

В. В. Червов¹✉, И. В. Тищенко

Параметры пневмомолота при минимальном удельном расходе сжатого воздуха

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: chervov@misd.ru

Аннотация. Одним из основных параметров пневмомолота является общий расход сжатого воздуха. Он был измерен для каждого пневмомолота серии Тайфун при помощи термоанемометрического расходомера для всех режимов работы. Для определения остальных конструктивных параметров необходимо вычислить удельный расход воздуха на единицу энергии удара. Самым главным среди них показателем является масса ударника, которая определяет габариты машины. Построенные расходные характеристики пневмомолота учитывают наличие инерционного клапана в ударнике, и направление ударов – горизонтальное или вертикальное. Для наглядности и сравнения удельных расходов воздуха основных пневмомолотов серии Тайфун друг с другом они были изображены вместе и в зависимости от частотного диапазона в пределах от 1 до 6 Гц.

Ключевые слова: виброударные технологии, пневмомолот, сжатый воздух, расход воздуха, частота ударов, масса ударника

V. V. Chervov¹✉, I. V. Tishchenko

Pneumatic hammer parameters with minimum specific compressed air consumption

Federal State Budgetary Institution of Science N. A. Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: chervov@misd.ru

Annotation. One of the main parameters of the pneumatic hammer is the total compressed air consumption. It was measured for each Typhoon series pneumatic hammer using a thermoanemometric flow meter for all operating modes. To determine the remaining design parameters, it is necessary to calculate the specific air consumption per unit of impact energy. The most important indicator among them is the mass of the drummer, which determines the dimensions of the machine. The constructed flow characteristics of the pneumatic hammer take into account the presence of an inertial valve in the hammer, and the direction of the blows is horizontal or vertical. For clarity and comparison of the specific air flow rates of the main Typhoon series pneumatic hammers with each other, they were depicted together and depending on the frequency range in the range from 1 to 6 Hz.

Keywords: vibration-impact technologies, pneumatic hammer, compressed air, air flow, impact frequency, mass of the impactor

Введение

Выполнение специальных строительных работ на основе виброударных технологий требует подбора оборудования с учетом грунтовых условий и окру-

жающей строительную площадку инфраструктуру [1]. В отличие от мощных вибропогружателей, обладающих большими массогабаритными характеристиками, пневмомолоты оказывают существенно меньшее воздействие на ближние строения и коммуникации. Поэтому применение пневмоударной техники для реализации виброударных технологий актуально. Важно учитывать абсолютный расход воздуха и энергию удара выбираемого пневмомолота (ведущей машины).

Цель работы. Установить влияние массогабаритных показателей пневмомолота на удельный расход воздуха.

Ведущая машина и расход энергоносителя. Виброударные технологии применяют при бестраншейной прокладке подземных защитных стальных труб и при возведении вертикальных сооружений в грунте из стального проката или труб различного назначения: свайных фундаментов, подпорных стен в грунте, эстакад [2].

Для реализации виброударных технологий применяются два вида пневмомолотов: тяжелые пневмопробойники – СО-134, СО-166, М-200 и М-400 [3] и клапанные пневмомолоты серии Тайфун [4]. Устройство этих машин приведено на рисунке 1.

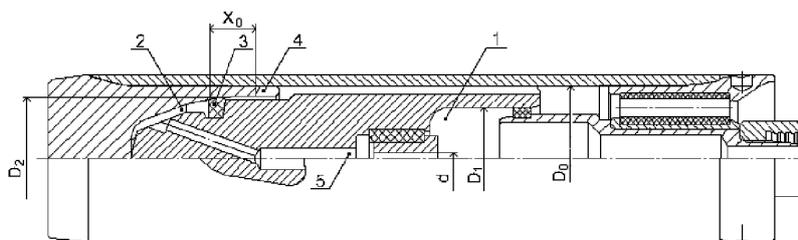


Рис. 1. Функциональная схема пневмомолота серии Тайфун: 1, 2 – камеры прямого и обратного хода; 3 –упругий кольцевой клапан; 4 – продольные выхлопные пазы; 5 – дроссельный канал; D_0 – внутренний диаметр корпуса (калибр машины); D_1 – диаметр патрубка; D_2 – диаметр цилиндра наковальни; d – диаметр сменного жиклера; X_0 – длина хода ударника до начала выхлопа

