

*Ю. В. Ваназ*<sup>1,2</sup>

## **Варианты применения высокочастотного пневмоударного механизма при выполнении горно-строительных работ**

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация  
e-mail: yuliya.vanag@corp.nstu.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрена конструкция экспериментального образца пневмоударного механизма с тремя рабочими камерами. Достоинством созданного пневмоударного механизма является высокая удельная мощность при малых массогабаритных параметрах. Показано, что применение механизма наиболее эффективно при выполнении горно-строительных работ: в качестве пневматического привода самодвижущихся устройств для очистки труб от грунтового керна, при забивке металлических профилей малого поперечного сечения в грунт, а также в качестве рабочего органа в установках горизонтального направленного бурения. Новой областью применения механизма является демонтаж погружных насосов.

**Ключевые слова:** пневматический механизм ударного действия, пневматический привод, частота ударов, энергия ударов, виброударный прокол, виброударное продавливание

*Yu. V. Vanag*<sup>1,2</sup>

## **Options for the use of a high-frequency pneumatic impact mechanism when performing mining and construction work**

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: yuliya.vanag@corp.nstu.ru

**Abstract.** The paper considers the design of an experimental sample of a pneumatic impact mechanism with three pneumatic chambers. The advantage of the created pneumatic impact mechanism is a high specific power with small weight and size parameters. It is shown that the use of the mechanism is most effective when performing mining and construction works: as a pneumatic drive of self-propelled devices for cleaning pipes from ground core, when driving metal profiles of small cross-section into the ground, as well as a working organ in horizontal directional drilling installations. A new area of application of the mechanism is the dismantling of submersible pumps.

**Keywords:** pneumatic percussion mechanism, pneumatic drive, frequency of impact, energy of impact, vibropercussion puncture, vibropercussion punching

### ***Введение***

Горная промышленность – ключевая для других отраслей промышленности, поскольку для производства черных и цветных металлов необходимы их руды и уголь, для выработки и передачи электроэнергии на расстояние нужны алюминий и медь, для повышения урожайности сельхозпродуктов требуются химиче-

ские удобрения, основными компонентами которых служит продукция горнодобывающих предприятий. Таким образом, от технического уровня развития горнодобывающей промышленности зависит развитие и технический уровень многих других отраслей промышленности.

Повышение технического уровня предприятия напрямую связано с вопросами его своевременного расширения, нового строительства или реконструкции.

Под расширением действующих предприятий понимается строительство дополнительных производств на территории существующих предприятий или примыкающих к ним площадках, за счет чего увеличивается их производственная мощность. При расширении действующего предприятия повышается технический уровень производства и улучшаются его технико-экономические показатели.

На угольных шахтах и разрезах к расширению также относится комплекс работ по подготовке к эксплуатации отдельных блоков или участков месторождения, технологически связанных с основным предприятием и обеспечивающих прирост его мощности.

Для нового строительства характерно, например:

- строительство предприятия или новой очереди на другой промплощадке, которое после ввода в эксплуатацию будет находиться на самостоятельном балансе;

- строительство на новой или той же площадке предприятия такой же или большей мощностей взамен ликвидируемого ввиду нецелесообразности его использования;

- строительство филиалов действующего предприятия.

Реконструкция действующих предприятий заключается в переустройстве действующих цехов и объектов основного, подсобного и обслуживающего назначения.

Работы по реконструкции действующего предприятия сложнее, чем при строительстве нового, так как производятся в процессе производственной деятельности и не должны наносить предприятию ущерба [1].

Строительство и реконструкция предприятий горнодобывающего комплекса, в условиях действующего производства, зачастую выполняются в условиях ограниченного технологического пространства. Например, когда возникает необходимость усиления фундаментов (рис. 1) близлежащих объектов, уплотнения насыпных и просадочных грунтов, сооружения подпорных стенок и экранов, укрепления откосов котлованов и насыпей, формование набивных свай под фундаменты зданий, опор мостов и линий электропередач [2, 3]. Большая часть перечисленных работ выполняется в труднодоступных местах строительной площадки, как пример, из подвальных помещений с размерами:  $(B \times H \times L) 2 \times 2 \times 4$  м, колодцев ( $\varnothing 0.7 - 1$  м), коллекторов или вблизи жилых объектов и сооружений [4].

