

ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Т.Г. ШЕВЧЕНКА

# ВІСНИК

Чернігівського національного  
педагогічного університету

Випуск 112

Том I

Серія: ПЕДАГОГІЧНІ НАУКИ.

ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ ТА СПОРТ

Чернігів  
2013

**ВІСНИК**  
**Чернігівського національного педагогічного університету**  
**імені Т.Г.Шевченка**

**Головна редакційна колегія**

*Головний редактор* доктор педагогічних наук, професор,  
чл.-кор. НАПН України **Носко М.О.**

*Відповідальний редактор* доктор історичних наук, професор **Дятлов В.О.**

**Редакційна колегія серії "Педагогічні науки":** Бобир С.Л., Боровик А.Г., Гетта В.Г., Горошко Ю.В., Грипенко С.В., Жила С.О., Завацька Л.М., Зайченко І.В., Носко М.О., Сидоренко В.К., Кузьомко Л.М., Ляшенко О.І., Огієнко М.М., Пліско В.І., Пригодій М.А., Ростовський О.Я., Савченко В.Ф., Сеніна В.К., Скок М.А., Скребець В.О., Стрілець С.І., Торубара О.М., Третяк О.С.

**Редакційна колегія серії "Фізичне виховання та спорт":** Носко М.О., Пліско В.І., Медведєва І.М., Кузьомко Л.М., Огієнко М.М., Єрмаков С.С., Зайченко І.В., Жиденко А.О., Лукаш О.В., Ляпін В.П., Власенко С.О., Сергієнко Л.П., Яковенко Б.В., Скребець В.О., Торубара О.М., Приймак С.Г., Синіговець В.І., Гаркуша С.В., Жула Л.В., Куртова Г.Ю., Лисенко Л.Л., Багінська О.В., Почтар О.М.

*Відповідальний за випуск:* кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент **Гаркуша С.В.**

*За зміст публікацій, достовірність результатів досліджень відповідальність несуть автори.*

**Заснований 30 листопада 1998 р.**  
*(Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
серія КВ № 17500-6250 ПР від 16.11.2010 р.)*

**Адреса редакційної колегії:**

14013, м. Чернігів, вул. Гетьмана Полуботка, 53, тел. (04622) 3-20-09.

Рекомендовано до друку вченою радою  
Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка  
*(протокол № 2 від 25 вересня 2013 року)*

*Постановою Вищої атестаційної Комісії України "Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки" внесено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата педагогічних наук.*

*(Постанова президії ВАК України  
від 16 грудня 2009 р. № 1-05/6)*

*Постановою Вищої атестаційної Комісії України "Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт" внесено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з фізичного виховання та спорту.*

*(Постанова президії ВАК України  
від 31 травня 2011 р. № 1-05/5)*

УДК 796.433.1

Якубович С.К.

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИНЕРЦИОННОГО КОМПОНЕНТА СИЛОВОЙ НАГРУЗКИ В СОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ УПРАЖНЕНИИ ТОЛКАТЕЛЕЙ ЯДРА

*В статье представлены результаты исследования инерционного компонента силовой нагрузки в соревновательном упражнении толкателей ядра. Приводятся данные импульса силы в фазах "скачок" и "финальное усилие" в толкании ядра.*

**Ключевые слова:** силы инерции, импульс силы, физическая подготовка.

**Постановка проблемы и связь с важными научными или практическими заданиями.** В настоящей работе представлены данные, касающиеся инерционной стороны силовой нагрузки в толкании ядра спортсменами-метателями.

Для того чтобы толкнуть ядро на максимальное расстояние спортсмену необходимо приложить большие мышечные усилия. При этом дальность полета снаряда зависит от многих факторов: выброс ядра под правильным углом, движение снаряда по оптимальной траектории, рациональная работа мышц [9]. К дополнительным факторам можно отнести инерционное сопротивление (сила инерции снаряда), которое испытывают спортсмены в процессе толчка. Это сопротивление вызвано массой ядра и зависит от ускорения придаваемого снаряду. В то же время сила инерции ядра направлена в сторону противоположную ускорению ( $F_{ин} = -ma$ ) [2]. Следовательно, чем большее ускорение сообщено отягощению, тем большее воздействие получает спортсмен и тем большее усилие ему необходимо приложить для толчка. В результате увеличивается динамический вес ядра, который состоит из статического веса снаряда и силы инерции снаряда [1, 2]. Например, толкая ядро массой 7,26 кг со средним ускорением 20 м/с<sup>2</sup> инерционная сторона силовой нагрузки составляет 145,2 Н, а динамический вес снаряда в данном случае будет равен около 218 Н.

