалентна примерно 380,17 кг.

Можно также сделать вывод, что если бы Кеон Джонсон увеличил бы глубину своего приседа на 0,02 м при тех же усилиях, он прыгнул бы выше на:

$$H = \frac{0,02 \cdot (3729,5 - 84 \cdot 9,81)}{84 \cdot 9,81} \approx 0,0705 \text{ м.}$$

Далее обратимся к работе [8], в которой автор получил с помощью закона сохранения энергии, что ускорение, развиваемое спортсменом во время выпрыгивания, определяется по формуле:

$$a_1 = g \cdot \left(\frac{h}{S} + 1 \right), \quad (15)$$

где h – высота прыжка; S – глубина приседа.

А сила, с которой спортсмен выпрыгивает, исходя из домыслов автора, определяется по формуле:

$$F = m \cdot a. \quad (16)$$

Подставив формулу (15) в формулу (16), получим, что сила равна:

$$F = m \cdot \left(g \cdot \left(\frac{h}{S} + 1 \right) \right). \quad (17)$$

Используя формулу (17), найдем силу, с которой выпрыгивал Кеон Джонсон:

$$F = 84 \cdot \left(9,81 \cdot \left(\frac{1,2196}{0,3459} + 1 \right) \right) = 3729,5 \text{ Н.}$$

Получаем то же самое значение, что и выше. Выходит, что авторы научного исследования и автор работы, получили две разные формулы разными путями, но силы в обоих случаях одинаковые, значит, данные формулы для оценивания высоты прыжка верны, и их можно смело применять на практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данного научного исследования была определена нагрузка, при которой энергетические ресурсы баскетболистов будут направлены на развитие качеств, присущих их роли, при сохранении энергетических ресурсов.

Осуществлен вывод формулы для оценивания высоты прыжка, зависящей от параметров глубины приседа, массы спортсмена и его усилий, прилагаемых для прыжка.

Авторы данного исследования предполагают, что в перспективе дальнейших исследований будут разработаны программы индивидуальных занятий для спортсменов каждой роли, а выведенные формулы будут использоваться для достижения максимальных результатов на соревнованиях.

Таким образом, цель исследования достигнута, все поставленные задачи решены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как развить технику прыжка [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.redbull.com/ru-ru/how-to-improve-jump-technique> (дата обращения: 30.04.2024).
2. Какие мышцы используются при броске мяча в баскетболе ? [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.411answers.com/a/kakie-myshcy-ispolzuyutsya-pri-broske-v-basketbol.html> (дата обращения: 30.04.2024).
3. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – Изд. 11-е, стер. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
4. Иллюстрация прыжка вертикально вверх [Электронный ресурс]. – URL: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSaT7_MjOp1C3dRv3czdtXgRLI68aVoR-dtA&s (дата обращения: 30.04.2024).
5. Прыжок Кеона Джонсона [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=pmkVnfs1uJA> (дата обращения: 30.04.2024).
6. Самый высокий прыжок в баскетболе [Электронный ресурс]. – URL: <https://betnbet.ru/blog/max-vertical-leap-jump> (дата обращения: 30.04.2024).
7. Характеристики Кеона Джонсона [Электронный ресурс]. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Keon_Johnson_\(basketball,_born_2002\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Keon_Johnson_(basketball,_born_2002)) (дата обращения: 30.04.2024).
8. Простейшая физическая теория прыжка: интернет-работа [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.slamdunk.ru/forums/topic/5618650-prosteyshaya-fizicheskaya-teoriya-pryzhka/> (дата обращения: 30.04.2024).

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING METHODS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF ATHLETES TRAINING

G. G. Maletsky

E-mail: germanbk67@gmail.com
Kaliningrad State Technical University

I. Y. Serenkova

E-mail: serenkova-irina@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

The authors of this mileage study suggest that future teachers and coaches use mathematical modeling methods to design individual training for athletes to achieve maximum results in competitions, and also provide formulas for standing high jumps.

Key words: training, effective approach, energy resources, physical qualities, formula, jump.