

М.В. Секретов

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ УДАРНЫХ ВОЛН ЧЕРЕЗ КОРПУС РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА С РАЗЛИЧНЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБЬЕВ

Дано описание компьютерной программы «Удар 2013» для анализа эффективности прохождения ударных волн через корпус рабочего инструмента с различным профилем зубьев. В основу работы программы положен принцип Гюйгенса, описывающий закон отражения волн. Программа позволяет установить рациональную форму и геометрические параметры инструмента. Алгоритм программы основывается на математической модели распространения ударных волн в корпусе рабочего инструмента, созданной в системе Matlab. Математическая модель описывает процесс распространения фронта ударной волны в заданном сечении корпуса инструмента. При исследовании корпуса рабочего инструмента с зубьями трапецеидального профиля выявлено, что при уменьшении угла наклона боковой поверхности зуба с 35° до 10° эффективность прохождения ударных волн возрастает примерно в 1,5 раза. При этом во время рабочего процесса уменьшается стойкость инструмента из-за концентрации напряжений в зубе в зоне контакта с породой. Рекомендуется использовать зубья трапецеидального профиля с углом наклона боковой поверхности не более 15° – 20° . При этом коэффициент прохождения ударных волн $K_{\text{пув}} = 0,73$ – $0,80$. Для повышения стойкости ударного инструмента целесообразно использовать корпус с зубьями кругового профиля. При использовании такого инструмента коэффициент прохождения ударных волн $K_{\text{пув}} = 0,61$.

Ключевые слова: рабочий инструмент, ударная волна, компьютерная программа «Удар 2013», зона контакта, трапецеидальный зуб, угол наклона боковой поверхности зуба, круговой зуб, коэффициент прохождения ударной волны.

Введение

Машины ударного разрушения получили широкое применение в горной и строительной промышленности. К ним относятся горные и строительные машины ударного, ударно-поворотного, ударно-вращательного, вращательно-ударного типа. К машинам ударного типа относятся отбойные молотки, гидромолоты (бутобой). К машинам ударно-поворотного, ударно-вращательного, вращательно-ударного типа относятся пневматические, гидравлические и электрические перфораторы, бурильные установки и станки, сваезабивные установки.

На эффективность работы перечисленных типов машин определяю-

щую роль оказывает форма и конструкция рабочего инструмента с точки зрения прохождения через него ударных волн. В статье дан анализ прохождения ударных волн через корпус рабочего инструмента с помощью компьютерной программы «Удар 2013», созданной в системе Matlab.

В основу работы, рассматривающей закономерности распространения ударных волн в корпусе ударного инструмента (долота и коронки бурильных машин ударно-поворотного, ударно-вращательного и вращательно-ударного типов, пики и зубила отбойных молотков и т.д.) положен принцип Гюйгенса, описывающий закон отражения волн. Он свидетельствует о том, что «угол отражения вол-

ны равен углу падения по отношению к отражающей поверхности» и «падающий луч, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости» [1].

Анализ схемы распространения ударных волн в корпусе рабочего инструмента

Анализ эффективности прохождения ударных волн через корпус рабочего инструмента основывается на компьютерной программе «Удар 2013». Алгоритм программы основывается на математической модели распространения ударных волн в корпусе рабочего инструмента, созданной в системе Matlab [2, 3]. Математическая модель описывает процесс распространения фронта ударной волны в заданном сечении корпуса инструмента.

Фронт разбивается на множество

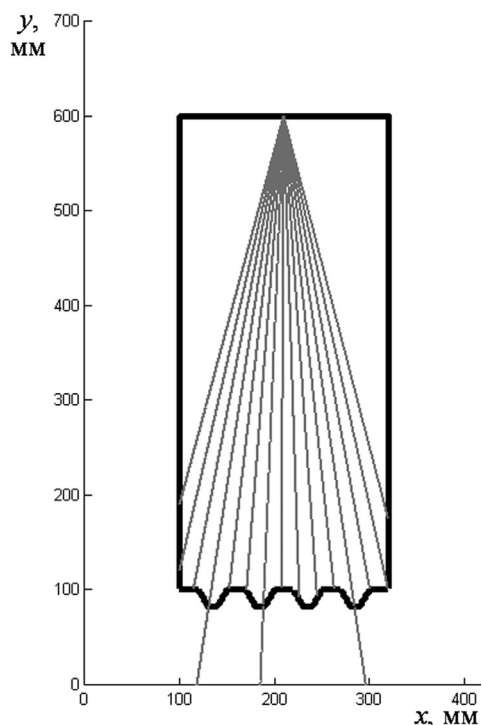


Рис. 1. Схема распространения первичного фронта ударной волны с большим угловым шагом разбиения отрезков

отрезков (рис. 1, 2), исходящих из точки (или точек зоны) нанесения удара по инструменту и заканчивающихся в противоположных (конечных) точках слияния отрезка с контуром сечения этого инструмента. Эти отрезки назовем первичными, а совокупность всех этих отрезков назовем первичным фронтом. Первичный фронт имеет форму конуса, соответственно трапеции при рассмотрении проекции сечения инструмента (рис. 1, 3).

