

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ПЕРФОРАТОРОВ-УДАРНИКОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОАО «МЕТРОСТРОЙ»

Д.А.ЮНГМЕЙСТЕР, *д-р техн. наук, профессор, iungmeister@yandex.ru*
Санкт-Петербургский горный университет, Россия

Рассмотрены защищенные патентами конструкции модернизированных перфораторов-ударников проходческих комплексов для строительства вспомогательных выработок шахт «Метростроя» Санкт-Петербурга. Рассмотрены варианты компоновок исполнительных органов ударного типа для отбойки забоев сложной структуры. Особое внимание уделено ударникам, работающим в режиме «встречного скалывания», осуществляемом исполнительным органом в виде сдвоенных ударников. Представлены результаты экспериментальных испытаний по определению величины заглубления пики в массивы разной крепости при различных осевых усилиях. Предлагаемые решения заменят ручной труд, снизят время проходческого цикла.

Ключевые слова: забой, проходческий комплекс, производительность, исполнительный орган, ударная система, поршень, боек, штанга.

Шахты Санкт-Петербургского «Метростроя» расположены на глубине 60-70 м. Проходческими щитами и комплексами бурового действия невозможно построить короткие выработки и людские ходки. Для их создания используется ручной труд с применением отбойных молотков и деревянная крепь.

Для исключения опасных ручных работ, выполняемых рабочими, необходима разработка, изготовление и внедрение в производство проходческих модулей облегченного типа. Исполнительные органы таких модулей предусматривают резцовые элементы (для хрупких глин), ударные элементы (для крепких прослоек) а также механические устройства для удержания забоя (планшайбы с раздвижными окнами).

Для разработки глины нежелательно применять ударники или перфораторы с продувкой воздушно-водяной смесью, поэтому для отбойки забоев вспомогательных выработок шахт «Метростроя» Санкт-Петербурга нами предлагается применять перфоратор-ударник, способный работать в режиме бурения и чистого удара при использовании сжатого воздуха и сухой продувки. Такие перфораторы-ударники необходимо использовать в составе проходческих комплексов, базой которых является тьюбингоустановщик [1-4, 7].

Проходческий комплекс предназначен для проведения вспомогательных выработок с тьюбинговой крепью при обеспечении предварительного крепления лба забоя, кровли и боковых участков выработки, особенно в призабойной зоне, в неустойчивых породах со сложноструктурированным забоем для упрощения процессов отработки забоя и крепления. Может быть использован в горном деле, при строительстве метрополитенов, в гражданском и военном строительстве [4, 6].

Рабочий орган комплекса для разрушения забоя выполнен в виде ударников с пиками, шарнирно связанных с передвижной платформой, закрепленной на одном из концов поворотного рычага и снабженных гидроцилиндром регулирования угла между продольными осями ударников. При этом каждый ударник снабжен механизмом поворота пики в виде геликоидальной пары, с храповым колесом, состоящим из сегментов, имеющих возможность возвратно-поступательного движения.

Такое решение проходческого комплекса для проведения вспомогательных выработок обеспечивает требуемое усилие подачи, увеличение скорости проходки выработок и повышение безопасности ведения работ.

