

## ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ОТТАЛКИВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРЫЖКОВ В ФИГУРНОМ КАТАНИИ НА КОНЬКАХ

*Абсалямова Ирина Васильевна*  
профессор кафедры ТИМ конькобежного спорта,  
фигурного катания на коньках и керлинга,  
кандидат педагогических наук;

*Белова Анна Сергеевна*  
магистрант второго года обучения

*Савохин Валерий Тихонович*  
ведущий документовед кафедры ТИМ лыжного спорта,  
Российский государственный университет физической культуры,  
спорта, молодёжи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва  
Russian State University of Physical Education, Sport,  
Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow

**Аннотация.** В статье впервые приводится метод и результаты измерения силы отталкивания фигуристов при выполнении ими прыжков Аксель, Ритбергер, Сальков, Флип, Тулуп. В качестве регистрирующей аппаратуры использовался измеритель импульса силы (патент РФ 2458327С1) [4], в котором был установлен полосовой фильтр с центральной частотой 10 Гц. В результате проведенных измерений впервые были получены величины силы отталкивания квалифицированных фигуристок при выполнении ими сложно-координационных упражнений.

**Annotation.** The article was first presented figures measuring the force of repulsion feet of skaters in the performance of axel jump and loop jump. As a measuring instrument the authors of this article used an improved specifically for this purpose measuring the force impulse (the patent of the Russian Federation 2458327 C1). The measurements were carried out on the indoor ice rink at the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE). All measurements of the repulsive forces of the skaters as they perform jumps of different complexity were performed at a frequency of 10 Hertz (the time interval from 0.09 to 0.1 seconds). The frequency of 10 Hz was filtered out from the spectrum of frequencies of narrow bandpass filter with 24 dB attenuation per octave. Great attention is paid to the method sensor calibration method of rebound, as now there is this problem not covered sufficiently complete and understandable. In order to memorize the measured value the device uses a memory element. Maintenance of the memory element is allowed to refuse the use of double-wire of length 19 meters, connecting spectroanalyzer with voltmeter. All this has allowed eventually to hold current measurements.

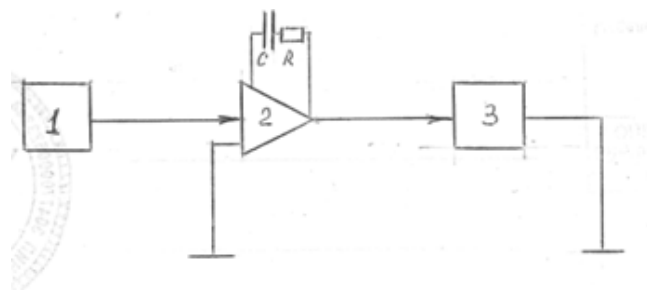
**Ключевые слова:** спектранализатор, датчик ускорения, сила отталкивания, квалифицированные фигуристы.

**Актуальность.** Выполнение сложно-координационных прыжков в фигурном катании требует от спортсмена такой силы отталкивания, которая гарантировала бы время фазы его полета не менее 0,7 секунды, так как фаза полета напрямую зависит от силы отталкивания фигуриста [3]. Настоящая работа посвящена измерению силы отталкивания у спортсменов-фигуристов различного уровня подготовленности.

**Цель исследования.** Разработка методики измерения силы отталкивания у фигуристов при выполнении ими сложно-координационных прыжков.

**Организация исследования.** Согласно второму закону Ньютона для получения величины силы отталкивания спортсмена при прыжке необходимо измерить возникающее при отталкивании ускорение. Затем, зная вес спортсмена, перемножить эти два параметра.

На рисунке 1 представлена блок-схема измерения силы отталкивания фигуриста при выполнении им прыжков.



*Рисунок 1 - блок-схема измерения силы отталкивания фигуриста при выполнении им прыжков*  
Фигурист (1), на голень левой - толчковой ноги которого крепился датчик ускорения (см. фото). В качестве измерительной аппаратуры (2) использовался измеритель импульса силы спектранализатор, дополненный (рис.

