

Краевой конкурс творческих работ учащихся
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики»

Математическое моделирование

Математическая модель удара боксёра

Сибирцев Степан Константинович,
Черных Роман Михайлович,

11 кл., МБОУ «Лицей №1» г. Перми,

Волегов Павел Сергеевич,

доцент ПНИПУ, к.ф.-м. н.

Пермь. 2012.

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Особенности ударных техник в различных видах спорта.....	5
Глава 2. Математическая модель удара боксёра.....	11
§1. Принципиальная схема удара.....	12
§2. Математическая постановка.....	16
§3. Результаты расчётов.....	18
Заключение.....	23
Список использованной литературы.....	24

Введение

В наше время очень много нахалов и бандитов, которые могут внезапно появиться в вашей жизни. И им нужно уметь давать отпор. Мы и наша модель в некоторой степени поможем вам решить некоторые ваши проблемы. И так, если рассматривать нашу модель с позиции обычного человека, то её можно использовать для получения теоретических и доступно-видимых неглубоких, но важных знаний о таком виде спорта как бокс. Кроме того, вы сможете позже применить их на практике.

Да и, пожалуй, не только незаинтересованным в спорте людям модель может помочь. Её также могут использовать тренеры и сами спортсмены.

Нашей главной целью будет являться разработка математической модели, которая будет рассчитывать силу удара различной степени подготовленности боксеров.

Задача: исследовать техники прямого и бокового удара боксера.

Гипотезы:

- 1) Масса перчатки снижает силу удара
- 2) Ударную поверхность, то есть часть тела, придётся брать за идеальную поверхность из-за сложного рельефа человеческого тела.
- 3) В ходе рассмотрения разных частей тела мы не можем принимать их за материальные точки, так как сила удара прямо пропорционально зависит от площади ударной и ударяемой поверхности.

Глава 1. Особенности ударных движений в различных видах спорта

Особенности ударной техники в кикбоксинге

Поскольку удары руками в кикбоксинге такие же, как и в боксе, мы рассмотрим только технику ударов ногами.

Бэк-кик (задний удар) — Этот удар чаще наносится с дальней от противника ноги и разворотом туловища. Вначале совершается разворот на опорной (ближней к противнику) ноге на 180° . При этом через плечо (правое при ударе с правой ноги) необходимо видеть цель. Далее ударная нога, разгибаясь в колене и усиливаясь толчком опорной ноги и движением таза в направлении цели, наносит удар пяткой. Движение похоже на удар лягающей лошади. Это очень мощный удар, применяемый для решения самых различных боевых задач на ринге. После контакта с целью может совершаться разворот стойки. С поворотом ноги на 180° может совершаться ударное движение в прыжке. Это очень красивый и быстрый удар. Удар может наноситься как в голову, так и в туловище противника далее, до 360° , с тем, чтобы занять положение боевой [1].



Рис.1 Принципиальная схема удара «Бэк-кик»

Лоу-кик — один из самых эффективных и эффективных ударов ног, который бьётся в бедро берцовой костью, либо под колено с внутренней или внешней стороны.

Раунд-кик (раундхаус-кик) (круговой удар) — Круговой удар разворотом обычно наносят в голову, что позволяет использовать силу сгибания ноги. Такое выполнение создает трудности в защите от этого удара, поскольку нога может обойти блокирующую руку [1].



Рис.2 Принципиальная схема удара «Раунд-кик»

Хил-кик — удар пяткой с разворота.



Рис.3 Принципиальная схема удара «Хил-кик»

Сайд-кик - боковой удар. Стопа должна двигаться к цели по прямой линии с ввинчивающимся движением. Независимо от используемой стойки в начале выноса ноги стопа бьющей ноги должна оказаться рядом с внутренней стороной колена опорной ноги. В момент контакта с телом соперника пальцы бьющей ноги должны быть обращены слегка вниз, а стопа

опорной ноги развернута примерно на 75 градусов назад-наружу по отношению к направлению удара.



Рис.4 Принципиальная схема удара «Сайд-кик»

Особенности ударов Тхэквандо (удары кулаком):

«ЧОН-ГВОН — удар согнутыми указательным и средним пальцами в верхнюю часть тела.

ЧОН-ГВОН ЧИРУГИ — удар кулаком вперед (во Всемирной Федерации Тхэквондо (WTF) — момтхонг чируги).

САН-ГВОН ЧИРУГИ — удар обоими кулаками одновременно.

ТЫЧИБО ЧИРУГИ — перевернутый удар кулаком.

СЕВО ЧИРУГИ — удар кулаком снизу вверх.

УМДЖИ — удар кулаком с выпирающим большим пальцем[2].

