УДК 622.647

Д.М. Кобылянский, В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов

ВИНТОПОВОРОТНЫЕ ПРОХОДЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Технология сооружения горной выработки определяется прежде всего горно–геологическими условиями, наборами имеющейся горнопроходческой техники, конструкциями крепи, а также многими другими факторами. В наибольшей степени технологическая схема проходки зависит от положения выработки в пространстве.

В лаборатории проходческих комплексов Института угля и углехимии СО РАН разработана геовинчестерная технология проведения горных выработок, согласно которой проходка горных выработок определена как процесс движения твёрдого тела (горнопроходческого оборудования) в твёрдой среде (вмещающей породе) [1, 2]. В результате предложено использовать приконтурный массив пород как опорный элемент для восприятия силовых нагрузок, возникающих при движении твёрдого тела в геосфере, т. е. при выполнении основных технологических операций по проведению горных выработок: разрушения породы, перемещения проходческой системы и крепления призабойной зоны. Предлагаемая технология значительно отличается от традиционных.

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 совмещённом режиме.

Новая геовинчестерная технология определила необходимость разработки специального горнопроходческого оборудования.

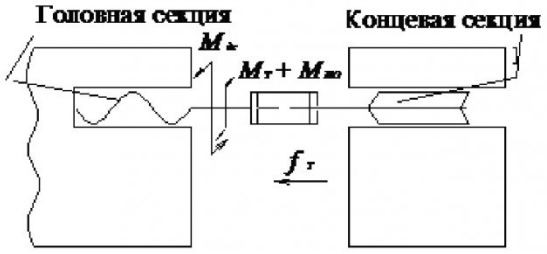

Рис.1. Функциональная схема геохода вЭЛАНГ : Мдс – момент движущих сил: Мт –момент трениия; МИО-момент сопротивления ИО; fт-сила продольной тяги

На рис.1 приведена функциональная схема геохода ЭЛАНГ. В основе концептуальной схемы заложен принцип ввинчивания ограждающей оболочки (временной проходческой крепи) в массив. У геоходов окружающий массив выполняет роль гайки, а сама оболочка – винта. На внешней поверхности головной секции закрепляется винтовая спираль, а концевая секция оснащается радиально выступающими продольными элементами. Головная (винтовая) и концевая (опорная) секции кинематически сочленяются в единое целое с возможностью относительного поворота посредством механизма вращения, размещённого внутри агрегата.

При приложении к винтовой оболочке момента движущих сил $M_{дс}$, создаваемого механизмом вращения, она совершает винтовое движение, а опорная секция удерживает её от реактивного поворота продольными элементами (стрингерами).

Головная секция агрегата перемещается поступательно и совершает поворот вокруг своей продольной оси в результате взаимодействия винтовой лопасти с породами винтового канала за контуром выработки. Жёстко соединённый с винтовой секцией исполнительный орган разрабатывает забой, а поступившая внутрь секции порода захватывается загрузочными лопастями и подаётся на транспортирующее устройство.

Геоход ЭЛАНГ относится к группе механизированных щитовых проходческих систем, однако, в силу своих конструктивных особенностей и характера функционирования представляет собой самостоятельный класс подземных проходческих машин. Оригинальный для щитовых проходческих систем принцип действия и функционально–компоновочная схема (концептуальная модель) позволили разработать на их основе целое семейство винтоповоротных агрегатов.

Трёхсекционная схема агрегата с кинематической взаимоувязкой и взаимоповоротом секций домкратами, позволяющими изменять направление движения по трассе выработки, показана на рис.2,а. Эта конструктивная схема, выполненная в реальной машине, прошла полный цикл испытаний [3].

Техническое решение, устраняющее вращение концевой секции с находящимся в ней пультом управления, показано на рис.2,б. Геоход представляет собой двухсекционную конструкцию, в которой головная секция вращается относительно хвостовой секции, причём последняя перемещается лишь поступательно. Двухсекционная конструкция заметно короче трёхсекционной, а значит повышается манёвренность всего агрегата при движении по трассе.