2) элементом памяти (патент РФ 2458327С1), укладываемый в левый карман куртки спортсмена [1, 4]. Цифровой миниатюрный вольтметр (3), регистрирующий ускорение в единицах напряжения, подключался к выходу спектроанализатора и укладывался в правый карман куртки. Измерение ускорения проводилось на одной гармонике, для этого в спектроанализаторе был установлен полосовой фильтр с центральной частотой 10 Гц [1].

Перед началом измерений весь измерительный комплекс – от датчика, принципиальная схема которого приведена на рисунке 2, до вольтметра, подключенного к выходу спектроанализатора, должен быть откалиброван, в результате чего мы получаем коэффициент преобразования всего измерительного тракта [мВ/г].

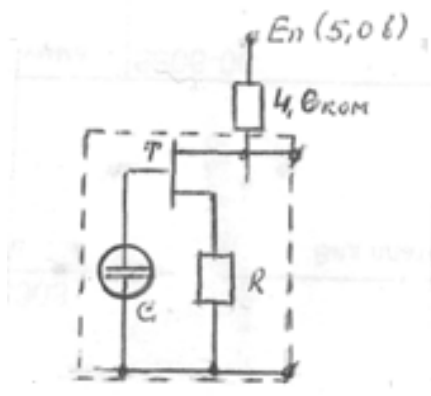


Рисунок 2 - принципиальная схема датчика

Величина коэффициента преобразования на частоте гармоники в 10 Гц составила  $\gamma=0,9$  В/г. Он легко регулируется коэффициентом усиления выходного каскада измерительного устройства. Необходимо отметить, что значение этого параметра было получено, не прибегая к помощи вибростенда [2].

На рис.3 представлена конструкция для калибровки датчика в виде штатива из пластмассовой трубки (1) и металлического штока (2) в ней, который имеет по отношению к трубке свободную или скользящую посадку. Нижний конец штока заканчивается конусообразной сменяемой насадкой (3), которые отличаются друг от друга площадью поверхности своего носика. На верхнюю поверхность штока плотно запрессовывается деревянная пластина (4) толщиной от 5,0 мм и более, имеющая прямоугольную или квадратную форму. Сбоку к пластине крепится датчик (5), а на поверхность этой пластины при необходимости крепится дополнительный груз (6).

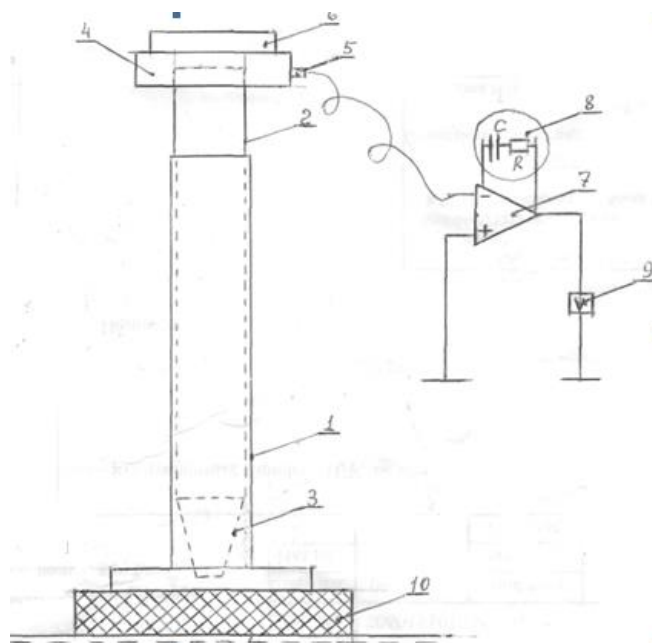


Рисунок - 3 конструкция для калибровки датчика

Датчик посредством кабеля соединяется с входом спектроанализатора (7), в котором с помощью сменной RC-цепочки (8) установлен полосовой фильтр с центральной частотой 10 Гц. В качестве индикатора ускорения к