Принцип действия пневмомолота следующий. Сжатый воздух поступает в камеру 1 прямого хода и по каналу 5 в ударнике в камеру 2 обратного хода. Паралитный объем камеры 2 имеет минимальное значение, по сравнению с тяжелым пневмопробойником. Эта особенность определяет наименьший объем камеры обратного хода пневмомолота. Давлением в камере 1 ударник перемещается вперед до упора и касания упругим кольцевым клапаном 3 внутренней конусной поверхности наковальни. Тем самым камера 2 обратного хода изолируется от выхлопного тракта. Под действием давления в камере 2 ударник перемещается назад на ход x_0 до продольных выхлопных пазов 4. Через пазы 4 воздух из камеры 2 выходит в атмосферу и давление в ней снижается. Под действием упругих сил растянутый давлением упругий кольцевой клапан 3 сжимается – образуется кольцевой зазор, по которому камера 2 сообщается с атмосферой. Ударник совершает рабочий ход и наносит удар. Диаметр d канала в ударнике ограничивает количество сжатого воздуха, проходящего через пневмомолот. В результате изменяется частота уда-

ров и расход воздуха за цикл работы пневмомолота. Квадрат отношения диаметров D_2 и D_1 определяет соотношение площадей рабочих камер. Оно находится в пределах 1.5...1.6. Отношение длины хода X_0 к диаметру патрубка D_1 определяет показатель λ . При $\lambda \leq 1$ пневмомолот относится к классу короткоходовых машин. При $\lambda > 1$ мы имеем длинноходовые машины.

Определение расходных характеристик пневмомолотов осуществлялось с использованием лабораторного измерительного комплекса [5]. Его основной функциональной частью является расходомер производства компании CS Instruments (Германия), способный измерить массовый или объемный расход сжатого воздуха, и относящийся к классу термоанемометрических расходомеров, высокоточный датчик которых выполнен из качественного материала, без подвижных частей в конструкции, что позволяет минимизировать влияние внешней среды. Принцип его действия базируется на изменении температуры подогреваемого тела, помещенного в вентиляционную струю газовой среды и заключается в измерении скорости воздушного потока в отдельной точке подводящей магистрали с последующим вычислением расхода путём умножения данной величины на площадь поперечного сечения трубы и поправочный коэффициент, зависящий от характера движения газа. Приборная цепь состоит из датчика (модель VA 300), нагревательный элемент которого установлен в измерительном участке трубопровода (тип DN 65), который обеспечивает диапазон варьирования проточного расхода в пределах 0 – 18 м³/мин; измерительно – регистрирующего модуля (модель DS 300) с аналоговым выходом 4 – 20 мА и запоминающим устройством на 6000 измерений; компьютера с программным обеспечением CS Soft Professional.

По результатам измерений расхода воздуха всего типоразмерного ряда пневмомолотов серии Тайфун построены графики общего расхода воздуха в зависимости от диаметра d сменного жиклера при вертикальном и горизонтальном расположении машины, а также с инерционным клапаном [6] (на рисунке 1 не показан) или без него (рис. 2 и 3).

Расход воздуха у пневмомолота Тайфун-70 при малом сечении жиклера в атмосферу (линия 1 на рисунке 2) почти совпадает с расходом воздуха через машину при её работе (линия 2). Небольшое отличие можно объяснить погрешностью измерений.

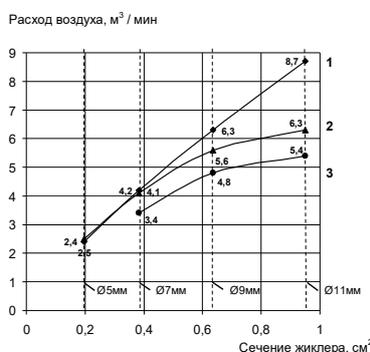


Рис. 2. Расходная характеристика пневмомолота с массой ударника 70 кг: 1 – расход воздуха через жиклер в атмосферу; 2 – без инерционного клапана; 3 – с инерционным клапаном.

При увеличении диаметра жиклера до $\varnothing 9 - 11$ мм разница между значениями общих расходов воздуха непосредственно в атмосферу (линия 1 на рисунке 2) и расходами через машину (линии 2 и 3) существенно увеличивается. При $\varnothing 11$ мм частота ударов достигает максимального значения.

