

Краевой конкурс учебно-исследовательских и проектных работ учащихся  
«Прикладные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

**Техника точного баскетбольного броска и факторы,  
влияющие на его успешность**

Бурлаков Кирилл,  
МОУ «Лицей №1» г. Перми, 11 кл.  
Герцен Татьяна Анатольевна,  
к. х. н., доцент ПНИПУ

ЦЕЛЬ: исследовать технику баскетбольного броска в кольцо, расчет оптимальных параметров, применение на практике.

Порядок действий:

Найти все способы броска в корзину

- 1) Выделить стадии броска
- 2) Найти факторы, влияющие на его успешность
- 3) Практический эксперимент
- 4) Проверка теоритических данных на практике
- 5) Разработка упражнений направленных на улучшения качества техники

Актуальность:

Проблема исследования заключается в том, что не существует эффективного и надёжного способа определения точек прицеливания и выбора оптимальных параметров траектории полёта мяча в зависимости от координат расположения игрока на площадке при броске, а также методики обучения. А предложенные границы областей площадки для выполнения бросков прямо в кольцо и с отражением недостаточно изучены, не обоснованы и требуют корректировки. Так же, точное применение на практике вычисленных значений параметров практически невозможно, я постарался найти ориентиры, системы упражнений и другие приемы, чтобы максимально приблизить в оптимальному варианту.

## ВВЕДЕНИЕ

Баскетбол (англ. basket — корзина, ball — мяч) — спортивная командная игра с мячом. В баскетбол играют две команды, каждая из которых состоит из пяти игроков. Цель каждой команды — забросить руками мяч в кольцо с сеткой (корзину) соперника и помешать другой команде овладеть мячом и забросить его в свою корзину.[1] Корзина (кольцо с сеткой) находится на высоте 3,05 метра от пола (10 футов). От каждой команды на площадке находится по 5 человек, всего в команде 12 человек, замены не ограничены. За мяч, заброшенный с ближней и средней дистанции, засчитывается 2 очка, с дальней (из-за трехочковой линии) — 3 очка. Штрафной бросок оценивается в одно очко. Стандартный размер баскетбольной площадки 28 метров в длину и 15 метров в ширину. Баскетбол один из самых популярных видов спорта в мире[2].

### Правила игры.

Изначально правила игры в баскетбол были сформулированы американцем Джеймсом Нейсмитом и состояли лишь из 13 пунктов. С течением времени баскетбол изменялся, изменений потребовали и правила. Первые международные правила игры были приняты в 1932 году на первом конгрессе ФИБА, после этого они многократно корректировались и изменялись, последние значительные изменения были внесены в 1998 и 2004 годах. С 2004 года правила игры остаются неизменными. Правила игры несколько отличаются в НБА и чемпионатах, проводимых под эгидой ФИБА (чемпионаты мира, олимпийские игры, чемпионаты континентов, международные и национальные первенства европейских клубов)

В баскетбол играют две команды, обычно по двенадцать человек, от каждой из которых на площадке одновременно присутствует пять игроков. Цель каждой команды в баскетболе — забросить мяч в корзину соперника и помешать другой команде овладеть мячом и забросить его в корзину своей команды. Мячом играют только руками. Бежать с мячом, не ударяя им в пол, преднамеренно бить по нему ногой, блокировать любой частью ноги или бить по нему кулаком является нарушением. Случайное же соприкосновение или касание мяча стопой или ногой не является нарушением. Победителем в баскетболе становится команда, которая по окончании игрового времени набрала большее количество очков. При равном счёте по окончании основного времени матча назначается овертайм (обычно пять минут дополнительного времени), в случае, если и по его окончании счёт будет равен, назначается второй, третий овертайм и т. д., до тех пор, пока не будет выявлен победитель матча.

За одно попадание мяча в кольцо может быть засчитано разное количество очков:

1 очко — бросок со штрафной линии

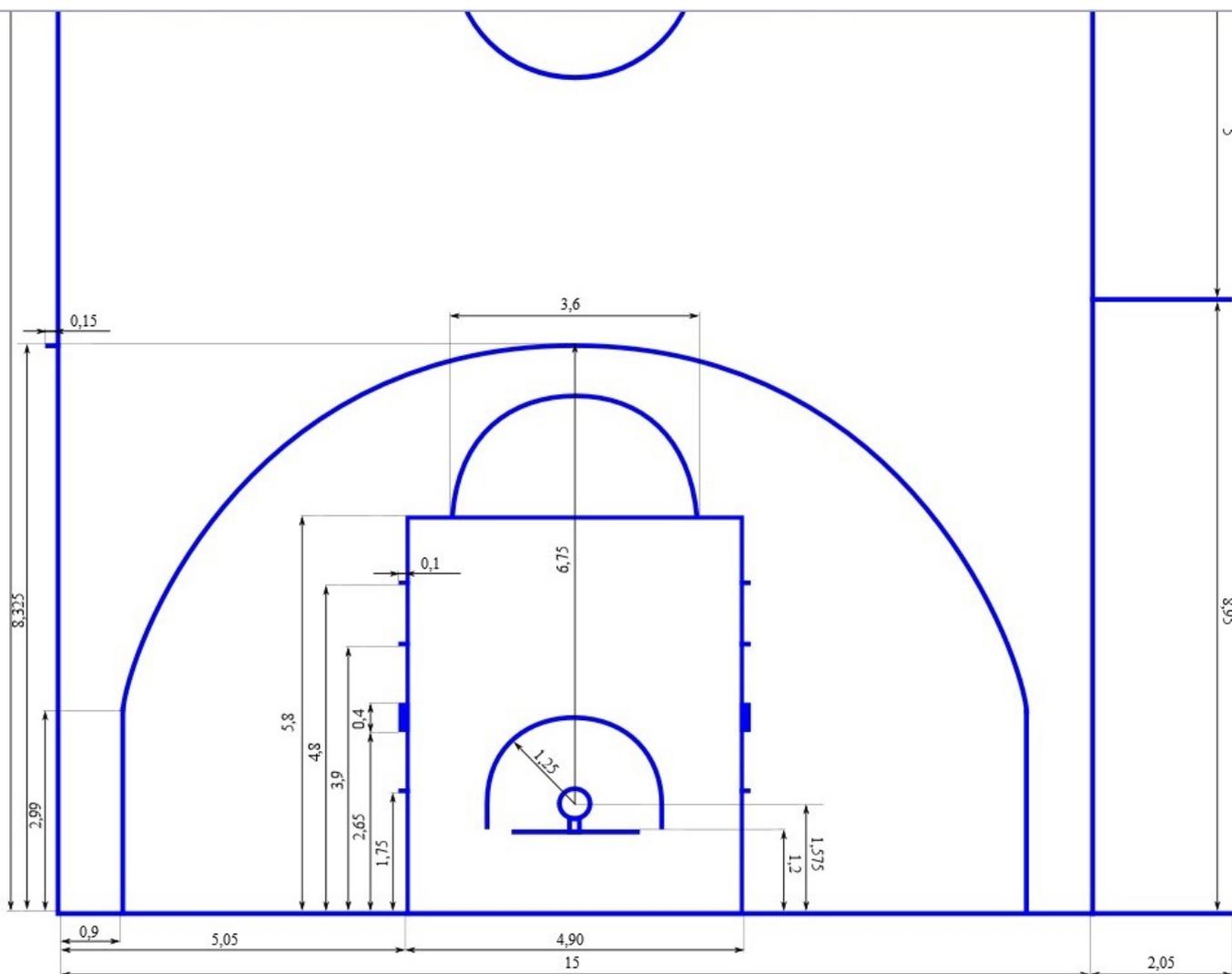
2 очка — бросок со средней или близкой дистанции (ближе трёхочковой линии)

3 очка — бросок из-за трёхочковой линии на расстоянии 6м 75см (7м 24см в Национальной баскетбольной ассоциации)

Игра официально начинается спорным броском в центральном круге, когда мяч правильно отбит одним из спорящих. Матч состоит из четырёх периодов по

десять минут (двенадцать минут в Национальной баскетбольной ассоциации) с перерывами по две минуты. Продолжительность перерыва между второй и третьей четвертями игры — пятнадцать минут. После большого перерыва команды должны поменяться корзинами.

Игра может идти на открытой площадке и в зале высотой не менее 7 м. Размер поля — 28x15 м. Щит размером 180x105 см от стойки. От нижнего края щита до пола или грунта должно быть 275 см. Корзина представляет собой металлическое кольцо, обтянутое сеткой без дна. Она крепится на расстоянии 0,31 м от нижнего обреза щита. Установленная стандартами FIBA для мужских соревнований окружность мяча — 74,9—78 см, масса — 567—650 г (для женских соответственно 72,4—73,7 см и 510—567 г).