В соответствии со сказанным выше актуальной задачей в физической подготовке метателей является учет воздействия инерционного сопротивления снаряда (ядра), испытываемого спортсменами в процессе выполнения соревновательного упражнения.

Тема соответствует тематике научных исследований кафедры биомеханики Белорусского государственного университета физической культуры на 2011-2015 гг. 2.1.1. "Исследование и синтез биомеханической структуры физических упражнений на основе моделирования и тренажерных технологий".

**Анализ последних исследований и публикаций.** Анализ научно-методической литературы показывает, что проблеме изучения инерционной составляющей (компоненту) силовой нагрузки в упражнениях связанных с метаниями уделено недостаточно внимания. Нет данных, касающихся исследований направленных на определение объективных значений инерционных сил, преодолеваемых спортсменами-метателями в процессе выполнения толчка ядра.

Некоторые авторы изучали лишь отдельные стороны кинематических и динамических характеристик метательных движений [8, 9]. Другие специалисты исследовали влияние инерционных процессов на динамику силовых взаимодействий при выполнении отдельных силовых упражнений (например, подъема штанги тяжелоатлетами высокой квалификации) [5]. Также были проведены исследования, касающиеся параметров силовых характеристик (инерционная составляющая усилия) в локальных упражнениях на тренажерах в гребле [3].

Ранее нами был проведен эксперимент по выявлению инерционной составляющей силовой нагрузки в упражнении "жим штанги лежа на горизонтальной скамье" [10]. Отмечено, что сила инерции штанги весьма существенна и составляет от 4% до 255 % от статического веса снаряда. Она зависит от индивидуальных особенностей спортсменов, уровня их подготовленности и темпа выполнения упражнения. Такие результаты свидетельствуют о существенности инерционной нагрузки и необходимости ее учета при выполнении упражнений скоростно-силового характера.

**Цель работы** – изучить отдельные стороны динамических характеристик (инерционных) в соревновательном упражнении толкателей ядра.

### **Задачи работы:**

1. Изучить особенности изменения инерционного сопротивления ядра (сила инерции ядра), испытываемого спортсменами-метателями в процессе выполнения фаз "скачок" и "финальное усилие" в толкании ядра.

2. Изучить характер изменения импульса силы (методом численного интегрирования формулой трапеции) в фазах "скачок" и "финальное усилие" в толкании ядра.

