

Алгоритм синтеза ударников переменного сечения по геометрии первой волны импульса ими генерируемого

Е.Г. Тимофеев,
асп., каф. «Механ. и машиностр.», veefomit77777@yandex.ru,
И.А. Жуков,
д.т.н., доц., зав. «Механ. и машиностр.», tmmiok@yandex.ru,
СибГИУ, г. Новокузнецк

В статье рассматривается решение задачи синтеза ударника переменного сечения для импульсной ударной машины. Приводится описание и блок-схема численно-аналитического метода, позволяющего по геометрии ударного импульса производить синтез ударников с высокой точностью.

In article the solution of a problem of synthesis of the anvil-block of variable section for the pulse shock machine is considered. The description and the flowchart of the numerical and analytical method allowing to make on geometry of a shock impulse synthesis of anvil-blocks with high precision is provided.

Машины и механизмы ударного действия позволяют обрабатывать или разрушать объекты с огромными усилиями. Их широко применяют в горнодобывающей промышленности. Одним из их основных компонентов является боек (или ударник). Это тело вращения, образующая которого состоит из одной или нескольких простых кривых [1]. Им генерируется ударный импульс, передающийся к обрабатываемому объекту. Амплитуда и длительность импульса определяют эффективность применения механизма [2]. Согласно открытию Е.Г. Александра [3], параметры ударного импульса определяются геометрической формой ударника. Это открытие дало толчок к разработке аналитического метода расчета ударного импульса. Данный метод был создан в 70-х – 80-х годах XX века и носит название: «графоаналитический метод». Активное использование ЭВМ привело к трансформации данного метода в численный. На его базе был создан комплекс расчетных программ, которые позволяют определять импульсы от ударников любой формы [4,5].

Но практическое решение задачи расчета ударника для импульсного разрушающего механизма (перфоратора, отбойного молотка и т.д.) идет от объекта, который необходимо обрабатывать. Для этого изучаются его геологические и механические характеристики. Анализ этих параметров позволяет определить внешний вид первой волны ударного импульса [6], необходимого для обработки объекта. Для осуществления такого анализа написана программа, позволяющая оперативно определять параметры и строить график первой волны оптимального для данной породы разрушающего импульса.

Соответственно, возникает вопрос: «Какой формы должен быть ударник, который способен сгенерировать данный импульс?». Этот вопрос определяет задачу исследования, которая заключается в разработке аналитического метода, позволяющего синтезировать ударник по геометрии первой волны ударного импульса. Искомыми параметрами здесь являются (рис. 1): L – длина ударника; d_1 , d – диаметры ударного и неударного торцов соответственно; $f(x)$ – простая кривая, задающая образующую боковой поверхности ударника.

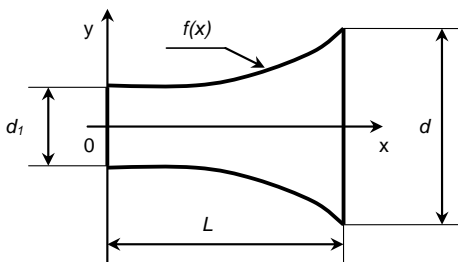


рис.1 Искомые параметры синтезируемого ударника, представляющего собой тело вращения простой кривой $f(x)$ вокруг оси абсцисс

Следует отметить, что данная задача ставилась и решалась ранее [], ее решение базировалось на обратном применении графоаналитического метода. Но данный подход оказался не рациональным, при его описании в среде программирования математического редактора MAPLE, удалось получить программу позволяющие синтезировать ударники, стоящие из 7 цилиндрических ступеней. Такой подход позволял: рассчитать численные значения L и d_1 с высокой точностью; оценить вид функции образующей боковой поверхности бойка и значения диаметра неударного торца - d . Предлагаемое решение задачи синтеза является усовершенствованием ранее разработанного метода, оно позволяет синтезировать ударники из 70 и более цилиндрических ступеней, что позволяет в разы снизить вероятность ошибки.

Синтез ударника осуществлялся путем его составления из цилиндрических ступеней одинаковой длины l_i и различного диаметра d_i (рис. 2). Для его осуществления необходимо знать следующие параметры ударного импульса и бегущего ударника: функцию $F(t)$, характеризующую первую волну ударного импульса, длительность первой волны ударного импульса - t_i ; диаметр удароприёмника (волновода – в непогружном механизме или ударопринимающей ступени внедряющегося инструмента – в погружном механизме) – d_0 ; модуль упругости и плотность материала бойка и удароприёмника – E и ρ ; предупредную скорость бойка – V_0 .