И, наконец, удары боксёра:

Кросс

Прямой удар правой в голову (кросс) применяется реже нежели прямой удар левой, однако за счёт больше амплитуды, относится к числу наиболее сильных ударов. Классическое выполнение прямого правой связано с полным переносом веса тела с правой ноги на левую ногу [3].

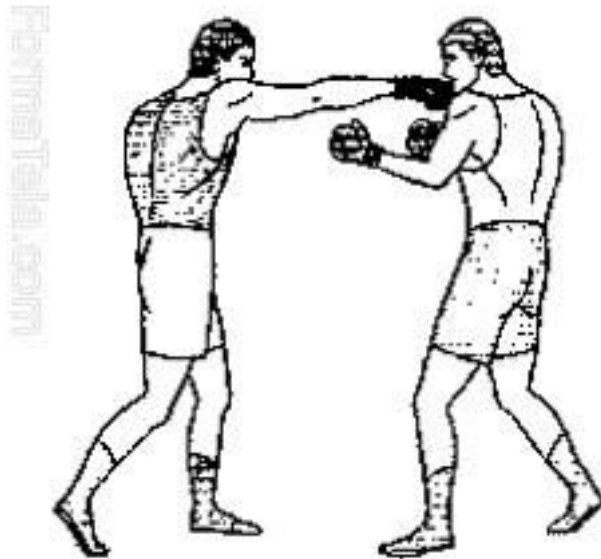


Рис.5 Принципиальная схема удара «Кросс»

Джеб

Один из основных видов ударов в боксе. В отечественных источниках часто используется название прямой левой (при этом подразумевается, что боксёр-правша находится в обычной левосторонней боксёрской стойке). Иногда джеб называют "встречный" удар (на опережение)[3].

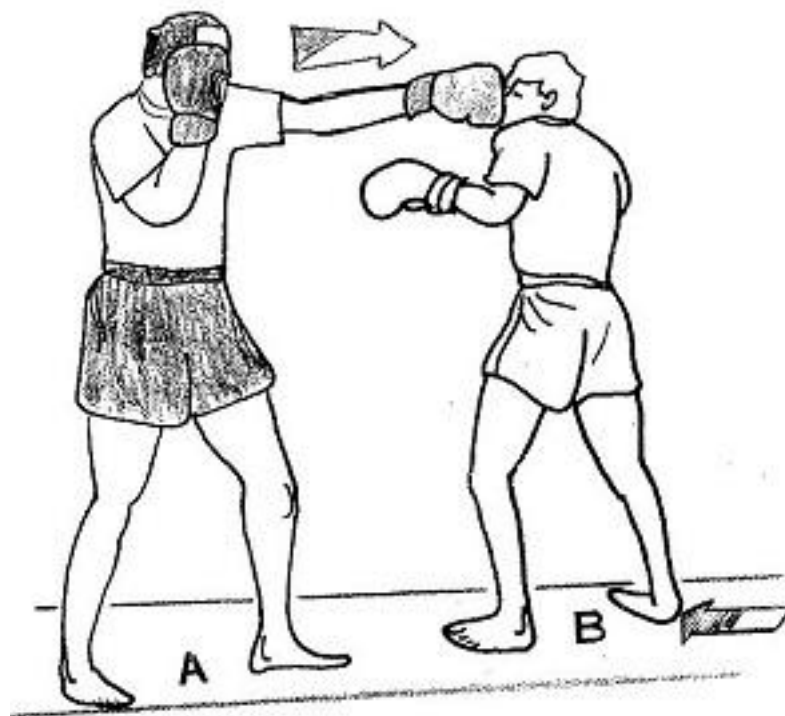


Рис.6 Принципиальная схема удара «Джеб»

Апперкот

Классический удар из традиционного бокса; наносится кулаком по внутренней траектории наотмашь, при этом кулак повернут на себя; используется в ближнем бою [3].

