

УДК 622.23.05

**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОРГАНА ГЕОХОДА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОД МАЛОЙ КРЕПОСТИ**

**RATIONALE FOR THE ESTABLISHMENT OF THE EXECUTIVE
BODY GEOHODA TO BREAK THE ROCK SMALL FORTRESS**

Аксенов Владимир Валерьевич^{1,3},
доктор техн. наук, e-mail: 55vva42@mail.ru

Aksenov Vladimir V.^{1,3}, Dr. Sc

Садовец Владимир Юрьевич^{2,3},

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: vsadovec@yandex.ru

Sadovets Vladimir Yu.^{2,3}, Ph.D., Associate Professor

Пашков Дмитрий Алексеевич², студент, e-mail: haltver@mail.ru

Pashkov Dmitriy A.², student.

¹Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, 650610, Россия, г. Кемерово, Ленинградский, 10.

¹Institute of Coal of the Federal Research Center Coal and Coal Chemistry Siberian Branch of the RAS, av. Leningradsky, Kemerovo, 650610, Russia.

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

³Юргинский технологический институт филиал Томского политехнического университета, 652052, Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, д. 26.

³Yurga Technological Institute branch of Tomsk Polytechnic University, 26 Leningradskaya street, Yurga, 652052, Russia.

Аннотация: В статье обосновывается необходимость разработки силовых и конструктивных параметров исполнительных органов геоходов для разрушения пород малой крепости. Для постановки цели и задач исследования обоснованы физико-механические характеристики пород малой крепости, представлены конструкции существующих исполнительных органов горных и землеройных машин, а также выявлены их достоинства и недостатки.

Annotation: The article substantiates the need for the development of power and design parameters of the executive bodies geohodov for breaking rocks small fortress. For setting goals and objectives of the study proved the physical and mechanical characteristics of the rock a small fortress, presented the structure of the executive bodies of the existing mining and earthmoving equipment, as well as identifying their strengths and weaknesses.

Ключевые слова: горные машины, геоход, геоходная технология, исполнительный орган, породы малой крепости.

Keywords: mining machines, geohod, geohodnaya technology, artist-tion body breed small fortress.

В последние годы в большинстве крупных городов отмечается повышенный интерес к широкому использованию подземного пространства. Он вызван усилием урбанизации, стремительным развитием наземного транспорта, дефицитом городской территории и рядом других причин. Интенсивное освоение подземного пространства в городах является непременным условием развития современного градостроительства. Это направление предоставляет возможность эффективного использования городской территории, улучшения состояния внешней среды, сохранения архитектурно-пространственной целостности исторически сложившихся зон города, а также решения ком-

плекса многих других, в том числе социально-экономических задач [1-4].

В связи с этим встают задачи разработки новых подходов, технологий, и машин которые позволяют уменьшить затраты на образования полости в подземном пространстве, строительства подземных сооружений на небольших глубинах.

Работы, связанные с образованием полости в подземном пространстве на небольших глубинах, проводятся в сложных горно-геологических условиях, которые обуславливаются физико-механическими свойствами горных пород.

При определении сил сопротивления породы резанию, применяя тот или иной вид машин (в том

числе и копание котлованов и траншей) используются различные критерии оценки физико-механических свойств породы (табл. 1) [5].

Из таблицы видно, что к группе «пород малой крепости» относятся породы с крепостью до 2 по шкале М.М. Протодьяконова. Физико-механические свойства этой группы изменяются не в больших пределах [5].

Существующие горнoproходческие системы и технологии проведения горных выработок плохо адаптированы, а в большинстве случаев не способны решать задачи по образованию полости в подземном пространстве на небольших глубинах [6,7].

Перспективным направлением развития технологий образования полости в подземном пространстве является применение геоходной технологии, базовым элементом которой является –

Целью работы является оценка возможности применения функциональных устройств и элементов разрушения пород малой крепости к условиям геоходной технологии.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- представить существующие способы разрушения пород малой крепости;
- проанализировать существующие функциональные элементы для разрушения пород малой крепости;
- оценить возможность применения существующих функциональных элементов для разрушения пород малой крепости для исполнительных органов геоходов.

