

УДК 621.542.001, 623.233.53

БЕЗРАЗМЕРНЫЙ УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ВОЗДУХА ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ РАЗЛИЧНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Абраменков Э.А., Лаптева И.В., Серебренников А.В.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

Ключевые слова: пневматический ударный механизм, дроссельное воздухораспределения, расход воздуха, безразмерный расход воздуха, энергия удара, частота ударов, объем рабочей камеры, горные машины, строительные машины.

Аннотация. Рассматривается определение безразмерного удельного расхода воздуха на примере дроссельного пневматического ударного механизма применительно к горным и строительным машинам. Приведены расчеты размерного и безразмерного расхода воздуха в зависимости от энергии и частоты ударов, давление воздуха в сети, воздухоподвода. Безразмерный удельный расход воздуха позволяет сравнивать пневматические ударные механизмы машин различного назначения с различными энергетическими параметрами.

DIMENSIONLESS SPECIFIC CONSUMPTION OF AIR FOR COMPARISON THE PNEUMATIC IMPACT MECHANISMS OF DIFFERENT DESIGN

Abramenkov E.A., Lapteva I.V., Serebrennikov A.V.

Novosibirsk state university of architecture and civil engineering, Novosibirsk

Keywords: pneumatic impact mechanism, throttle air distribution, air consumption, dimensionless air consumption, impact energy, impact frequency, volume of the working chamber, mining machines, construction machines.

Abstract. The definition of dimensionless specific air flow is considered on the example of a throttle pneumatic impact mechanism applied to mining and construction machines. The calculations of dimensional and dimensionless air flow depending on the energy and frequency of shocks, air pressure in the network, air supply are presented. Dimensionless specific air flow allows comparing pneumatic impact mechanisms of machines for different purposes with different energy parameters.

Впервые в России перевод и комментарии к методам расчета пневматических машин ударного действия (по Меллеру и Барилю) были выполнены в 1912-1913г.г. в Томском технологическом институте С.К. Конюховым [1,2].

Первое каталожное издание, по пневматическим машинам, вышло в Санкт-Петербурге в 1913 г. [3] Целенаправленное развитие теории пневматических машин ударного действия в России, как показывают исследования данного направления, были начаты А.Крюковым (1931г.) [4] и продолжены А.П. Германом (1933г.) [5], Ю.М. Малаховым (1934г.) [6] и др.

Наиболее существенные результаты по исследованиям пневматических машин ударного действия были получены Б.В. Суднишниковым (1949г.) [7], Н.С. Кассациер (1950г.) [8] и продолжали интенсивно развиваться Н.А. Клушиным, К.К. Тупицыным, А.М. Петревым, В.Ф. Горбуновым, О.Д. Алимовым и другими российскими исследователями.

Краткая информация в хронологическом порядке с начала 18 столетия о развитии пневматических ударных механизмов (ПУМ) и машин на их основе за рубежом и в России представлена в справочном издании [9].

Поскольку экономичность является основным показателем совершенства рабочего процесса ПУМ, то весьма важно применить для оценки безразмерный показатель удельного расхода воздуха. Предлагается за основу принять расход воздуха дроссельным ПУМ (ДПУМ), который является конструктивно наиболее простым и обладает только пневматическими связями в системе воздухораспределения с четко определенными временными участками впуска и выпуска воздуха из рабочих камер [10].

Для ДПУМ известны рациональные зависимости [11]:

По удельному расходу воздуха, м³/Дж

$$q_v = 10^{-5} \cdot \frac{Q_v}{i} \cdot A, \quad (1)$$

где Q_v, i, A – соответственно расход воздуха, м³/с, частота ударов Гц=1/с, энергия удара, Дж.

По объему камеры рабочего хода, м³

$$V_p = 6,67 \cdot \frac{A}{P_0}, \quad (2)$$

где P_0 – давление воздуха подвода из сети, Па.

По объему камеры холостого хода, м³

$$V_x = V_p / \lambda, \quad (3)$$

где V_x, V_p – объем камер рабочего и холостого ходов,

$$\lambda = \frac{V_p}{V_x} = 6 \dots 8.$$

Например, для $\lambda=7$ из (1)-(3) при известном безразмерном значении q_v^*

$$q_v^* = \frac{Q_v}{i(V_p + V_x)}. \quad (4)$$

$$\text{Получаем } q_v^* = \frac{Q_v}{i(V_p + V_x)} = Q_v \cdot \frac{P_0}{7,52} \cdot i \cdot A = \frac{0,13 P_0 Q_v}{i} \cdot A. \quad (5)$$

Зависимость (5) является значением удельного расхода воздуха.

Если известное (1) путем замены $\frac{Q_v}{i} \cdot A = \frac{q_v}{10^{-5}}$ ввести в (5), то получаем вариант безразмерного значения q_v^* в виде:

$$q_v^* = 0,13 \cdot 10^5 P_0 q_v. \quad (6)$$

Зависимость (6) при известном значении q_V существенно упрощает (5) из-за количества переменных сохраняя количественное равенство между (5) и (6).

