

УДК 622.23.05

## ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОДЫ

Пашков Д.А., аспирант Института угля ФИЦ УУХ СО РАН,  
Научный руководитель: Садовец В.Ю., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Коллективом авторов [1-10] ведутся работы по созданию нового вида горнопроходческой техники – геоходов. Геоходы предназначаются для проходки подземных выработок различного назначения и расположения в пространстве [11-16].

При проектировании геоходов требуется создание нового научного направления – геодинамика подземных аппаратов (ПА). Основной задачей геодинамики ПА является выбор рациональной формы ПА (геоходов) [17-18].

Одним из элементов ПА, влияющий на его форму является исполнительный орган (ИО). ИО предназначены для разрушения породы забоя.

Основным критерием эффективности процесса разрушения является показатель энергоемкости процесса [19]. Поэтому, работы направленные на определение энергоемкости разрушения породы забоя ИО геохода являются актуальными.

Существуют разные методики определения энергоемкости разрушения породы, предложенные разными авторами, но термин "энергоемкость разрушения горной породы" общепринятый и означает количество работы, затраченной на разрушение единицы объема или массы горной породы [20].

Нами взяты три методики определения энергоемкости разрушения горной породы:

1. Определение энергоемкости разрушения горной породы роторным ИО, из работы Ананьева К.А. [21];
2. Определение энергоемкости разрушения горной породы резцовыми инструментом, из работы Малевича Н.А. [19];
3. Определение энергоемкости разрушения грунтов землеройными машинами, из работы Ветрова Ю.А. [22].

Энергоемкость разрушения горной породы роторным ИО ( $H_w$ , кВт·ч/м<sup>3</sup>), из работы Ананьева К.А. [21] определяется из выражения

$$H_w = \frac{2\pi M}{3600W_{об}}, \quad (1)$$

где  $M$  – суммарный момент, затрачиваемый на резание, кНм;

$W_{об}$  – объем разрушенной породы за один оборот, м<sup>3</sup>.

Энергоемкость разрушения горной породы резцовым инструментом ( $H_w$ , МДж/м<sup>3</sup>), из работы Малевича Н.А. [19], определяется из выражения

$$H_w = \frac{Z}{th}, \quad (2)$$

где  $Z$  – усилие резания, Н;

$t$  – шаг разрушения, мм;

$h$  – средняя толщина стружки, мм.

Энергоемкость разрушения грунтов землеройными машинами ( $p$ , МДж/м<sup>3</sup>), из работы Ветрова Ю.А. [22] определяется из выражения

$$p = \frac{P}{F_{cp}}, \quad (3)$$

где  $P$  – сила резания ножом, Н;

$F_{cp}$  – площадь поперечного сечения прорези, мм<sup>2</sup>.

Выражения для определения энергоемкости разрушения горных пород представленные Малевичем Н.А. и Ветровым Ю.А. являются тождественными. В числителе, в обоих выражениях, представлены усилия резания, а в знаменателе у Малевича Н.А. используется произведение толщины стружки на шаг разрушения, что по сути является площадью поперечного сечения среза, а Ветров Ю.А. в знаменателе использует сразу площадь поперечного сечения среза.

Стоит отметить, что у Ветрова Ю.А. величина энергоемкости разрушения грунтов землеройными машинами называется, как удельная сила резания.

Первое отличие первой методики от второй и третьей видна в размерности энергоемкости разрушения горных пород. Однако при переводе к Вт·ч в МДж (1 кВт·ч = 3,6 МДж) в выражении (1) коэффициент в знаменателе равный 3600 сократится. И выражение (1) примет вид

$$H_w = \frac{2\pi M}{1000W_{ob}}. \quad (4)$$

Второе отличие, представленных выражений, заключается в том, что в первой методике в числителе указан суммарный момент, затрачиваемый на резание, а в знаменателе объем разрушенной породы за один оборот. А во второй и третьей, в числителе – усилия резания, а в знаменателе – площадь поперечного сечения среза.

В настоящее время, коллектив авторов [1-11], разрабатывает методики определения параметров ножевого ИО геохода, а выражения для определения силовых параметров ИО геохода базируются на методике определения силовых параметров ножевых ИО землеройных машин, разработанной Ветровым Ю.А., то нами принято использовать методику определения энергоемкости разрушения горных пород, предложенную Ветровым Ю.А.