Основным способом образования полости в массиве горных пород на небольших глубинах является щитовой проходки. Проходческие щиты

Таблица 1. Физико-механические свойства пород малой крепости

	Породы	Коэффициент крепости по шкале М.М. Протодьяконова	Твердость, МПа	Коэффициент пластичности	Предел прочности на сжатие kg/cm^2	Предел прочности на растяжение, kg/cm^2	Плотность, kg/cm^3	Класс абразивности
Породы малой крепости	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс, мерзлый грунт, щебенистый грунт, разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень, отвердевшая глина, мягкий каменный уголь, крепкий нанос, глинистый грунт, легкая песчанистая глина, лесс, гравий, торф. легкий суглинок, сырой песок, песок, осьпи, мелкий гравий, насыпная земля, плытуны.	До 2	0-200	1	0-200	0-90	2000-2900	I

геоход. В настоящее время создан и готовиться к заводским испытаниям опытный образец геохода с исполнительным органом для разрушения пород средней крепости [8,9].

Сдерживающим фактором применения геоходов для образования полости в подземном пространстве на небольших глубинах, является отсутствие обоснованных технических и конструктивных решений, методик расчета и проектирования исполнительных органов для разрушения пород малой крепости [10].

Поэтому работы направленные на обоснование конструктивных и силовых параметров исполнительных органов геоходов для разрушения пород малой крепости являются актуальными.

подразделяются на механизированные и немеханизированные. Если разработка забоя осуществляется исполнительным органом, то такие проходческие системы относятся к механизированным. В противном случае щит немеханизированный. Элементами разрушения исполнительных органов щитов могут быть: резцы, ножи и шарошки, но наиболее эффективными являются исполнительные органы, которые в своей конструкции сочетают все виды разрушающих элементов [11,12].

Для проведения выработок в слабых и обводненных породах применяют механизированные щиты с гидравлической и грунтовой пригрузкой забоя. В этих щитах бентонитовый или другой глинистый раствор оказывает противодействие

гидростатическому давлению [13,14].

Исполнительные органы, применяемые на механизированных проходческих щитах, бывают избирательного или бурового принципа разрушения забоя выработки. Породоразрушающие элементы исполнительных органов проходческих щитов бывают - резцовые, ножевые, шарошечные, комбинированные (рис. 1).

Сравнительная характеристика представлена на рисунке 1 исполнительных органов проходческих щитов, с различными разрушающими элементами, приведена в таблице 2.

Для образования полости под поверхностью на небольшой глубине используют машины для бесструйной прокладки труб. К наиболее распространенным бесструйным способам прокладки коммуникаций относятся: горизонтальное механическое бурение, прокол и продавливание.

Способ горизонтального бурения используют при прокладке трубопроводов и футляров (для размещения в них сетей коммуникаций) под автомобильными и железными дорогами.

Бурение горизонтальных скважин и прокладку в них трубопроводов производят с помощью специальных механизированных установок циклического и непрерывного действия. В городском строительстве широко применяют унифицированные установки горизонтального бурения, осуществляющие непрерывное механическое бурение фрезерной головкой горизонтальной скважины, совмещенное с одновременной прокладкой в ней защитной трубы-кожуха, через которую затем протаскивается рабочий трубопровод несколько меньшего диаметра (рис. 2).

Разрушающими элементами представленных на рис. 2 машин являются резцы или ножи.

Сравнительная характеристика представленных на рисунке 2 исполнительных органов машин для бесструйной прокладки труб приведена в табл. 2.

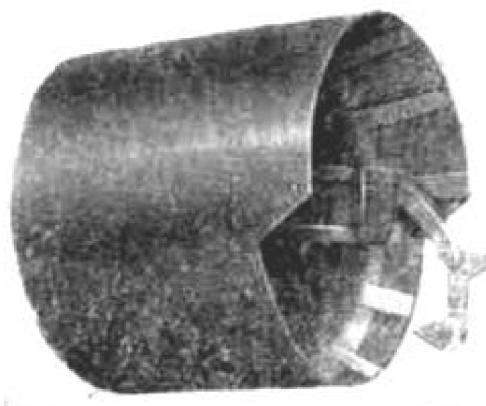
Для рытья с поверхности земли котлован, траншей применяют котлованные машины. Рабочий орган таких машин чаще всего представляет собой роторную фрезу или диск с отбрасывателем (рис. 3, а и б). В качестве разрушающих элементов исполнительного органа машины МДК-3 (рис. 3, а) применяются ножи, а исполнительного органа машины БТМ-3 – резцы (рис. 3, б). При устройстве котлована разрушаемый грунт отбрасывается на край котлована влево и укладывается в виде бруствера.