На базе двухсекционного геохода разработана схема, приведённая на рис. 2,в, с управляемыми копир–ножами. Схема даёт возможность целенаправленного управления по трассе проводимой выработки. Копир–ножи крепятся к оболочке головной секции с возможностью радиального сме-

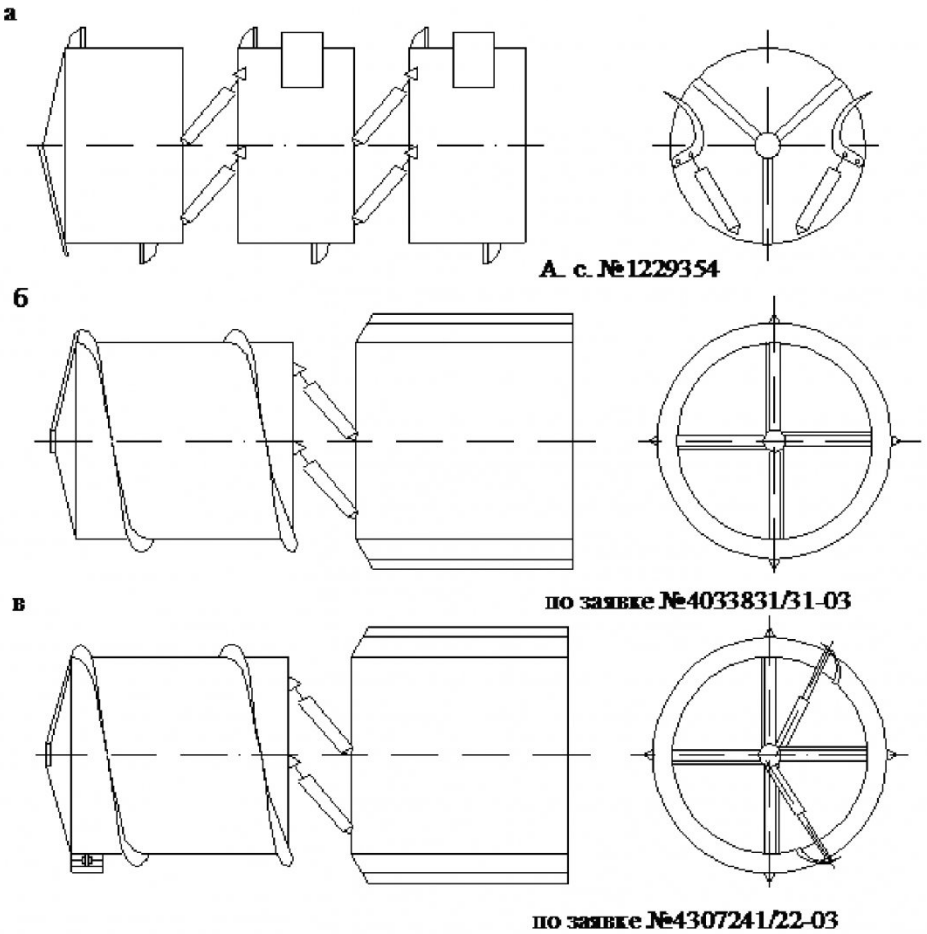

Рис.2. Схемы геоходов типа ЭЛАНГ

щения за поверхностью секции. Поэтому, вращаясь вместе с головной секцией, они вырезают некоторую полость, размеры и местоположение которой можно регулировать с пульта управления. В эти полости затем смещается и весь проходческий агрегат, осуществляя требуемый манёвр или проектное изменение трассы выработки. На основе схемы, показанной на рис.2,в, разработан рабочий проект геохода ЭЛАНГ–4 с раздельным перемещением секций (условный диаметр щита составляет 4м).

Конструкция геохода ЭЛАНГ-4 с ножевым исполнительным органом (рис. 3) представляет собой цилиндрическую оболочку, состоящую из винтовой 1 и хвостовой 2 секций. Исполнительный орган 3 посредством фланца 4 крепится к винтовой секции 1. Исполнительный орган 3 имеет коническую форму и шесть радиальных брусьев с закреплёнными на них секциями режущих ножей 5. На винтовой секции 1 по её внешней поверхности выполнена винтовая лопасть 6 в форме геликоида. Внутри секции размещается роторный погрузчик 7 с цевочной кольцевой рейкой 8, приводной звёздочкой 9 и высокомоментным гидродвигателем 10.

По периметру кольца 12 механизма вращения 11 установлены четыре блока спаренных гидроцилиндров 13. Каждый блок прижимается к анкерному сдвоенному кольцу 14. С этими кольцами входят в зацепление на прямом ходе специальные цапфы 15. В пространстве между кольцом 12 и внутренней поверхностью винтовой секции монтируются гидроцилиндры малого рабочего хода 16. Один их торец закрепляется к фланцу 17 кольца 12, а другой – к фланцу 18 винтовой секции 1.

На внешней поверхности хвостовой секции расположены шесть продольных опорных элементов 19, имеющих треугольное поперечное сечение. Внутри этой секции размещается пульт управления 20.