## Список литературы

1. Аксенов В.В. Научные основы геовинчестерной технологии проведения горных выработок и создания винтоворотных агрегатов//автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Институт угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук. Кемерово, 2004.
2. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Вальтер А.В., Ефременков А.Б., Казанцев А.А. Опыт участия Юргинского технологического института (филиала) НИ ТПУ в проекте по организации высокотехнологичного производства (ППРФ №218)//Технологии и материалы. 2016. № 2. С. 10-17.
3. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Казанцев А.А., Вальтер А.В., Ефременков А.Б. Опыт участия в проекте по организации высокотехнологичного производства//Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 8 (126). С. 8-15.
4. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Ефременков А.Б., Казанцев А.А., Хорешок А.А., Вальтер А.В. Геоход: задачи, характеристики, перспективы//Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 8 (126). С. 3-8.
5. Ермаков А.Н., Аксёнов В.В., Хорешок А.А., Ананьев К.А. Обоснование требований к исполнительным органам формирования законтурных каналов геохода//Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2014. № 2 (102). С. 5-7.
6. Экспертная оценка влияния особенностей нового класса горнопроходческой техники на методику расчета его параметров В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов, В.Ю. Садовец. Вестник КузГТУ -2004. -№6.1. -С.43-45.
7. Аксенов В.В., Костинец И.К., Бегляков В.Ю. Особенности работы внешнего движителя геохода//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S6. С. 419-425
8. Аксенов В.В., Казанцев А.А., Дортман А.А. Обоснование необходимости создания систем крепи горных выработок при проходке по геовинчестерной технологии//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № S3. С. 138-143.
9. Аксенов В.В., Казанцев А.А. Армирующая законтурная крепь горных выработок -новый подход к строительству подземных сооружений//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S6. С. 411-418.
10. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Substantiation of characteristic bending points of the blade operating body of the geokhod // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic edition. 2018. С. 012005.
11. Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Определение функции линии контакта ножа исполнительного органа геохода с поверхностью забоя//Технологии и материалы. -2016. -№4. -С. 9-14.

12. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А., Резанова Е.В. Границы условия определения характерных точек ножевого исполнительного органа геохода // Вестник КузГТУ. - 2018. - №2. - С. 166-173.
13. Обоснование величины прикладываемых к забою нагрузок при моделировании взаимодействия инструмента и породы/Аксенов В. В., Садовец В. Ю., Пашков Д. А.///Техника и технология горного дела, 2018. -№ 1 (1). -С. 11-19.
14. Aksenov V., Sadowets V., Pashkov D. Reasoning of the model sizes in modeling the interaction between tool and rock. В сборнике: E3S Web of Conferences Electronic edition. 2018.
15. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadowets V.Yu., Pashkov D.A. Substantiation of characteristic bending points of the blade operating body of the geokhod // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic edition. 2018. С. 012005.
16. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.М. Определение проекции составляющей силы резания на плоскость, перпендикулярную оси вращения геохода // В сборнике: Перспективы инновационного развития угольных регионов России Сборник трудов VI Международная научно-практическая конференция. Редакционная коллегия: Пудов Е.Ю. (ответственный редактор), Клаус О.А. (ответственный редактор). 2018. С. 368-374.
17. Аксенов В.В. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. Часть 1 / В.В. Аксенов, А.А. Хорешок, В.Ю. Бегляков // Вестник КузГТУ. - 2018. - №4. - С. 105-113.
18. Аксенов В.В. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. Часть 2 / В.В. Аксенов, А.А. Хорешок, В.Ю. Бегляков // Вестник КузГТУ. - 2018. - №5. - С. 43-51.
19. Малевич, Н.А. Горнопроходческие машины и комплексы: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / Н.А. Малевич. – М.: Недра, 1980. – 384 с.
20. Горное дело: Терминологический словарь / Под научной редакцией акад. РАН К.Н. Трубецкого, чл.-корр. РАН Д.Р. Каплунова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство «Горная книга», 2016. – 635 с.
21. Ананьев К.А. Создание исполнительного органа геохода для разрушения пород средней крепости. Дис. Канд. Техн. Наук.-Кемерово, 2016.-145 с.
22. Ветров, Юрий Александрович. Резание грунтов землеройными машинами. - Москва : Машиностроение, 1971. - 360 с.