

УДК 622.285:642.042.3:622.232.83

Геовинчестерная технология

Аксенов В. В.¹, Ефременков А. Б.²

¹ *Институт угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Россия*

² *Юргинский технологический институт Томского политехнического университета, Юрга, Россия*

Аннотация

Предлагаются пути создания новых инновационных и наукоемких технологий проведения горных выработок и освоения подземного пространства. Описывается геовинчестерная технология как процесс механизированного проведения 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 осуществляется в совместном режиме.

Сооружение капитальных подземных выработок горнодобывающих предприятий, городских коллекторных магистралей и перегонных тоннелей метро – процесс трудоемкий и дорогостоящий. Как повысить скорость проходки, производительность труда, снизить стоимость работ и обеспечить безопасность – вот вопросы, особенно актуальные в условиях рыночных отношений.

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

В поисках путей совершенствования геотехнологий проведения горных выработок в ИУУ СО РАН 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 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.), изыскивали возможность использования самой среды для создания усилий тяги при движении 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.

При проходке горных выработок в качестве базового оборудования используются или проходческие комбайны, или щиты. Другими словами, в подземных условиях для перемещения проходческого аппарата используются внешние движители (гусеничные, колесные, колесно-рельсовые или распорно-шагающие), которые хорошо показали себя на земной поверхности, но, по сути, предназначенные для перемещения какого-либо аппарата только на контакте твердой и воздушной сред.

Значит, основные проблемы современных технологий проведения горных выработок – это невозможность движения проходческих аппаратов в любом направлении подземного пространства и невозможность создания больших напорных усилий на исполнительном органе (ИО) для разрушения крепких пород. Как следствие, для создания достаточных напорных усилий конструкторы вынуждены увеличивать массу горнопроходческих комбайнов, которая уже превышает 80 т. Кроме того, остаются актуальными вопросы обеспечения безопасности ведения работ в призабойной зоне.

Обратим внимание на то, что в процессе работы проходческого комбайна или щита для создания силы тяги и напорного усилия на ИО 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.

Проведены исследования [2, 3], на основании которых предлагается совершенно иной подход к процессу проведения горных выработок. Считаем, что изначально проходку выработок необходимо рассматривать как процесс движения твердого тела (проходческого оборудования) в твердой среде и только потом, при необходимости, как процесс образования полости в массиве горных пород. Приконтурный массив пород должен использоваться как опорный элемент, воспринимающий реактивные усилия от горнопроходческого оборудования при выполнении им основных технологических операций.

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 (рис. 1).