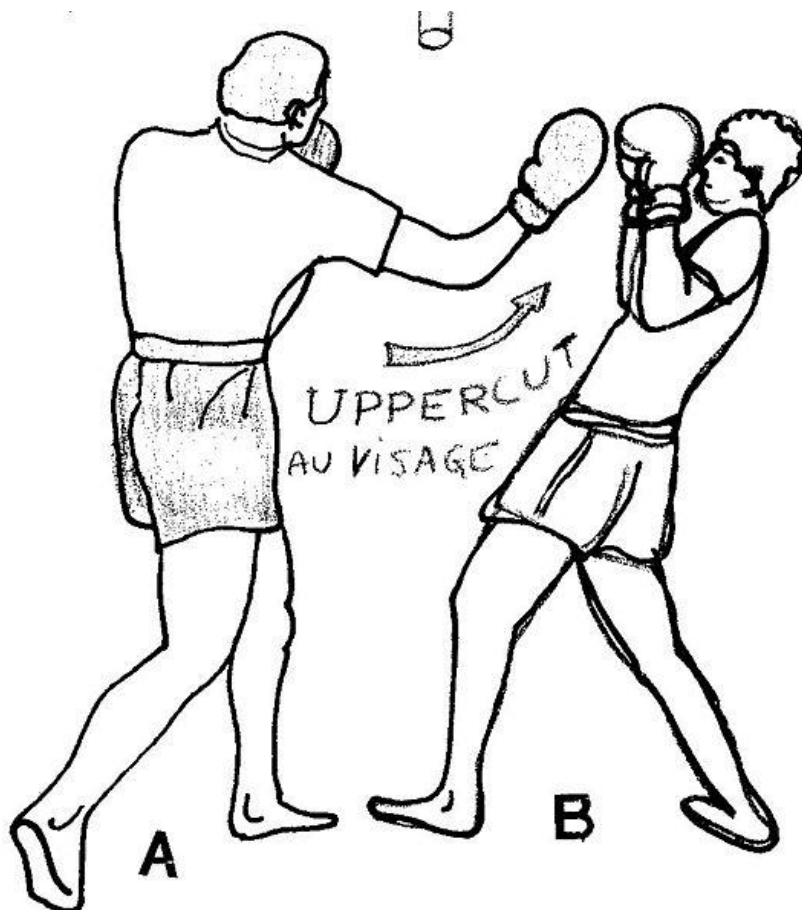


Рис.7 Принципиальная схема удара «Апперкот»

Хук

Классический фланговый удар из традиционного бокса. «Хук» в переводе с английского означает «крюк», что совпадает с традиционным русским названием этого удара. Однако в настоящее время чаще используется англоязычное название [3].

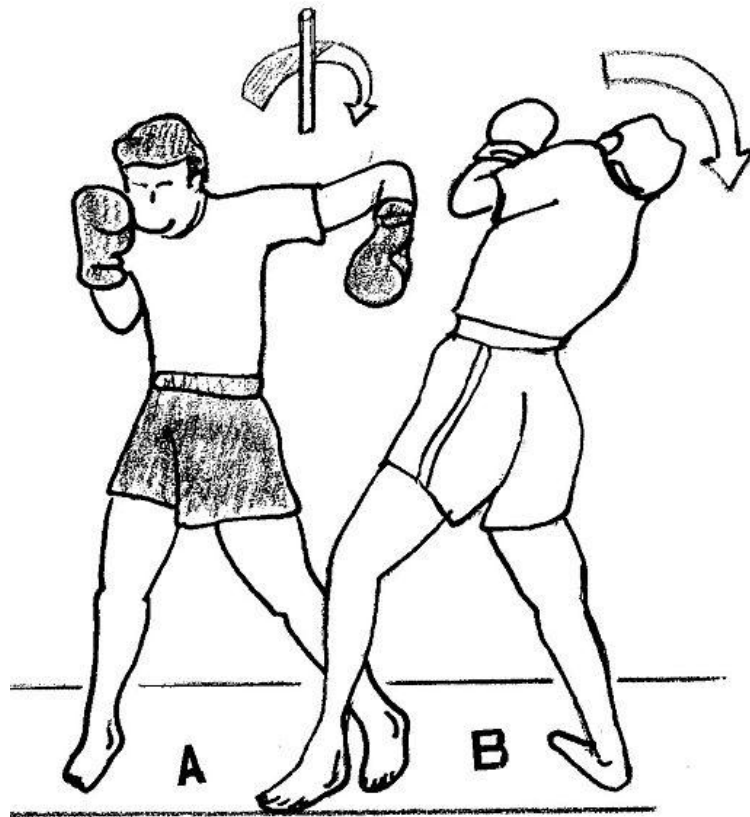


Рис.8 Принципиальная схема удара «Хук»

Глава 2. Математическая модель удара боксёра

§1. Принципиальная схема удара

В качестве модели бьющего человека берется система трех тел, летящих друг за другом и имеющих между собой упругую связь K_1 и K_2 . Первое тело массой m – это кисть с предплечьем (до локтевого сустава) или стопа с голенью. Второе тело массой m_1 – это плечо или бедро. Третье тело массой m_2 – это часть массы туловища, участвующая в ударе. В момент удара силой мышц человека создается жесткая упругая связь K_2 , благодаря которой медленная, но относительно большая масса m_2 поможет сначала разогнать до максимальных скоростей бьющую конечность, а затем и примет непосредственное участие в ударе, передавая свой импульс и энергию мишени.