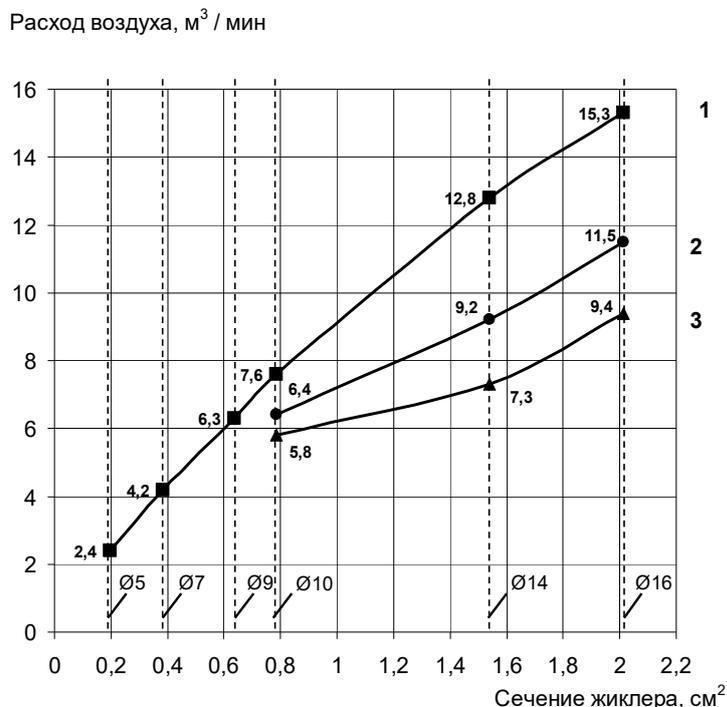


Рис. 3. Расходная характеристика пневмомолота с массой ударника 500 кг: 1 – расход воздуха через жиклер в атмосферу; 2 – горизонтальное положение; 3 – вертикальное вниз положение.

При использовании инерционного клапан в пневмомолоте Тайфун-70 частота ударов и расход воздуха уменьшаются (линия 3 на рисунке 2). Частота ударов снижается на 0,5 Гц вследствие увеличения времени обратного хода.

Несмотря на более высокую энергию единичного удара и увеличенный цикловой расход воздуха при вертикальном использовании пневмомолота Тайфун-500 расход воздуха в единицу времени уменьшается (линия 3 на рисунке 3).

Результаты. На основании полученных расходных характеристик были определены удельные расходы воздуха для некоторых пневмомолотов серии Тайфун (рис. 4). В диапазоне изменения частоты ударов от 1 до 6 Гц группа короткоходовых машин представлена четырьмя устройствами с массами ударников 40, 130, 140 и 500 кг. Длинноходовые машины представлены также четырьмя устройствами с массами ударников 70, 190, 320 и 740 кг.

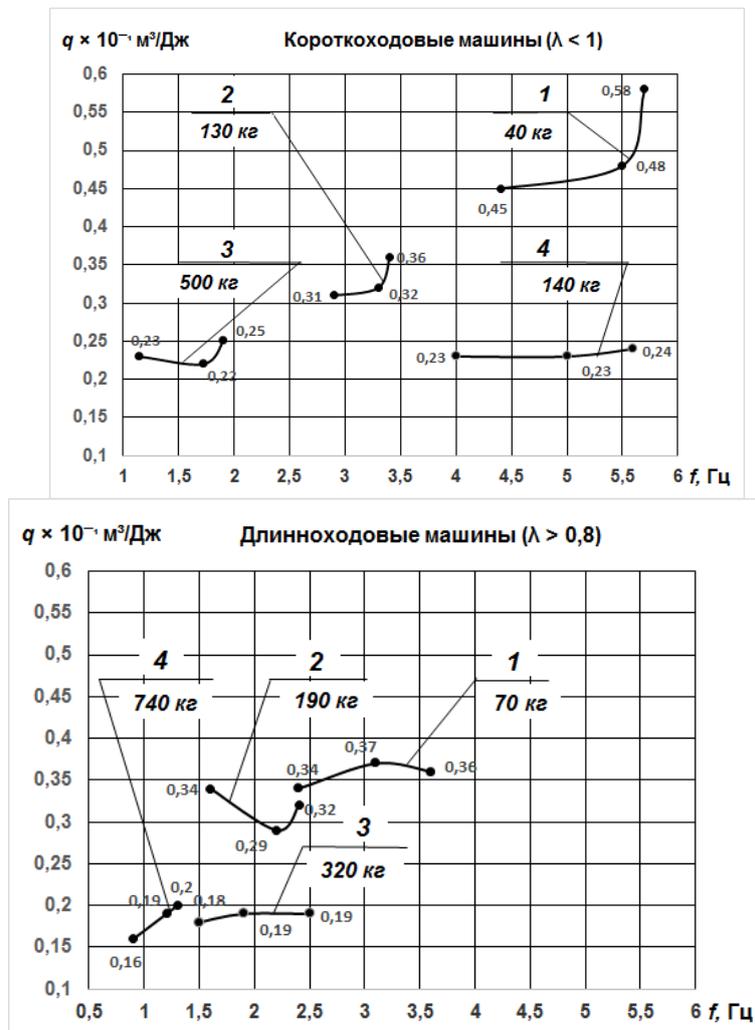


Рис. 4. Удельный расход сжатого воздуха в зависимости от частотных диапазонов регулирования типоразмерного ряда пневмомолотов серии Тайфун

