

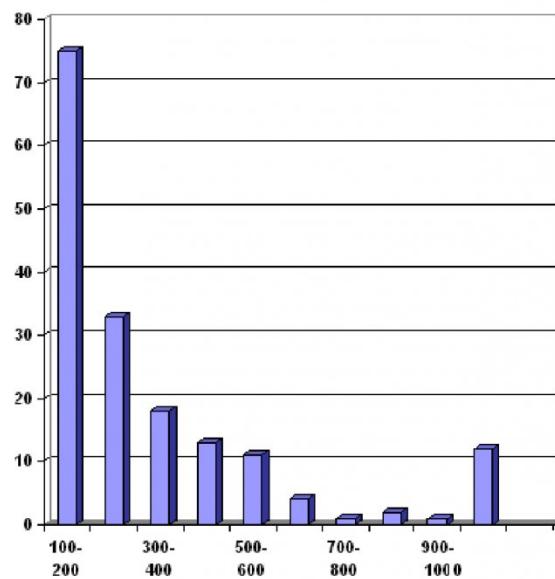
УДК 622.002.5

В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков, В.Ю. Садовец, Е.В. Резанова

## СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Решение задач по формированию подземного пространства и освоению недр принято считать особо важными для жизнедеятельности человечества. По прогнозам мирового научно-технического развития приоритетных технологий на 2000-2020 гг. по группе «Использование подземного пространства» особо важными определяются научно-технологические разработки, связанные с созданием новых технологий сооружения сети подземных грузопотоков, строительства автотрасс и железных дорог на значительной глубине.

Сегодня большие транспортные проблемы возникают в городах, население которых не достигает и полумиллиона. В развитых странах к строительству метро приступают, когда число жителей достигает 150-200 тыс. человек. В России имеется более 200 городов с населением более 100 тысяч человек (рис. 1). Кроме того, в городах остро стоят проблемы строительства коллекторов, подземных переходов, резервуаров, парковок автотранспорта, прокладки трубопроводов.



*Рис. 1. Количество городов России с населением более 100 тыс. чел.*

В настоящее время строительство полноценного метрополитена – материально затратный и дорогостоящий процесс. Основные затраты при этом приходятся на формирование подземного пространства проходческими системами.

Приоритетным направлением развития науки и техники, утвержденным Правительственной комиссией РФ по научно-технической политике в

области «Топливо и энергетика», является разработка новых технологий проходки горных выработок.

При ликвидации последствий техногенных катастроф и аварий (Чернобыль, завалы в шахтах и др.) также возникает необходимость проведения подземных выработок в кратчайшие сроки.

Освоение подземного пространства имеет и большое оборонное значение, особенно в современных условиях развития России.

Сооружение капитальных подземных выработок горнодобывающих предприятий, городских коллекторных магистралей и перегонных тоннелей метро – трудоемкий и дорогостоящий процесс. Наиболее остро стоят задачи повышения скорости проходки, производительности труда и безопасности, снижения стоимости работ.

Современное горнопроходческое оборудование, включая и зарубежное, ориентировано в основном на решение проблем добычи полезных ископаемых. Оно не предназначено и не решает задачи освоения (формирования) подземного пространства не только в городских, но и полевых условиях. Кроме того, выпускаемое заводами России горнопроходческое оборудование не конкурентоспособно.

Традиционное представление проходки выработки, как процесса образования полости в массиве горных пород, всегда определяло и до сих пор определяет направления совершенствования геотехнологий строительства подземных сооружений и, соответственно, создания проходческого оборудования для освоения подземного пространства [1, 2]. Но известные технологии проведения горных выработок, развиваясь по пути увеличения мощности и металлоемкости оборудования, практически исчерпали свои возможности в увеличении производительности, обеспечении безопасности работ и расширения области применения.

Дальнейшее развитие работ в области геотехнологий и геотехники может идти по двум направлениям:

- модернизация существующего горношахтного оборудования и его совершенствование путем создания систем нового технического уровня;
- поиск и создание принципиально нового, альтернативного инструментария (технологий и геотехники) для освоения недр и формирования подземного пространства.

В поисках путей совершенствования геотехнологий проведения горных выработок нами были рассмотрены альтернативные подходы и решения, используемые, в частности, в самолетостроении и

кораблестроении. Как известно, в этих областях используются результаты исследований, в основу которых положен процесс изучения движения твердого тела соответственно в воздушной и водной средах.