Перчатки, Защитная экипировка ослабляют удары на 5–7%.

Перчатки, используемые для соревнований, ослабляют удары на 25–30%.

Чтобы получить нокаут, достаточно пропустить удар в челюсть силой 400–500 кгс. Для жесткой челюсти это маленькая величина – ударив аналогичным образом по мешку рукой в перчатке, получим 300–400 кгс, а рукой без перчатки – всего 200–300 кгс.

Зато удар в лоб 1000–2000 кгс никого в нокаут не отправит, и можно даже повредить ударную конечность. Для остальных, более мягких частей черепа, достаточно удара в 600–1000 кгс. Отсюда вывод – мозг не сотрясений боится, а гидродинамических ударов и просто ушибов. Производителям защитной экипировки следует учесть, что надо не просто смягчить (погасить) удар, а нужно перераспределять давление как в защитных касках.

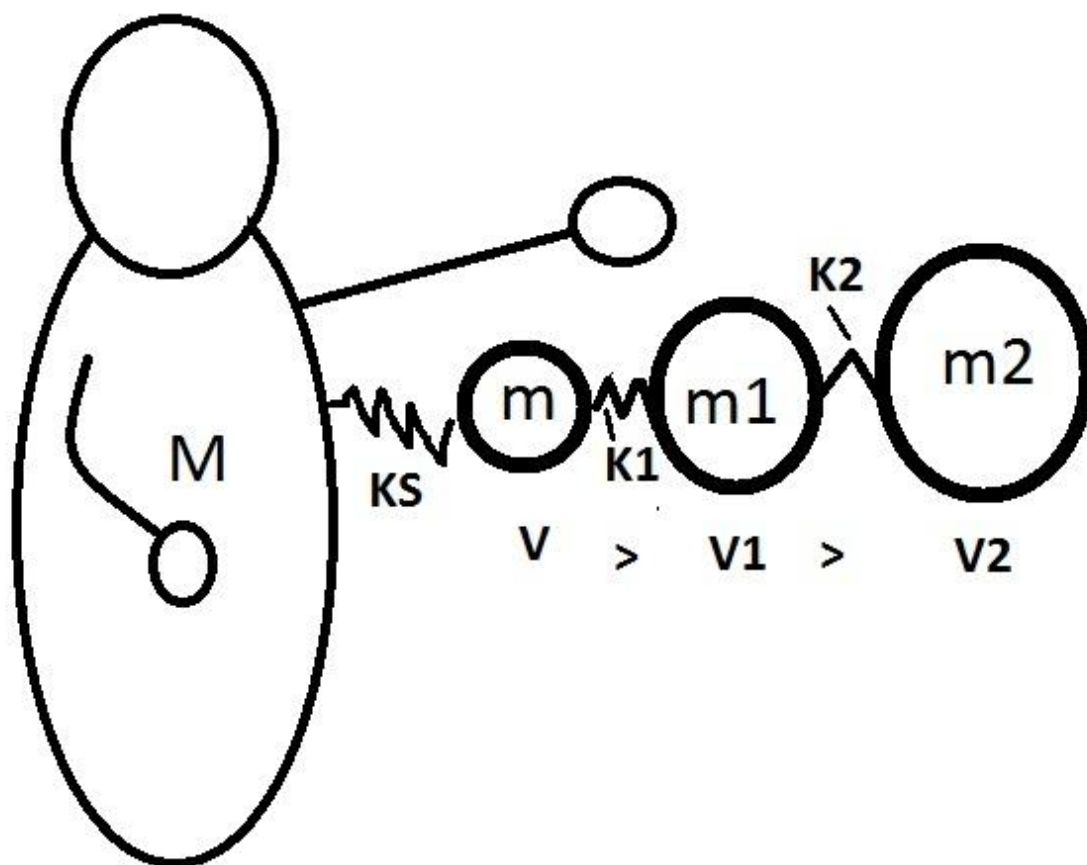


Рис. 9 К математической модели удара

1.Прямой

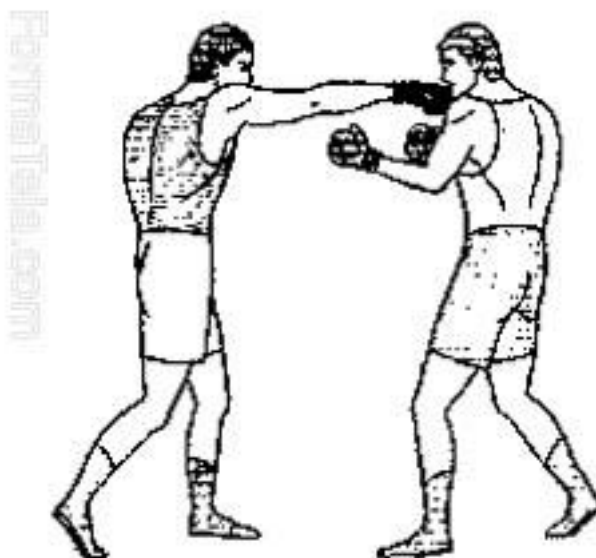


Рис.10 Принципиальная схема удара «Прямой правой»