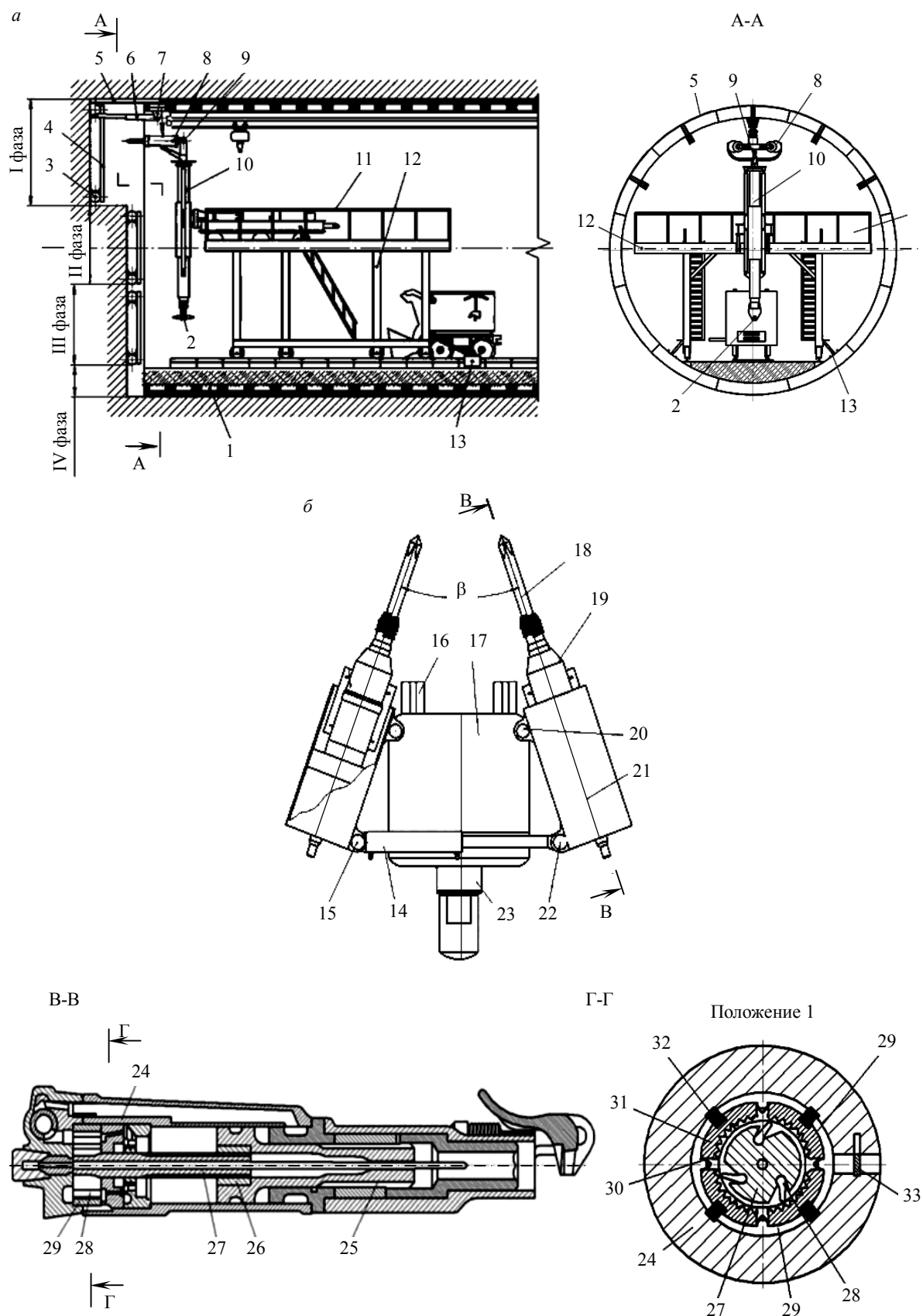


Рис. 1. Проходческий комплекс для проведения вспомогательных выработок (а) и исполнительный орган перфоратора с осями под углом β (б)

Проходческий комплекс для проведения вспомогательных выработок содержит (рис.1, *а*) блокоукладчик 11, несущую раму 12, рабочий орган 8. Передвижение блокоукладчика 11 осуществляется гидроцилиндрами 13. Блокоукладчик 11 снабжен поворотным телескопическим рычагом 10, установленным на несущей раме 12 блокоукладчика. На одном из концов поворотного рычага 10 расположен захват 2 для возможности крепления и установки тьюбига 1 в кольцо обделки выработки. На противоположном конце поворотного рычага 10 смонтирован рабочий орган 8, выполненный в виде ударников 19 (например, сдвоенных) с пиками 18 (рис.1, *б*). Каждый из ударников шарнирами 20 соединен с передвижной платформой 17, снабженной приводом 23 с возможностью поступательного перемещения относительно направляющих 16. Передвижная платформа 17, с расположенными на ней ударниками 19, в свою очередь, при помощи шарнира 9 (рис.1, *а*) закреплена на конце поворотного рычага 10. Для регулирования угла β (рис.1, *б*) между продольными осями 21 ударников 19 их концы шарнирами 22 соединены с гидроцилиндром 14.

Ударники 19 рабочего органа 8 снабжены механизмом поворота пики 18 в виде геликоидальной пары, состоящей из геликоидальной гайки 26, закрепленной в поршне-ударнике 25, стержня 27 с геликоидальной нарезкой и собачками 28 и храпового колеса 29, расположенного в корпусе 24 ударника 19. Собачки 28 позволяют стержню 27 вращаться только в одном направлении.