Авиаконструкторы и кораблестроители при проектировании и строительстве аппаратов, предназначенных для движения в воздушном пространстве (самолет, вертолет и др.) и водной среде (корабль, подводная лодка и др.) изыскали возможность использования самой среды для создания усилий тяги при движении соответствующего аппарата. Для этой цели были созданы внешние движители: пропеллер, гребной винт и др. В результате была получена возможность перемещения твердого тела (аппарата) в любом направлении воздушного или водного пространства.

Традиционно в подземных условиях для перемещения проходческого аппарата используются внешние движители: гусеничные, колесные, колесно-рельсовые или распорно-шагающие. Они (движители) хорошо зарекомендовавшие себя при работе на земной поверхности (на контакте твердой и воздушной сред), не приспособлены для движения в геосреде.

Из этого обстоятельства вытекают основные проблемы современных технологий проведения горных выработок:

- невозможность движения проходческих аппаратов в любом направлении подземного пространства;
- невозможность создания больших напорных усилий на исполнительном органе для разрушения крепких пород.

Как следствие, для создания достаточных напорных усилий конструкторы вынуждены увеличивать массу горнопроходческих комбайнов, которая уже превышает 80 т. Кроме того, продолжают остро стоять вопросы безопасности ведения работ в призабойной зоне.

В процессе работы проходческого комбайна или щита, для создания силы тяги и напорного усилия на исполнительном органе никоим образом не задействована сама внешняя геосреда, а только твердая поверхность выработки на контакте гео и воздушной сред, или при щитовом способе проходки - мощная постоянная крепь.

Коллектив авторов в течение ряда лет вел разработку принципов новой технологии проведения горных выработок и в кооперации с РосНИИГД, НПО Сибгормаш, ЦНИИ МО РФ им. Д.М. Карбышева, АП ЭЛСИБ, «НПК Геомаш» провел работы по созданию нового вида горнопроходческой техники.

Идея работы основана на предложении рассматривать проходку горных выработок изначально как процесс движения твердого тела (оборудования) в среде вмещающих пород.

Приконтурный массив (геосреда) при этом используется:

- как опорный элемент, участвующий в создании движущей силы подземного аппарата - геохода;

- для формирования напорного усилия на исполнительном органе;

- для восприятия реактивных усилий при движении проходческого агрегата (подземного аппарата);

- для выполнения основных технологических операций, включая и крепление выработки постоянной крепью.

Принцип связывания в функциональном единстве основного движения (подачи на забой) и процесса резания горных пород дал название геовинчестерной технологии проведения горных выработок.

Геовинчестерная технология (ГВТ) – процесс механизированного проведения горных выработок с формированием и использованием системы законтурных винтовых и продольных каналов, в котором операции по разработке забоя, уборке горной массы, креплению выработанного пространства, а также перемещению всей проходческой системы на забой осуществляются в совмещенном режиме. Вовлечение приконтурного массива горных пород достигается введением дополнительной технологической операции – формирования системы законтурных каналов.

На рисунке 2 представлена структура ГВТ, ее основные элементы, их назначение и выполняемые технологические функции. Базовым элементом ГВТ является геоход.

Геоход – аппарат, движущийся в подземном пространстве с использованием геосреды. Представляя собой новый класс горных машин, геоходы предназначены для проходки подземных выработок различного назначения и расположения в пространстве, аналогов конструкции в мировой практике нет. Область применения ГВТ:

- проходка горных выработок различного расположения в пространстве;
- возведение подземных сооружений различного назначения:

- городские коллекторы;
- магистральные тоннели метро;
- подземные склады, хранилища;
- подземные переходы, гаражи;
- ведение аварийно-спасательных работ в залах.

Отличительные потребительские свойства:

- совмещенное выполнение операций при проходке горных выработок и возведению подземных сооружений;

- снижение в 6 и более раз металлоемкости оборудования проходческой системы;

- повышенная безопасность ведения проходческих работ при полной защите призабойной зоны от вывалов породы;

- повышение в 4 и более раз темпов проходки, производительности труда;



Рис. 2 . Структура геовинчестерной технологии проведения горных выработок

- снижение трудоемкости и стоимости ведения горнопроходческих работ;
- возможность проведения выработок с любым расположением в пространстве.

К специально создаваемому для работы по ГВТ новому виду горнопроходческой техники были выработаны основные технологические и технические требования.

- Корпус проходческой машины должен иметь внешний двигатель, активно взаимодействующий с геосредой для создания требуемых тяговых и напорных усилий.

