

УДК 622.23

## **РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ БОЙКОВ ГОРНЫХ МАШИН УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ**

***Жуков И.А.***

*Сибирский государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк*

**Ключевые слова:** удар, импульс, боёк, стержень.

**Аннотация.** В статье приводится решение проблемы повышения эффективности ударных систем за счёт подбора рациональных форм бойков. Предлагается исполнение формы бойка в виде двух ступеней – ударной и цилиндрической поршневой, длины которых подбираются по правилу «золотого сечения». Приводятся и анализируются результаты нахождения форм ударных импульсов, генерируемых при продольном ударе по стержням двухступенчатыми бойками.

## **RATIONAL DESIGNING TWO-STAGE ANVIL BLOCK OF MINING IMPACT MACHINERY**

***Zhukov I.A.***

*Siberian state industrial university, Novokuznetsk*

**Keywords:** impact, impulse, anvil block, rod.

**Abstract.** In this paper the solution of problem of heightening of efficiency of impact systems for the score of selection of rational shapes anvil block is reduced. Shape execution of anvil block in the form of two steps is offered - impact and cylindrical piston, which length steal up by "golden section" rule. Results of a finding of shapes of the impact impulses generated at direct blow on rods two-stage anvil blocks are reduced and analyzed.

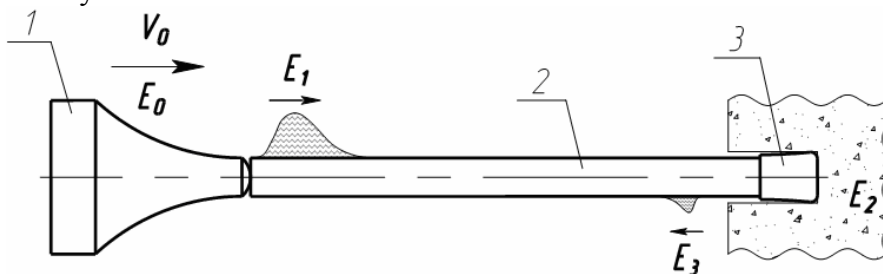
Машины ударного действия (пневматические, гидравлические, электромеханические) имеют самое широкое применение в промышленности, в частности в горном деле, строительстве, металлообработке. Совершенствование таких машин – увеличение их коэффициента полезного действия, уменьшение вредных воздействий на человека, повышение передаваемой мощности является задачей, востребованной практикой.

Совершенствование ударных систем технологического назначения (рисунок 1) возможно путем подбора рациональных форм бойков. Расчет ударных систем технологического назначения включает в себя решение задачи о формировании и распространении импульсов упругой деформации при соударении бойка с волноводом и о прохождении ударного импульса по волноводу в обрабатываемую среду и превращении его энергии в работу разрушения.

Для оценки эффективности работы ударной системы используют коэффициент передачи энергии импульса:

$$\eta = \frac{E_1 - E_3}{E_1}. \quad (1)$$

Энергия  $E_1$  определяется по падающему ударному импульсу, а  $E_3$  – по отраженному.



1 – ударник, 2 – волновод, 3 – инструмент;

$V_0, E_0$  – предударная скорость и энергия бойка;  $E_1, E_3$  – энергия падающего и отраженного импульсов;  $E_2$  – полезная энергия разрушения среды

Рис. 1. Схема ударной системы

В 1953 году Н. Кольский в своей монографии [1] написал: «... если поперечное сечение не постоянно по длине стержня, форма импульса и его амплитуда изменяются в процессе распространения». А в 1964г. Александровым Е.В. было сделано открытие [2] о том, что при постоянной энергии, запасенной бойком ударной системы перед ударом, существенно различными могут быть масса  $m$ , предударная скорость  $V_0$  и форма ударяющего тела, приводящие к изменению формы ударного импульса. На этом основании, подбор целесообразной формы ударника является одним из наиболее действенных методов проектирования и совершенствования ударных механизмов.

Для обеспечения надежности, прочности и долговечности ударных систем технологического назначения применяют ряд некоторых требований к конструкции соударяющихся тел, к которым относятся бойка и волноводы. В частности: 1) детали должны по возможности иметь простые геометрические формы с плавными переходами от одного сечения к другому; 2) соударяющиеся детали должны иметь большие запасы продольной устойчивости. Наиболее простыми с точки зрения геометрической формы являются двухступенчатые ударники, поршневая ступень которых выполняется цилиндрической с целью обеспечения им устойчивого положения в корпусе механизма, а ударная задается из условия обеспечения необходимой формы ударного импульса.

