

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРЫ ОБРАТНОГО ХОДА ПНЕВМОМОЛОТА С МЕХАНИЧЕСКИМ ЗАМЫКАНИЕМ УПРУГОГО КЛАПАНА

Александр Васильевич Червов

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, ведущий инженер лаборатории механизации горных работ, тел. (383)205-30-30, доп. 211, e-mail: chervov@mail.ru

Сделано краткое описание устройства и работы пневмомолота с системой воздухораспределения, основанной на применении упругого клапана в выхлопном тракте камеры обратного хода. По заданным параметрам пневмомолота (энергия удара, скорость соударения, форма рабочей камеры, соотношение площадей камер, давление сжатого воздуха и др.) рассчитаны: масса ударника, рабочий ход, диаметры рабочей камеры и цилиндрической части камеры обратного хода, размеры кольцевого упругого клапана. Предложенный метод расчёта учитывает изменение площади сечения камеры обратного хода при движении ударника назад. Полученные расчётные значения позволили составить диаграмму изменения давления воздуха в камере обратного хода в зависимости от времени.

Ключевые слова: расход воздуха, скорость ударника, упругий клапан, масса.

CALCULATUION OF DYNAMIC PARAMETERS OF REVERSE CHAMBER OF PNEUMATIC HAMMER WITH MECHANICAL LOCKING OF ELASTIC VALVE

Alexander V. Chervov

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Leading Engineer, Mining Mechanization Laboratory, phone: (383)205-30-30, extension 211, e-mail: chervov@mail.ru

In paper short description of construction and functioning of pneumatic hammer with air distribution system based on application of elastic valve in exhaust line of reverse chamber is carried out. Using specified parameters of pneumatic hammer (percussion energy, percussion speed, ration of chamber squares, form of working chamber, compressed air pressure and etc.) mass of striking pin, working path, diameters of working chamber and cylindrical part of reverse chamber, dimensions of circle elastic valve are calculated. Proposed method of calculation considers change of cross-section of reverse chamber when striking pin moves back. Obtained calculated values have allowed to develop diagram chart of change of air pressure in reverse chamber in dependence on time.

Key words: air discharge, speed of striking pin, elastic valve, mass.

Из существующих способов прокладки подземных коммуникаций закрытым способом наиболее универсальным и надёжным является забивание в грунт металлического футляра (стальной трубы) пневматическим молотом (1). При анализе различных ударных устройств для забивания труб в грунт можно прийти к выводу, что наиболее целесообразно выбрать для использова-

ния в качестве ударного узла пневмомолот с клапанным воздухораспределителем "Тайфун", разработанный в ИГД СО РАН (2), (3), (4). Новая система воздухораспределения пневмомолота принципиально отличается от воздухораспределения пневмопробойника работой камеры обратного хода (ударника) (5), (13), (14).

В рабочем цикле пневмомолота отсутствует противодействие со стороны камеры обратного хода во время разгона ударника, что позволяет повысить энергию удара по сравнению с рабочим циклом, в котором присутствует расширение сжатого воздуха перед выхлопом (6), (8). Под воздействием давления в камере прямого хода 2 ударник 3 ускоренно движется до удара о наковальню 4, вытесняя воздух из полости перед ударником. Непосредственно перед ударом резиновое кольцо 5 касается внутренней поверхности наковальни 4, образуя камеру обратного хода 6 вместе с наковальней и передней частью ударника. После удара ударник вследствие разности площадей камер рабочей и обратной хода движется в обратную сторону. При этом под воздействием давления в камере обратного хода резиновое кольцо растягивается в радиальном направлении при скольжении по наковальне с криволинейной образующей, обеспечивая герметичность камеры обратного хода. В конце обратного хода ударника резиновое кольцо оказывается в пазах 12, нарушается герметичность камеры обратного хода, давление в ней падает, кольцо упруго сжимается, образуется кольцевой зазор, по которому происходит выхлоп сжатого воздуха из камеры обратного хода и вытеснение воздуха при движении ударника под воздействием давления в камере прямого хода.

Пневмомолот "Тайфун" с механическим замыканием упругого клапана имеет следующее устройство (рис. 1): 1 – рукав; 2 – камера прямого хода; 3 – ударник; 4 – наковальня; 5 – резиновое кольцо; 6 – камера обратного хода; 7 – жиклер с калиброванным отверстием; 8 – инерционный клапан; 9 – резиновое седло клапана; 10 – канал; 11 – сквозное отверстие; 12 – пазы для выхлопа; 13 – канал; 14 – ступица; 15 – клапан; 16 – полиэтиленовое кольцо; 17 – патрубок; 18 – корпус; 19 – хвостовик; 20 – демпфер.