- Оборудование должно обеспечивать выполнение всех операций проходческого цикла с возможностью их полного совмещения во времени.

- Проходческая машина должно иметь возможность перемещаться в любом направлении подземного пространства и менять направление своего движения по трассе выработки.

- Перемещение проходческой машины не должно быть связано с необходимостью возведе-

ния мощной постоянной крепи.

- Перекрытие призабойной зоны для исключения процесса отслоения пород кровли, бортов и груди забоя должно быть обеспечено одновременно с перемещением проходческой машины.

- Все функциональные исполнительные механизмы проходческой системы должны быть смонтированы на одной конструктивной базе.

- Металлоемкость конструкции при достаточной прочности должна быть снижена по сравнению с проходческими щитами традиционного исполнения.

- Величина передаваемых на исполнительный орган напорных усилий должна соответствовать усилиям, необходимым для разрушения породы (геосреды) в которой перемещается проходческая машина и не требовать пропорционального увеличения массы горнопроходческого оборудования.

На основании функционально-структурной теории создания горнопроходческих систем и с учетом сформулированных требований был разра-



Рис. 3 . Экспериментальный образец геохода ЭЛАНГ-3 диаметром 3м

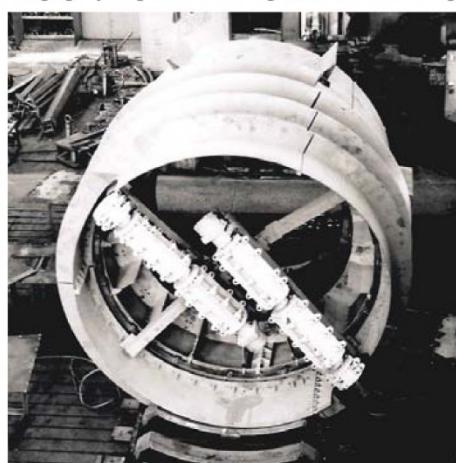


Рис. 4 . Экспериментальный образец геохода ЭЛАНГ-4 диаметром 4м

ботан ряд конструктивных схем проходческого агрегата, отличительной особенностью работы которого является вращательно-поступательное перемещение на забой по принципу ввинчивания. Проходческий агрегат первоначально получил название АПЩВ (агрегат проходческий щитовой вращающийся), впоследствии трансформированное в ВПА (винтоворотный проходческий агрегат). В настоящее время такой класс горнопроходческих машин получил название «геоход».

Основные отличия геоходов:

- принцип работы;
- наличие новых функционально-конструктивных элементов;
- возможность реализации на исполнительном органе любых напорных усилий (создания ИО для разрушения крепких пород);
- качественно новые функциональные возможности.

Для разработки конструкторской документации на изготовление первых экспериментальных образцов геоходов предварительно была разработана математическая модель их взаимодействия с геосредой и некоторые положения методики расчета силовых и прочностных параметров [3, 4].

Испытания первых экспериментальных образцов геоходов: ЭЛАНГ-3 (рис. 3), изготовленного совместно с работниками ш. «Карагайлинская» ПО «Киселевскуголь», и ЭЛАНГ-4 (рис. 4), изго-

товленного совместно с НПО «Сибгипрограммаш» (г. Новосибирск) и АП ЭЛСИБ (г. Новосибирск), доказали принципиальную работоспособность и перспективность проходческих агрегатов, перемещающихся на забой с использованием окружающей геосреды. ЭЛАНГ – аббревиатура авторского коллектива - Эллер А. Ф., Аксенов В. В., Нагорный В. Д. и Горбунов В. Ф.

Как итог, можно отметить следующее.

- Разработаны математические модели взаимодействия элементов геохода с геосредой и методики расчета их силовых и прочностных параметров.
- Опубликовано 4 монографии и более 80 статей.
- Получены Патентная грамота США № 5,072.992 и положительные решения на выдачу патента в Германии, Японии, КНР и др., 14 авторских свидетельств СССР и патентов РФ.
- Разработан эскизный проект и рабочая документация на изготовление ВПА ЭЛАНГ-3 диаметром 3 м, изготовлен экспериментальный образец, проведены заводские, предварительные и промышленные испытания.
- Разработан эскизный проект и рабочая документация на изготовление ВПА ЭЛАНГ-4 диаметром 4 м, изготовлен экспериментальный образец и проведены заводские испытания.
- Разработаны новые технические и компоно-

### горные породы



Рис. 5 . Разрез видимой части литосферы



Рис. 6 . Направления деятельности по созданию инновационного инструментария для формирования подземного пространства и освоения недр

вочные решения по конструкции геоходов и конструкции постоянной крепи горных выработок.