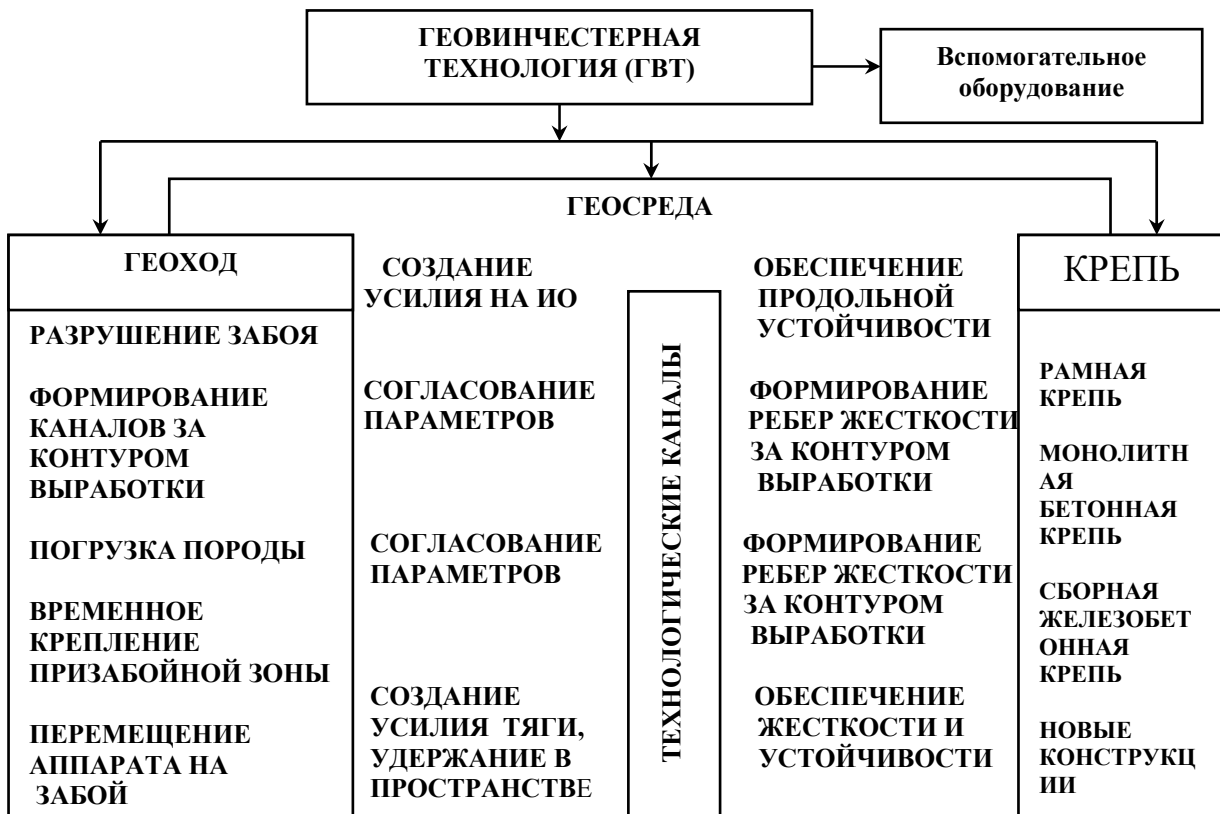


Рис. 1. Структура геовинчестерной технологии проведения горных выработок

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 завалах.

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.
- Снижение трудоемкости и стоимости ведения горнопроходческих работ.
- Возможность проведения выработок с любым расположением в пространстве.

Кроме того, следует отметить, что для ГВТ возможно создание принципиально новых конструкций крепи горных выработок и обделок подземных сооружений, материалоемкость которых на 30–50 % ниже традиционных конструкций [2, 3].

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

- корпус проходческой машины должен иметь внешний движитель, 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 должна 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 возведения 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 (геосреда), в которой перемещается проходческая машина, и не требовать пропорционального увеличения массы горнопроходческого оборудования.

Требования по производительности, энерговооруженности, надежности, ремонтпригодности и специальные требования к отдельным механизмам и системам на начальном этапе создания новой техники не предъявлялись.

Идеалом компоновки любой проходческой системы выступает подземный агрегат, у которого важнейшие функциональные органы, выполняющие технологические операции, совмещены не одной конструктивной основе, а выработка образуется в результате их одновременного действия.

На основании функционально-структурной теории создания горнопроходческих систем и с учетом сформулированных требований были разработаны конструктивные схемы 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), которое впоследствии трансформировалось в ВПА (винтоповоротный проходческий агрегат). В настоящее время такой класс горнопроходческих машин получил название геохолов.

Геолод – аппарат, движущийся в подземном пространстве с использованием геосреды. Представляя собой новый класс горных машин, геохолов предназначены для проходки подземных выработок различного назначения и расположения в пространстве; аналогов конструкции в мировой практике нет.

Основные отличия геохолов.

- Принцип работы.
- Наличие новых функционально-конструктивных элементов.

- Общая функционально-компоновочная схема.
- Возможность реализации на исполнительном органе любых напорных усилий (возможность создания ИО для разрушения крепких пород).
- Качественно новые функциональные возможности.

Для разработки конструкторской документации на изготовление первых экспериментальных образцов геогодов предварительно была создана математическая модель их взаимодействия с геосредой, а также разработаны некоторые положения методики расчета силовых и прочностных параметров [2, 3]. Конструкция и принцип работы геогодов (винтоповоротных проходческих агрегатов) достаточно подробно рассмотрены в [2, 3]. Назначение и основные отличительные особенности систем геогодов приведены в таблице.