выходу спектрального анализатора подключен цифровой вольтметр (9). Калибровка происходит следующим образом. После поднятия штока на произвольную высоту (Н), в нашем случае она равна 70 мм, шток отпускается, вследствие чего он в свободном падении пролетает это расстояние и падает на, лежащую на жестком основании, упругую пластину (10). Толщина пластины выбрана такой, чтобы ее рабочий ход  $\lambda_0$  был бы  $\geq 2,5$  мм, значение которого следует из формулы

$$W_0 = \sqrt{g/\lambda_0} [5], \text{ где}$$

$W_0$  – угловая частота колебаний пластины.

$\lambda_0$  – величина сжатия (рабочий ход) пластины в результате удара об нее падающего с высоты Н штока

Достижение резонанса фиксируется по максимальному уровню ускорения штока путем смены носиков штока и (или) дополнительно навешиваемого груза (6). Далее, используя формулу скорости штока  $v$ , набранной при его свободном падении в момент удара о пластину, и времени собственных колебаний штока на  $n^{\text{ой}}$  гармонике  $t_n$ , определяется калиброванное значение коэффициента преобразования  $\Upsilon$  мВ/г [4]

$$v = \sqrt{gH/2} [5], \text{ где}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$H$  – высота падения штока (в нашем случае  $H = 70$  мм)

$$t_n = \frac{2\pi}{W_n} = \frac{1}{f_n}, \text{ где}$$

$W_n$  – угловая частота собственных колебаний штока на  $n^{\text{ой}}$  гармонике

$f_n$  – линейная частота собственных колебаний штока на  $n^{\text{ой}}$  гармонике (в нашем случае она равна 10 Гц) по формуле

$$a_n = \frac{v}{t_n} = \sqrt{\frac{g \cdot H}{2}} f \quad (1),$$

где

$a_n$  – ускорение штока на  $n^{\text{ой}}$  гармонике

Подставляя в формулу 1, значения  $H = 70$  мм и линейную частоту гармоники  $f = 10$  1/сек, получим ускорение штока:

$$a_{10} = \sqrt{9,8 \cdot 0,07/2} \cdot 10 = 0,5857 \cdot 10 = 5,857 \text{ м/с}^2$$

При этом вольтметр показывает значение напряжения  $u = 0,537$  В. При ускорении же в 1 г, т.е. при  $a_{10} = 9,8$  м/с<sup>2</sup>, вольтметр покажет значение напряжения

$$u = \frac{0,537 \cdot 9,81}{5,857} = 0,899 \text{ В} \sim 0,9 \text{ В}.$$

Следовательно, в нашем случае коэффициент преобразования измерительного тракта при установленном в спектральном анализаторе полосового фильтра с центральной частотой 10,0 Гц имеет значение  $\Upsilon_{10} = 900$  мВ/г. Учитывая линейность как датчика, так и согласующего к нему устройства, коэффициент преобразования при других полосовых фильтрах получается простым умножением значения  $\Upsilon_{10} = 900$  мВ/г на отношение частот. Например,  $\Upsilon_{6,0} = \Upsilon_{10} \cdot f_6/f_{10} = 900 \cdot 6/10 = 540$  мВ/г и т.д.

**Методика измерения.** Измерения проводились на крытом катке ФСКРГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК) во время учебных занятий студентов первого и второго курсов специализации фигурного катания на коньках.

Методика измерения состояла в следующем: датчик с помощью резинового жгутика крепился на голени толчковой ноги фигуристки. В специальные карманы на одежде фигуристки укладывались измерительные приборы (спектральный анализатор, цифровой миниатюрный вольтметр, блок питания, состоящий из четырех литиевых аккумуляторов 2А). Чтобы кабель, соединяющий датчик со спектральным анализатором, не мешал движению фигуристки, он по всей длине ноги прикреплялся резиновыми жгутиками. Перед началом каждого измерения кнопкой «сброс», вмонтированной на корпусе спектрального анализатора, обнулялись результаты предыдущих измерений.