Одним из примеров двухступенчатого бойка, является цилиндроконический [3], в котором длины ступеней подбираются из условия

$$\frac{l_1}{l_2} \leq \sqrt{\frac{6D^2}{D^2 + 2Dd + 3d^2}}, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр ударного торца;  $D$  – диаметр неударного торца;  $l_1$  – длина конической ударной части;  $l_2$  – длина цилиндрической поршневой части.

Формула (2) выведена из условия, что центр тяжести бойка находится в цилиндрической поршневой части, обеспечивая ему тем самым устойчивое положение в корпусе ударного механизма. По аналогии может быть найдено условие подбора длин ступеней бока при других, формах ударной части. Однако при этом значительно усложняется математическая зависимость. Практический анализ конструкций цилиндроконических бойков, построенных в соответствии с условием (2), показал, что создание таких бойков, в которых длины ступеней задаются исходя из правила «золотого сечения»  $\frac{l_1}{l_2} = 1,618$ ,

однозначно обеспечит расположение центра масс в цилиндрической части, причем независимо от формы ударной части бойка. Таким образом, применение правила «золотого сечения» для создания двухступенчатых бойков вполне целесообразно и позволяет существенно упростить подбор геометрических параметров бойка.

Решение задачи нахождения ударного импульса, генерируемого в волноводе при ударе по нему бойком сложной многоступенчатой формы, осуществляется с применением компьютеризированного графоаналитического метода [4], в соответствии с которым боек сложной геометрической формы должен быть аппроксимирован ступенчатым цилиндрическим телом (рисунок 2). Количество ступеней бойка выбирается максимально возможным с целью обеспечения наибольшей точности расчетов. Длины ступеней задаются одинаковыми, а диаметры определяются из условия равенства объемов исходного и ступенчатого бойков

$$d_i = 2\sqrt{\frac{1}{l_1} \int_0^{x_{pn}} y^2 \cdot dx}, \quad (3)$$

где  $l_1$  – длина одной цилиндрической ступени;  $x_{pn}$  – значение координаты  $x$  неударного торца бойка;  $y$  – функция, описывающая боковую поверхность бойка.

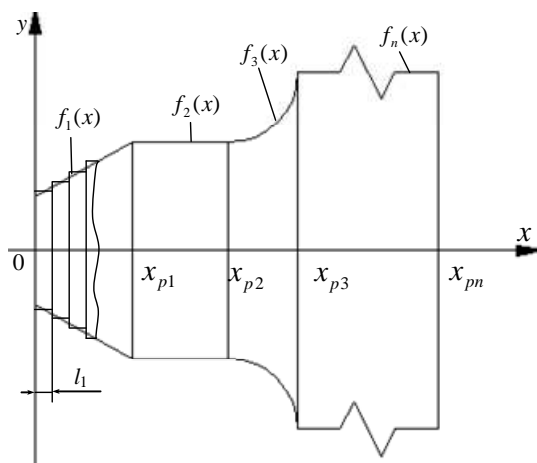


Рис. 2. Сложный боек

Математическая модель многоступенчатого бойка описывается выражением

$$y = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{f_i(x)}{2} \cdot \left( \frac{x_{pi} - x}{|x_{pi} - x|} - \frac{x_{p(i-1)} - x}{|x_{p(i-1)} - x|} \right) \right], \quad (4)$$

где  $n$  – количество ступеней бойка,  $x_{pi}$  – координаты переходных сечений.

С использованием компьютерной программы выполнены расчеты ударных импульсов, генерируемых при ударе по волноводам различными двухступенчатыми бойками, поршневая ступень которых представляет собой цилиндр постоянного поперечного сечения, а ударная часть выполнена в виде тела вращения, образующая которого описывается функциями типа: прямая, гипербола, парабола, синус, тангенс, политропа, экспонента, строфоида, циссоида, верзьера, конхоида, катена.

В качестве примера в таблице 1 приведены полукатеноидальный [5] и цилиндро-полукатеноидальный бойки и соответствующие им ударные импульсы.

Табл. 1. Сравнение бойков и ударных импульсов

| Форм бойка  | Полукатеноидальная | Цилиндро-полукатеноидальная |
|---|--------------------|-----------------------------|
| Изображение бойка                                 |                    |                             |
| Форма ударного импульса,<br>$F = f(t)$ , кН (мкс) |                    |                             |

Анализ найденных форм ударных импульсов показал, что для всех видов бойков характерно следующее:

– амплитуда импульса на переднем фронте нарастает до максимального значения в течение времени  $t_{нс1} = \frac{2l_1}{a}$ , соответствующего удвоенной длине ударной части бойка;

– после максимума в течение времени  $t_{не2} = \frac{2l_2}{a}$ , соответствующего удвоенной длине поршневой цилиндрической части бойка, амплитуда импульса незначительно уменьшается;

– форма первой волны ударного импульса за время  $t_{не1}$  обуславливается лишь геометрией ударной части бойка, что подтверждается совпадением на этом участке с формой импульса, генерируемого соответствующим одноступенчатым бойком;

– форма первой волны ударного импульса за время  $t_{не2}$  обуславливается геометрией и ударной, и поршневой частей бойка.

