

# МЕТОД ОТСКОКА КАК СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРА ВЫТАЛКИВАЮЩЕЙ СИЛЫ УПРУГОЙ СИСТЕМЫ

**БАТАЛОВ**  
**Алексей Григорьевич**

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (РГУФКСМиТ), Москва  
Профессор, кандидат педагогических наук  
BATALOV Alex  
Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow  
Professor, Ph.D.

**БЛЕЕР****Александр Николаевич**

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва  
Заведующий кафедрой ТиМ прикладных видов спорта и экстремальной деятельности, доктор педагогических наук, профессор

**BLEER Alexander**

Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow  
Head of the Department of Applied TiM Sports And Extreme Activities, Doctor of Education SC., Professor

**ГРУШИН****Александр Алексеевич**

Руководитель Управления по научно-методическому обеспечению спортивной подготовки ОКР, заслуженный тренер СССР и России, Олимпийский комитет России, Москва

**GRUSHIN Alexander**

Head Office of scientific and methodological support athletic training OC of Russia, Honored coach of the USSR and Russia, Olympic Committee of Russia, Moscow

**БУРДИНА****Марина Евгеньевна**

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва  
Доцент кафедры теории и методики лыжного и конькобежного спорта, фигурного катания на коньках, кандидат педагогических наук, тел. 8(495)166-11-45

**BURDINA Marina**

Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow  
Associate Professor Of The Theory And Methodology Of Ski And Speed Skating, Figure Skating, PhD, tel. 8 (495) 166-11-45

**САВОХИН****Валерий Тихонович**

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва  
Заведующий лабораторией кафедры теории и методики лыжного и конькобежного спорта, фигурного катания на коньках, тел. 8-499-732-58-22

**SAVOKHIN Valery**

Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow  
Head Of Laboratory Of The Department Of Theory And Methodology Of Skiing And Speed Skating, Figure Skating, tel. 8-499-732-58-22

**СЕНАТСКАЯ****Валентина Геннадьевна**

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва  
Старший преподаватель кафедры теории и методики лыжного и конькобежного спорта, фигурного катания на коньках

**SENATSKAYA Valentina**

Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow  
Senior Lecturer In The Theory And Methodology Of The Ski And Speed Skating, Figure Skating

**Ключевые слова:** выталкивающая сила упругой системы, удельная масса стержня.

**Аннотация.** В статье рассматривается, разработанный авторами, «Метод отскока» для измерения спектра выталкивающей силы распределенной упругой системы. В качестве примера замерен спектр удельной выталкивающей силы губчатой резины толщиной 6 мм и определена частота, на которой выталкивающая сила максимальна. Без знания этого параметра невозможно «подстроиться» под резонанс упругой системы, например напольного покрытия, двигательного действия спортсмена.

**METHOD OF KICKBACK AS A WAY OF MEASURING THE SPECTRUM OF EXPULSIVE FORCES OF ELASTIC SYSTEM**

*Keywords: close combat, service and applied arts, vocational and applied physical training, course, armed conflict.*

**Abstract.** In the article the authors developed a method of measuring the buoyancy force distributed elastic systems. These primarily include floor coverings, and rubber coverage and synthesized based materials in the form of sheets. Elastic material properties are estimated to rebound consistently falling on them from the height of metal rods of different specific gravity. When the rebound rod acquires acceleration recorded is attached at one of its ends an acceleration sensor. The signal from the acceleration sensor is input to the spectrum analyzer, the function of which is to filter the acceleration signal of the narrowband bandpass filters. The restructuring of the bandwidth of the filters is using replacement RC- chains each time before the next drop of the rod on an elastic system. Using metal rods of different specific gravity, identify the frequency of acceleration at which the buoyancy force is calculated by the formula (1) of the tested elastic system, has a maximum value.

$$F_{kn} = \frac{m_k \cdot a_{nk}}{w_n} \quad (1), \text{ where}$$

$F_{kn}$  (kg·sec/cm<sup>2</sup>) – specific buoyancy within the nth harmonic at the kth unit mass of the rod;

$m_k$  – specific kth weight of the rod (kg/cm<sup>2</sup>);

$a_{nk}$  (g) – the acceleration of the rod on the nth harmonic of the k<sup>th</sup> specific gravity;

$w_n$  (radian per second) – the frequency of the nth harmonic of the rod.

