

## ВИБРОУДАРНЫЙ ПОЛИИНДЕНТОРНЫЙ БУРОВОЙ СНАРЯД

Н.А. Пелипенко<sup>1</sup>, И.М. Игнатенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Белгород, Россия, e-mail: pelipenkona@mail.ru

**Аннотация:** Рассмотрена возможность наложения вибрационного процесса при бурении скважин долотами. Разработаны схемы ударно-вибрационного бурения. Сочетание традиционного бурения с виброударным воздействием инденторов обеспечивает предразрушение породы на забое. Предложена схема двухконтурного вибропроцесса, обеспечивающая многократное усиление удара с помощью гидроусилителей и гидроаккумулятора. Система управляется вращающимся плунжером, который обеспечивает частоту, скважность ударов и последовательность срабатывания инденторов. Управляющий чип обеспечивает автоматический режим и выбор параметров вибробурения в зависимости от конкретных условий забоя. Управляемый вращающийся золотник (плунжер) приводится в движение шаговым микродвигателем, частота вращения которого совпадает с частотой работы индентора. Сила удара обеспечивается за счет изменения амплитуды посредством работы двигателя в режиме плавного или импульсного отсчета шагов. Снаряд имеет зарядное устройство. Система может работать в автоматическом и ручном режимах. Автоматический режим управления сводится к оптимизации переменных величин: частоты, амплитуды, статического пригруза в виде колонны бурительных труб, динамической силы удара и частоты вращения долота.

**Ключевые слова:** ударно-вибрационное бурение, амплитуда, частота, сила удара, автоматический режим, ударник-индентор, гидроусилитель, гидроаккумулятор, переключатели режимов, последовательность срабатывания инденторов, управляющий чип.

**Для цитирования:** Пелипенко Н. А., Игнатенко И. М. Виброударный полиинденторный буровой снаряд // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 9. – С. 195–203. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-195-203.

### Vibropercussion polyindenter drilling assembly

N.A. Pelipenko<sup>1</sup>, I.M. Ignatenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia, e-mail: pelipenkona@mail.ru

**Abstract:** The feasibility of combining vibration process with bit drilling is discussed. The vibropercussion drilling charts are developed. Conventional drilling coupled with vibropercussion effect of indenters provides predestruction of bottomhole rocks. The proposed chart of two-circuit vibroprocess ensures multiple amplification of impact owing to hydraulic booster and hydraulic accumulator. The system is operated by rotating piston which supports frequency and duration of impacts, as well as sequence of actuation of indenters. The control chip ensures hands-off operation and selection of vibro-drilling parameters versus specific conditions of bottomhole. The sleeve (piston) is geared by stepper micro-motor operating at the speed consistent with frequency of indenter. The impact force is supported by the amplitude adjustment by the motor operation in the smooth

or pulsed step mode. The drill assembly has a charging device. The system can operate in hands-off and manual mode. The unattended operation control consists in optimization of variables: frequency, amplitude, additional static load in the form of a drilling sting, impact force and bit rotation frequency.

**Key words:** vibropercussion drilling, amplitude, frequency, impact force, hands-off model, piston-indenter, hydraulic booster, hydraulic accumulator, model control switches, indenter actuation sequence, control chip.

**For citation:** Pelipenko N. A., Ignatenko I. M. Vibropercussion polyindenter drilling assembly. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(9):195-203. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-195-203.

---

## Введение

Целью разработки виброударного полиинденторного бурового снаряда (ВПБС) является повышение производительности труда при бурении скважин в твердых породах. Ряд авторов-исследователей и разработчиков инструментов получили положительные результаты, связанные с существенным повышением скорости проходки с использованием новой конструкции инструментов и режущих материалов [1–6]. Существующие способы бурения с использованием коронок, шарошек и долот постоянно совершенствуются [7–12]. Оптимизация конструкции горных машин, оборудования и инструментов, работающих в сложных условиях, обсуждается в работах ряда авторов [13–18]. Назрела необходимость создания буровых снарядов, технологические возможности которых охватывают по возможности широкий перечень предварительно тестируемых по твердости и абразивности горных пород [19–22].