Являясь игроком юношеской баскетбольной команды, я заинтересован в совершенствовании навыков этого спорта. Броски в корзину - важнейший элемент в баскетболе. Чтобы выиграть матч, команда должна превзойти противника в счете, а это достигается посредством более точных бросков. Все остальные приемы игры служат созданию условий для овладения корзиной. Чтобы приносить пользу команде, каждый игрок должен уметь метко поражать корзину. Я рассмотрел упрощенную модель: пренебрегаем сопротивлением воздуха, броски без

отклонения, без зависания в воздухе, расчет только по оси  $x$  у.

Перед тем как заняться исследованием, я провел практический эксперимент: суть заключалась в том чтобы я выполнил 20 штрафных бросков, без ограничения по времени, без воздействия на психику, спокойно выполняя каждый бросок. Я бросал в течении недели и получилось в среднем 15 попаданий  $\pm 1$ .

Я работал над такими параметрами как траектория броска, начальный угол вылета мяча, сообщенная мячу начальная скорость, вращение мяча. И над некоторыми психологическими мелочами.

Вот что у меня получилось.

Стадии броска

В общей структуре конкретного способа броска в корзину выделяют три фазы: подготовительную, основную и завершающую. Если в подготовительные движения игрок может внести некоторые изменения в зависимости от внешних факторов без заметного ущерба для точности приема, то основные движения должны отличаться стабильностью и рациональной вариативностью в пределах решения конкретных задач, обусловленных установкой на бросок.

Точный бросок по корзине основан на технике выполнения одного из шести основных бросков:

- 1) двумя руками снизу;
- 2) двумя руками с места;
- 3) одной рукой снизу;
- 4) одной рукой с места;
- 5) бросок в прыжке;
- 6) бросок крюком.

И хотя некоторая интерпретация необходима для выполнения бросков с различных расстояний и условий, вышеперечисленные броски являются основой для любого броска по корзине.

Классификация бросков по корзине будет выглядеть следующим образом:

- 1) броски одной рукой, броски двумя руками;
- 2) броски от груди, сверху, снизу, сверху вниз, добивание;
- 3) бросок с вращением мяча, с отскоком от щита, без отскока от щита;
- 4) по характеру передвижения игрока по площадке – в движении, в прыжке, с места;
- 5) по расстоянию – ближние, средние, дальние;
- 6) по направлению к щиту – прямо перед щитом, параллельно к щиту, под углом к щиту.

В цель с наименьшей начальной скоростью. Необходимо с поверхности бросающего попасть мячом в цель которая расположена на высоте  $L$  и на расстоянии  $s$  по горизонтали. При какой наименьшей начальной скорости мяча это

возможно? Сопротивлением воздуха пренебречь.

На первый взгляд кажется, что начальная скорость камня будет наименьшей, если верхняя точка его траектории совпадает с мишенью.

Может быть, и вам так показалось? Иллюзия эта столько сильна, что подобное решение аналогичной задачи можно встретить в некоторых солидных пособиях по решению физических задач. Однако, даже не решая задачи, легко убедиться, что это не так. Действительно, будем мысленно уменьшать высоту, на которой расположена цель. При этом точка, куда попадает мяч продолжает согласно предположению оставаться верхней точкой траектории в том числе и в предельном случае  $H=0$ . Но совершенно очевидно, что для того чтобы попасть в цель, находящуюся на земле, достаточно просто добросить камень до цели. Итак, предположение о том, что цель совпадает с высшей точкой траектории полета камня, неверно.

Ошибочность этого предположения становится еще более очевидной, если заметить, что требуемая при этом начальная скорость должна возрастать по мере того, как  $h \rightarrow 0$ .

Приведенный анализ представляет собой пример проверки решения задачи предельным переходом к более простому случаю, когда ответ либо очевиден, либо может быть легко найден.

Из приведенного качественного анализа можно сделать заключение, что цель всегда должна находиться на нисходящей ветви траектории. Еще раз напомним, что мы ищем траекторию с минимальной начальной скоростью.

Приступим к решению задачи.

Пусть мяч брошен под углом  $\alpha$  к горизонту и попал в цель. Его перемещения по горизонтали  $s$  и по вертикали  $h$  могут быть записаны следующим образом:

$$S = v_0 t \cos \alpha$$

$$H = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

Поскольку время полета мяча  $t$  нас не интересует, исключим его из этих уравнений. Выражая  $t$  из первого уравнения и подставляя во второе, получаем

$$H = s \operatorname{tg} \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Это уравнение содержит две неизвестные величины  $v$  и  $\alpha$  и имеет поэтому бесчисленное множество решений, что соответствует возможности попасть в цель бесконечным числом способов. Из этих решений нам нужно выбрать то, которое соответствует минимальному значению  $v$ .