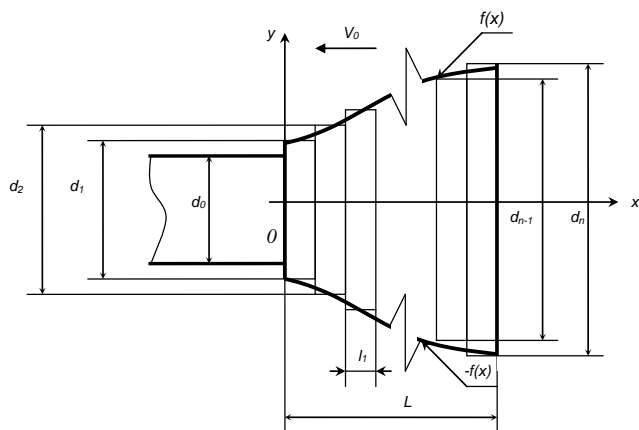


рис. 2 Синтез ударника из цилиндрических ступеней одинаковой длины l_1 и разного диаметра d_i (здесь d_0 - диаметр удароприемника; V_0 – предупредная скорость бойка)

Расчет начинается с представления графика первой волны ударного импульса $F(t)$ в виде столбчатой гистограммы, состоящей из произвольного числа столбцов N (оптимальное количество N равно 80) одинаковой ширины t_1 и различной высоты F_i (рис. 3). Расчет величины силы F_i производился из равенства площадей соответствующего столбца гистограммы и площади криволинейной трапеции под графиком $F(t)$, ограниченной прямыми: $y=(i-1)t_1$, $y=it_1$ и осью OX , где i - порядковый номер столбца силовой гистограммы:

$$F_i = \frac{1}{t_1} \int_{(i-1)t_1}^{it_1} F(t) dt \quad (1)$$

Целью этого этапа является формирование массива численных значений сил, характеризующих первую волну ударного импульса. Число элементов данного массива равно $2N$, численное значение каждой силы в нем представлено по два раза (на нечетной позиции и последующей за ней четной), это связано особенностями графоаналитического метода. Поэтому выражение (1) рассчитывает только нечетные элементы массива, а четные являются их копией.

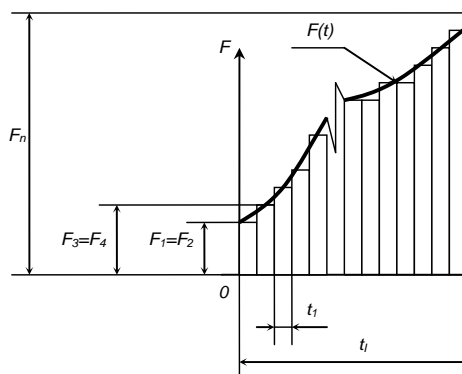


рис.3 Представление графика первой волны ударного импульса в виде столбчатой гистограммы

Следует отметить, что число столбцов силовой гистограммы N , равно количеству цилиндрических ступеней, из которых будет сформирован синтезируемый ударник. Длина всего ударника легко определяется согласно выражению:

$$L = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \frac{t_1}{2} \quad (2)$$

Для расчета диаметров цилиндрических ступеней был разработан численно-аналитический метод. Идея которого состоит в том, что каждый i -тый столбец силовой гистограммы определяет численное значение площади i -той цилиндрической ступени. Поэтому расчет диаметров ступеней нужно производить не путем составления и решения системы N уравнений (как это предлагалось ранее), а путем последовательного расчета диаметров ступеней с сопутствующим превращением величин, зависящих от этих значений в числа. Такой подход позволил создать алгоритм расчета численных значений диаметров цилиндрических ступеней синтезируемого ударника, блок-схема которого представлена на рисунке 4.