В нашей стране и за рубежом нашли применение вибраторы в различных отраслях народного хозяйства: машиностроении, строительстве, химической промышленности, сельском хозяйстве, перерабатывающей и горной промышленности и др. Для возбуждения колебательного процесса используются приводные устройства: механические, гидравлические, пневматические, электрические, магнетострикционные, комбинированные и др. Независимо от привода, в горном деле используются два типа вибраторов — по-

верхностные и погружные. Поверхностные вибраторы устанавливаются на дневной поверхности, а погружные — в забое скважины. Основным элементом вибратора является движение ударной массы под действием рабочего тела — промывочной жидкости, воздуха или специально подготовленных смесей.

Поверхностные вибраторы имеют ограниченное применение из-за высокой диссипации энергии. Глубина скважин при использовании таких вибраторов не превышает 200–350 м и зависит от диаметра и материала буровых труб. Диссипация представляет собой процесс интенсивного затухания энергии и амплитуды колебаний. Работу разрушения дна скважины с высоким КПД можно выполнять погружными вибраторами. Основу процесса составляет ударная масса, производящая разрыхление слоя с последующим удалением его с забоя скважины. В качестве источника используется кинетическая энергия промывочной жидкости или воздуха.

## Конструкция и принцип работы полиинденторного бурового снаряда

Для более точного описания процесса бурения воспользуемся термином ударник-индентор (УИ). Ударник-индентор соединен с аккумулятором высокого давления и автоматическим клапаном-прерывателем. Для обеспечения надежности работы проект предусматривает использование двухконтурной системы,

в которой производится двойное усиление силы удара путем использования гидроаккумулятора. Движение промывочной жидкости относится к первому наружному контуру. Рабочей жидкостью второго контура является трансформаторное масло. Промывочная жидкость воздействует на плунжер гидроаккумулятора, в котором создается давление 10–15 МПа. Дополнительное повышение давления проводится во втором контуре в виде пульсирования неразрывного потока жидкости. Буровой снаряд снабжен инденторами (рис. 1), число которых колеблется от 3 до 30 единиц и более, и зависит от диаметра скважины.

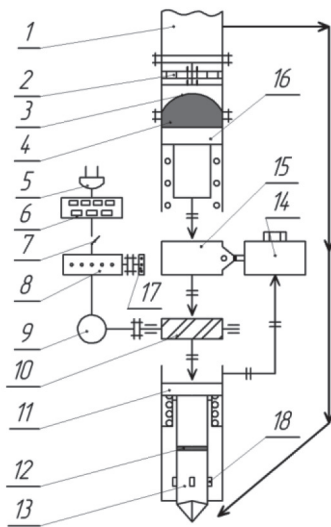
### Описание работы ВПБС

Движущийся по бурильной трубе 1 динамический поток промывочной жидкости вращает прерыватель 2, сообщающий импульсное давление на мембрану 3, которая через слой гидропласта 4 толкает поршень гидроусилителя аккумулятора 16. Плунжер, сопряженный с поршнем делителя закачивает масло в гидроаккумулятор 15 под давлением:

$$P_y = P_{пж} * D_{пор} / D_{пл}, P_y = P_{пж} * k_y,$$

где  $P_y$  — давление индентора в момент удара, Па;  $P_{пж}$  — давление масла под плунжером, Па;  $D_{пор}$  — диаметр поршня, м;  $D_{пл}$  — диаметр плунжера, м.

$D_{пор} / D_{пл} = k_y$  является коэффициентом усиления. В гидроаккумуляторе 15 масло находится под постоянным давлением  $P_y$ . Из гидроаккумулятора масло подается на вращающийся плунжер-золотник 10. Частота вращения плунжера-золотника задается управляющим чипом 8 через переключатель режима 17 на шаговый двигатель 9. При этом частота вращения плунжера-золотника равна частоте вращения двигателя 9. Через канал, связывающий управляющее вращение плунжера-золотника 10, также осуществляется последовательность включения УИ в работу. Поступающая в гидроусилитель 11 промывочная жидкость толкает через гидропластовую прокладку 12 УИ 13. Всего в буровом снаряде может содержаться 3–30 и более УИ, включаемых в работу последовательно. Буровой снаряд можно перестраивать на воздушную очистку забоя вместо про-