Identified the value of  $w_n$  at which the repulsive force of the elastic system is maximum, is then used to calculate structural parameters, such as thrust in sneakers for tuning into resonance with motor action of the athlete.

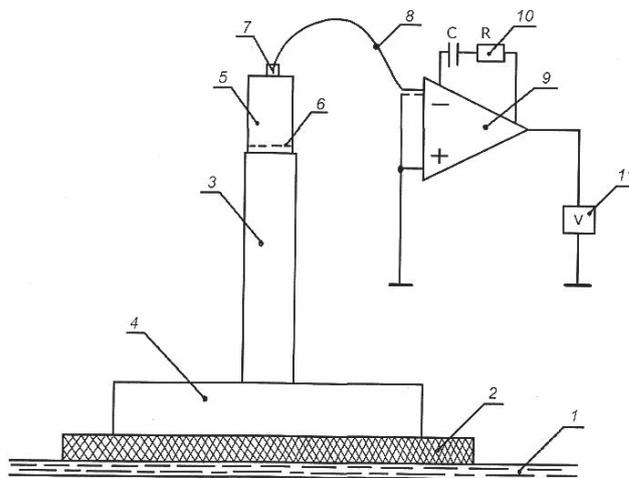
**Актуальность.** В настоящее время не существует никаких методик по измерению спектра выталкивающей силы упругих распределенных систем, и в частности, измерения ее максимального значения. Разработка такой методики должна продвинуть спортивную науку в этой области и развернуть разработку высокочастотных упругих распределенных систем.

**Цель исследования.** Используя метод отскока, найти частоту (гармонику) ускорения отскока  $w_n$ , на которой проявляется максимальная выталкивающая сила распределенной упругой системы.

**Метод исследования.** Экспериментальный. На рисунке 1 приведено устройство для измерения спектра выталкивающей силы распределенной упругой системы.

Устройство состоит из металлической трубки 3 длиной примерно 40 см и внешним диаметром 1,5–1,6 см с приваренным к одному из ее концов фланцем 4 для вертикальной устойчивости. Трубка устанавливается на испытуемый упругий объект 2. Внутри трубки поочередно вставляются металлические стержни 5 разной массы по скользящей посадке длиной несколько превышающей длину самой трубки. Разная масса стержней достигается за счет изменения их длин по отношению друг к другу. Постоянство высоты

падения стержней обеспечивает риска 6, нанесенная на их поверхностях примерно в 20 см от концов со стороны фланца. На верхних торцах стержней через пластилин крепится датчик 7, который через кабель 8 соединяется с спектронализатором 9 со сменяемыми RC-цепочками 10, регулируемыми полосу пропускаемых частот, к выходу которого подключен вольтметр 11 в качестве индикатора ускорений.



*Рис. 1. Устройство для измерения спектра выталкивающей силы распределенной упругой системы*

Таблица

Опытные замеры импульса выталкивающей силы, губчатой резины

$w_n$ (рад/с)	37,68	50,24	62,80	75,36	113,04	125,60	
$a_1$ (g)	0,377	0,628	0,880	1,05	1,13	0,754	$m_1=1,1$ (кг/см <sup>2</sup> )
$F_{1n \cdot 10^{-2}}$ (кг·с/см <sup>2</sup> )	1,10	1,37	1,54	1,54	1,10	0,66	
$a_2$ (g)	0,5	0,94	1,00	1,11	1,24	1,17	$m_2=1,5$ (кг/см <sup>2</sup> )
$F_{2n \cdot 10^{-2}}$ (кг·с/см <sup>2</sup> )	1,99	2,81	2,39	2,20	1,64	1,39	
$a_3$ (g)	0,126	0,279	0,349	0,419	0,628	0,523	$m_3=1,8$ (кг/см <sup>2</sup> )
$F_{3n \cdot 10^{-2}}$ (кг·с/см <sup>2</sup> )	0,61	0,99	1,00	0,99	1,00	0,75	