Храповое колесо 29 выполнено разрезным и состоит из отдельных сегментов 31. Между сегментами 31 храпового колеса 29 и корпусом 24 расположены пружины 32. В корпусе 24 установлен пусковой кран 33 сжатого воздуха, а между сегментами 31 храпового колеса размещены резиновые прокладки 30. Каждый сегмент 31 может перемещаться в радиальном направлении под действием сжатого воздуха, подаваемого в полость 29 между сегментами 31 и корпусом 24, или под действием сил упругости пружин 32.

Работа комплекса осуществляется следующим образом. При обурировании призабойной зоны в неустойчивых породах со сложноструктурированным забоем в зависимости от крепости породы регулируют угол β между осями 21 ударников 19 рабочего органа 8 при помощи гидроцилиндра 14 (рис.1, *б*).

Так, на хрупких породах малой крепости (например, сухая глина) отбойка идет крупными сколами, работа ведется при максимальной раздвижке ударников, т.е. угол β между осями ударников может быть максимальным, что обеспечивает быструю отработку первоначального скола. На породах большой крепости изменяют угол β между осями ударников 19 при помощи гидроцилиндра 14, что ведет к работе ударников навстречу друг другу (рис.1, *б*). При этом происходит наложение распространяемых в забое ударных волн, создаваемых внедренными в массив породоразрушающими инструментами (пиками 18). Отработка забоя при бурении крепких пород осуществляется мелкими сколами породы.

Обурирование призабойной зоны в реальных условиях показало, что оптимальное значением угла $\beta = 40^\circ$, что обеспечивает увеличение скорости проходки выработок, а следовательно, и производительности.

При нормальном режиме работы используется ударный способ бурения. Сегменты 31 храпового колеса 29 раздвинуты (рис.1, *б*, положение 1) и удерживаются в таком положении недеформированными пружинами 32. Резиновые прокладки 30 перекрывают зазоры между сегментами 31, а собачки 28 выведены из зацепления с зубьями храпового колеса 29, что обеспечивает передачу на породоразрушающий инструмент (пики 18) только ударного импульса. Каждый из ударников 19 работает как отбойный молоток.

При обурировании забоя возможно попадание породоразрушающего инструмента на твердые включения, что ведет к его заклиниванию. В этом случае открывают пусковой кран 33 и подают сжатый воздух в пространство 29 между сегментами 31 разрезного храпового колеса 29 и корпусом 24. Под действием силы давления сжатого воздуха сегменты 31 сдвигаются (рис.1, *б*), пружины 32 растягиваются, храповое колесо становится единым

целым и удерживается в таком положении давлением сжатого воздуха, а собачки 28 входят в зацепление с зубьями храпового колеса. Каждый из ударников 19 начинает работать как перфоратор, т.е. на пики 18 передается ударный импульс и обеспечивается их поворот, что способствует быстрому разрушению твердых включений.

После того как ударники 19 выходят на нормальный режим работы, пусковой кран 33 закрывают, прекращается подача сжатого воздуха в пространство 29 между сегментами 31 и корпусом 24. Растянутые пружины 32 сжимаются и возвращают сегменты 31 храпового колеса 29 в первоначальное положение (рис.1, б, положение 1), собачки 28 выходят из зацепления с зубьями храпового колеса и происходит передача только ударного импульса.

При обурировании забоя крепление кровли осуществляется металлическими сегментами 5 (рис.1, а), выполненными из листовой стали толщиной 5-7 мм. Данная конструкция устанавливается за тубинговую обделку 1 при монтаже первых (прорезных) колец. Для дальнейшего удержания кровли, по мере разработки выработки, в конструкции проходческого комплекса предусмотрены гидродомкраты 6. Гидродомкраты 6 с одной стороны крепятся к металлическому сегменту 5, а с другой – к кронштейну 7, который устанавливается в уже смонтированной тубинговой обделке.

Разработка забоя ведется в четыре этапа: фазы I-IV (рис.1, а). По мере отработки центральной фазы I домкрат 6 выдвигается, тем самым продвигая металлический сегмент 5, который обеспечивает удержание кровли забоя. Данная операция повторяется после отработки левой и правой части I фазы.