Испытания первых экспериментальных образцов геогодов ЭЛАНГ-3¹ (рис. 2 а), изготовленных совместно с ПО «Киселевскуголь» (шахта «Карагайлинская»), и ЭЛАНГ-4 (рис. 2 б), изготовленных совместно с НПО «Сибгипрогомаш» и АП ЭЛСИБ (г. Новосибирск), доказали работоспособность и перспективность проходческих агрегатов, перемещающихся на забой с использованием окружающей геосреды.

Основными научно-техническими проблемами, связанными с развитием ГВТ и геогодов, являются:

первое – 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;

второе – проработка большого количества компоновочных и конструктивных решений по всем системам и элементам геогода для различных типоразмеров и горнотехнических условий;

третье – разработка методик расчета силовых и конструктивных параметров геогодов и их систем.

Для решения комплекса задач, относящихся к первой проблеме, необходимо формирование нового научного направления – *разработка научных основ геовинчестерной технологии проведения горных выработок*, а для второй – *разработка научных основ проектирования геогодов многоцелевого назначения и их систем (геогодостроение)*.

Табл. 1. Назначение и основные особенности систем геогодов

Назначение	Особенности
<i>Корпус геогода – носитель</i>	
Конструктивная база для размещения функциональных систем и элементов геогода.	Не имеет аналогов в горном машиностроении. Основополагающие отличия по назначению и принципу работы от всех существующих систем горнопроходческих комбайнов и проходческих щитов.
Включение приконтурного массива пород в технологический процесс проведения выработки – перераспределение нагрузок от силового оборудования на окружающую геосреду.	Своеобразный характер взаимодействия элементов носителя с геосредой Большой спектр возможных компоновочных и конструктивных решений.
Удержание геогода в геосреде в любом его пространственном положении.	Возможность работы на любых углах наклона проводимой выработки.
Защита призабойной зоны от вывалов пород.	Необходимость согласования работы всех систем геогода.
Восприятие нагрузок от горного давления и силового оборудования.	Отсутствие методов и методик расчета силовых и конструктивных параметров.

¹ ЭЛАНГ – аббревиатура авторского коллектива – Эллер А. Ф., Аксенов В. В., Ногорный В. Д., Горбунов В. Ф.