Их применение зависит от задач сравнения любых конструктивных решений ДПУМ.

Заметим, что для ПУМ с другими типами воздухораспределения достаточно применить, для их сравнения, безразмерные q_V^* при известных Q_V, i, A, V_p, V_x

$$q_V^* = \frac{Q_V}{i(V_p + V_x)} \quad (7)$$

или
$$q_V^* = \frac{Q_V}{(i \cdot V_0)^{-1}} \cdot \quad (8)$$

где $V_0 = V_p + V_x$.

В связи с (7), (8) определить безразмерные значения удельного расхода воздуха отдельно для камер рабочего и холостого ходов:

$$q_{VP}^* = \frac{Q_{VP}}{i \cdot V_p} \quad (9)$$

и
$$q_{Vx}^* = \frac{Q_{Vx}}{i \cdot V_x} \cdot \quad (10)$$

Например: для ДПУМ с $\lambda=7$ по (1) при реализации $A=600,900,1800$ и 2000 Дж с частотой ударов $i=5,10,15,20$ Гц в таблице 1 приведены значения расхода воздуха Q_V для $q_V \cdot 10^{-5}=1,2,3,4$.

Табл. 1. Расчетные значения удельного расхода воздуха ДПУМ

№№ пп	Формула расхода воздуха $Q_V = q_V \cdot i \cdot A, \text{ м}^3/\text{с}$	Расход воздуха $Q_V, \text{ м}^3/\text{с}$			
		Частота ударов $i, \text{ Гц}$			
		5	10	15	20
1	$1 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 600$	0,30	0,60	0,90	1,20
	$1 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 900$	0,45	0,90	1,35	1,80
	$1 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 1800$	0,90	1,80	2,70	3,60
	$1 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 20000$	1,00	2,00	3,00	4,00
2	$2 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 600$	0,60	1,20	1,80	2,40
	$2 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 900$	0,90	1,80	2,70	3,60
	$2 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 1800$	1,80	3,60	5,40	7,20
	$2 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 20000$	2,00	4,00	6,00	8,00
3	$3 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 600$	0,90	1,80	2,70	3,60
	$3 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 900$	1,35	2,70	4,05	5,40
	$3 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 1800$	2,70	5,40	8,10	10,80
	$3 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 20000$	3,00	6,00	9,00	12,00
4	$3 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 600$	1,20	2,40	3,60	4,80
	$3 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 900$	1,80	3,60	5,40	7,20
	$3 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 1800$	3,60	7,20	10,80	14,40
	$3 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot 20000$	4,00	8,00	12,00	16,00

В соответствии с данными таблицы 1 следует: расходы воздуха ($\text{м}^3/\text{Гц}$) для всех I одинаковы, а для ($\text{м}^3/\text{с}$) зависят от энергии (A) и частоты (i) ударов, т.е. в целом, от удельного расхода воздуха (q_v).

В таблице 2 для машин ударного действия с ДПУМ различного назначения со значениями параметров, например, $Q_v=2 \cdot 10^{-5} \cdot i \cdot A$, $\text{м}^3/\text{с}$, $i=10\text{Гц}$, $A=600,900,1800,2000$ Дж представлены расчетные данные безразмерных удельных расходов воздуха q_v^* по (6).

Табл. 2. Расчетные значения q_v^* для ДПУМ по (6)

Гц	$Q_v \cdot 10^3 = 10^{-5} q_v \cdot i \cdot A, \text{м}^3/\text{с}$ (см. табл.1)	$P_0, \text{Па } 10^5$					
		4	6	8	10	12	14
		$q_v^* 10^2 = 0,13 \cdot 10^5 \cdot P_0 q_v$, при $q_v = 10^{-5} \cdot \frac{Q_v}{i} \cdot A$					
10	1,20	1,04	1,56	2,08	2,60	3,12	3,64
	1,80	1,04	1,56	2,08	2,60	3,12	3,64
	3,60	1,04	1,56	2,08	2,60	3,12	3,64
	4,00	1,04	1,56	2,08	2,60	3,12	3,64

В соответствии с данными таблицы 2 следует: безразмерный расход воздуха (q_v^*) зависит от (P_0), но одинаков для всех расходов воздуха Q_v ($\text{м}^3/\text{с}$) при одинаковой частоте (i) ударов (Гц).

Вывод

Отмеченные значения параметров предпочтительны для горных и строительных машин, предназначенных для разрушения горных массивов и негабаритов, бетонных и железобетонных фундаментов, а так же подобных изделий и конструкций.