При достижении противоположных (конечных) точек ударная волна либо проходит через зону контакта в горную породу, либо отражается от границы контура, неконтактирующую с горной породой. Отраженная волна также разбивается на множество отрезков. Назовем эти отрезки вторичными, а совокупность всех этих отрезков назовем вторичным фронтом.

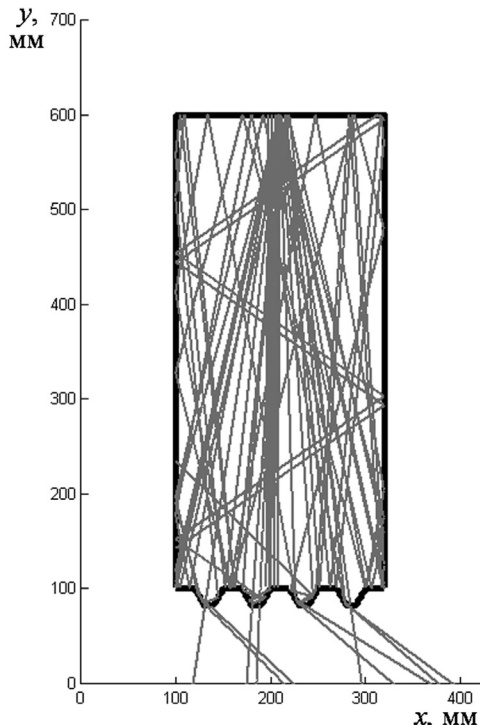


Рис. 2. Схема распространения ударных волн в корпусе ударного инструмента с большим угловым шагом разбиения отрезков

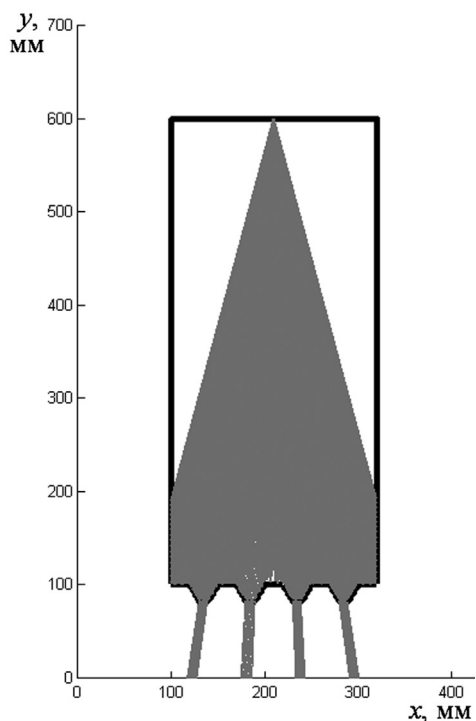


Рис. 3. Схема распространения первичного фронта ударной волны с малым угловым шагом разбиения отрезков

Второе отражение ударной волны образует, третичный фронт, третье – четвертичный и т.д. до затухания волны. Схемы распространения ударных волн в корпусе рабочего инструмента с несколькими отражениями от боковой поверхности зуба и инструмента изображены на рис. 2, 4 и 5.

Визуальный анализ схем на рис. 4 и 5 и анализ полученных данных версии компьютерной программы «Удар 2013 трапец», моделирующей процесс распространения ударных волн в корпусе ударного инструмента с трапециевидальным профилем зубьев, показывает, что при уменьшении угла наклона боковой поверхности зуба δ с 30° до 15° количество отрезков ударной волны, проходящих в породе, возрастает, а следовательно увеличивается коэффициент прохождения ударных волн $K_{\text{пув}}$.