Прямой путь решения этой задачи состоит в нахождении  $v$  как функции от  $\alpha$  из уравнения (1) и исследовании этой функции на экстремум, что требует, однако, применения высшей математики. Поэтому поступим иначе. Решим уравнение относительно  $\alpha$ . Используя известное соотношение  $1/\cos^2(\alpha) = 1 + \operatorname{tg}^2(\alpha)$ , замечаем, что из (1) получается квадратное уравнение относительно  $\operatorname{tg}(\alpha)$ :

$$gs^2 \operatorname{tg}^2 \alpha - 2v_0^2 s \operatorname{tg} \alpha + gs^2 + 2v_0^2 H = 0$$

Решив его, получим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{g} s \left( v_0^2 \pm \sqrt{v_0^4 - g (gs^2 + 2v_0^2 H)} \right)$$

Казалось бы, ничего хорошего не получается — громоздко? выражение. А на самом деле мы в двух шагах до ответа на вопрос задачи. Действительно, для  $\operatorname{tg} \alpha$  физический смысл имеют только вещественные решения, и поэтому дискриминант должен быть неотрицательным:

$$v_0^4 - 2gHv_0^2 - g^2 s^2 \geq 0$$

Легко убедиться, что минимальное значение  $v^2$ , при котором это соотношение справедливо, соответствует случаю равенства; таким образом,

$$v_{\min} = \sqrt{g \left( H + \sqrt{H^2 + s^2} \right)}$$

Подставив  $s=4,225\text{м}$ , равное дальности штрафного,  $h=H-R$  где  $H$  высота баскетбольного кольца( $3,05\text{м}$ ) и  $R$  начальное положение мяча относительно пола( $1,85$ ) я получил  $V_{\min}=7,4\text{м/с}$ .

Для трехочкового броска  $V_{\min}=8,9\text{м/с}$ .

А вот для чего еще нужна минимальная скорость вылета мяча: за матч баскетболист совершает около 20 бросков с дистанции(дальняя или ближняя), и чтобы хорошо сыграть в матче нужно четко распределится свои силы, то есть не предпринимать лишних усилий. Так же, чтобы довести до автоматизма свой бросок нужно выполнять его десятки тысяч раз и поэтому нужно сделать так чтобы игрок мог затрачивать минимальное количество усилий.

Но есть еще одна проблема – защитник. Чтобы обыграть его, нужно перебросить мяч через его вытянутые вверх руки(избежать блокшота) и попасть в корзину. Высота траектории при разных видах бросков долго была предметом оживленных дискуссий. Получить ответ на этот вопрос помогает использование некоторых понятий тригонометрии и динамики. Если бы игрок обладал стопроцентной точностью, то высота траектории при броске определялась бы необходимостью послать мяч так, чтобы он прошел мимо поднятых рук защитника и не задел ближнего края кольца. Чем ближе располагался бы защитник к игроку с мячом, тем выше потребовалась бы траектория полета мяча при броске. В этом случае высота траектории была бы обратно пропорциональна расстоянию между защитником и игроком с мячом. Поскольку игроки со стопроцентной точностью бросков встречаются редко (если вообще встречаются), то для решения проблемы нужны некоторые расчеты. Диаметр корзины равен 45 см. Если мяч спускается в корзину строго сверху по центру, площадь корзины и ее диаметр находятся под прямым углом к линии полета мяча.

Если мяч брошен под углом  $60^\circ$  к плоскости корзины, то только 0,8661 части ее диаметра проецируется под прямым углом к линии полета мяча. Если бросок сделан под углом  $45^\circ$ , целью становится отрезок равный 0,7071 диаметра корзины. И, наконец, при броске под углом  $30^\circ$  поражаемый участок уменьшается до 0,5 диаметра корзины. Таким образом, если угол вылета уменьшается, то уменьшаются и шансы на то, что мяч попадет в корзину. Поэтому чем меньше угол вылета мяча, тем большей должна быть точность расчета усилий в направлении его полета. Все это свидетельствует о преимуществе высокой траектории.

С другой стороны, при более высокой траектории мяч проходит больший путь, двигаясь к корзине. Поэтому если игрок допускает ошибку в расчете усилий, прилагаемых к мячу, то эта ошибка будет увеличиваться пропорционально пройденному мячом пути. Наиболее приемлемый угол выброса мяча по расчетам

оказался угол в 60 градусов.