Внутри исполнительного органа 3 на вершине конуса ограждающей диафрагмы 21 вварена гильза 22. От неё в трёх направлениях под углом 120^0 отходят талрепы 23, которые шарнирно связаны с корпусом копир–ножа 24. В свою очередь, корпус на своей винтовой лопасти 25 с резцом 26 и шарниром 27 соединяется с внешней оболочкой исполнительного органа 3. Торец гильзы 22 оснащается породоразрушающим инструментом 28.

Работа геохода происходит следующим образом. При выдвижении штоков гидродомкратов 13 приходит во вращение винтовая секция 1. В результате ножи 5 при своём круговом движении срезают стружку (разрабатывают забой). По завершении цикла подвижки включается обратный

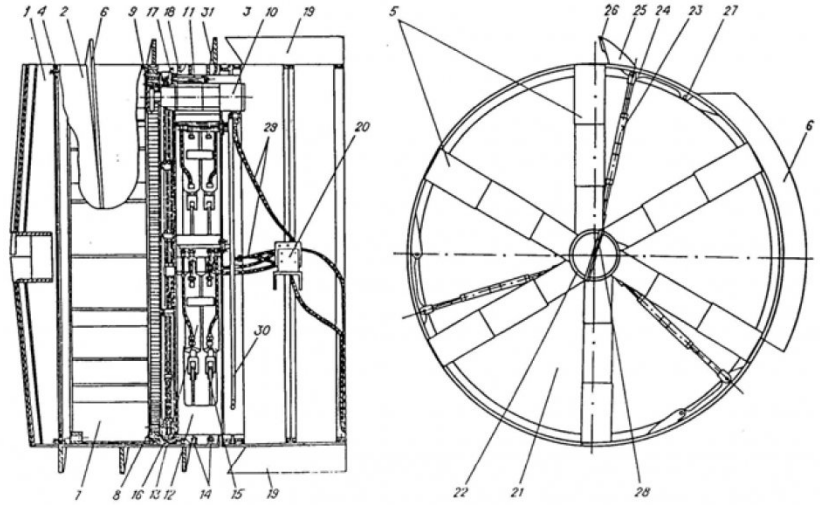

Рис.3 Конструктивная схема двухсекционного геохода ЭЛАНГ-4 с раздельным перемещением секций

ход гидроцилиндров 13. Одновременно с этим включаются в работу гидроцилиндры надвига 16. Хвостовая секция 2, преодолевая сопротивление трения оболочки и внедрения стрингеров 19, перемещается вслед за винтовой секцией 1. Порода, отделённая ИО, роторным погрузчиком 7 подаётся в транспортирующее устройство, разработка которого представляет самостоятельное исследование [4]. Для выполнения манёвра геохода, возможного при образовании полости за контуром выработки в нужном направлении, копир–ножи 23 поочерёдно выдвигаются в радиальном направлении на необходимую величину.

Для работы в широком диапазоне горно-геологических условий в винтоповоротном проходческом агрегате предусмотрена установка сменных породоразрушающих модулей. Являясь разборным, модуль может быть заменён на другой в процессе работы агрегата при проведении выработки. Если геоход с ножевым исполнительным органом предназначен для проходки выработок по породам крепостью f<1 по шкале М. М. Протодъяконова, то вариант геохода ЭЛАНГ-4 с барабанным исполнительным органом – по породам средней крепости (1<f<4).

Барабанный ИО (рис.4,а) состоит из двух барабанов, смонтированных на винтовой секции. Каждый барабан имеет свой привод. Оси барабанов разнесены относительно поперечной оси винтовой секции на некоторое расстояние и наклонены к продольной оси агрегата под определённым углом. Разрушение забоя происходит уступами по всему сечению (рис.4,б). Ширина уступов зависит от шага винтовой лопасти $h_б$ и количества барабанов $n_б$. Усилие подачи осуществляется при повороте винтовой секции домкратами вращения.

Предложенные конструкции геоходов не имеют аналогов в области горного машиностроения и признаны как новый класс горнопроходческих машин. Геоходы имеют следующие отличительные особенности:

- интеграция основных рабочих органов на щитовой механизированной проходческой крепи с внешним винтовым движителем;
- наличие новых конструктивных элементов и механизмов;
- ввинчивание в массив с образованием полости;
- безразгрузочная подача на забой;
- образование винтовых и продольных каналов в массиве пород за контуром проводимой выработки.