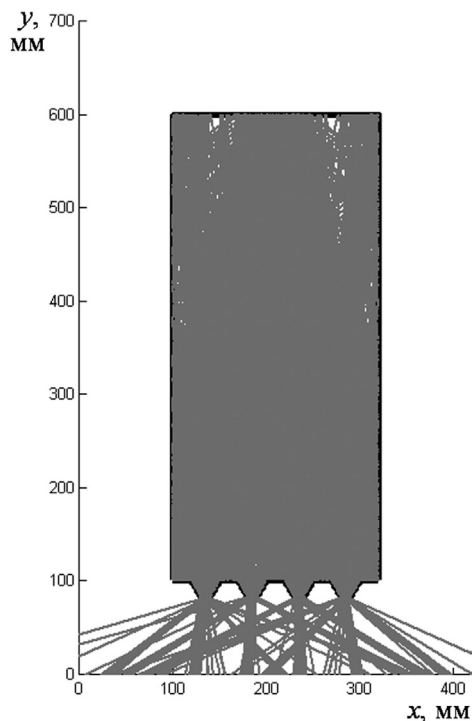


Рис. 4. Схема распространения ударных волн в корпусе ударного инструмента с трапециевидальным профилем зубьев с малым угловым шагом разбиения отрезков ударного фронта (угол наклона боковой поверхности зуба $\delta = 30^\circ$)

На основании полученных результатов программы «Удар 2013 трапец» строится график зависимости коэффициента прохождения ударной волны $K_{\text{пув}}$ от угла наклона боковой поверхности зуба δ (рис. 6). График показывает значительное возрастание эффективности прохождения ударных волн вследствие уменьшения угла наклона боковой поверхности зуба.

С помощью версии компьютерной программы «Удар 2013 круг» возможно проанализировать характер распространения ударных волн в корпусе ударного инструмента с круговым профилем зубьев (рис. 7) и рассчитать коэффициент прохождения ударных волн $K_{\text{пув}}$. Для схемы на рис. 7 коэффициент $K_{\text{пув}} = 0,61$. Такой коэффициент прохождения ударных волн бу-

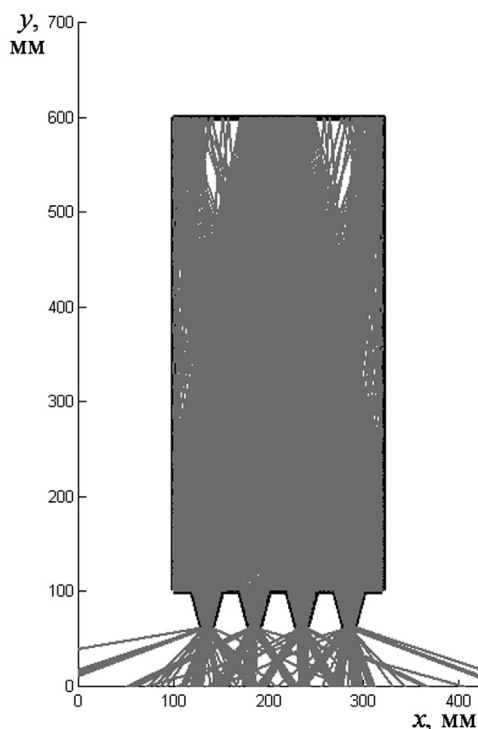


Рис. 5. Схема распространения ударных волн в корпусе ударного инструмента с трапециевидным профилем зубьев с малым угловым шагом разбиения отрезков ударного фронта (угол наклона боковой поверхности зуба $\delta = 15^\circ$)

дет характерен для корпуса ударного инструмента с трапециевидным профилем зубьев с углом наклона боковой поверхности зуба $\delta = 25 \div 30^\circ$.

Программа «Удар 2013» позволяет проводить анализ эффективности распространения ударных волн в корпусе ударного инструмента с различной конфигурацией, в различных профилем и размером зубьев.

Вывод

С помощью компьютерной программы «Удар 2013» возможно проведение анализа эффективности прохождения ударных волн через корпус рабочего инструмента с различной его конфигурацией, различным профилем и размерами зубьев. При исследовании зубьев трапециевидного

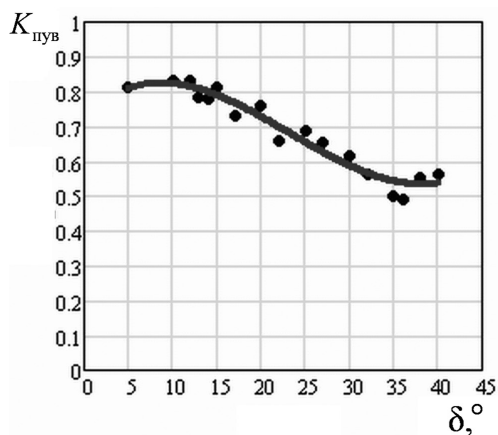


Рис. 6. Зависимость коэффициента прохождения ударной волны $K_{\text{пув}}$ в корпусе ударного инструмента с трапециевидным профилем зубьев от угла наклона боковой поверхности зуба δ