Каждое из представленных устройств имеет свою частотную область существования. Эти области частично совпадают. Например, короткоходовые машины с массами ударников 40 и 140 кг; длинноходовые машины с ударниками 190 и 320 кг. Кроме того, наблюдается частичное совпадение частотных областей короткоходовых машин (130 и 500 кг) с областями длинноходовых машин (70 и 740 кг).

Наибольший удельный расход воздуха имеют машины с меньшими массами ударников (40 и 70 кг). Увеличение массы ударника как в короткоходовой (130 кг), так и в длинноходовой машине (190 кг) способствует уменьшению удельного расхода воздуха. Последующее увеличение массы ударника (140, 320, 500, 740 и 190 кг) приводит к дальнейшему снижению удельного расхода воздуха. Наибольшее влияние увеличения массогабаритных показателей на снижение удельного расхода воздуха наблюдается у длинноходовых машин (740 кг).

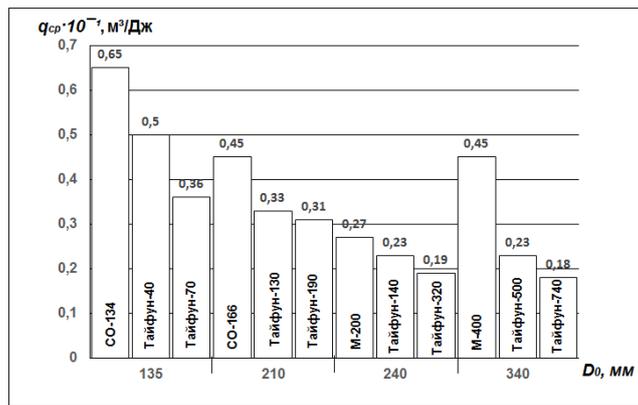


Рис. 5. Средние удельные расходы воздуха пневмопробойников и пневмомолотов при частоте ударов для групп машин по внутреннему диаметру корпуса D_0 : СО-134 – 4,1 Гц; Тайфун-70 – 3,6 Гц; СО-166 – 3,8 Гц; Тайфун-190 – 2,7 Гц; М-200 – 3,2 Гц; Тайфун-320 – 1,9 Гц; М-400 – 2,8 Гц; Тайфун-740 – 1,2 Гц

На рисунке 5 показаны средние значения удельных расходов воздуха пневмопробойников и пневмомолотов. Они разделены на группы в зависимости от внутреннего диаметра корпуса D_0 . Машины с меньшими массогабаритными показателями имеют больший средний удельный расход воздуха и наоборот. Пневмопробойники относятся к классу бесклапанных машин с увеличенным объемом камеры обратного хода.

Выводы

1. Клапанные машины с наименьшим объемом камеры обратного хода обладают самым малым удельным расходом воздуха по сравнению с бесклапанными пневмомолотами.
2. Длинноходовые клапанные машины по сравнению с короткоходовыми отличаются пониженным удельным расходом воздуха.
3. Среди длинноходовых машин с упругим клапанным воздухораспределением наименьший удельный расход воздуха имеют пневмомолоты с большей массой ударной части несмотря на высокий абсолютный расход воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кершенбаум Н. Я. Прокладка горизонтальных и вертикальных скважин ударным способом. – М.: Недра, 1984. – 245 с.
2. Смоляницкий Б. Н. Червов В. В., Скачков К. Б. Новые пневмоударные машины Института горного дела СО РАН // Механизация строительства. – 2001. – №12. – С. 7–12.
3. Гурков К.С., Климашко В.В., Костылев А.Д. и др. Пневмопробойники. – Новосибирск: Изд-во ИГД СО РАН, 1990. – 217с.
4. Рыбаков А. П. Основы бестраншейных технологий – М.: Пресс Бюро, № 1. 2005.
5. 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.
6. Пат. 2085363 РФ. Червов В.В., Смоляницкий Б.Н., Трубицын В.В., Вебер И. Э. Устройство ударного действия. – Опубл. в БИ, 1997, № 21.

© В. В. Червов, И. В. Тищенко, 2025