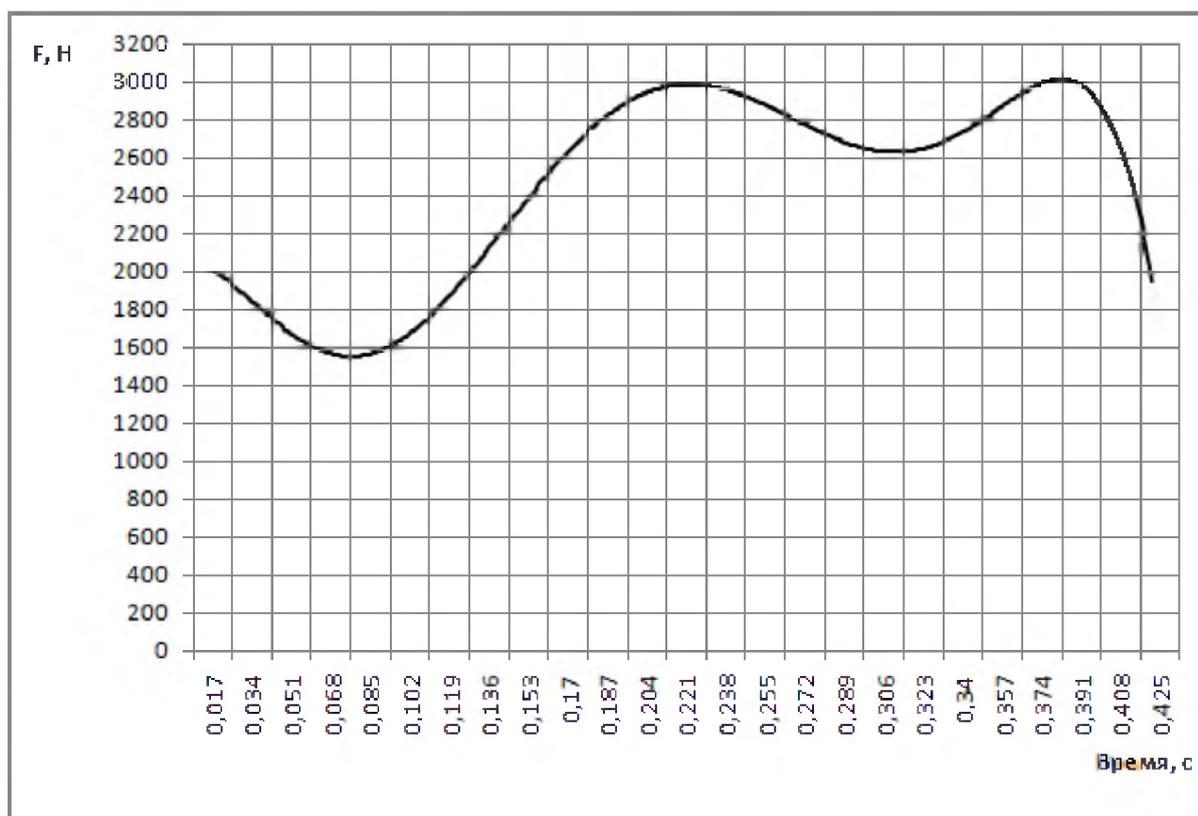
**Основной материал исследования.** В исследовании приняли участие спортсмены, занимающиеся метаниями – толкатели ядра в количестве 6 человек (квалификация – МС). Спортсмены выполняли толкание ядра (7,26 кг). Были проанализированы фазы "скачок" и "финальное усилие" в указанном упражнении. Используемые методы: высокоскоростная видеосъемка, биомеханический анализ.

Получение и обработка материалов съемки осуществлялись с использованием методического комплекса, разработанного кафедрой биомеханики БГУФК [7]. В частности, была использована цифровая видеокамера Casio EX-F1. Камера располагалась на штативе, на уровне среднего положения спортсмена, оптическая ось была перпендикулярна плоскости движения. Скорость съемки составляла 300 кадров в секунду. Полученные результаты были обработаны на персональном компьютере с использованием программ Adobe Photoshop CS4 и MS Excel 2007.

Результаты исследования, полученные в процессе решения первой задачи, представлены на рисунках 1 и 2.

На рисунке 1 отражены количественные данные инерционного компонента силовой нагрузки от времени в фазе "скачок" в толкании ядра.

По форме инерционное сопротивление имеет вид волнообразной кривой с двумя пиками. Первый пик у МС можно наблюдать на 0,221 с. Его величина равняется 3000 Н. Такую дополнительную нагрузку испытывают спортсмены в данный промежуток времени в фазе "скачок". В промежутке времени с 0,238 с до 0,289 с инерционный компонент нагрузки уменьшается и в момент соответствующий 0,306 с он уже составляет значение – около 2600 Н.



**Рис. 1. Динамика изменения силы инерции снаряда в фазе "скачок" в толкании ядра**

Второй пик инерционной составляющей силовой нагрузки приходится на 0,374 с, где его значение вновь достигает величины равной 3000 Н. В дальнейшем инерционный компонент нагрузки уменьшается.

На рисунке 2 приведены количественные данные инерционного компонента силовой нагрузки от времени в фазе "финального усилия" в толкании ядра. Как и в фазе "скачок" инерционное сопротивление ядра, испытываемое спортсменами имеет форму волнообразной кривой с двумя пиками. Первый пик дополнительной нагрузки приходится на 0,102 с и его значение составляет около 3600 Н. На 0,119 с фазы "финального усилия" инерционный компонент нагрузки несколько уменьшается – около 3500 Н.

Второй явно выраженный пик инерционного сопротивления МС испытывают на 0,17 с, где значения достигают величины равной более 4200 Н.