а) Резцовые



в) Шарошечные



б) Ножевые

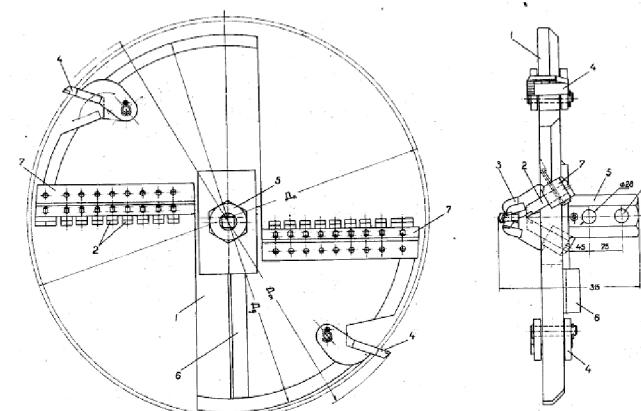


г) Комбинированные

Рис. 1. Исполнительные органы проходческих щитов



а) Исполнительный орган установки горизонтального бурения типа УГБ



б) Исполнительный орган установки для прокладки трубопроводов продавливанием с механизированной разработкой грунта

Рис. 2. Исполнительные органы машин для безтраншейной прокладки труб

Исполнительный орган машины ПЗМ-2 (рис.3, в) имеет форму бара, имеющего цепь с резцами. Ширина траншеи

Сравнительная характеристика представленных на рис. 2 исполнительных органов машин для бесштраншной прокладки труб приведена в табл. 2..

Основным недостатком, представленных выше исполнительных органов, является принцип

создания напорного усилия, который базируется на контакте двух сред (воздушной и геосреды). Это приводит либо к увеличению массово-габаритных характеристик машины, либо требует возвведение монолитной железобетонной крепи [10]. Поэтому существующие конструкции исполнительных органов не отвечают общим требованиям геоходной технологии [1].



а) Исполнительный орган машины МДК-3



б) Исполнительный орган машины БТМ-3



в) Исполнительный орган машины ПЗМ-2



г) Исполнительный орган автогрейдера ДЗ-122А

Рис. 3. Исполнительные органы землеройных машин

Таблица 2. Характеристики существующих исполнительных органов для разрушения пород малой крепости

№	Тип исполнительного органа	Разрушающие элементы	Крепость породы	Достоинства	Недостатки
Группа оборудования: Щитовые проходческие системы					
1	Комбинированный	Резцы	≤ 1	Возможность проведения выработок в неустойчивых и слабых породах;	Невозможность применения при наклонных выработках
2	Роторный	Дисковые шарошки, резцы	≤ 4	Одновременное разрушение всей площади	Необходимость создания больших напорных усилий
3	Роторный	Дисковый	≤ 4	Оболочка щита является временной проходческой крепью;	продвижение на забой осуществляется от упора в постоянную крепь
Группа оборудования: Землеройные машины					
1	Роторный	Ножи	≤ 4	При отрывке котлованов разрабатываемый грунт укладывается в одну сторону;	Большая производительность только при отрывке котлованов больших размеров
2	Баровый	Резцы	≤ 4	Большие размеры отываемых котлованов	Слабая конструкция вала рабочего органа
3	Роторный	Ковши	≤ 4	Возможность отрывать траншеи в мерзлых грунтах;	Не работает в скальных грунтах
4	Отвал	Ковш	≤ 4	Стандартный полноповоротный отвал с ободоострым лезвием.	Небольшая глубина углубления отвала.
Группа оборудования: Машины для бесструйной прокладки труб					
1	Шнек с буро-вой фрезерной головкой	Резцы	≤ 2	Бурение совмещено с одновременной прокладкой защитной трубы-кожуха.	Ограничность в диаметре скважин
2	Фрезерная головка	Резцы	≤ 2	Бурение совмещено с одновременной прокладкой защитной трубы-кожуха;	ограниченность в диаметре скважин
Группа оборудования: Горнoproходческие комбайны					
1	Телескопическая стрела с	Резцы	$\leq 4-5$	Большая избирательность работы.	Небольшая скорость перемещения оборудования
2	Планетарный	Резцы и шарошки	$\leq 8-10$	Возможность концентрированного усилия относительно небольшой установленной мощности на разрушающую часть забоя.	Усложнено управление и затруднена автоматизация работы комбайна.