Список литературы

1. Конюхов С.К. исследования пневматических молотков по Меллеру // Известия Томского технологического института. – 1912. – Т. 27, №3. – С. 1-41.
2. Конюхов С.К. Исследование пневматических молотков по Баррилю // Известия Томского технологического института. – 1913. – Т. 29, №1. – С. 1-14.
3. Пневматические молотки, сверлилки и другие приборы. – СПб.: Товарищество машиностроительного завода «Феникс», 1913. – Просп. 2. – 27с.
4. Крюков А. Влияние глубины шнура на производительность молоткового перфоратора // Горный журнал. – 1931.– №9 – С. 3-9.
5. Герман А.П. Применение сжатого воздуха в горном деле. – Л., М., Новосибирск: Гос. научно-технич. горногеологич. изд. НКТП – ОНТИ, 1933. – 87 с.
6. Малахов Ю.М. Теория работы пневматического молотка // Горный журнал. – 1934. – № 2. – С. 48-56.
7. Суднишников Б.В. Некоторые вопросы теории машин ударного действия. – Новосибирск: ТГН ЗСФ АН СССР. 1949. – 62 с.
8. Кассациер Н.С. Теория и расчет строительных пневматических инструментов // Научные труды ГНСН. Вып.9. Санитарно-технологический факультет. – М.-Л.: Гос. изд. архитект. и градостроительства, 1950. – С. 187-206.

9. Абраменков Э.А. Пневматические механизмы машин ударного действия: Дроссельные струйные, беззолотниковые, безклапанные: Справ. пособ. – Новосибирск: Изд-во Новосибирск. ун-та, 1993. – 430 с.
10. А.с. 247179 СССР, МПК E21C, D25D Пневматический молоток / Н.А. Клушин, Э.А. Абраменков, Д.Г. Суворов, Б.М. Бирюков. – Заявка 19.05.1966; опубл. 04.07.1969, Бюл. №22.
11. Петреев А.М. Методика расчета и рекомендации по доводке дроссельного пневмоударного механизма / А.М. Петреев, Э.А. Абраменков, Н.А. Клушин, А.А. Липин // Сб. научн. тр.: Ручные пневматические машины ударного действия. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1979. – С. 53-60.

References

1. Konyukhov S.K. study of pneumatic hammers for Moeller // Bulletin of Tomsk Institute of technology. - 1912. - Vol. 27, №3. - P. 1-41.
2. Konyukhov S.K. investigation of pneumatic hammers on the Barrel // Bulletin of Tomsk technological Institute. - 1913. - Vol. 29, №1. – P.1-14.
3. Pneumatic hammers, drills and other devices. – SPb.: Association of machine-building plant "Phoenix", 1913. - Prosp. 2. – 27p.
4. Kryukov A. The depth of the cord on the performance of the hammer drill // Mining journal. - 1931. - №9. - P. 3-9.
5. German A.P. Application of compressed air in mining. - L., M., Novosibirsk: scientific-technical geological publishing NKTP – ONTI, 1933. - 87 p.
6. Malakhov Yu.M. Theory of pneumatic hammer // Mining journal. - 1934. - № 2. - P. 48-56.
7. Sudnishnikov B.V. Some questions of the theory of impact machines. – Novosibirsk: TGN ZSF USSR. 1949. - 62 p.
8. Kassatsier N.S. Theory and calculation of building of pneumatic tools // proceedings of the GTOS. Vol.9. Sanitary-technological faculty. - M.-L.: State. ed. architect. and urban planning, 1950. - P. 187-206.
9. Abramnikov E.A., Pneumatic mechanisms of impact machines: Throttle jet, bussolotto, valveless: Right. manual. - Novosibirsk: Publishing house Novosibirsk un-ty, 1993. - 430 p.
10. A.s. 247179 of the USSR. Pneumatic hammer / N.A. Klushin, E.A. Abramnikov, D.G. Suvorov, B.M. Biryukov. - Application 19.05.1966; publ. 04.07.1969, Byul. No. 22.
11. Petreev A.M. Methods of calculation and recommendations for fine-tuning throttle pneumatic impact mechanism / A.M. Petreev, E.A. Abramnikov, N.A. Klushin, A.A. Lipin // Proc. scientific.: Hand-held pneumatic percussion machines. – Novosibirsk: IGD SB AS USSR, 1979. - P. 53-60.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Абраменков Эдуард Александрович – д.т.н., профессор	Eduard A. Abramnikov – doctor of technical sciences, professor
Лаптева Ирина Владимировна – научный сотрудник	Irina V. Lapteva – research officer
Серебренников Александр Валерьевич – аспирант	Aleksandr V. Serebrennikov – postgraduate student
Кафедра строительных машин, автоматизи- и электротехники, Новосибирский государственный архитектурно- строительный университет (Сибстрин), г.Новосибирск	Department of construction machinery, automation and electrical engineering, Novosibirsk state university of architecture and civil engineering, Novosibirsk

Получена 10.11.2018