Крепление забоя осуществляется пластинами 4 с пневмобаллонами 3, выполненными из гибкой, например прорезиненной, ткани, при этом для удержания забоя необходимо использовать три ряда пневмобаллонов. Для перемещения пневмобаллонов 3 поворотный телескопический рычаг 10 снабжен сменным захватом 2 с противоположной стороны от рабочего органа 8, предназначенным для перемещения баллонов крепи от забоя к боковой части выработки с установленными тубингами.

Такое решение комплекса обеспечивает четкое оконтуривание призабойной зоны у кровли выработки, уменьшает вес исполнительного органа, что снижает затраты времени на монтажно-демонтажные работы, повышает производительность и эффективность обработки призабойной зоны.

Для применения по кристаллическим породам перфоратор (рис.1, б) снабжен ударной системой «поршень – боек – инструмент», как показано на рис.2 [2, 7, 8, 10]. Удержание бойка 4 в концевой буксе 3 осуществляется воздушной трубкой диаметром 8 мм (на рис.2 не показана). Способ удержания бойка при минимальном воздействии на процесс «дребезга бойка» является одним из важнейших факторов устойчивой работы ударной системы

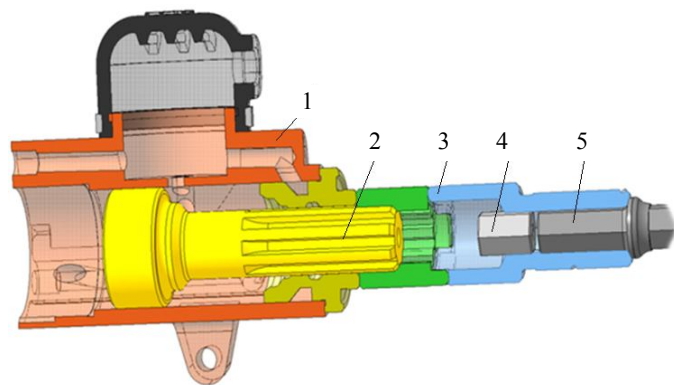


Рис.2. Общий вид перфоратора ППИ54С2 с ударной системой «поршень – боек – инструмент» с шестигранным бойком
1 – корпус; 2 – поршень; 3 – концевая буска; 4 – боек; 5 – штанга

«поршень – боек – инструмент», при которой дребезг бойка проходит эффективно и непрерывно. Именно разработка конструкции простого и надежного способа удержания бойка является основной задачей создания серийного перфоратора на базе модернизированного перфоратора ППИ54С2 [5].

В целом процессы взаимодействия поршня со штангой для различных ударных систем при моделировании в ANSYS выглядят так, как показано на рис.3. В стандартной системе поршень, ударив в непод-

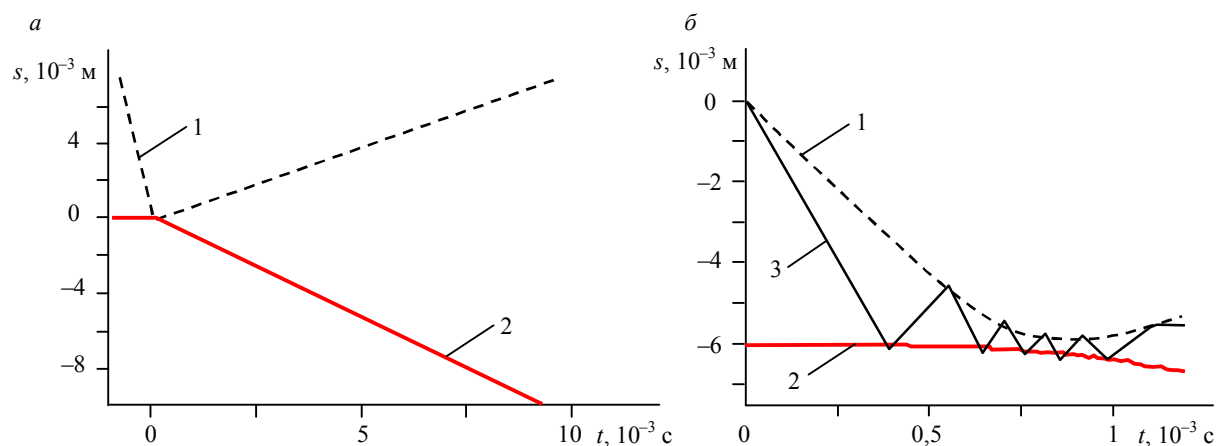


Рис.3. Перемещение во времени (моделирование в ANSYS) стандартной (а) и трехмассовой (б) систем перфоратора
1 – поршень; 2 – штанга; 3 – боек

вижную штангу, отскакивает и движется назад (рис.3, а, кривая 1), а штанга начинает двигаться вперед (кривая 2). На рис.3, б показан процесс «дребезга бойка» между сдвигающимися поршнем (кривая 1) и штангой (кривая 2), причем видно, что боек продолжает колебания вслед отходящему поршню (кривая 3) [1, 8-12], предварительный зазор между штангой и бойком – 6 мм.