Применение в подобных условиях грузоподъемных средств ограничено или невозможно, значительно увеличивается доля ручного труда, что приводит к быстрому утомлению обслуживающего персонала и существенно снижает производительность труда.

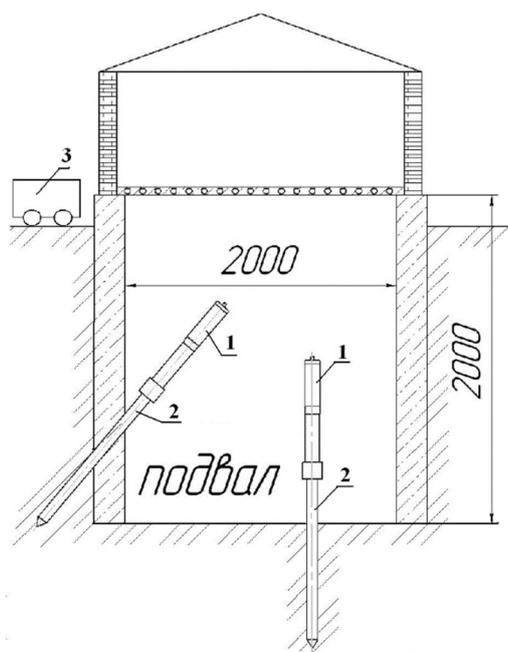


Рис. 1. Усиление фундамента: 1 – пневмоударное устройство, 2 – труба, 3 – компрессор

Большинство перечисленных работ успешно выполняется с применением пневматических машин ударного действия, преобразующих энергию сжатого воздуха в механическую [2 – 5].

Анализ технических характеристик существующих пневмоударных машин показывает, что их развитие и совершенствование в первую очередь осуществляется за счет наращивания энергии единичного удара, что сопровождается увеличением массогабаритных параметров машин. При данном подходе, такая характеристика, как частота ударного воздействия машин существенно снижается с 6 – 7 до 1 – 2 Гц [5]. Указанный подход имеет свои существенные ограничения и к настоящему времени практически исчерпал себя. Поэтому становится актуальным определение рационального сочетания энергетических параметров ударного воздействия, оказывающих наибольшее влияние на эффективность внедрения погружаемого элемента в грунт, обеспечивающего повышения производительности технологического процесса.

### *Исследования*

Эксперименты, проведенные на базе Института горного дела СО РАН позволили установить, что при скорости соударения ударника и корпуса на уровне 4 м/с и массе ударника 4 кг достигается энергия в пределах 30–40 Дж. Такое значение энергии ударов пневмоударных механизмов является достаточным для преодоления лобового и бокового сопротивления грунта, например, при проходке лидерных скважин диаметром до 60 мм и погружении в грунт металлических элементов малого поперечного сечения [6, 7]. Для обеспечения высокой производительности технологического процесса частота ударного воздействия в

устройствах должна быть не менее 10 Гц. Эксперименты также показали, что действие высокой частоты дополнительно снижает боковое сопротивление грунта при погружении в него металлических элементов, когда он приобретает текучесть по аналогии с вязкой жидкостью.

В связи с этим, актуально, создание оборудования с малыми массогабаритными параметрами и экономичными расходными характеристиками, что позволяет также использовать компактные источники сжатого воздуха.

### *Результаты и обсуждение*

На основе результатов экспериментальных исследований в лаборатории механизации горных работ ИГД СО РАН разработан и создан малогабаритный пневматический механизм ударного действия с тремя рабочими камерами (рис. 2) [8].