—⇒ Масляные каналы  
 → Каналы промывочной жидкости

Рис. 1. Гидромеханическая схема отдельно взятого индентора: 1 — колонна бурильных труб; 2 — вращающийся прерыватель; 3 — гибкая мембрана; 4 — гидропласт; 5 — зарядное гнездо электроаккумулятора; 6 — электроаккумулятор (mini); 7 — выключатель; 8 — управляющий чип; 9 — микродвигатель; 10 — вращающийся управляющий золотник плунжер; 11 — гидроусилитель ударника-индентора; 12 — гидропластовая прокладка; 13 — ударник-индентор; 14 — масляный микрорезервуар; 15 — гидроаккумулятор; 16 — гидроусилитель аккумулятора; 17 — переключатель режима; 18 — автоматические захватное устройство ударника-индентора

Fig. 1. Hydromechanical scheme of work of a single indenter: 1 — drill pipe string; 2 — rotating breaker; 3 — flexible membrane; 4 — hydroplast; 5 — charging socket of the electric accumulator; 6 — electric accumulator (mini); 7 — the switch; 8 — control chip; 9 — micromotor; 10 — plunger rotating the control valve; 11 — power of striker-indenter; 12 — hydroplastic gasket; 13 — striker-indenter; 14 — oil micro reserve; 15 — hydroaccumulator; 16 — power battery; 17 — mode switch; 18 — automatic gripping device of the striker-indenter

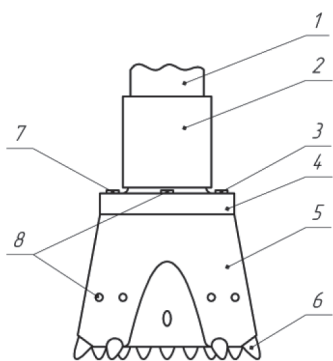


Рис. 2. Общий вид полиинденторного снаряда: 1 — колонна буровых труб; 2 — переходник; 3 — доступ к заправке масла; 4 — крышка с переходником; 5 — корпус долота; 6 — ударник-индентор (УИ); 7 — доступ к аккумуляторной батарее; 8 — доступ к ограничителям УИ

Fig. 2. General view of the poly-indenter shell: 1 — drill pipe string; 2 — adapter; 3 — access to refueling oil; 4 — cover with adapter; 5 — bit body; 6 — striker-indenter (SI); 7 — access to the battery; 8 — access to SI limiters

мывочной жидкости. Амплитуда УИ определяется скважностью потока жидкости. Это обеспечивается работой микродвигателя в режиме шагового двигателя — плавный или импульсный отсчет шагов. С увеличением амплитуды возрастает сила ударного импульса.

Общая компоновка полиинденторного снаряда представлена на рис. 2. Все элементы и детали, упомянутые выше, расположены в полости корпуса снаряда, который изготавливают на прецизионном станке. Особенно это касается точных плунжерных сопряжений.

На подошве снаряда (рис. 3) показана схема расположения и порядок срабатывания инденторов. Промывочная жидкость подается по каналам Н и Т, расположенных по нормали и тангенциально на подошве снаряда.

Автоматический режим управления процессом бурения сводится к оптимизации независимых переменных: частоты, амплитуды, статического пригруза, динамической силы удара и частоты вращения долота. Такая математическая

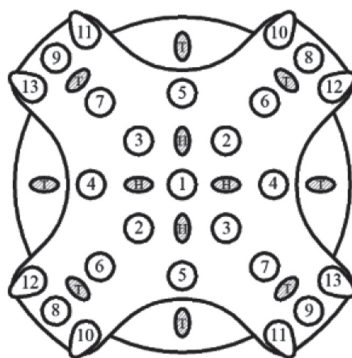


Рис. 3. Последовательность срабатывания УИ. Порядок срабатывания: 1-2-2, 1-3-3, 1-4-4, 1-5-5, 1-6-6, 1-7-7, 1-8-8, 1-9-9, 1-10-10, 1-11-11, 1-12-12, 1-13-13; H — подача промывочной жидкости (по нормали), T — подача промывочной жидкости (тангенциально)

Fig. 3. The sequence of operation of SI. The order of operation: 1-2-2, 1-3-3, 1-4-4, 1-5-5, 1-6-6, 1-7-7, 1-8-8, 1-9-9, 1-10-10, 1-11-11, 1-12-12, 1-13-13; H — supply of washing liquid (normal), T — supply of washing fluid (tangential)