Ниже представлена результирующая корреляционная зависимость изменения глубины внедрения пики h от параметров энергии удара, угла заточки пики и частоты ударов в натуральном виде, все члены которой значимы, а сама модель адекватна описываемому процессу:

$$h = 8,866 + 0,6312A_{\text{уд}} - 0,1137\alpha + 1,6374n - 0,0072A_{\text{уд}}\alpha + 0,0491A_{\text{уд}}n, \quad (1)$$

где $A_{\text{уд}}$ – энергия удара, Дж; α – угол заострения пики, град; n – число наносимых ударов, с^{-1} .

Производительность сдвоенного ударного устройства

$$Q_{\text{теор}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\sqrt{\frac{A_{\text{уд}}}{d\sigma_{\text{сж}}(\text{tg } \alpha/2 + \mu)K}} \right)^3 n^{(3\gamma-1)} n_{\text{уд}}, \quad (2)$$

где d – диаметр пики, м; $\sigma_{\text{сж}}$ – предел прочности горной породы на сжатие, МПа; μ – коэффициент трения инструмента о породу; K – коэффициент затупления острия пики; γ – степенной показатель изменения заглубления пики; $n_{\text{уд}}$ – частота ударов отбойного молотка, с^{-1} .

Результаты расчета производительности по формуле (2) представлены на рис.4 [1]. При этом изменение первоначального заглубления от крепости породы выбиралось, в том числе, с использованием зависимости (2). Анализ кривых на рис.4 показывает, что при разрушении забоев различной крепости сдвоенными

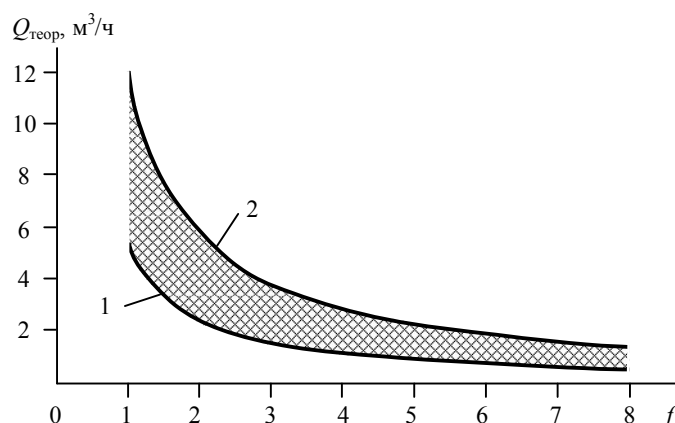


Рис.4. Графики теоретической производительности от крепости пород f для сухой глины малой трещиноватости (1) и для глины с интенсивным проявлением трещиноватости, блочности и кливажа (2)

ударниками происходит повышение производительности в 1,31 раза по сравнению с обработкой забоя двумя индивидуальными отбойными молотками. Данный результат объясняется тем, что процесс отбойки глины сдвоенными ударниками, расположенными на исполнительном органе проходческого комплекса и ориентированными в одной плоскости под сходящимся углом 40° с расстоянием между внедренными в массив кембрийской глины остриями пик, находящимися в интервале 200-300 мм, обеспечивает развитие направленных навстречу друг другу магистральных трещин в разрушаемой породе, находящейся между внедренными пиками. Так же стоит отметить, что повышение производительности для сдвоенных ударников (кривая 2 рис.4) будет происходить тем сильнее, чем более в явной степени на забое проявляются трещиноватость, блочность и кливаж.

В 2015 г. проводились испытания модернизированного перфоратора ПП-54С2 с ударной системой «поршень – боек – инструмент», утолщенной воздушной трубкой и центрированием бойка по внутренней поверхности [5] (вариант Х конструкторского подразделения «ЗУМК») на специальном исследовательском стенде в цехе завода ООО «ЗУМК-Трейд» при бурении пород различной крепости (рис.5).