Спортсменка во время периода разбега приобретает скорость и осуществляет фазу подготовки к толчку. Затем совершает прыжок, отталкиваясь ото льда толчковой ногой при исполнении Акселя, двойного Ритберга, двойного Салькова, либо двумя ногами при исполнении двойного Флипа, двойного Тулупа. После выполнения прыжка зафиксированный на дисплее результат записывался в протокол измерений.

Результаты измерений представлены в таблице 1.

Результаты измерения силы отталкивания у квалифицированных фигуристок

Ф.И. фигуристки	Тип прыжка	Показания вольтметра (вольт)	Вес фигуристки	Ускорение в единицах «g»	Сила отталкивания (кг)
Реберные					
Филиппова Софья	Аксель	2,24	70 кг	2,49	174,3
Цымбаревич Дарья	2-й Сальков	1,97	50 кг	2,19	109,5
Лебедева Александра	Аксель	1,99	53 кг	2,21	117,13
Петрушина Екатерина	2-й Ритбергер	1,94	52 кг	2,16	112,32
Носковые					
Петрушина Екатерина	2-й Флип	0,86	52 кг	0,96	49,92
Пимичева Виктория	2-й Тулуп	0,95	54 кг	1,06	57,24

**Обсуждение результатов измерения.** Все прыжки в фигурном катании на коньках классифицируются по способу отталкивания на реберные, в которых толчковую ногу ставят на лед ребром конька (Аксель, Ритбергер, Сальков, Валлей) и носковые (Тулуп, Флип, Лутц) – в них толчковую ногу ставят на лед передней частью, в основном на зубцы конька. Толчок в реберных прыжках осуществляется одной ногой, в носковых – двумя, причем опорная нога скользит на ребре, а толчковая ставится на носок конька. В носковых прыжках фигурист отрывается от льда сначала опорной ногой, которая таким образом становится маховой, а затем – толчковой [3].



Рисунок - 4. Вид спортсменки с измерительной аппаратурой

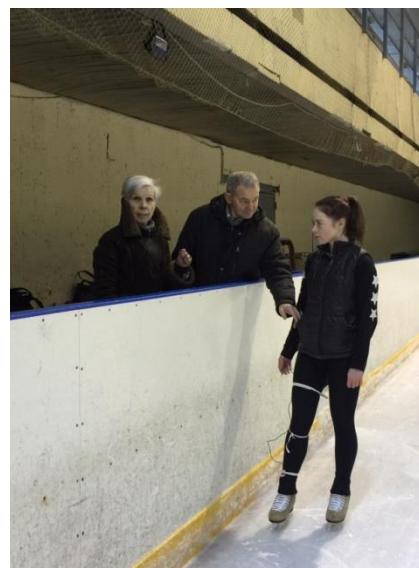


Рисунок - 5. Рекомендации перед выполнением прыжка

Результаты измерений реберных прыжков в фигурном катании показали, что спортсменки при их выполнении развивают силу отталкивания, превышающую их двойной вес, а при носковых прыжках сила отталкивания каждой ногой примерно равна весу спортсменки.

**Выводы.** Разработанная и успешно апробированная методика по измерению силы отталкивания у фигуристов с небольшой доработкой может с успехом применяться и в других видах спорта.

#### Литература.

1. Баталов А.Г., Грушин А.А., Савохин А.Г. Прибор индивидуального пользования для измерения качества скольжения лыж. М.: Теория и практика экстремальных видов спорта, 2013. 69-70 с.
2. Гик Л.Д. Измерение вибраций. Новосибирск, 1972. 292 с.
3. Мишин А.Н. Биомеханика движений фигуриста. М.: Физкультура и спорт, 1981. 143 с.
4. Сошников Н.Н., Савохин В.Т., Баталов А. Г. Патент 2458327С1 Российская Федерация. Способ сравнительной оценки ускорения движущихся объектов и устройство для его реализации; заявитель и патентообладатель ГЦОЛИФК.
5. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 580 с.