**Рис. 2. Динамика изменения силы инерции снаряда в фазе "финального усилия" в толкании ядра**

Сравнительный анализ силы инерции ядра, создающей дополнительную нагрузку в фазах "скачок" и "финальное усилие" показывает, что наибольшие ее значения наблюдаются в фазе "финального усилия" (более 4200 Н).

Результаты исследования, полученные в процессе решения второй задачи, представлены на рисунках 3 и 4.

Для нахождения импульса силы (S) необходимо знать силу ( $F_{\Delta}$ ) (сила во времени должна быть постоянной) и продолжительность ее действия (t) (промежуток времени)  $S = F_{\Delta}t$  [2]. Для нашего случая, когда значения силы во времени постоянно меняются необходимо применять численное интегрирование (для нахождения площадей под кривой). Для данных площадей (S1 и S2 рисунок 3 и S1 и S2 рисунок 4) была использована формула трапеций. Площадь трапеций может быть найдена как произведение полусуммы оснований на высоту:

$$I = \frac{f(x_i) + (x_i + 1)}{2} h \quad [6]$$

В случае N отрезков интегрирования для всех точек, за исключением крайних точек отрезка, значение функции войдет в общую сумму дважды (так как соседние трапеции имеют одну общую сторону):

$$h = \frac{b-a}{N}; \quad I = h \left[ \frac{f(a) + f(b)}{2} + \sum_{i=1}^{N-1} f(a + ih) \right] \quad [4, 6]$$

Подставляя значения в формулу трапеций для численного интегрирования получаем следующее:  $S1 + S2$  (рисунок 3) = 912.879 Нс;  $S1 + S2$  (рисунок 4) = 590.665 Нс.

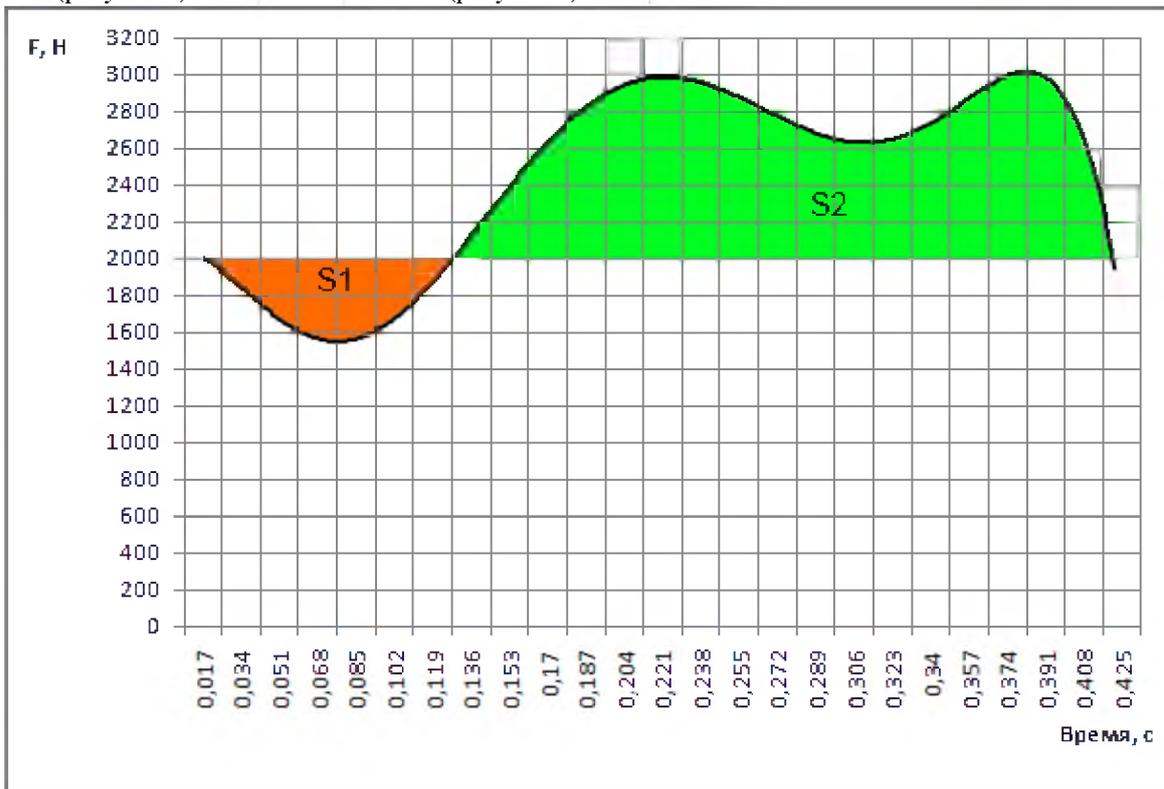


Рис. 3. Значения численного интегрирования (площади трапеций) в фазе "скачок" в толкании ядра