модель решается после постановки значительного числа натуральных экспериментов. Последовательно действующие УИ по существу являются отдельными вибраторами. Колонну труб, помещенную в скважину, с достаточной точностью для практики можно считать системой с одной степенью свободы и свести к решению уравнения:

$$a\ddot{x} + b\dot{x} - c = 0,$$

где  $\dot{x}$  — скорость движения ударной массы;  $a$  — постоянная, учитывающая массу пригруза — колонну труб, бурового снаряда, промывочной жидкости, заполняющей бурильные трубы и снаряд;  $b$  — приведенная постоянная гидравлическая сопротивляемость;  $c$  — член уравнения, учитывающий постоянное сопротивление.

Решением этого уравнения является известное уравнение Риккати, имеющее вид для времени разгона УИ до требуемой скорости  $v$ :

$$t = \frac{a}{2\sqrt{cb}} \ln \frac{\sqrt{\frac{c}{b} + v}}{\sqrt{\frac{c}{b} - v}}.$$

Если пренебречь гидравлическими сопротивлениями, можно воспользоваться уравнением в виде:

$$\ddot{x} + kx = nt^2 + c,$$

где  $k$  и  $n$  — постоянные.

При уточнении результатов расчета необходимо учитывать такие показатели, как модуль упругости масла и промывочной жидкости, которые зависят от давления в забое. Учет энергетических показателей касается веса пригруза, скорости УИ и массы ударника. При установившемся режиме амплитуда может достигать 2 мм при суммарном пригрузе  $5 \cdot 10^3 - 8 \cdot 10^5$  кг в зависимости от диаметра инструмента. Другим важным показателем, влияющим на производительность бурения, является демпфирование силы удара, которую можно определить при частном решении математической модели с тремя неизвестными — жесткость, колеблющаяся масса и коэффициент потерь. Жесткость системы определяется через модуль Юнга по известной формуле:

$$E = \frac{F/S}{\Delta l/l} = \frac{Fl}{S \cdot \Delta l},$$

где  $F$  — нормальная сила, действующая на дно забоя;  $S$  — площадь забоя;  $l$  — длина деформируемого стержня;  $\Delta l$  — модуль изменения длины стержня.

Размерность и единица измерения —  $l^{-1}$  МТ<sup>-2</sup>, Па. Длина  $l$  в стадии расчета представляет собой общую колонну труб в виде тонкого стержня. Если массу труб рассматривать как статический пригруз, в этом случае  $l$  является длиной УИ, при этом необходимо учитывать жесткость как самого стержня, так и жесткость дна забоя. Соотношение силы удара с уче-



Рис. 4. Зона предразрушения от одиночного импульса.  $D^* \geq (3 \div 7)d$  в зависимости от свойств породы дна забоя

Fig. 4. Prefracture zone from a single pulse.  $D^* \geq (3 \div 7)d$  depending on the properties of the bottom rock of the bottom

том амплитуды и частоты продольного колебания УИ может сложиться так, что вибрации не оказывают влияния на производительность бурения. Следовательно, при расчете двухступенчатой системы усиления силы в конструкции бурового снаряда необходимым и достаточным условием является глубина лунки, оставляемая УИ ( $\Delta$ ). В традиционной схеме бурения за один оборот снаряда снимается тонкий слой породы ( $\delta$ , мм), поэтому необходимо соблюдать условие:

$$\Delta = 2 \div 3\delta.$$

Радиальные микротрещины, расположенные вокруг центра лунки, образуют кольцевую зону предразрушения  $D^*$  (рис. 4).

Предразрушение существенно снижает сопротивление сил резания породы инденторами.