Исследуемая функция – скорость бурения v в миллиметрах в секунду.

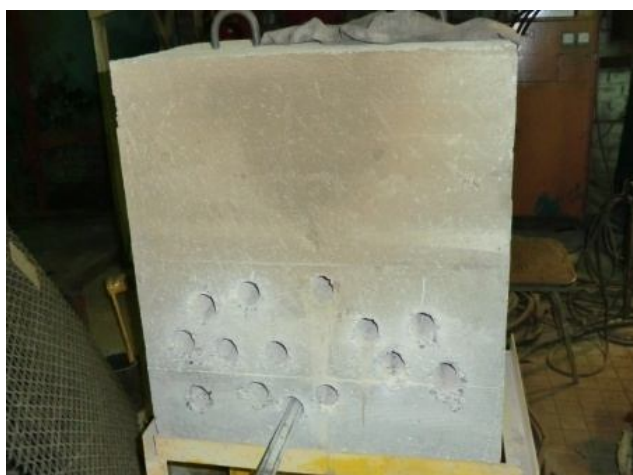


Рис.5. Общий вид исследуемого образца мягкой породы (бетон)

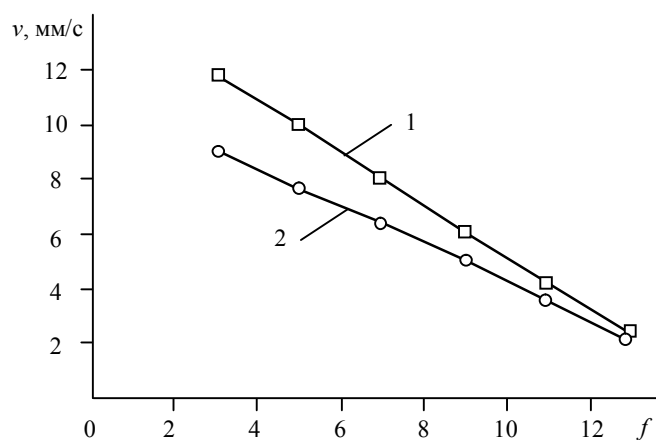


Рис.6. Зависимости скорости бурения от типа ударной системы и крепости породы модернизированного (1) и стандартного (2) перфораторов

Изменяемые факторы:

1) сила прижатия F (нижний уровень $F = 1000$ Н; верхний уровень $F = 1200$ Н); дополнительное прижатие осуществляется силой бурильщика;

2) крепость породы f (нижний уровень $f = 3$, бетонный блок, данные крепости лаборатории завода ООО «ЗУМК-Трейд»; верхний уровень $f = 13$, габбро-диабаз, данные крепости той же лаборатории).

Методика проведения экспериментов предусматривает два этапа: на первом этапе исследуется стандартный перфоратор, на втором – модернизированный.

На каждом этапе проводили четыре серии экспериментов, в каждом из которых выполнялось два замера глубины бурения, каждый за время бурения 30 с. Полученные результаты для второго этапа экспериментов (модernизированный перфоратор) следующие:

Серия	1	2	3	4
F , Н	1000	1200	1000	1200
f	3	3	13	13
v , мм/с	11,1	12,3	2,7	3,1

После обработки результатов с учетом крепости породы и прижатия перфоратора к забою получена корреляционная зависимость скорости бурения от указанных факторов модернизированного перфоратора (рис.6)

$$v = 14,3225 - 0,8825f.$$

Как видно из рис.6, в диапазоне крепости $f = 2 \div 14$ наблюдается устойчивое превышение скорости бурения модернизированного перфоратора над стандартным не менее чем на 20 %.