2.Боковой

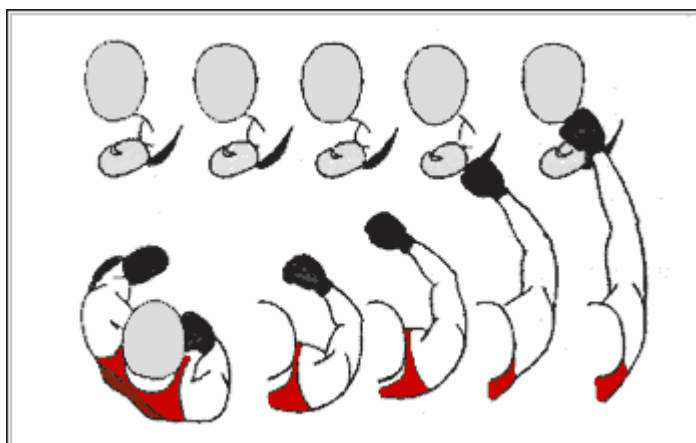


Рис.11 Принципиальная схема удара «Боковой правой»

Акцентированный удар прямой правой в голову начинается взрывным отталкивающим разгибанием ноги от опоры, сообщаям телу боксера поступательное движение и способствующим переносу веса тела с правой ноги на левую. Активный толчок сзади стоящей ноги создает опережающее движение таза (относительно верхнего плечевого пояса), которое приводит в действие механизм растягивания мышц спины. После этого, следует мощное вращательное движение туловища справа налево, которое заканчивается переносом веса тела с правой ноги на левую, при этом вертикальная ось

вращения обязательно должна проходить через левую ногу и левое плечо. Завершается эта фаза ударного движения выводом вперед плеча бьющей руки, которое в это время опережает предплечье и кисть. Конечной фазой ударного движения является взрывное разгибательное движение руки к цели и полная фиксация суставов верхней конечности путем максимально сильного сжатия кисти непосредственно перед касанием цели перчаткой.

Акцентированный удар боковой левой в голову, как правило, выполняется в контратаке после защиты уклоном влево на средней и ближней дистанциях. Вместе с тем защита уклоном влево выполняет функцию замаха, при этом туловище боксера вращается справа налево и вес тела переносится на левую ногу, которая несколько сгибается в колене.

После этого, левая нога активно разгибается и выводит вперед левую сторону таза, создавая тем самым опережающее движение таза по отношению к плечевому поясу. Далее выполняется мощное вращательно-поступательное движение туловища с последующим переносом веса тела с левой ноги на правую с целью увеличения радиуса вращения. При этом вертикальная ось вращения проходит через правую ногу и правое плечо. Особое внимание следует обратить при нанесении этого удара на положение руки. Боковой левой в голову наносится согнутой рукой, рука параллельна полу и согнута в локтевом суставе не менее 90° , кулак во время удара обращен пальцами к себе (во внутрь). Движение кулака к цели совершается по большому радиусу вращения. В момент касания цели, кисть максимально сильно сжимается, и все суставы руки блокируются[7].

§2. Математическая модель удара

Столкновение тела массой m с упругой поверхностью (в нашем случае с человеком), описывается дифференциальным уравнением гармонических колебаний

$$\frac{d^2X}{dt^2} + \frac{1}{m}KSX = 0, \quad (1)$$

где m - масса ударной конечности, а k -коэффициент жёсткой связи.

Когда сталкиваются два тела массами m и M :

$$\frac{d^2X}{dt^2} + \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right)KSX = 0. \quad (2)$$

Это уравнение равносильно:

$$\frac{d^2X}{dt^2} + \omega^2 X = 0. \quad (3)$$

Выражаем ω :

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right)KS}. \quad (4)$$

Решение этого уравнения при заданных начальных условиях (при $t = 0$, $dx/dt = v$) известно:

$$X = \left(\frac{v}{\omega}\right) \sin(\omega t), \quad (5)$$

где v - известная нам скорость удара

Максимальное значение F (сила удара) в этом случае будет равна

$$F_{\max} = KSX_{\max} = \frac{KSv}{\omega}, \quad (6)$$

$$T = \pi/\omega, \quad (7)$$

где T - время соударения.

$$F_{\max} = v \sqrt{\frac{MmKS}{M+m}}, \quad (8)$$

$$T = \pi \sqrt{\frac{Mm}{(M+m)KS}}, \quad (9)$$

Формулы предназначены для идеального случая, когда ударная поверхность имеет вид круга.