### Вращение мяча

Мяч обычно бросают с обратным вращением, которое позволяет удержать его на заданной траектории и добиться более мягкого отскока в случае неудачного броска. Кроме того, обратное вращение замедляет скорость полета мяча, при встрече с кольцом увеличиваются шансы на то, что он проскочит в корзину, а не отскочит наружу.

Скорость, с которой отскакивает мяч от кольца, зависит от коэффициента эластичности мяча, его массы и скорости полета. Кроме скорости полета, все остальные величины постоянны. Из этого следует, что для предупреждения быстрого отскока мяч надо бросать по возможности мягко, придавая ему минимальную скорость.

Эффект Магнуса — физическое явление, возникающее при обтекании вращающегося тела потоком жидкости или газа. Образуется сила, действующая на тело и направленная перпендикулярно направлению потока. Это является результатом совместного воздействия различных физических явлений, таких как эффект Бернулли и образование пограничного слоя в среде вокруг обтекаемого объекта.

Вращающийся объект создаёт в среде вокруг себя вихревое движение. С одной стороны объекта направление вихря совпадает с направлением обтекающего потока и, соответственно, скорость движения среды с этой стороны увеличивается. С другой стороны объекта направление вихря противоположно направлению движения потока и скорость движения среды уменьшается. Таким образом, возникает разность давлений, порождающая поперечную силу от той стороны вращающегося тела, на которой направление вращения и направление потока противоположны, к той стороне, на которой эти направления совпадают. Такое явление часто применяется в спорте.

#### Психологические детали

Еще одним ключевым фактором оказался психологический (куда и как вести прицеливание, чем можно заниматься перед тренировками, а чем нельзя, как себя настраивать). Я провел большое количество экспериментов, в течение месяца исследовал как и в какой мере они оказывают влияние на выполнение броска в корзину.

Бросая в кольцо баскетбольный мяч не многие задумываются куда именно нужно целиться, куда устремить свой взгляд. На тренировке я проводил мини опыты, тесты и смотрел как они влияют на процент попадания. Я выделил несколько различных способа выполнения броска:

1. Смотреть на переднюю душку кольца
2. На заднюю душку кольца
3. Смотреть в самый последний момент перед броском (не целиться).
4. Смотреть на щит

Бросал я по 100 раз каждым способом (штрафные броски) и вот что у меня получилось:

1. 70 из 100 попаданий

2. 76 из 100 попаданий
3. 59 из 100 попаданий
4. 51 из 100 попаданий

Чтобы достичь высокий процент попадания я использовал свою методику упражнений.

Набор различных упражнений которые я выполнял в процессе исследования:

- 1) Броски с максимально высокой траекторией (70-75 градусов)
- 2) Броски со штрафной линии с закрытыми глазами

Суть: не видя ничего, ты мысленно представляешь расположение кольца в пространстве, с какой начальной скоростью выбросить мяч, под каким углом, используя при этом мышечную память рук.

3) Снятие на пленку свою технику броска, не видя себя со стороны очень сложно заметить ошибки в технике броска.

4) Броски в кольцо мячами разных диаметров, разного веса, разного материала.

5) Имитирование движений рук как при броске, стоя напротив зеркала для автоматизации мышечной памяти.

6) Лежа на кровати подкидывание мяча к потолку, чтобы он слегка коснулся потолка, легонько шаркнув его.

7) Просмотр своих записанных точных попаданий.

Осмыслив все стадии исследования вот что получилось:

Начальный угол выброса мяча равен 60 градусам, начальная же скорость будет варьироваться в зависимости от дистанции(в работе есть алгоритм в паскале вычисляющий значение скорости), осуществляться бросок должен с максимальным вращением вокруг горизонтальной оси, верхняя часть параболы траектории должна находиться примерно выше кольца на 1,5 метра, прицеливание нужно вести на дальнюю душку кольца, мяч должен отскакивать после броска в случае промаха в радиусе двух метров при соблюдении этих параметров если происходит по другому то стоит подкорректировать начальные параметры броска. Собрав все данные и материалы, я измерил свою точность со штрафного из 20 выполненных бросков. Результаты оказались более чем успешными - теперь моя точность составляет 18 +-1.

Я заснял одну из серий штрафных бросков на видео камеру с учетом всех моих исследований, 20 чистых попаданий подряд, без всяких отскоков от щита.