В качестве критериев сравнения эффективности применения различных форм бойков принято принимать следующие основные параметры:

– отношение величины максимальной амплитуды импульса к величине амплитуды импульса, генерируемой цилиндрическим бойком равного с

волноводом сечения,  $\frac{F_{max}}{F_0}$ ;

– импульс силы за время прохождения первой волны,  $p$ ,  $кН \cdot мкс$ .

Сравнительный анализ результатов исследования процесса соударения двухступенчатых бойков с цилиндрическим полубесконечным стержнем постоянного поперечного сечения, позволил сделать следующие выводы:

– уменьшение величины отношения  $\frac{F_{max}}{F_0}$  двухступенчатого бойка по сравнению с одноступенчатым наблюдается менее 10% у бойков с образующими боковой поверхности ударной части следующих видов: конус (7,5%), катена (3,85%), синус (2,55%);

– максимальная потеря – 33,8% соответствует бойку, ударная часть которого выполнена по экспоненте;

– увеличение импульса силы  $p$  зафиксировано для всех видов бойков, при этом максимальные значения характеры для следующих типов: экспонента (39%), катена (24%), политропа кубическая (24%), политропа квадратичная (21,5%);

– минимальное увеличение импульса силы – 8% соответствует бойку, ударная часть которого выполнена по синусоиде (№6).

С точки зрения оптимального увеличения энергии первой волны (24%) и уменьшения максимальной амплитуды импульса (3,85%), наиболее рациональным является двухступенчатый боек с ударной частью полукатеноидальной формы.

Таким образом, можно констатировать, что выполнение двухступенчатых бойков, длины ударной и цилиндрической поршневой частей которых подбираются по правилу «золотого сечения», возможно для всех форм бойков, т.к. при этом уменьшается их габаритный диаметральный размер и энергия импульса однозначно возрастает, но для некоторых бойков

это не оправданно в связи с уменьшением максимального значения амплитуды более чем на 10%.

Найденные решения ударных импульсов, генерируемых двухступенчатыми бойками различной геометрии, положены в основу базы данных «Справочник ударных импульсов, генерируемых двухступенчатыми бойками». Наличие различных форм ударников дает возможность их рационального выбора для применения в работах различного назначения.

#### Список литературы

1. Кольский Г. Волны напряжения в твердых телах. – М.: Изд-во инстр. лит-ры, 1955. – 192 с. (Oxford, 1953).
2. Открытие 13 СССР. / Е.В. Александров. – Приоритет от 30.10.1957, опублик. 19.03.1964, Бюл. №7. – 1 с.
3. Патент №2484943 РФ, МПК В25D 17/02. Боёк цилиндрикоконический / Дворников Л.Т., Жуков И.А., Молчанов В.В. (РФ) – №2011152123; приоритет от 20.12.2011; опублик. 20.06.2013; Бюл. №17.
4. Жуков И.А. Анализ форм бойков ударных систем графоаналитическим методом / И.А. Жуков, Л.Т. Дворников // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – №1. – С. 15-19.
5. Дворников Л.Т. Продольный удар полукатеноидальным бойком / Л.Т. Дворников, И.А. Жуков. – СибГИУ, Новокузнецк. – 2006. – 80 с.

#### References

1. Kolsky G. Volny of voltage in solids. Moscow: Publishing house of foreign literature, 1955. (Oxford, 1953).
2. Opening 13 USSR / E.V. Alexandrov. – Priority from 30.10.1957; publ. 19.03.1964, Bul. №7. – 1p.
3. Patent 2484943 RU. Cylinder-conical anvil block / Dvornikov L.T., Zhukov I.A., Molchanov V.V. – Priority from 20.12.2011; publ. 20.06.2013, Bul. №17.
4. Zhukov I.A., Dvornikov L.T. Assaying of shapes anvil blocks of impact systems a semigraphical method // Bulletin computer and information technology. 2009. №1. P. 15-19.
5. Dvornikov L.T., Zhukov I.A. Longitudinal shock by half-catenary anvil block. Novokuznetsk: SibSIU, 2006. 80p.

#### Сведения об авторах:

**Жуков Иван Алексеевич** – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет, директор Научно-исследовательского центра «МашиноСтроение», г.Новокузнецк

#### Information about authors:

**Ivan A. Zhukov** –doctor of technical sciences, associate professor, head of department of mechanics and engineering, Siberian state industrial university, Scientific Research Centre "MachineStructure", Novokuznetsk

Получена 12.10.2018