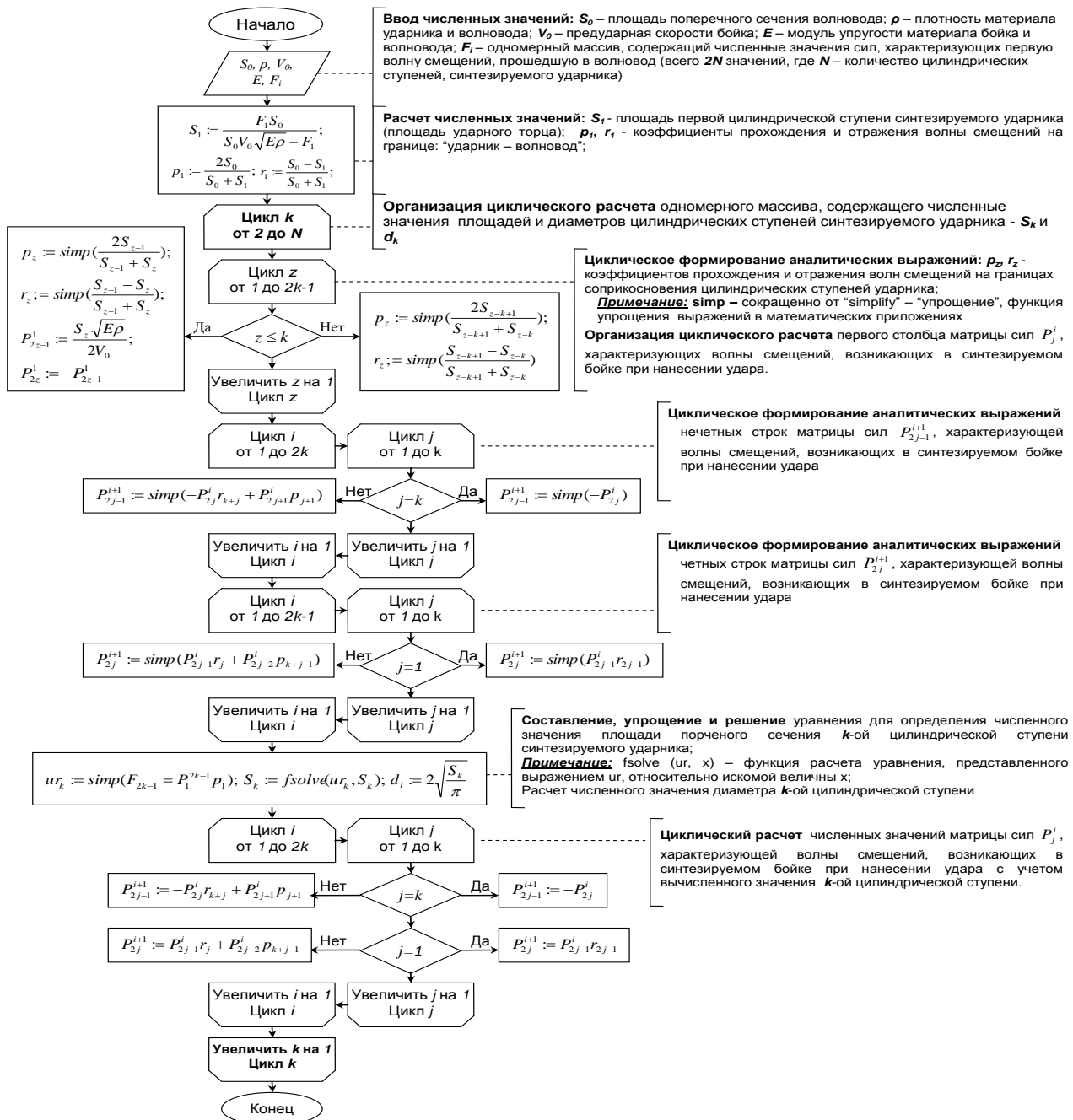


рис. 4 Блок-схема алгоритма численно аналитического метода синтеза ударников переменного сечения из цилиндрических ступеней

Итогом расчета является массив d_i , где содержатся численные значения диаметров цилиндрических ступеней синтезируемого бойка. По эти значениям «собирается» ударник (рис.2) и в результате аппроксимации выводится функция образующей боковой поверхности $F(x)$.

Разработка данного алгоритма синтеза позволила написать программу на языке программирования математического редактора MAPLE, что позволило автоматизировать расчёт.

Литература

1. 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.
2. Иванов К.И. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых / К.И. Иванов, В.А. Латышев, В.Д. Андреев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 272 с.
3. Открытие 13 СССР. / Е.В. Александров. – Приоритет от 30.10.1957, опубл. 19.03.1964, Бюл. №7. – 1 с.
4. Жуков И.А. Моделирование продольных колебаний сложных бойков ударных систем / И.А. Жуков, Е.Г. Тимофеев, В.В. Молчанов // Научное обозрение. – 2015. – №5. – С. 90-93.
5. Тимофеев Е.Г. Применение информационных технологий в решении задачи рационализации ударных импульсов, генерируемых в машинах ударного действия / Е.Г. Тимофеев, И.А. Жуков // интеллектуальные системы, управление и мехатроника – 2018: Материалы Всероссийской научн.-техн. конф., Севастополь 29-31 мая 2018 г. / МОН РФ, СевГУ [науч. ред. Барabanов А.Т.] – Севастополь: [Изд-во СевГУ], 2018 – С. 161-165.
6. Жуков И.А. Зависимость «сила – внедрение» горной породы как исходный параметр для синтеза машин ударного действия // Journal of Advanced Research in Natural Science. – 2018. – №4. – С. 42-48.