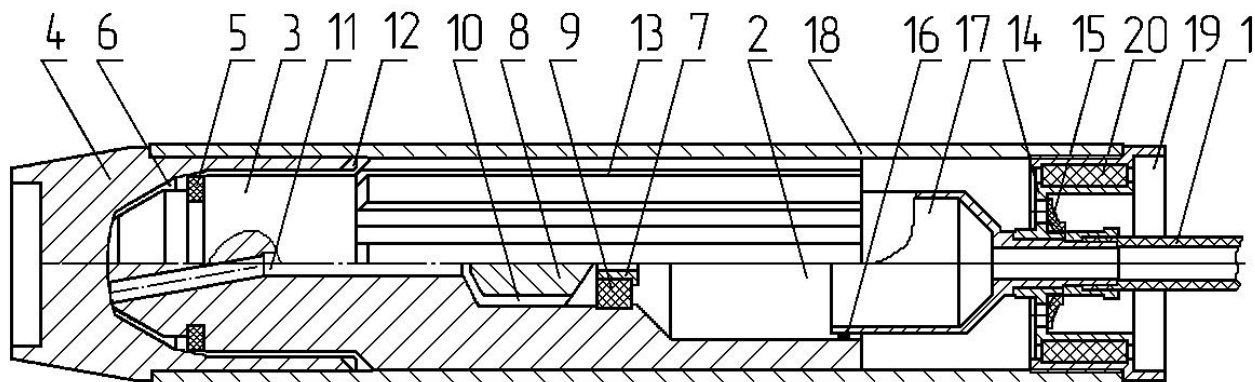


Рис. 1

Камера обратного хода имеет следующие основные параметры: диаметр цилиндрической части $D_{\text{ох}}$, длина рабочего хода ударника L_p , площадь кольцевого зазора для выхлопа воздуха после окончания обратного хода ударника.

Диаметр цилиндрической части $D_{\text{ох}}$ определяется из выражения определения энергии удара:

$$A_y = p_m \times L_p \times \frac{\pi \times D_p^2}{4}, \text{ откуда } D_p = \sqrt{\frac{4 \times A_y}{p_m \times L_p \times \pi}}, \quad (1)$$

соотношения площадей камеры обратного хода и рабочей камеры β :

$$\beta = \frac{D_{\text{ох}}^2}{D_p^2}, \text{ откуда } D_{\text{ох}} = D_p \times \sqrt{\beta} \quad (2)$$

и формулы рабочей камеры:

$$k = \frac{L_p}{D_p}, \text{ откуда } L_p = D_p \times k, \quad (3)$$

$$D_{\text{ох}} = \sqrt{\beta} \times \sqrt[3]{\frac{4 \times A_y}{p_m \times k \times \pi}}; \quad (4)$$

где p_m — давление воздуха в магистрали.

Длина рабочего хода ударника L_p определяется из выражений (2) и (3):

$$L_p = \frac{k \times D_{\text{ох}}}{\sqrt{\beta}}. \quad (5)$$

Давление воздуха перед выхлопом $p_{\text{вых}}$ определяется из условия равновесия сил, действующих на ударник. Определим $p_{\text{вых}}$ из условия равновесия сил:

$$p_{\text{вых}} \times D_{\text{ох}}^2 = p_m \times D_p^2, \text{ откуда } p_{\text{вых}} = p_m \times \frac{D_p^2}{D_{\text{ох}}^2}. \quad (6)$$

После удара ударника в конце рабочего хода по наковальне он отскакивает от наковальни со скоростью $v_{\text{отс}}$:

$$v_{\text{отс}} = v_{\text{уд}} \times \alpha, \quad (7)$$

где $v_{\text{уд}}$ — скорость ударника в конце рабочего хода, имеет конструктивное ограничение $v_{\text{уд}} = 5$ м/с,

α — коэффициент отскока.

Зная скорость отскока ударника $v_{\text{отс}}$, давление в камере обратного хода в момент удара, диаметр жиклёра 7 (рис. 1), массу ударника, размеры конических поверхностей и диаметр цилиндрической поверхности наковальни, можно рассчитать давление в камере обратного хода для каждого положения ударника.

Определим расход воздуха через жиклёр, исходя из разности давлений в камерах прямого и обратного ходов:

$$G_m = 0.00912 \times p_m \times S_{\text{ж}} \times \mu \times \varphi(\sigma), \quad (8)$$

где μ — коэффициент расхода, $\mu = 1$;

$p_m = 600000$ Па – избыточное магистральное давление.

$S_{\text{ж}}$ — площадь проходного отверстия жиклёра;

$\varphi(\sigma)$ — расходная функция;

$\sigma = \frac{p_{\text{обр}}}{p_m}$, — отношение абсолютных давлений в камерах:

где $p_{\text{обр}}$ — текущее давление в камере обратного хода.

При $\sigma = 0,5282 \dots 1$ истечение воздуха происходит по ламинарному закону и расходная функция определяется так:

$$\varphi(\sigma) = \sqrt[2]{\sigma^{2/k} - \sigma^{(k+1)/k}}, \quad (9)$$

где $k = 1.4$ — показатель адиабаты.

При $\sigma \leq 0,5282$ скорость истечения воздуха стабилизируется и рассчитывается по формуле

$$G_m = 0.00912 \times p_m \times S_{\text{ж}} \times \mu \times \varphi(0,5282), \quad (10)$$

Изменение объёма камеры обратного хода за промежуток времени dt :

$$dV_{\text{обр}} = \frac{v_y \times \pi \times D_{\text{ок}}^2 \times dt}{4}. \quad (11)$$

При использовании программы Excel можно построить диаграмму давления в камере обратного хода (рис. 2).