Продолжение табл. 1

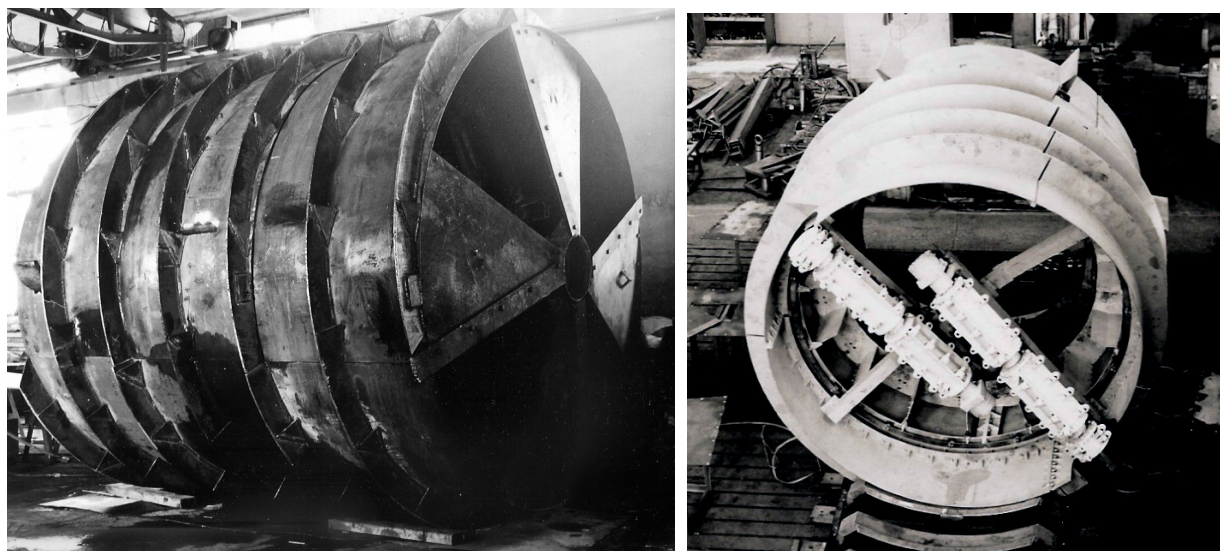
<i>Исполнительный орган разрушения забоя</i>	
<p>Одновременное формирование и разрушение породного уступа на поверхности забоя выработки.</p> <p>Формирование свободного от геосреды пространства в направлении проводимой выработки для прохождения носителя геохода.</p> <p>Формирование свободного от геосреды пространства для маневрирования геохода по направлению движения геохода.</p> <p>Обеспечение достаточной производительности при любом пространственном расположении геохода.</p>	<p>Принципиальные отличия по назначению и выполняемой работе от всех существующих систем горнопроходческих комбайнов и проходческих щитов.</p> <p>Своеобразный характер взаимодействия с геосредой</p> <p>Жесткая взаимосвязь с работой внешнего движителя.</p> <p>Возможность работы на любых углах наклона проводимой выработки.</p> <p>Зависимость подводимых напорных усилий от параметров геосреды.</p> <p>Большой спектр возможных компоновочных и конструктивных решений.</p> <p>Отсутствие методик расчета силовых и конструктивных параметров.</p>
<i>Внешний движитель</i>	
<p>Преобразование вращательного движения в винтовое перемещение головной секции носителя на забой.</p> <p>Формирование требуемого усилия тяги и напорного усилия на исполнительном органе.</p> <p>Формирование свободного от геосреды винтового канала за контуром проводимой выработки</p> <p>Восприятие основной части нагрузок от горного давления, силового оборудования и перераспределение его на окружающую геосреду.</p> <p>Удержание геохода в геосреде в любом его пространственном положении.</p>	<p>Не имеет аналогов в горном машиностроении.</p> <p>Основополагающие отличия по назначению и принципу работы от всех существующих систем горнопроходческих комбайнов и проходческих щитов</p> <p>Своеобразный характер взаимодействия с геосредой</p> <p>Возможность работы на любых углах наклона проводимой выработки.</p> <p>Большой спектр возможных конструктивных решений</p> <p>Отсутствие методов и методик расчета силовых и конструктивных параметров</p>
<i>Система противовращения</i>	
<p>Участие в создании силы тяги в качестве опорного элемента</p> <p>Предотвращение поворота хвостовой секции носителя геохода</p> <p>Восприятие нагрузки от силового оборудования и перераспределение его на окружающую геосреду</p> <p>Формирование свободного от геосреды продольного канала за контуром проводимой выработки для взаимодействия элементов системы противовращения с геосредой</p>	<p>Не имеет аналогов в горном машиностроении по назначению и принципу действия</p> <p>Своеобразный характер взаимодействия с геосредой</p> <p>Жесткая взаимосвязь с работой внешнего движителя и силового оборудования</p> <p>Большой спектр возможных компоновочных и конструктивных решений</p> <p>Отсутствие методик расчета силовых и конструктивных параметров</p>

Продолжение табл. 1

<i>Погрузочная система</i>	
Удаление разрушенной геосреды от исполнительного органа разрушения забоя	Необходимость работы на любых углах наклона проводимой выработки
Удаление разрушенной геосреды от исполнительного органа разрушения внешнего движителя геохода	Взаимосвязь с работой внешнего движителя, системой противовращения и силового оборудования
Удаление разрушенной геосреды от исполнительного органа разрушения системы противовращения	Большой спектр возможных компоновочных и конструктивных решений
Обеспечение достаточной производительности при любом пространственном расположении геохода	Отсутствие методик расчета силовых и конструктивных параметров
<i>Крепезоводящий модуль</i>	
Механизация процесса возведения традиционных конструкций крепи	необходимость работы на любых углах наклона проводимой выработки
Механизация процесса возведения новых, создаваемых для геовинчестерной технологии проведения горных выработок конструкций постоянной крепи и обделок подземных сооружений	Большой спектр возможных компоновочных и конструктивных решений
Обеспечение достаточной производительности при любом пространственном расположении геохода	Отсутствие методик расчета силовых и конструктивных параметров
	Необходимость работы на любых углах наклона проводимой выработки
<i>Энергосиловая установка и трансмиссия</i>	
Обеспечение перемещения геохода в различных геосредах с одновременным разрушением геосреды	Большой спектр возможных компоновочных и конструктивных решений
Передача вращательного момента от энергосиловой установки к внешнему движителю	Отсутствие методик расчета силовых и конструктивных параметров
Обеспечение функционирования основных и вспомогательных систем геохода	
Обеспечение достаточной производительности при любом пространственном расположении геохода	