В результате теоретических исследований, лабораторных и промышленных испытаний модернизированного перфоратора могут быть сделаны следующие выводы и рекомендации. Боек пневмоперфоратора должен иметь конструкцию согласно патенту [5], облегчающую его отодвигание от штанги в конце каждого ударного цикла поршня. Модернизированные ударники и перфораторы могут быть эффективно использованы для проходки вспомогательных выработок «Метростроя» Санкт-Петербурга, на калийных рудниках и при бурении или разрушении мерзлых пород. Разработаны и запатентованы конструкции ударных систем перфораторов. Установлены характеристики факторов, влияющих на устойчивое протекание процесса дребезга бойка между сближающимися поршнем и штангой. Выведены зависимости скорости бурения от параметров процесса взаимодействия бойка в ударной системе «поршень – боек – инструмент» и типа ударной системы. Необходимо совершенствование испытательных стендов для проведения приемочных испытаний перфораторов. Требуется изготовление опытной серии и рудничные (промышленные) испытания модернизированного перфоратора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев А.И. Обоснование параметров двоярного ударного исполнительного органа проходческого комплекса для проведения вспомогательных выработок в кембрийских глинах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2015. 21 с.
2. Модернизация ударных буровых механизмов / Д.А.Юнгмейстер, Л.К.Горшков, В.А.Пивнев, Ю.В.Судьенков. СПб: Политехника-сервис, 2012. 149 с.
3. Модернизированный комплекс для проходки специальных выработок на шахтах «Метростроя» в сложных горно-геологических условиях / Д.А.Юнгмейстер, А.И.Исаев, С.А.Лавренко, В.В.Максаров, Г.В.Соколова // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 4. С.3-10.
4. Механизированные комплексы для проходки специальных выработок на шахтах ОАО «Метрострой» (Санкт-Петербург) / А.П.Вержанский, Д.А.Юнгмейстер, С.А.Лавренко, А.И.Исаев, А.В.Иванов // Горный журнал. 2014. № 5. С.94-99.
5. Пат. 2444602 РФ, МПК E21B 6/00. Перфоратор / Д.А.Юнгмейстер, В.А.Пивнев, Г.В.Соколова и др. Опубл. 10.03.2012, Бюл. № 7.
6. Пат. 2498071 РФ, МПК E21D 9/11. Комплекс для проведения коротких выработок с тубинговой крепью / Д.А.Юнгмейстер, Г.В.Соколова, С.А.Лавренко. Опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31.
7. Разработка и исследование компоновки исполнительного органа проходческого комплекса для шахт ОАО «Метрострой» / Д.А.Юнгмейстер, С.А.Игнатьев, А.Я.Бурак, С.А.Коновалов // Записки Горного института. 2008. Т.178. С.201-205.
8. Расчет и испытания механизмов для ударного разрушения и бурения пород / Д.А.Юнгмейстер, А.И.Исаев, В.А.Пивнев, М.Ю.Платовских, М.Ю.Непран, С.А.Лавренко. СПб: Политехника-сервис, 2014. 128 с.
9. Стендовые исследования ручного перфоратора с ударной системой «поршень – боек – штанга» / А.Я.Бурак, Д.А.Юнгмейстер, А.Ю.Васильев, Ю.В.Судьенков // Записки Горного института. 2008. Т.178. С.175-180.
10. Явление интенсификации передачи энергии удара при центральном повторяющемся соударении твердых тел через промежуточный упругий элемент: Научное открытие № А-415, 2007, диплом № 332 / Р.Ф.Нагаев, Ю.В.Судьенков, Л.К.Горшков, Д.А.Юнгмейстер, В.С.Свинин.
11. Melnikov B.E. Fatigue damage accumulation under the complex varying loading / B.E.Melnikov, A.S.Semenov // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol.831. P.187-192.
12. Semenov A.S. About the causes of cyclic instability at computations of large elasto-plastic strains / A.S.Semenov, B.E.Melnikov, M.Yu.Gorokhov // Proc. of 8th International Workshop on Nondestructive Testing and Computer Simulations in Science and Engineering, St Petersburg. Editor A.I.Melker. Washington. 2005. Vol.5831. P.167-173.

REFERENCES

1. Isaev A.I. Obosnovanie parametrov sdvoennogo udarnogo ispolnitel'nogo organa prokhodcheskogo kompleksa dlya provedeniya vspomogatel'nykh vyrobotok v kembriiskikh glinakh (*Justification of parameters of dual impact executive body for the tunnel complex to build auxiliary workings in the Cambrian clay*): The author ... PhD in Engineering Sciences: 05.05.06. St Petersburg, 2015, p.21.