Таким образом, целью наложения вибраций на процесс разрушения дна забоя является получение максимально возможной толщины слоя предразрушения  $\delta$ . Дальнейший этап разрушения дна забоя осуществляется вращающимися УИ со значительно меньшим усилием. Процесс истирания замещается процессом крупного разрушения с образованием крупнозернистого шлама. Чем крупнее ча-

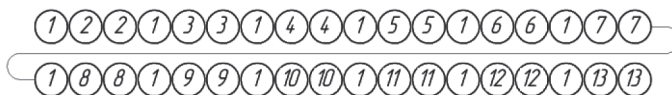


Рис. 5. Проекция на диаметр пятен разрушения днища забоя

Fig. 5. The projection on the diameter of the spots of destruction of the bottom of the face

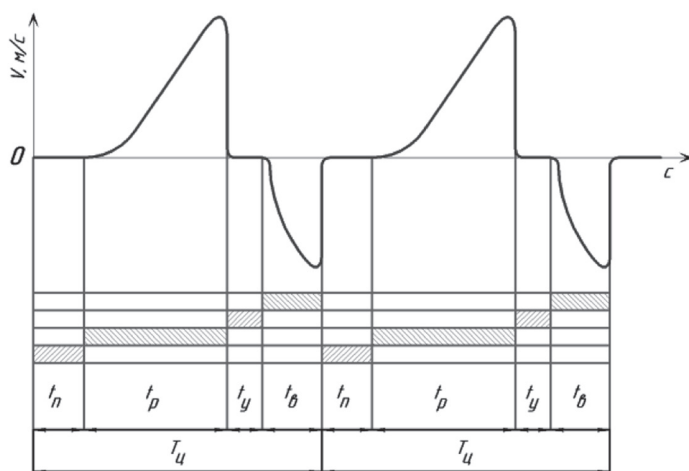


Рис. 6. Циклограмма работы отдельно взятого УИ:  $t_n$  — состояние покоя,  $t_p$  — разгон,  $t_y$  — длительность удара,  $t_b$  — возврат в исходное положение,  $T_u$  — длительность цикла УИ

Fig. 6. The sequence diagram of the work of a single SI:  $t_n$  — state of rest,  $t_p$  — acceleration,  $t_y$  — duration of the impact,  $t_b$  — return to the initial position,  $T_u$  — duration of the SI cycle

стицы шлама, тем выше КПД бурения. Парносимметричное срабатывание инденторов (рис. 5) обеспечивает устойчивую работу снаряда. Нумерация проекций пятен предразрушения (рис. 4) соответствует нумерации инденторов на рис. 3. Цикл последовательных срабатываний инденторов показан на рис. 6. Общая длительность цикла 0,05–0,10 с.

### Заключение

Одним из основных показателей качества дорогостоящего бурового снаряда является его надежность, в частности, ремонтпригодность. В предлагаемой конструкции снаряда ударник-индентор является быстро изнашиваемым элементом. Поэтому он выполнен как быстро заменяемая без разборки долота деталь. Для замены показанных на рис. 2 УИ в количестве 26 шт. потребуется 30 мин.

Регулируемыми величинами являются: частота, амплитуда и скважность вибрационного процесса. Поэтому бурение, в особенности на нефть и газ, необходимо проводить в умеренно напряженном режиме с тем, чтобы завершение бурения скважин на полную глубину совпадало по времени замене изношенных УИ. Снятые изношенные УИ подвергаются заточке по ударному конусу, при этом снимается слой металла приблизительно 2–3 мм с соблюдением одинаковости рабочей длины с точностью  $\pm 0,3$  мм. Геометрия заточки УИ, в частности угол ударного конуса, осуществляется в зависимости от крепости породы по Протодьяконову. УИ изготавливается из высокопрочной износостойкой стали с термической обработкой и закалкой рабочего конуса до твердости HRC 55–60 и твердостью сердцевины HRC 40–45.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жабин А. Б., Поляков А. В., Аверин Е. А., Сарычев В. И. Состояние научных исследований в области разрушения горных пород режущим инструментом на рубеже веков // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2018. — № 1. — С. 230–247.
2. Жабин А. Б., Поляков А. В., Аверин Е. А. О необходимости введения государственного стандарта для определения абразивности горных пород // Уголь. — 2018. — № 11. — С. 86–91.