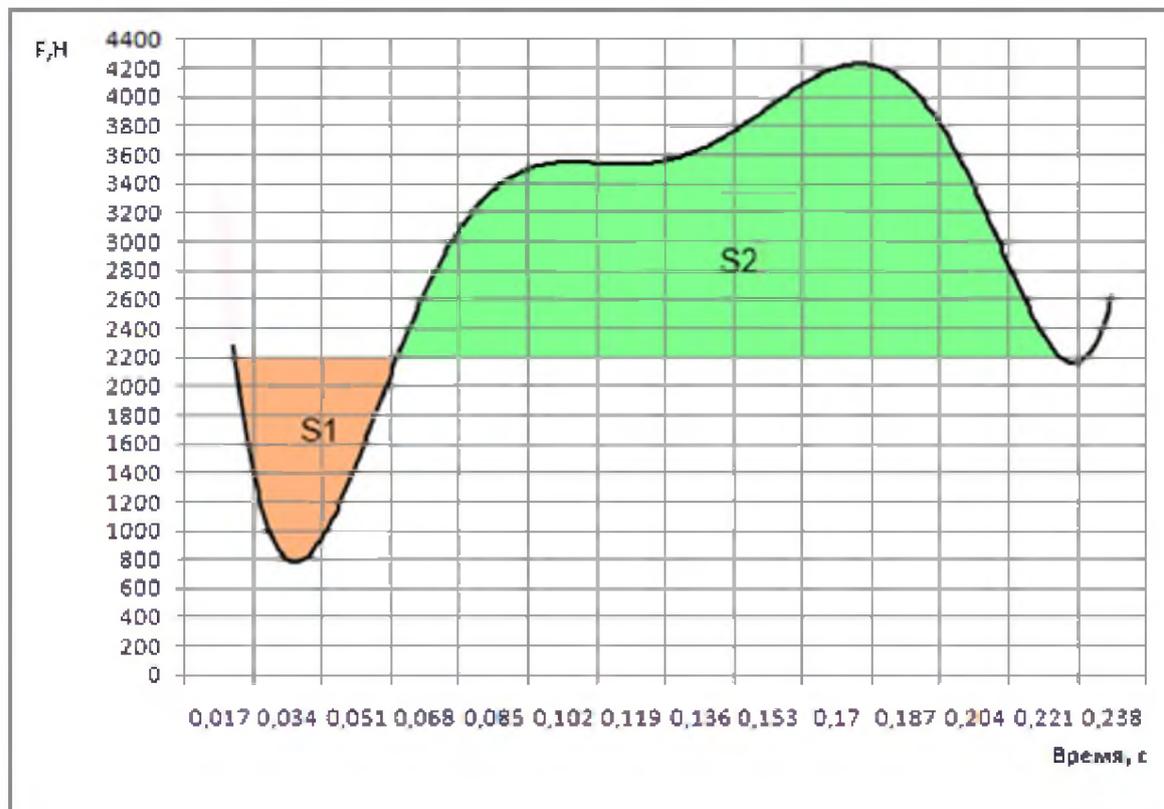


Рис. 4. Значения численного интегрирования (площади трапеций) в фазе "финального усилия" в толкании ядра

Таким образом, проведенное исследование показало, что численное значение импульса силы (численное интегрирование формулой трапеций) в фазе "скачок" составляет 912,879 Нс, в то время как в фазе "финальное усилие" его значение достигает 590,665 Нс. Это вызвано еще и тем, что фаза "скачок" длится 0,408 с, а фаза "финального усилия" лишь 0,238 с.