2. Yungmeister D.A., Gorshkov L.K., Pivnev V.A., Sud'enkov U.V. Modernizatsiya udarnykh burovnykh mekhanizmov (Modernization of percussion drilling machinery). St Petersburg: Politekhniko-servis, 2012, p.149.
3. Yungmeister D.A., Isayev A.I., Lavrenko S.A., Maksarov V.V., Sokolova G.V. Modernizirovannyi kompleks dlya prokhodki spetsial'nykh vyrabotok na shakhtakh «Metrostroya» v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh (Modernized complex for special workings in the mines «Metrostroy» in difficult geological conditions. Mining Equipment and Electromechanics). Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2014. N 4, p.3-10.
4. Verzhansky A.P., Yungmeister D.A., Lavrenko S.A., Isaev A.I., Ivanov A.V. Mekhanizirovannye komplekсы dlya prokhodki spetsial'nykh vyrabotok na shakhtakh OAO «Metrostroy» (St Petersburg) (Mechanized complex for special workings in the mines of «Metrostroy» (St Petersburg)). Gornyi zhurnal. 2014. N 5, p.94-99.
5. Yungmeister D.A., Pivnev V.A., Sokolova G.V. et al. Patent RF N 2444602. Perforator (Punch). Publ. 10.03.2012. Bull. N 7.
6. Yungmeister D.A., Sokolova G.V., Lavrenko S.A. Patent RF N 2498071. Kompleks dlya provedeniya korotkikh vyrabotok s tyubingovoi krep'yu (Complex for short-workings with tubbing lining). Publ. 10.11.2013. Bull. N 31.
7. Yungmeister D.A., Ignat'ev S.A., Burak A.Ya., Konovalov S.A. Razrabotka i issledovanie komponovki ispolnitel'nogo organa prokhodcheskogo kompleksa dlya shakht OAO «Metrostroy» (Development and research of the assembling of the executive body of tunneling complex for mines of «Metrostroy»). Zapiski Gornogo instituta. 2008. Vol.178, p. 201-205.
8. Yungmeister D.A., Isaev A.I., Pivnev V.A., Platovskikh M.Yu., Nepran M.Yu., Lavrenko S.A. Raschet i ispytaniya mekhanizmov dlya udarnogo razrusheniya i bureniya porod (Calculation and testing mechanisms for impact rock destruction and drilling). St Petersburg: Politekhniko-servis, 2014, p.128.
9. Burak A.Ya., Yungmeister D.A., Vasil'ev A.Yu., Sud'enkov Yu.V. Stendovye issledovaniya ruchnogo perforatora s udarnoi sistemoi «porshen' – boek – shtanga» (Stand research of manual perforator with percussive system «striker piston – shank»). Zapiski Gornogo instituta. 2008. Vol.178, p.175-180.
10. Nagaev R.F., Sud'enkov Yu.V., Gorshkov L.K., Yungmeister D.A., Svinin V.S. Yavlenie intensifikatsii peredachi energii udara pri tsentral'nom povtoryayushchemsya soudarenii tverdykh tel cherez promezhutochnyi uprugii element (The phenomenon of intensification of transmission of impact energy in the central repeated collision of solids through an intermediate elastic element): Nauchnoe otkrytie N A-415, 2007, diplom N 332.
11. Mel'nikov B.E., Semenov A.S. Fatigue damage accumulation under the complex varying loading. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol.831, p.187-192.
12. Semenov A.S., Mel'nikov B.E., Gorokhov M.Yu. About the causes of cyclic instability at computations of large elasto-plastic strains. Proc. of 8th International Workshop on Nondestructive Testing and Computer Simulations in Science and Engineering, St Petersburg. Editor A.I.Melker. Washington. 2005. Vol.5831, p.167-173.

RESEARCH OF MODERNIZED PERFORATOR-HAMMER FOR DRIFTING SPECIAL ROADWAY THE UNDERGROUND MINES «METROSTROY»

D.A.YUNGMEISTER, Dr. of Engineering Sciences, Professor, iungmeister@yandex.ru
Saint-Petersburg Mining University, Russia

The article describes the design of modernized hammer-perforators for tunnel complexes for construction of auxiliary mine workings of «Metrostroy», St Petersburg, protected by patents. The article deals with assembly variants of the executive device of percussion type for breaking faces of complicated structure. Particular attention is paid to hammers working in the mode of the «counter-shearing» accomplished by dual jackhammers. The results of experimental tests to determine pike penetration into rock array for different values of rock hardness and pressing force. It is noted that the proposed solution replaces manual labor, reduces working cycle time.

Key words: pit-face, tunnel machines, performance, executive device, hammer, perforator, striker, piston, shank.