Для разработки методик расчета силовых и конструктивных параметров геоходов необходимо проведение исследований по изучению сил, возникающих на поверхности геохода и его элементов при движении в геосреде. Здесь следует отметить, что подобного типа

задачами, связанными с определением сил, возникающих на поверхности движущегося в воздушной и жидкой среде твердого тела, занимаются аэродинамика летательных и гидродинамика подводных аппаратов. Но, в отличие от воздуха и воды, геосреда по диапазону изменения физико-механических свойств гораздо более многообразна и многогранна в своих проявлениях. Поэтому применительно к освоению подземного пространства необходимо создать новое научное направление – *геодинамика подземных аппаратов*. Его основной задачей должно стать изучение сил, возникающих на поверхности твердого тела, движущегося в твердой среде.



а б
Рис. 2. Экспериментальный образец геохода:
а – ЭЛАНГ-3 диаметром 3 м; б – ЭЛАНГ-4 диаметром 4 м

До создания геоходов острой необходимости в решении таких задач не возникало. Именно при проектировании геоходов надо определить силы, возникающие на поверхности геохода и его элементов, и выбрать рациональные формы и геометрические параметры элементов с точки зрения возникающих при движении подземного аппарата геодинамических сопротивлений.

В период работы по созданию первых экспериментальных образцов геоходов небольшому научному коллективу пришлось заниматься разработкой документации на изготовление новой техники, изготавливать и собирать агрегаты, осваивать профессию испытателя, заниматься большим объемом организационных мероприятий, решать финансовые проблемы. Поэтому на создание и испытание одного экспериментального образца уходило около 10 лет. В современных условиях такой подход неприемлем.

Опыт самолетостроения и кораблестроения показывает, что для успешного и оперативного создания, особенно в рыночных условиях, конкурентоспособных образцов новой техники наряду с достаточным финансированием необходима специализация – от разработки технической идеи до испытания и внедрения новых образцов техники. Испытанием новой техники, например в самолетостроении, занимаются специализированные центры и институты. Такой подход позволяет не только успешно доводить новую технику до серийного производства, но и внедрять ее. Отсутствие в горной промышленности специализированного центра подземных испытаний, а также профессии «горный испытатель» не просто сдерживает создание и внедрение новой конкурентоспособной техники, а делает этот процесс невозможным.

Потенциально широкая область применения новой геотехнологии, а также отсутствие на данном этапе конкурентоспособных разработок обуславливают необходимость скорейшего развертывания работ в направлениях, представленных на рис. 3.



Рис. 3. Основные направления деятельности

Предлагаемый путь создания новых геотехнологий проведения горных выработок для освоения подземного пространства является, с одной стороны, безусловно, инновационным, а с другой – наукоемким. Причем необходимый объем проведения научных исследований настолько огромен, что потребует не одно десятилетие для его осуществления.

Библиографический список

1. Динник Ю. Н. 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. №2. – С.2...12; №3. – С. 2...6.
2. Эллер А. Ф. Винтоповоротные проходческие агрегаты / А. Ф. Эллер, В. Ф. Горбунов, В. В. Аксенов. – Новосибирск: ВО «Наука», 1992. – 192 с.
3. Аксенов В. В. Геовинчестерная технология проведения горных выработок / В. В. Аксенов. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2004. – 264 с.

© Аксенов В. В., Ефременков А. Б., 2009 г.