3. West G. Rock abrasiveness testing for tunnelling // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. 1989. Vol. 26. No 2. Pp. 151–160.
4. Macias F. J., Dahl F., Bruland A. New rock abrasivity test method for tool life assessments on hard rock tunnel boring: the rolling indentation abrasion test (RIAT) // Rock Mechanics and Rock Engineering. 2016. Vol. 49. No 5. Pp. 1679–1693.
5. Bakar M. Z. A., Majeed Y., Rostami J. Influence of moisture content on the LCPC test results and its implications on tool wear in mechanized tunneling // Tunnelling and Underground Space Technology. 2018. Vol. 81. Pp. 165–175.
6. ГОСТ Р 52892-2007. Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию.
7. Линник Ю. Н., Жабин А. Б., Линник В. Ю., Поляков А. В. Оценка влияния отказов резцов и резцедержателей на показатели эффективности работы угледобывающих комбайнов // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2018. — № 2. — С. 247–263.
8. Талеров М. П., Болобов В. И., Чупин С. А. Методика расчета долговечности и установления причины выхода из строя тангенциальных поворотных резцов // Горное оборудование и электромеханика. — 2014. — № 1. — С. 16–23.
9. Талеров М. П., Болобов В. И. Долговечность и виды отказов тангенциальных поворотных резцов // Горный журнал. — 2018. — № 4. — С. 77–81.
10. Comakli R., Kahraman S., Balci C. Performance prediction of roadheaders in metallic ore excavation // Tunnelling and Underground Space Technology. 2014. Vol. 40. Pp. 38–45.
11. Ko T. Y., Kim T. K., Son Y., Jeon S. Effect of geomechanical properties on Cerchar Abrasivity Index (CAI) and its application to TBM tunnelling // Tunnelling and Underground Space Technology. 2016. Vol. 57. Pp. 99–111.
12. Yarali O., Yaşar E., Bacak G., Ranjith P. G. A study of rock abrasivity and tool wear in coal measures rocks // International Journal of Coal Geology. 2008. Vol. 74. No 1. Pp. 53–66.
13. Linnik Yu. N., Afanasiev V. Ya., Linnik V. Yu. State-of-the-art and prospect forecast of geological conditions in underground coal mining for the period up to 2030 // Eurasian mining. 2015. No 2. Pp. 47–51.
14. Su P., Wang W., Huo J., Li Z. Optimal Layout Design of Cutters on Tunnel Boring Machine // Journal of Northeastern University (Natural Science). 2010. Vol. 31. No 6. Pp. 877–881.
15. Zhang H. M. Mechanical analysis of TBM disc cutter damage mechanism and its application // Modern Tunnelling Technology. 2011. 48. No 1. Pp. 61–65.
16. Пелипенко Н. А., Санин С. Н. Инновационная технология изготовления крупногабаритных изделий // Journal of Mining Institute. — 2018. — т. 230. — С. 185–189.
17. Пелипенко Н. А., Процук И. С., Бакланов Р. Р. Статистическое исследование показателей буримости горных пород при строительстве МГ «Сила Сибири» // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. — 2018. — № 2. — С. 44–48.
18. Пелипенко Н. А., Санин С. Н., Афанасьев А. А., Дуюн Т. А., Гунькин А. Введение в теорию поперечного бесцентрового шлифования крупногабаритных цилиндрических поверхностей // Research Journal of Applied Sciences. — 2014. — № 9. — С. 696–699.
19. Линник В. Ю., Поляков А. В., Линник Ю. Н. Горно-геологические и качественные характеристики угольных пластов России, обрабатываемых подземным способом // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2017. — № 3. — С. 168–182.
20. Танайно А. С. К проблеме тестирования горных пород на абразивность // Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. — 2014. — № 6. — С. 87–95.
21. Примычкин А. Ю., Кондратенко А. С., Тимонин В. В. Определение параметров системы воздухораспределения с упругим клапаном для погружного пневмоударника // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. — 2016. — № 3. — Т. 2. — С. 141–145.
22. Орлов В. Гидромолоты для строительства и горнодобывающих карьеров. Ваше слово, гидромолот! (Ч. 1). URL: <http://os1.ru/article/10854-gidromoloty-dlya-stroitelstva-i-gornodobyvayushchih-karerv-vashe-slovo-gidromolot-ch-1> (дата обращения 06.05.2019). **ПЛАБ**

## REFERENCES

1. Zhabin A. B., Polyakov A. V., Averin E. A., Sarychev V. I. Status of scientific research in the field of rock destruction with a cutting tool at the turn of the century. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle*. 2018, no 1, pp. 230–247. [In Russ].