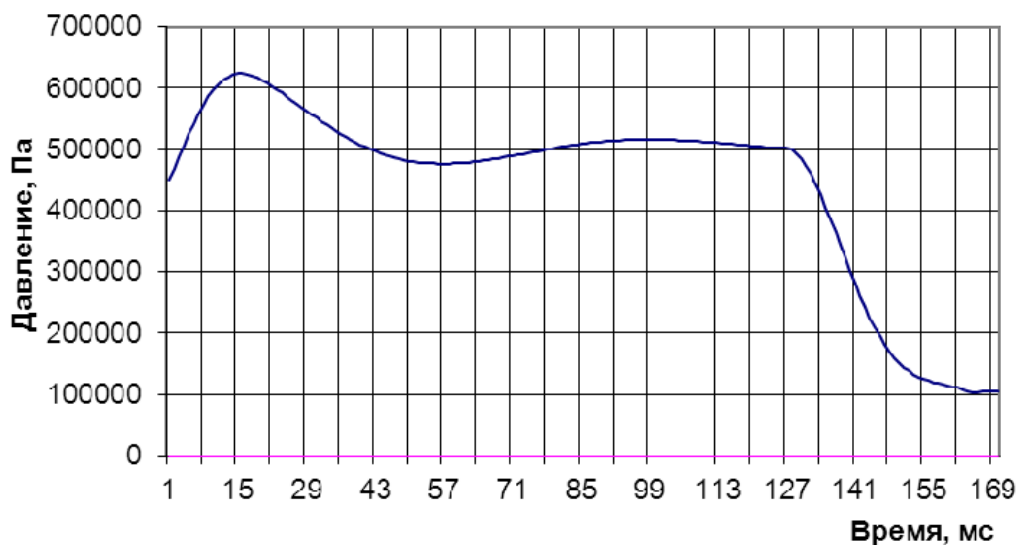


Рис. 2

Вывод. Получены зависимости, позволяющие определить давление в камере обратного хода при любом положении ударника с учётом изменения площади сечения камеры по мере скольжения упругого клапана по поверхности накопительной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гурков К.С., Климашко В.В., Костылев А.Д. и др. Пневмопробойники. – Новосибирск: Изд-во ИГД СО РАН, 1990. – 217 с.
2. Патент РФ № 2105881. Устройство ударного действия. / Червов В.В., Трубицын В.В., Смоляницкий Б.Н., Вебер И.Э. – опубл. в Б. И. 1998, № 6.
3. Гурков К.С., Климашко В.В., Костылев А.Д. и др. Новый типоразмерный ряд пневмопробойников // ФТПРПИ. – 1989. – № 4. – С. 61–65.
4. Смоляницкий Б.Н., Червов В.В., Скачков К.Б. Новые пневмоударные машины Института горного дела СО РАН //Механизация строительства. – 2001. – №12. – С.7–12.
5. Петреев А.М., Примычкин А.Ю. Влияние типа системы воздухораспределения на энергетические показатели пневмоударного узла кольцевой ударной машины // ФТПРПИ. – 2015. – № 3. – С.117–123.
6. Петреев А.М., Примычкин А.Ю. Работа кольцевого упругого клапана в пневмоударном приводе // ФТПРПИ. – 2016. – № 1. – С.132–143.
7. Суднишников Б.В., Есин Н.Н., Тупицын К.К. Исследование и конструирование пневматических машин ударного действия. – Новосибирск: Наука, 1985. – 134 с.
8. Червов В. В., Тищенко И. В., Червов А. В. Влияние элементов системы воздухораспределения пневмомолота с упругим клапаном на потребление энергоносителя // ФТПРПИ. – 2009. – № 1. – С.41–47.
9. Червов В. В., Смоляницкий Б. Н. Экспериментальная оценка диапазона изменения энергетических параметров пневмомолота с механическим замыканием упругого клапана // ФТПРПИ. – 2016. – № 5. – С.92–98.
10. Червов В.В. Минимальная частота ударов пневмомолота с упругим клапаном в системе воздухораспределения // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2016. – № 3. – Т. 2 – С.217–221.
11. Тищенко И. В. Модели пневматических импульсных генераторов с переменной структурой ударной мощности // Известия вузов. Строительство. – 2014. – № 3. – С.79–87.
12. Червов В. В. Основы конструирования пневмомолота для бестраншейной прокладки коммуникаций // Проблемы и перспективы развития горных наук: международная конференция, 1–5 ноября 2004. – Новосибирск. – С. 127–132.
13. Патент РФ № 2462575. Устройство ударного действия / Червов В.В., Смоляницкий Б. Н., Трубицын В.В., Червов А.В., Тищенко И.В. – опубл. в Б. И. 2012, № 27.
14. Патент РФ № 2400350. Устройство ударного действия / Червов В.В., Смоляницкий Б. Н., Трубицын В.В. – опубл. в Б. И. 2010, № 27.

© А. В. Червов, 2019