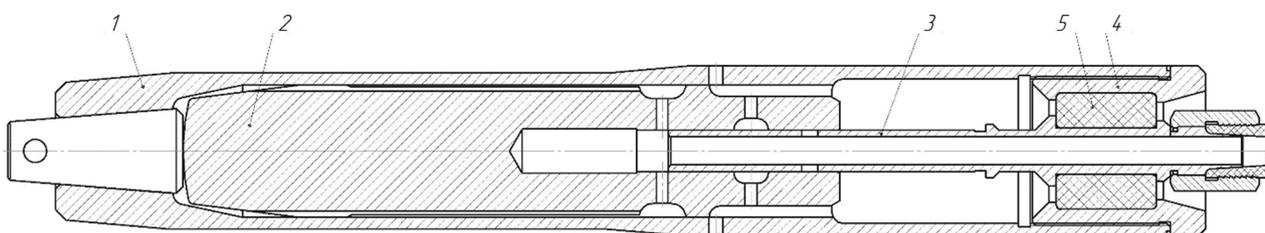


Рис. 2. Общий вид экспериментального образца пневмоударного механизма с тремя рабочими камерами: 1 – корпус с наковальней; 2 – ударник; 3 – патрубок; 4 – гайка; 5 – амортизатор

Экспериментальный образец пневмоударного механизма обладает энергией единичного удара 30 Дж и частотой ударов 22 Гц, имеет диаметр  $\varnothing 0,073$  м и длину 0,56 м при этом его масса составляет 13,5 кг, что важно при выполнении работ в отсутствии грузоподъемных механизмов.

В условиях конструктивных ограничений, радиальные размеры пневмоударного механизма, определялись размерами скважины. Достоинством принятой схемы воздухораспределения является, введение в конструкцию дополнительной камеры – прямого хода, что позволило в разработанном пневмоударном механизме: 1) задействовать в работе по перемещению ударника всю площадь его поперечного сечения, как на прямом, так и на обратном ходу, что в рамках данной системы воздухораспределения позволяет максимально повысить ударную мощность машины; 2) повысить частоту ударов; 3) уменьшить длину, по сравнению с пневмопробойником, при одинаковых радиальных размерах; 4) получить конструктивно простую конструкцию, и вследствие этого, обеспечить ее высокую надежность.

Основные области применения пневмоударного механизма производство работ, виброударными методами, такими как: прокол, продавливание и комбинированный [2– 5].

В настоящее время, в нашей стране и за рубежом виброударные методы реализованы с применением серийных пневмопробойников СО134 и ИП4603 и пневмомолотов «Тайфун» [9]; за рубежом – например, с помощью машин *Grundomat* фирмы *Tracto-Technik* (Германия) [4, 5]. Длина и масса этих машин превышают 1,4 м и 100 кг, соответственно, что обуславливает необходимость применения грузоподъемных средств и требует больших размеров технологического пространства для выполнения проходческих работ.

В методе виброударного продавливания использование малогабаритных пневмоударных машин в качестве привода грунтозаборных устройств, способствует созданию самодвижущихся грунтозаборных устройств небольшой длины и массы, в сравнении с аналогами, созданными на базе серийных пневмопробойников.

Актуально применение малогабаритных пневматических машин ударного действия в качестве активного наконечника в установках направленного бурения, что создает возможность размещения установки бурового станка непосредственно в рабочем котловане. Такая принципиальная схема реализована в буровых установках *ImpactDrilling* (Великобритания) [10, 11].

Новой перспективной областью применения малогабаритного пневмоударного механизма является демонтаж многоступенчатых погружных центробежных насосов [12] (рис. 3).