Основными научно-техническими проблемами на пути создания альтернативного инструментария (ГВТ и геоходов) для освоения недр и формирования подземного пространства являются необходимость:

- разработки элементов ГВТ, включая создание принципиально новых конструкций крепи горных выработок и обделок подземных сооружений для различных горнотехнических условий, а также методов их расчета;

- проработки большого количества компоненточных и конструктивных решений по всем системам и элементам геохода для различных типоразмеров и горнотехнических условий;

- разработки и совершенствования методик расчета силовых и конструктивных параметров геоходов и их систем.

Решение всех трех проблем невозможно без проведения большого комплекса специализированных научных исследований.

Для решения комплекса задач, относящихся к первой проблеме, необходимо формирование нового научного направления - разработка научных основ гевинчестерной технологии проведения горных выработок, а для второго - разработка научных основ проектирования геоходов многоцелевого назначения и их систем (геоходостроение).

Для разработки и совершенствования методик расчета силовых и конструктивных параметров геоходов необходимо проведение большого объема исследований по изучению усилий, возникающих на поверхности геохода и его элементов при движении в геосреде.

Подобного типа задачами, связанными с определением сил, возникающих на поверхности движущегося в воздушной и жидкой среде твердого тела, занимаются такие науки, как аэродинамика летательных и гидродинамика подводных аппаратов. Но в отличие от воздуха и воды, геосреда

(рис. 5) по диапазону изменения физикомеханических свойств гораздо более многообразна и многогранна в своих проявлениях. Поэтому для решения подобного типа задач применительно к освоению подземного пространства назрела необходимость создания нового научного направления - геодинамика подземных аппаратов.

Основной задачей геодинамики подземных аппаратов, по нашему мнению, должно стать изучение сил, возникающих на поверхности твердого тела, движущегося в твердой среде.

До создания геоходов необходимости в решении подобных задач не возникало. Именно при проектировании геоходов стоят проблемы:

- определения сил, возникающих на поверхности геохода и его элементов;

- выбора рациональных форм и геометрических параметров элементов с точки зрения возникающих при движении подземного аппарата геодинамических сопротивлений.

Опыт самолетостроения показывает, что для оперативного создания конкурентоспособных образцов новой техники, наряду с достаточным финансированием, необходима специализация – от разработки технической идеи до испытания и внедрения новых образцов. Испытанием новой техники занимаются специализированные центры и институты, существуют элитные профессии - летчик-испытатель, инженер-испытатель и др.

Отсутствие в горной промышленности специализированного центра подземных испытаний, а также самой профессии – горный испытатель не просто сдерживает создание и внедрение новой конкурентоспособной техники, а делает этот процесс невозможным.

Потенциально широкая область применения нового инструментария (ГВТ и геоходов), а также отсутствие на данном этапе конкурентоспособных разработок обусловливают необходимость скорейшего развертывания работ (рис. 6).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция развития очистного, проходческого, конвейерного и бурowego оборудования на период до 2020 г / Ю. Н. Динник, И. С Крашкин, В. Г. Мерзляков // Горное оборудование и электромеханика, 2006, № 2, С. 2-12.
2. Концепция развития очистного, проходческого, конвейерного и бурового оборудования на период до 2020 г / Ю.Н. Динник, И.С Крашкин, В.Г. Мерзляков // Горное оборудование и электромеханика, 2006, № 3, С. 2-6.
3. Винтовые проходческие агрегаты / А. Ф. Эллер, В. Ф. Горбунов, В. В. Аксенов. – Новосибирск: ВО «Наука». 1992. – 192 с.
4. Аксенов В. В. Гевинчестерная технология проведения горных выработок. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2004. - 264 с.

Авторы статьи:

Аксенов

Владимир Валерьевич

- докт. техн. наук, в.н.с. ИУУ  
СО РАН, профессор Юргинского  
технологического института (филиала ТПУ)

Ефременков

Андрей Борисович

- канд.техн.наук, доцент,  
директор Юргинского  
технологического  
института (филиала ТПУ)

Садовец

Владимир Юрьевич

- к.т.н., доц. каф. прикладной  
механики КузГТУ, доц. Юргинского  
технологического института (филиала ТПУ)

Резанова

Елена Викторовна

- ст. преподаватель  
каф. прикладной  
механики КузГТУ  
Тел.