2. Zhabin A. B., Polyakov A. V., Averin E. A. On the need to introduce a state standard for determining the abrasiveness of rocks. *Ugol'*. 2018, no 11, pp. 86–91. [In Russ].
3. West G. Rock abrasiveness testing for tunnelling. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. 1989. Vol. 26. No 2. Pp. 151–160.
4. Macias F. J., Dahl F., Bruland A. New rock abrasivity test method for tool life assessments on hard rock tunnel boring: the rolling indentation abrasion test (RIAT). *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016. Vol. 49. No 5. Pp. 1679–1693.
5. Bakar M. Z. A., Majeed Y., Rostami J. Influence of moisture content on the LCPC test results and its implications on tool wear in mechanized tunneling. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2018. Vol. 81. Pp. 165–175.
6. Vibratsiya i udar. Vibratsiya zdaniy. Izmerenie vibratsii i otsenka ee vozdeystviya na konstruktivnyy. GOST R 52892-2007 [Vibration and shock. Vibration of buildings. Measurement of vibration and evaluation of its impact on the structure. State Standard R 52892-2007].
7. Linnik Yu. N., Zhabin A. B., Linnik V. Yu., Polyakov A. V. Evaluation of the impact of tool and tool holder failures on the performance indicators of coal-mining combines. *Izvestiya TuIGU. Nauki o Zemle*. 2018, no 2, pp. 247–263. [In Russ].
8. Talerov M. P., Bolobov V. I., Chupin S. A. Method of calculating durability and determining the cause of failure of tangential rotary cutters. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2014, no 1, pp. 16–23. [In Russ].
9. Talerov M. P., Bolobov V. I. Durability and types of failures of tangential rotary cutters. *Gornyy zhurnal*. 2018, no 4, pp. 77–81. [In Russ].
10. Comakli R., Kahraman S., Balci C. Performance prediction of roadheaders in metallic ore excavation. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2014. Vol. 40. Pp. 38–45.
11. Ko T. Y., Kim T. K., Son Y., Jeon S. Effect of geomechanical properties on Cerchar Abrasivity Index (CAI) and its application to TBM tunnelling. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2016. Vol. 57. Pp. 99–111.
12. Yaralı O., Yaşar E., Bacak G., Ranjith P. G. A study of rock abrasivity and tool wear in coal measures rocks. *International Journal of Coal Geology*. 2008. Vol. 74. No 1. Pp. 53–66.
13. Linnik Yu. N., Afanasiev V. Ya., Linnik V. Yu. State-of-the-art and prospect forecast of geological conditions in underground coal mining for the period up to 2030. *Eurasian mining*. 2015. No 2. Pp. 47–51.
14. Su P., Wang W., Huo J., Li Z. Optimal Layout Design of Cutters on Tunnel Boring Machine. *Journal of Northeastern University (Natural Science)*. 2010. Vol. 31. No 6. Pp. 877–881.
15. Zhang H. M. Mechanical analysis of TBM disc cutter damage mechanism and its application. *Modern Tunnelling Technology*. 2011. 48. No 1. Pp. 61–65.
16. Pelipenko N. A., Sanin S. N. Innovative manufacturing technology of large-sized products. *Journal of Mining Institute*. 2018. т. 230, pp. 185–189. [In Russ].
17. Pelipenko N. A., Protsuk I. S., Baklanov R. R. Statistical study of indicators of rock drillability during the construction of the MG «Power of Siberia». *Vestnik assotsiatsii burovykh podryadchikov*. 2018, no 2, pp. 44–48. [In Russ].
18. Pelipenko N. A., Sanin S. N., Afanas'ev A. A., Duyun T. A., Gun'kin A. Introduction to the theory of the cross-centerless grinding of large cylindrical surfaces. *Research Journal of Applied Sciences*. 2014, no 9, pp. 696–699. [In Russ].
19. Linnik V. Yu., Polyakov A. V., Linnik Yu. N. Mining and geological and qualitative characteristics of coal seams in Russia, developed by the underground method. *Izvestiya TuIGU. Nauki o Zemle*. 2017, no 3, pp. 168–182. [In Russ].
20. Tanayno A. S. To the problem of testing rocks for abrasiveness. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh*. 2014, no 6, pp. 87–95. [In Russ].
21. Primychkin A. Yu., Kondratenko A. S., Timonin V. V. Determination of parameters of the air distribution system with an elastic valve for a submersible pneumatic hammer. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornykh nauk*. 2016, no 3, vol. 2, pp. 141–145. [In Russ].
22. Orlov V. *Gidromoloty dlya stroitel'stva i gornodobyvayushchikh kar'erov. Vashe slovo, gidromolot!* (part 1). URL: <http://os1.ru/article/10854-gidromoloty-dlya-stroitelstva-i-gornodobyvayushchikh-kar'erov-vashe-slovo-gidromolot-ch-1> (accessed 06.05.2019).



## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пелипенко Николай Андреевич<sup>1</sup> — д-р техн. наук, профессор, e-mail: pelipenkona@mail.ru,  
Игнатенко Игнат Михайлович<sup>1</sup> — канд. техн. наук,  
директор Института Наук о Земле, e-mail: ignatenko\_i@bsu.edu.ru,  
<sup>1</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет.  
Для контактов: Пелипенко Н.А., e-mail: pelipenkona@mail.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

N.A. Pelipenko<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: pelipenkona@mail.ru,  
I.M. Ignatenko<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Director, Institute of Earth Sciences,  
e-mail: ignatenko\_i@bsu.edu.ru,  
<sup>1</sup> Belgorod State National Research University, 308015, Belgorod, Russia.  
Corresponding author: N.A. Pelipenko, e-mail: pelipenkona@mail.ru.



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

---

### ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ПРИ ЕГО ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫЧЕ ИЗ НЕОСУШЕННОЙ ЗАЛЕЖИ

(2019, СВ 18, 12 с.)

Вагапова Эльнара Абдумавна<sup>1</sup> — аспирант, e-mail: s165072@stud.spmi.ru,  
Худякова Ирина Николаевна<sup>1</sup> — аспирант, e-mail: s165095@pers.spmi.ru,  
Иванов Сергей Леонидович<sup>1</sup> — д-р техн. наук, профессор, e-mail: Ivanov\_SL@pers.spmi.ru,  
<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет.

Расширение использования местных видов топливно-энергетических ресурсов, включая торф, является одним из приоритетных направлений энергетической стратегии России. Применение гидромеханизированного способа добычи торфяного сырья является эффективным при разработке заболоченных торфяных месторождений. Реализация первичного обезвоживания торфа непосредственно на борту комплекса по добыче и переработке торфяного сырья позволяет резко снизить потери, связанные с порожним транспортированием переувлажненного сырья. Представлены результаты эксперимента по применению эффекта омагничивания для интенсификации процесса сгущения пульпы с последующим ее прессованием. Представлена аппаратная реализация технологического процесса первичного обезвоживания торфяной пульпы на борту комплекса по добыче и переработке торфяного сырья.

Ключевые слова: торфяная пульпа, торф-сырец, водоотделение, влагосодержание, фильтрация, сгущение, омагничивание, комплекс добычи и переработки торфяного сырья, гравитационный пресс.

### THE REASON FOR CHOICE OF EQUIPMENT FOR PRIMARY DEHYDRATION OF RAW PEAT DURING ITS HYDRAULIC MINING FROM UNDRAINED PEAT DEPOSIT

E.A. Vagapova<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: s165072@stud.spmi.ru,  
I.N. Khudyakova<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: s165095@pers.spmi.ru,  
S.L. Ivanov<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: Ivanov\_SL@pers.spmi.ru,  
<sup>1</sup> Saint Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia.

Expanding the use of local types of fuel and energy re-sources, including peat, is one of the priorities of Russia's energy strategy. The use of hydraulic mining of raw peat is effective in the development of wetland peat deposits. The realization primary de-hydration of peat on board the complex for the extraction and pro-cessing of raw peat allows to reduce losses associated with empty transportation of waterlogged raw materials. The experimental results with the effect of magnetic to intensify the process of thickening the peat pulp with subsequent pressing. The hardware implementation of the technological process of primary dehydration of peat pulp on board the complex for the extraction and processing of raw peat is presented.

Key words: peat pulp, raw peat, water separation, moisture content, filtration, thickening, magnetization, complex of extraction and processing of raw peat, gravity press.