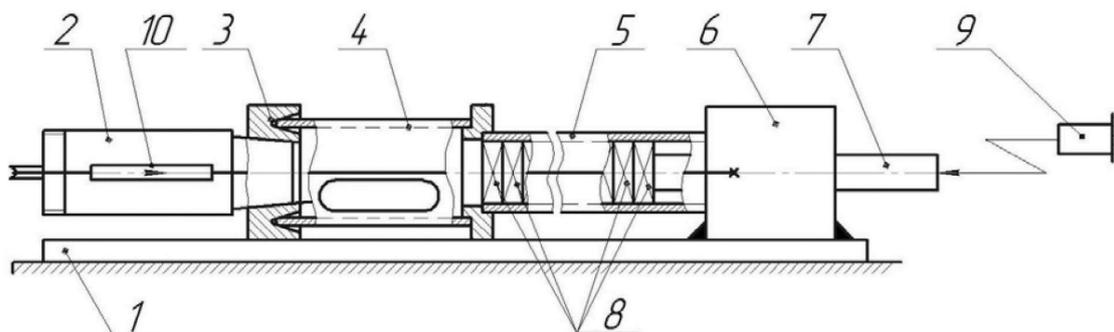


Рис. 3. Общий вид стенда для демонтажа погружных центробежных насосов:  
 1 – рама; 2 – пневмоударный механизм; 3 – насадка; 4 – труба с окном;  
 5 – корпус погружного насоса; 6 – энергопоглотитель; 7 – шток; 8 – детали;  
 9 – привод; 10 – стяжное устройство

Извлечение деталей 8 из корпуса 5 погружного центробежного насоса производится встречно направленными статическим (со стороны штока 7) и виброударным (со стороны пневмоударного механизма 2) воздействиями.

### **Выводы**

Одним из перспективных направлений применения высокочастотных пневмоударных машин в горно-строительном производстве является погружение стержневых элементов.

Практическая реализация высокой частоты достигается в машине с тремя рабочими камерами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Реконструкция горных предприятий: учеб. пособие / Н. Ф. Косарев, В. В. Першин, А. И. Копытов, Н. И. Попов ; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2008. – 199 с.
2. Нестле Х. Справочник строителя: Строительная техника, конструкции и технологии / Нестле Х. – М.: Техносфера, 2007. – 378 с.
3. Кершенбаум Н.Я., Минаев В.И. Проходка горизонтальных и вертикальных скважин ударным способом / Н.Я. Кершенбаум, В.И. Минаев. – М.: Недра. – 1984. – 246 с
4. Кюн Г. Закрытая прокладка непроходных трубопроводов / Г. Кюн, Л. Шойбле, Х. Шлик. – М.: Стройиздат, 1993. – 168 с.
5. Гурков К.С. Пневмопробойники / К.С. Гурков, В.В. Климашко, А.Д. Костылев и др. – Новосибирск: Изд-во ИГД СО АН СССР. – 1990. – 218 с.
6. Смоляницкий Б.Н., Тищенко И.В., Червов В.В. Резервы повышения производительности виброударного погружения в грунт стальных элементов в технологиях специальных строительных работ / Б.Н. Смоляницкий, И.В. Тищенко, В.В. Червов, В.П. Гилета, Ю.В. Ванаг // ФТПРПИ. – 2008. – №5. – с. 72–80.
7. Гилета В.П., Тищенко И.В., Ванаг Ю.В. Экспериментальное исследование пневмоударного механизма с двумя управляемыми камерами / В.П. Гилета, И.В. Тищенко, Ю.В. Ванаг // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2015. – № 1 (107). – С. 18–23.
8. Патент РФ 139290 Пневматическое устройство ударного действия / В.П. Гилета, И.В. Тищенко, Ю.В. Ванаг, Н.А. Чусовитин; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10.
9. Тищенко И. В. Влияние энергетических параметров генераторов ударных импульсов на амплитуду и скорость внедрения трубы в грунт / И. В. Тищенко, В. В. Червов // ФТПРПИ. – 2014 - № 3. С. 75 – 86.
10. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика) / А.П. Рыбаков – М.: Стройиздат. – 2006. – 304 с.
11. Данилов Б.Б. Повышение эффективности бестраншейных способов подземного строительства за счет применения пневмотранспорта / Б.Б. Данилов // ФТПРПИ. – 2007. – № 5. – С. 52–61.
12. Патент РФ № 2757090. Устройство для извлечения деталей из корпуса многоступенчатого погружного центробежного насоса / Червов В.В., Ванаг Ю.В., Тищенко И.В., Червов А.В. – опубл. в Б. И. 2020, № 29.

© Ю. В. Ванаг, 2023