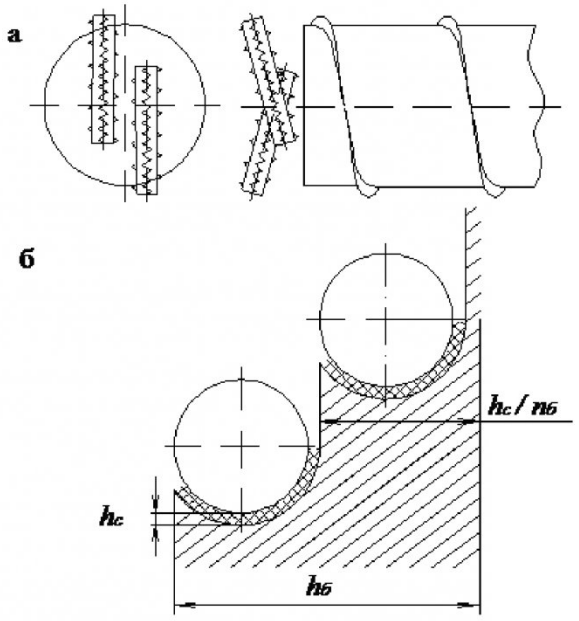

Рис.4. Схема барабанного исполнительного органа

Включение приконтурного массива в технологический процесс проведения выработок, а также применение нового типа горно-проходческих машин (ЭЛАНГ) в сочетании с материалосберегаю-

щими типами постоянной крепи позволяют в данной технологии [2]:

- полностью механизировать и совместить во времени выполнение всех основных операций проходческого цикла;
- снизить в 4÷5 раз металлоёмкость применяемого горно-проходческого оборудования и на 20÷30% – материалоёмкость постоянной крепи при сохранении её прочности и устойчивости;
- уменьшить в 5 раз по сравнению с проходческими щитами традиционного исполнения необходимое усилие перемещения;
- увеличить в среднем на 5÷10% полезную площадь проводимой выработки после её обустройства;

Применение предлагаемой технологии создаёт благоприятные предпосылки для разработки и освоения принципиально новых типов проходческих крепей, причём, малоэлементность и однотипность крепей значительно увеличивают возможность создания и применения средств механизации процесса крепления.

Следует ожидать снижения стоимости проведения выработок по ГВТ на 40÷50% по сравнению с традиционными технологиями.

В месте с тем следует отметить значительное трение оболочек геохода с окружающими породами, снижающее КПД проходческих систем. Снизить коэффициент трения оболочек с массивом можно, реализовав вибрационное перемещение секций [5].

Таким образом, впервые разработаны конструктивные схемы, технические и компоновочные решения винтоповоротных проходческих агрегатов, отвечающие требованиям геовинчестерной технологии проведения горных выработок. В частности, получена патентная грамота США на проходческий щитовой агрегат [15], аналогом которого является геоход ЭЛАНГ-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Эллер, А. Ф.* Винтоповоротные проходческие агрегаты/А. Ф. Эллер, В. Ф. Горбунов, В. В. Аксёнов. – Новосибирск: ВО Наука. Сибирская издательская фирма, 1992. – 192 с.

2. *Аксёнов, В. В.* Геовинчестерная технология проведения горных выработок/В. В. Аксёнов. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН. 2004, –264 с.

3. *Горбунов, В. Ф.* Разработка и испытание вращающегося проходческого агрегата/В. Ф. Горбунов, А. Ф. Эллер, В. В. Аксёнов//Шахтное строительство. – 1985. – №6. – С. 37–42.

4. *Кобылянский, Д. М.* Обоснование конструктивных и режимных параметров винтового перегружателя геохода: дис. … канд. техн. наук: 05.05.06: защищена 29.05.08. – Кемерово, 2008. – 185 с.

5. А. с. № 1668678, МКИ[5] Е 21 Д 11/00. Проходческий щитовой агрегат/ А. Ф. Эллер, В. В Аксёнов, Н. Б. Пушкина, Л. А. Сарцев, П. Я. Крауиньш (РФ). – №4981110/08; заявл. 24.10.89; опубл. 17.12.91, Бюл. №29, – 3 с.: ил.

6. Пат. 5072992 США, МКИ[7] Е 21 Д 9/06. Проходческий щитовой агрегат/Горбунов В. Ф., Эллер А. Ф., Ткаченко А. Я., Аксёнов В. В., Нагорный В. Д.; заявитель и патентообладатель ИУУ СО РАН. – №62237462/10; заявл. 14.06.93; опубл. 17.12.91, Бюл. №14, – 3 с.: ил.

Авторы статьи:

Кобылянский
Дмитрий Михайлович
– канд. техн. наук, ст. преп. каф. стационарных и транспортных машин КузГТУ Тел. 384-2-36-50-93

Горбунов
Валерий Федорович.
– докт. техн. наук, проф. каф. стационарных и транспортных машин КузГТУ.
Тел. 384-2- 36-42-54

Аксенов
Владимир Валерьевич
– докт. техн. наук, в.н.с.Института угля и углехимии СО РАН.
Тел. 384-2-31-87-08