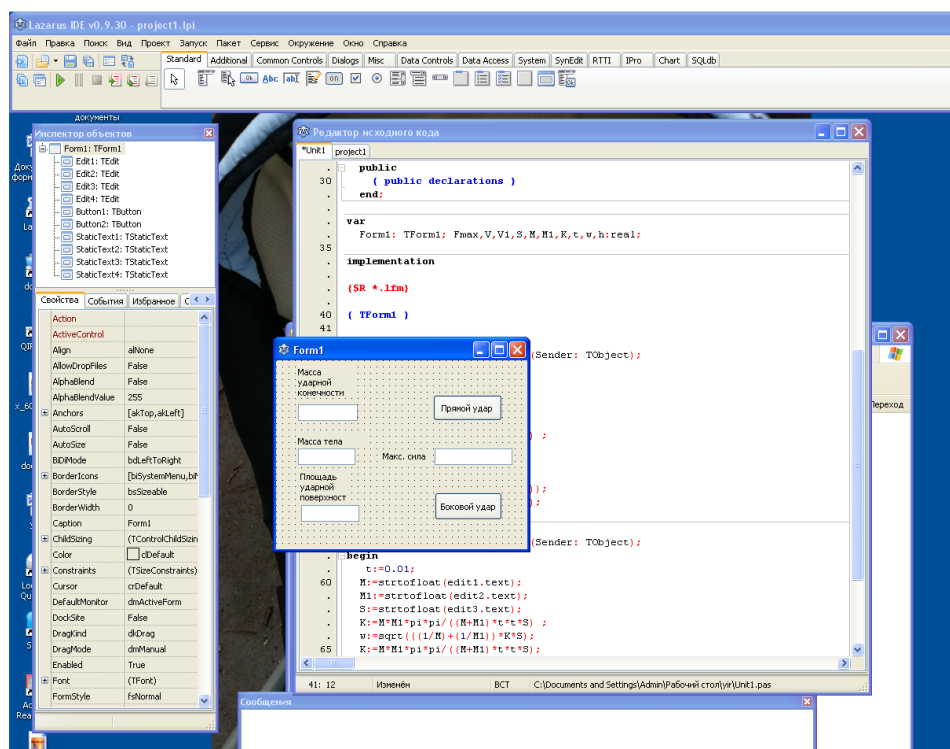
$$F_{\max} T = \pi \frac{Mm v}{M+m}, \quad (10)$$

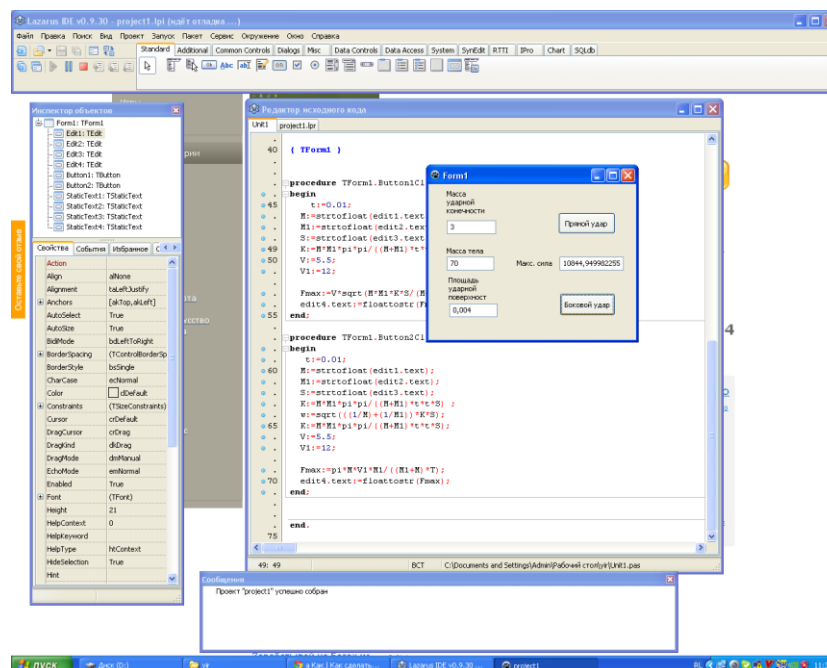
Где P – импульс соперника при упругом столкновении

$$P = \frac{2F_{\max} T}{\pi} = \frac{2Mm v}{M+m}.$$

§3. Результаты расчётов

Нами была написана программа, рассчитывающая силу удара:





Из полученных результатов составили 2 таблицы:

Таблица 1. Показатели силы прямого удара боксёра (с площадью ударяемой поверхности $S=40 \text{ см}^2$, массе $m=2,5 \text{ кг}$ и $M=80 \text{ кг}$) разной степени подготовленности

v (II и III юн. Разряд)=4 м/с

v (КМС и I разряд)=4.5 м/с

v (Мастера)=5.2 м/с

v (Нокаутеры)=5.5 м/с

№ п/п	3	4	5	6
Тактические типы боксеров	Нокаутеры	Мастера	КМС и III и III юн разряд	разряд
Сила удара при полной координации движений ног, туловища, рук, Н	4546,1	4230,6	3988,4	2451,9

Таблица 2. Показатели силы бокового удара боксёра (с площадью ударяемой поверхности $S=40 \text{ см}^2$, массе $m=2 \text{ кг}$ и $M=80 \text{ кг}$) разной степени подготовленности

v (II и III юн. Разряд)=9.5 м/с

v (КМС и I разряд)=10 м/с

v (Мастера)=11.5 м/с

v (Нокаутеры)=12 м/с

№ п/п	3	4	5	6
Тактические типы боксеров	Нокаутеры	Мастера	КМС и разряд	III и III юн разряд
Сила удара при полной координации движений ног, туловища, рук, Н	9345,0	9023,5	7578,0	5003,2

Таблица 3. Показатели силы прямого удара боксёра разной степени подготовленности (идеальный случай).

№ п/п	3	4	5	6
Тактические типы боксеров	Нокаутеры	Мастера	КМС и разряд	III и III юн разряд
Сила удара при полной координации движений ног, туловища, рук, КГС	4710,0	4450,7	4000,1	2010,1

Таблица 4. Показатели силы бокового удара боксёра разной степени подготовленности (идеальный случай).

№ п/п	3	4	5	6
Тактические типы боксеров	Нокаутеры	Мастера	КМС и разряд	III и III юн разряд
Сила удара при полной координации движений ног, туловища, рук, Н	9893,0	9346,5	8400,0	4221,2

Рассмотрим форму ударного импульса бокового и прямого удара профессионала (ряд 1, 2) и любителя (ряд 3, 4):

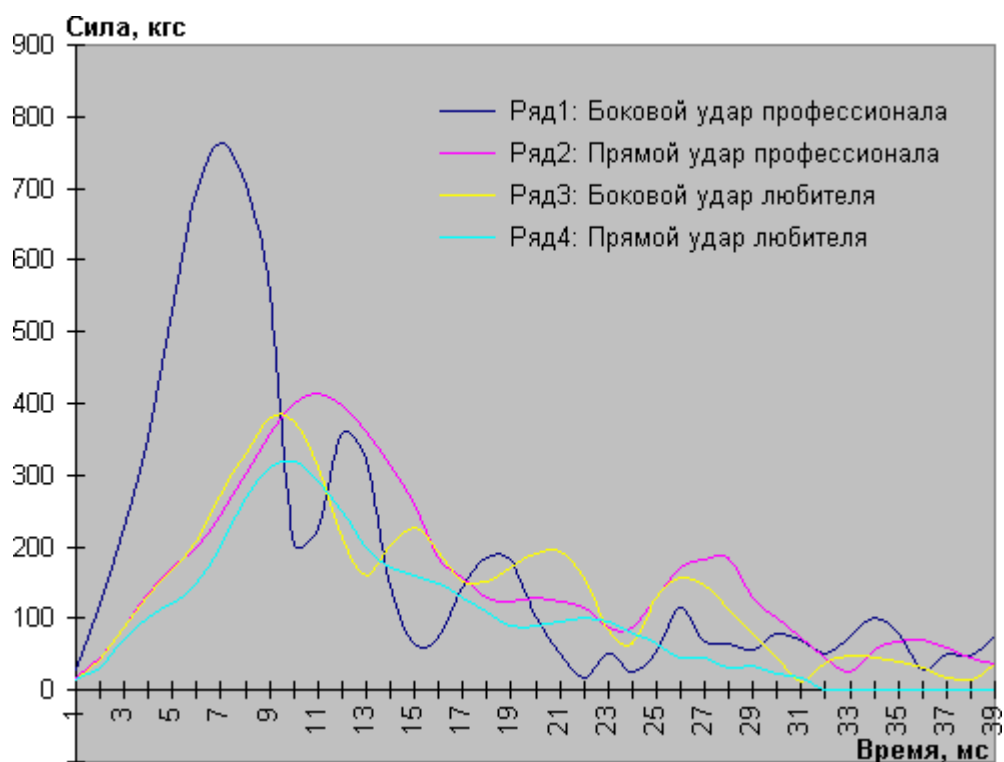


Рис. 12. Формы ударных импульсов для различных ударов и спортсменов [8].