#### Выводы

1. Проведенное исследование показало возможность объективной оценки величины инерционной составляющей силовой нагрузки при выполнении фаз "скачок" и "финальное усилие" в соревновательном упражнении толкателей ядра.

2. Выявлено, что в фазах "скачок" и "финальное усилие" в толкании ядра значения импульса силы (методом численного интегрирования формулой трапеций) отличаются. Это связано с длительностью протекания фаз и количественными значениями инерционной составляющей нагрузки.

**Перспективы дальнейших разработок.** Перспективой дальнейших исследований является разработка методики применения специальных упражнений метателей, которые по своим параметрам инерционной добавки и темпу выполнения будут соответствовать соревновательному упражнению толкателей ядра.

#### Использованные источники

1. Донской, Д. Д. Биомеханика с основами спортивной техники / Д.Д. Донской. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – 288 с.
2. Донской, Д.Д. Биомеханика: учеб пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов / Д.Д. Донской. – М.: Просвещение, 1975. – 239 с.
3. Дьяченко, Н.А. Биомеханический анализ показателей динамики в локальных упражнениях на тренажерах / Н.А. Дьяченко, Т.М. Замотин // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Вип. 102. Т. II. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2012. – Т. II. – С. 36–41.
4. Морозов, А.А. Численные методы и программирование в системе Mathematika: Учеб.пособие / А.А. Морозов, В.Б. Таранчук. – Минск: БГПУ, 2004. – 119 с.
5. Олешко, В.Г. Динамическая структура техники подъема штанги тяжелоатлетами высокой квалификации / В.Г. Олешко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Вип. 102. Т. II. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2012. Т. II. – С. 220–224.
6. Режим доступа: <http://www.physchem.chimfak.sfedu.ru/Source/NumMethods/Integration.php>. – Дата доступа: 19.09.2013.
7. Сотский, Н. Б. Практикум по биомеханике / Н.Б. Сотский, В.Ю. Екимов, В.К. Пономаренко; Бел. гос. ун-т физ. культуры. – Минск.: БГУФК, 2010. – 68 с.
8. Стасюк, А.К. Летающий диск / А.К. Стасюк, Л.И. Хмелевская, В.И. Туранок. – Минск: Польша, 1990. – 208 с.
9. Тутевич, В.Н. Теория спортивных метаний / В.Н. Тутевич. – М.: Физкультура и спорт, 1969. – 312 с.
10. Якубович, С.К. Инерционные силы как важнейший аспект дозирования силовой тренировки / С.К. Якубович, Н.Б. Сотский // Бъдещето въпроси от света на науката – 2012: материали за VIII международна научна практична конференция, София, 17–25 декември, 2012. – Том 38. Физика. Физическа култура и спорт. / "Бял ГРАД-БГ" ООД; ред. М.Т. Петков. – София: "Бял ГРАД-БГ" ООД, 2012. – Т. 38. – С. 61–65.

*Jakubovich S.K.*

#### ABOUT FEATURES OF THE INERTIAL COMPONENT OF POWER LOADING IN THE COMPETITIVE EXERCISE OF SHOT PUTTERS

*In the article the research results of the inertial component of power loading in the competitive exercise of shot putters are presented. The data of the force impulse in phases "jump" and "final effort" in a shot put are given.*

**Key words:** *inertial forces, a force impulse, physical preparation.*

*Стаття надійшла до редакції 20.09.2013 р.*

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Друкується за рішенням вченої ради  
Чернігівського національного педагогічного університету  
імені Т.Г. Шевченка

**Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка**  
[Текст]. Вип. 112. Т. 1 / Чернігівський національний педагогічний університет імені  
Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2013. – 400 с. (Серія: Педагогічні  
науки. Фізичне виховання та спорт)

Технічний редактор

*О. Клімова*

Комп'ютерна верстка  
та макетування

*О. Клімова, Л. Бивалькевич*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
серія КВ № 17500-6250 ПР від 16.11.2010 р.*

---

Підписано до друку 25.09.2013 р. Формат 70x108 1/16. Друк на різнографі.  
Обл. друк. арк. 42,12. Ум. друк. арк. 35,00. Наклад 350 прим. Зам. № 674.

Редакційно-видавничий відділ ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка,  
14013, м. Чернігів, вул. Гетьмана Полуботка, 53,  
тел. 65-17-99