Выводы.

Из существующих породоразрушающих элементов применяющихся для разрушения пород малой крепости наиболее подходящими являются ножи с зубьями. Для разработки моделей взаимодействия исполнительного органа геохода с геосредой необходимо:

- обосновать линию контакта исполнительного органа геохода с геосредой, учитывающую физи-

ко-механические характеристики пород малой крепости;

- разработать и обосновать конструктивные решения исполнительных органов геоходов для разрушения пород малой крепости

- разработать модель взаимодействия исполнительного органа геохода для разрушения пород малой крепости с геосредой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Бурков П.В., Блащук М.Ю., Сапожкова А.В. Компоновочные решения машин проведения горных выработок на основе геовинчестерной технологии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -2009. - №. 1. С. 251-259.
2. Садовец В.Ю., Аксенов В.В. Ножевые исполнительные органы геоходов: монография / В.Ю. Садовец, В.В. Аксенов // Издательство: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany. 2011. -141 с.
3. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Резанова Е.В. Синтез технических решений нового класса горнопроходческой техники // Известия вузов. Горный журнал / Екатеринбург, 2009-№ 8. С. 56-63.
4. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Буялич Г.Д., Бегляков В.Ю. Влияние уступа на НДС призабойной части горной выработки // Горный информационный аналитический бюллетень. Горное машиностроение/Москва, МГГУ, 2011 -OB № 2. С. 55-67.
5. Физико-механические свойства горных пород малой крепости / В.Ю. Садовец, В.Ю. Бегляков, Д.А. Пашков // В сборнике: Перспективы инновационного развития угольных регионов России / Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. Ответственные редакторы Пудов Е. Ю., Клаус О. А.. - 2016. - С. 142-147.
6. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Обоснования формы забоя выработки геохода // Сборник трудов Международной научно- практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». 20- 21 мая, 2010 г. / ЮТИ. -Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. -C.492-496.
7. Sadovets V.Y., Beglyakov V.Y., Aksenov V.V. Development of math model of geokhod bladed working body interaction with geo-environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. T. 91. C. 012085.
8. Аксенов В.В., Садовец В.Ю. Синтез технических решений ножевого исполнительного органа геохода/Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6. С. 33-37.
9. Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Последовательность операций возведения крепи в условиях геовинчестерной технологии//В сборнике: Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2014 Материалы XV международной научно-практической конференции. В.П. Тациенко (отв. редактор), В.А. Колмаков (зам. отв. редактора). 2014. С. 63.
10. Аксенов В.В. Создание нового инструментария для формирования подземного пространства/Хорешок А.А., Ефременков А.Б., Казанцев А.А., Бегляков В.Ю., Вальтер А.В./Горная техника. 2015. № 1 (15). С. 24-26.
11. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Садовец В.Ю., Резанова Е.В. Создание инновационного инструментария для формирования подземного пространства // Вестник КузГТУ / Кемерово, 2010-№ 1. С. 42-46.
12. Аксенов В.В., Садовец В.Ю. Структурная матрица геоходов / «Служение делу». ГУ КузГТУ - Кемерово; 2006, стр. 90-100.
13. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Садовец В.Ю., Резанова Е.В. Формирование структурного портрета геохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2010. № 01. С. 35-41.
14. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Синтез конструктивных решений исполнительных органов геоходов // Горный информационный аналитический бюллетень. Горное машиностроение / Москва, МГГУ, 2010 - OB № 3. С. 49-54.

REFERENCES

1. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Beglyakov V.Yu., Burkov P.V., Blashchuk M.Yu., Sapozhkova A.V. Komponovochnye resheniya mashin provedeniya gornykh vyrabotok na osnove geovinchesternoy tekhnologii [The layout solutions of mining machines based on technology geovinchesternoy] Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) [Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. -2009. No. 1. P. 251-259.
2. Sadovets V.Yu., Aksenov V.V. Nozhevye ispolnitel'nye organy geokhodov: monografiya [Cutlery executive bodies geohodov] Izdatel'stvo: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany. 2011. P. 141.
3. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Rezanova E.V. Sintez tekhnicheskikh resheniy novogo klassa gornoprokhodcheskoy tekhniki [The synthesis of a new class of technical solutions mining heading equipment] Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal, Ekaterinburg [Proceedings of the universities. Mining Journal, Ekaterinburg], 2009. No. 8. P. 56-63.

4. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Buyalich G.D., Beglyakov V.Yu. Vliyanie ustupa na NDS prizaboynoy chasti gornoj vyrabotki [Impact of VAT on the ledge of the bottom-hole excavation] Gornyy informatsionnyy analiticheskiy byulleten. Gornee mashinostroenie. Moskva, MGGU [Mining information and analytical bulletin. Mining Engineering. Moscow State Mining University], 2011 OV. No. 2. P. 55-67.
5. Fiziko-mekhanicheskie svoystva gornykh porod maloy kreposti [Physical and mechanical properties of rocks small fortress] V.Yu. Sadovets, V.Yu. Beglyakov, D.A. Pashkov V sbornike: Perspektivy innovatsionnogo razvitiya ugod'nykh regionov Rossii / Sbornik trudov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennye redaktory Pudov E. Yu., Klaus O. A. [In: Perspectives of innovative development of the coal regions of Russia / Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference. Responsible editors Pudov EY, Klaus O. A.]. 2016. P. 142-147.
6. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Beglyakov V.Yu. Obosnovaniya formy zaboya vyrabotki geokhoda [Justification form slaughtering production geohoda] Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s elementami nauchnoy shkoly dlya molodykh uchenykh «Innovatsionnye tekhnologii i ekonomika v mashi-nstroenii». 20-21 maya, [Proceedings of the International scientific and practical conference with members of the scientific school for young scientists "Innovative technologies and economics in engineering." 20-21 May] YUTI. -Tomsk: Publishing Tomsk Polytechnic University 2010. P. 492-496.
7. Sadovets V.Y., Beglyakov V.Y., Aksenov V.V. Development of math model of geokhod bladed working body interaction with geo-environment IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. T. 91. S. 012085. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.770.384
8. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu. Sintez tekhnicheskikh resheniy nozhevogo ispolnitel'nogo organa geokhoda [The synthesis of technical solutions blade executive geohoda] Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass State Technical University]. 2006. No. 6. P. 33-37.
9. Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Posledovatel'nost' operatsiy vozvedeniya krepi v uslo-viyakh geovichesternoy tekhnologii [The sequence of operations in the conditions of the construction of the lining geoviche Stern-technology] V sbornike: Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri. Sibresurs 2014 Materialy XV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V.P. Tatsienko (otv. redaktor), V.A. Kolmakov (zam. otv. redaktora) [In: Natural and intelligence-cial resources of Siberia. Materials Sibresurs 2014 XV International Scientific and Practical Conference. VP Tatsienko (Resp. Editor), VA Kolmakov (deputy. Holes. Editorial-torus)]. 2014. P. 63.
10. Aksenov V.V. Khoreshok A.A., Efremenkov A.B., Kazantsev A.A., Beglyakov V.Yu., Val'ter A.V. Sozdanie novogo instrumentariya dlya formirovaniya podzemnogo prostranstva [Creating a new tool for the formation of an underground pro-space] Gornaya tekhnika [Mining Machinery]. 2015. No. 1 (15). P. 24-26.
11. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Rezanova E.V. Sozdanie innovatsi-onnogo instrumentariya dlya formirovaniya podzemnogo prostranstva [Development of innovative tools for forming an underground pro-space] Vestnik KuzGTU [Bulletin of the Kuzbass State Technical University] Kemerovo, 2010. No. 1. P. 42-46.
12. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu. Strukturnaya matritsa geokhodov [The structural matrix geohodov] «Sluzhenie delu» [Sluzhenie case]. GU KuzGTU Kemerovo. 2006., P. 90-100.
13. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Rezanova E.V. Formirovanie struk-turnogo portreta geokhoda [Formation of a structural portrait geohoda] Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kuzbass State Technical University]. 2010. No. 01. P. 35-41.
14. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Beglyakov V.Yu. Sintez konstruktivnykh resheniy ispolnitel'nykh organov geokhodov [Synthesis of constructive decisions of the executive bodies geohodov] Gornyy informatsionnyy analiticheskiy byulleten'. Gornee mashinostroenie [Mining informational and analytical bulletin. Mining Engineering]. 2010 – OV. No. 3. P. 49-54.

Поступило в редакцию 9.11.2016

Received 9 November 2016