Разложим графически боковой и прямой удар боксера на составляющие, чтобы оценить вклад каждого тела в удар. Получим следующие графики:

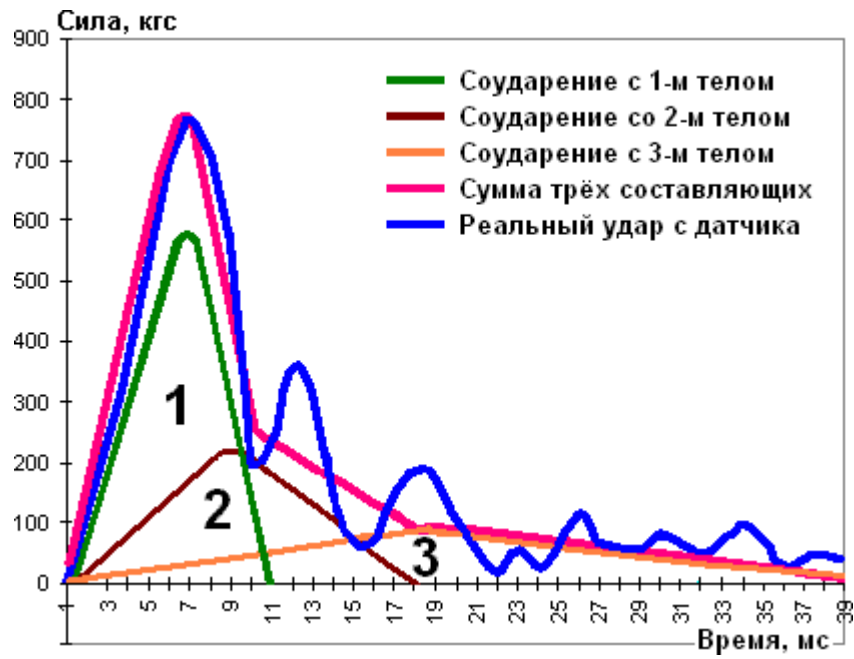


Рис. 13. Разложение на составляющие бокового удара профессионального боксера[8].

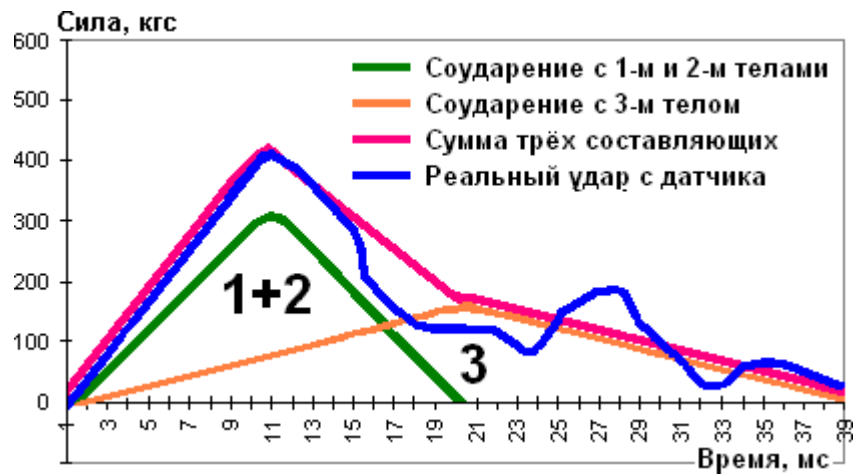


Рис. 14. Разложение на составляющие прямого удара профессионального боксера[8].

Заключение

В заключении можно сказать, что результаты получились вполне адекватными. Различие с реальной статистикой можно объяснить тем, что все результаты получены на динамометре, а в нашем случае пришлось многим пренебречь или взять из жизненного опыта или собственных экспериментов, например скоростью ударной составляющей. Для улучшения полученных результатов нужно ещё более тонко рассмотреть технику ударов.

Список литературы

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Кикбоксинг>
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Тхэквондо>
3. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Кросс_\(бокс\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Кросс_(бокс))
4. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Джеб>
5. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Апперкот>
6. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Хук_\(бокс\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Хук_(бокс))
7. <http://bench-press.ru/106-texnika-pryamogo-pravogo-v-golovu.html>