Принцип работы устройства таков: в спектралитизаторе с помощью сменных RC-цепочек устанавливается полосовой фильтр с центральной частотой 37,68 рад/с (6,0 герц). Далее металлический стержень с удельной массой  $m_k$  вставляется в трубку и с высоты, которая определяется совмещением пунктирной риски на стержне с краем трубки, падает на испытываемую упругую систему, а затем отскакивает от нее. Датчик, закрепленный на верхнем торце стержня, по показанию вольтметра фиксирует ускорение при его отскоке, которое записывается в квадрат таблицы №1, находящейся на пересечении  $w=36,68$  рад/с и  $a_1$  (g). Далее в спектралитизаторе полосовой фильтр с частотой  $w=36,68$  рад/с меняется на частоту  $w=50,24$  рад/с (8,0 герц) путем замены RC-цепочки и с тем же металлическим стержнем процедура измерения ускорения на гармонической составляющей  $w=50,24$  рад/с повторяется. Результат измерения записывается в квадрат таблицы, находящейся на пересечении  $w=50,24$  рад/с и  $a_1$  (g). Третий замер ускорения должен происходить при установке в спектралитизаторе полосового фильтра с центральной частотой  $w=62,80$  рад/с (10,0 герц) с записью результата измерения в квадрат таблицы, находящейся на пересечении  $w=62,80$  рад/с и  $a_1$  (g). Четвертый, пятый и шестой замеры производятся аналогично первым трем с установкой соответствующих полосовых фильтров и заполнением оставшихся квадратов строки  $a_1$  (g). Далее по формуле [1]

$$F_{kn} = \frac{m_k \cdot a_{nk}}{w_n} \quad (1), \text{ где}$$

$F_{kn}$  (кг·с/см<sup>2</sup>) – импульс удельной выталкивающей силы на пойн гармонике при кой удельной массе стержня;

$m_k$  – удельная кая масса стержня (кг/см<sup>2</sup>);

$a_{nk}$  (g) – ускорение стержня кой удельной массы на пойн гармонике;

$w_n$  (рад/с) – частота пойн гармонике стержня, рассчитываются импульсы удельной выталкивающей силы на каждой гармонической составляющей  $w_n$ . Таким образом, полностью заполняется строка  $F_{kn}$ . Чтобы найти максимальное значение импульса выталкивающей силы требуется, как минимум провести подобные замеры еще с двумя-тремя другими удельными массами стержней в сторону их увеличения и уменьшения.

**Результаты замеров.** В таблице №1 приведены опытные замеры импульса выталкивающей силы, губчатой резины толщиной 6 мм при трех удельных массах стержней:  $m_1=1,1$  кг/см<sup>2</sup>;  $m_2=1,5$  кг/см<sup>2</sup>;  $m_3=1,8$  кг/см<sup>2</sup>.

Табличные данные показывают, что максимальный импульс выталкивающей силы находится на частоте  $w=50,24$  рад/с (8,0 герц) при удельной воздействующей массе  $m_k=1,5$  кг/см<sup>2</sup>.

**Вывод.** Разработанный способ измерения импульса выталкивающей силы упругой системы путем отскока от нее металлического стержня, с заданной удельной массой, падающего с определенной высоты, предназначался как способ экспресс-замера максимального импульса выталкивающей силы напольного покрытия и/или упругой системы. Чтобы попасть в резонанс силы отталкивания спортсмена с максимальной выталкивающей силой напольного покрытия в соответствии с формулой (1) надо знать три его параметра:  $m_k$ ;  $a_{nk}$  и  $w_n$ , которые определяют максимальную выталкивающую силу. В связи с чем должна быть решена проблема замера напольных покрытий стадионов и спортивных площадок, на которых проводятся главные международные спортивные форумы.

### Литература

1. Трофимова Т. И. Курс физики: учебное пособие для ВУЗов / Т. И. Трофимова. – М. : издательский центр «Академия», 2010. – 560 с.