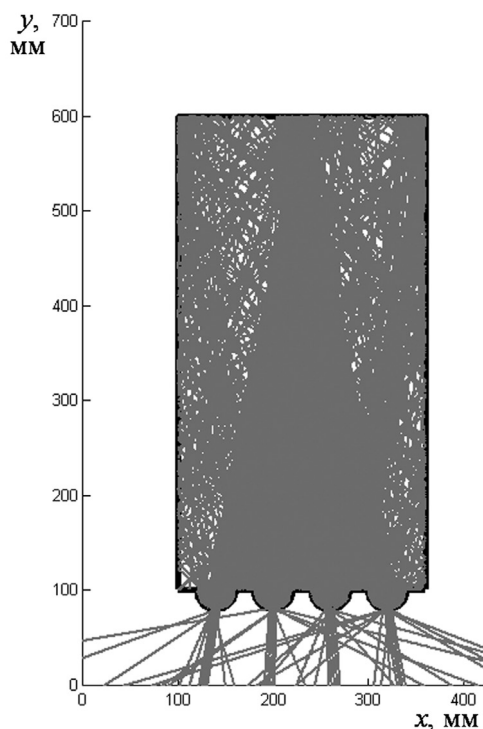


Рис. 7. Схема распространения ударных волн в корпусе ударного инструмента с круговым профилем зубьев с малым угловым шагом разбиения отрезков ударного фронта

профиля выявлено, что при уменьшении угла наклона боковой поверхности зуба с 35° до 10° эффективность прохождения ударных волн возрастает примерно в 1,5 раза. При этом, как показывает практика, во время работы уменьшается стойкость инструмента из-за концентрации напряжений в зубе в зоне контакта с породой. Происходит выкрашивание рабочих участков. Рекомендуется использо-

вать зубья трапецеидального профиля с углом наклона боковой поверхности не более 15° – 20° , при этом коэффициент прохождения ударных волн $K_{\text{пув}} = 0,73 \div 0,80$. Для повышения стойкости ударного инструмента целесообразно использовать корпус с зубьями кругового профиля. При использовании такого инструмента коэффициент прохождения ударных волн $K_{\text{пув}} = 0,61$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учебник для 10 класса средней школы. – М.: Просвещение, 1987. – 319 с.

2. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

3. Дьяконов В.П. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 768 с. **ПИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Секретов Михаил Валентинович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: msekr@yandex.ru, МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC 622.24.05

THE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF PASSAGE OF SHOCK WAVES THROUGH THE CASE OF THE WORKING TOOL WITH A DIFFERENT TOOTH PROFILE

Sekretov M.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: msekr@yandex.ru, Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS».

Description of computer program «Shock 2013» for the analysis of the effectiveness of shock waves through the body of the working tool with different profile of teeth. The work programme is based on the principle of Huygens, describing the law of reflection waves. The program allows to set a rational form and geometrical parameters of the tool. The algorithm of the program is based on the mathematical model of propagation of shock waves in the body of the working tool, created in Matlab. Mathematical model describes the process of propagation of a shock wave in a given section of the tool. When investigating the case of the worker tool tooth trapezoidal revealed that a decrease in the angle of inclination of the side surface of the tooth with 35° to 10° efficient completion of shock waves increases in 1,5 times. While the workflow is reduced tool wear resistance due to the stress concentration in the tooth in a zone of contact with the breed. It is recommended to use teeth trapezoidal with the angle of inclination of the side surface of no more than 15° – 20° . The transmission coefficient of shock waves $K_{\text{исв}} = 0,73$ – $0,80$. To increase the stability of impact tools, it is expedient to use the case with the teeth of circular profile. When using such a tool transmission coefficient of shock waves $K_{\text{исв}} = 0,61$.

Key words: the working tool, shock wave, the computer software «Shock 2013», contact zone, trapezoid tooth, corner of an inclination of a lateral surface of a tooth, circular tooth, coefficient of passage of a shock wave.

REFERENCES

1. Myakishev G.Ya., Bukhovtsev B.B. Fizika: Uchebnik dlya 10 klassa srednei shkoly (Physics: Secondary school textbook, 10th grade), Moscow, Prosveshchenie, 1987, 319 p.

2. Anufriev I.E., Smirnov A.B., Smirnova E.N. MATLAB 7, Saint-Petersburg, BKhV-Peterburg, 2005, 1104 p.

3. D'yakonov V.P. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Samouchitel' (MATLAB 7.*/R2006/R2007: Self-teaching textbook), Moscow, DMK Press, 2008, 768 p.