УДК 622.002.5

В.В. Аксенов, В.Ю. Садовец, Е.В. Резанова

ФОРМИРОВАНИЕ ФРАГМЕНТА СТРУКТУРНОГО ПОРТРЕТА ОПЕРАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГЕОХОДА

Геоходы – это аппараты, движущиеся в подземном пространстве с использованием геосреды. В настоящее время ведутся работы по созданию нового поколения геоходов. Для наработки вариантов технических решений геоходов необходимо сформировать фрагмент структурного портрета операции перемещения.

При разработке горнопроходческих систем традиционно пользуются структурной систематизацией. В ее основе лежит представление проходки выработки как процесса образования полости в горном массиве. Процесс образования горной выработки определяется тремя основными технологическими операциями: отделение горной массы, уборка отделенной горной массы, закрепление образовавшегося пространства выработки. Для формирования структуры горнопроходческой системы используется или конструктивный или функциональный подходы [1].

Развитие механизации технологического процесса первоначально шло по пути создания индивидуальных машин, выполняющих отдельные операции проходческого цикла. Конструктивный подход, используемый в горном машиностроении при проектировании горнопроходческих систем, представляет собой процесс рационального подбора технологического оборудования из семейства обособленных функциональных машин, каждая из которых способна выполнять определенную технологическую операцию проходческого цикла. Конструктивный подход дает возможность формировать гипотетическую структуру горнопроходческой системы, опираясь на существующие конструкции машин, устройств и элементов [1, 2].

Функциональный подход к структурообразованию также базируется на выполнении машиной, устройством или элементом какой либо технологической операции. Каждую операцию выполняет определенная машина, состоящая из набора функциональных устройств, в состав которых входят функциональные элементы. Объединение функциональных машин, устройств и элементов осуществляется методом последовательного наложения технологической, кинематической и конструктивной связей [1].

Функциональный подход дает возможность построить структуру горнопроходческой системы, представив ее в виде структурной формулы, описывающей схему механизации технологического процесса. Описание структурной формулой основных технологических операций проходческого цикла, а также функциональных устройств и элементов осуществляется при помощи буквенных обозначений, а связи между ними обозначаются знаками математических действий [1].

Все многообразие уже существующих и возможных типов горнопроходческих машин при функциональном подходе описывается четырнадцатью структурными формулами, полученными методом вырождения и совмещения функциональных элементов. В зависимости от вида структурной формулы горнопроходческие машины делят на индивидуальные машины, комплекты индивидуальных машин, полукомплексы, комплексы, полуагрегаты и агрегаты. Количество структурных элементов в данном случае определяется числом технологических операций, подлежащих механизации [1, 2].

Геоходы, в отличие от существующих горнопроходческих машин, используют массив вмещающих пород для перемещения на забой и создания напорных усилий на исполнительном органе. Ввиду вовлечения в технологический процесс проведения выработки приконтурного массива горных пород, а также особенностей конструктивного и функционального строения геоходов, коллективом авторов, занимающихся созданием нового вида горнопроходческой техники – геоходов, было предложено рассматривать проходку горной выработки как «процесс движения твердого тела (горнопроходческого оборудования) в твердой среде (окружающем массиве горных пород)» [3].

Перемещение геохода в геосреде было выделено как основная технологическая операция наряду с операциями отделения, уборки и крепления. Кроме того, геоходы относятся к семейству технологически согласованных, кинематически увязанных и имеющих единую конструктивную базу агрегатов, выполняющих все операции проходческого цикла одновременно [3].

Формировать гипотетическую структуру геохода при помощи конструктивного подхода невозможно. Функциональные машины геохода не могут являться обособленными и самостоятельно выполнять какую-либо технологическую операцию проходческого цикла. Для возможности функционирования машин, устройств и элементов геохода, они должны быть расположены на одном носителе – корпусе. Следовательно, осуществить подбор технологического оборудования из существующих индивидуальных функциональных машин для последующего формирования из них геохода не представляется возможным. Компоновка отдельных функционально-конструктивных элементов индивидуальных машин на едином носителе также не позволяет в конечном итоге полу-

чить завершенную конструкцию агрегата. Кроме того, структурные элементы схем и средств механизации даже для одних и же горно-геологических условий отличаются большим разнообразием, что предопределяет значительные временные затраты на проектирование.

Систематизацию конструктивных решений геохода как средства механизации процесса образования полости в горном массиве целесообразно было бы осуществить по функциональному признаку с определением технологической, кинематической и конструктивной связей. Однако, структурные формулы функционального подхода, исходя из возможности описания ими геохода, обладают, на наш взгляд, рядом недостатков, а именно:

– труднопонимаемы для пользователя (неэргономичны, плохо визуализированы, требуют дополнительного словесного описания);

– сложны для анализа структуры (наблюдается ограниченность в буквенном обозначении функциональных единиц, затруднено указание количественных показателей);

– нет конструктивной определенности (структурные формулы функционального подхода носят описательный характер);

– тяжеловесность при описании горнопроходческой системы, выполняющей все технологические операции проходческого цикла;

– практически невозможен синтез новых технических и конструктивных решений.

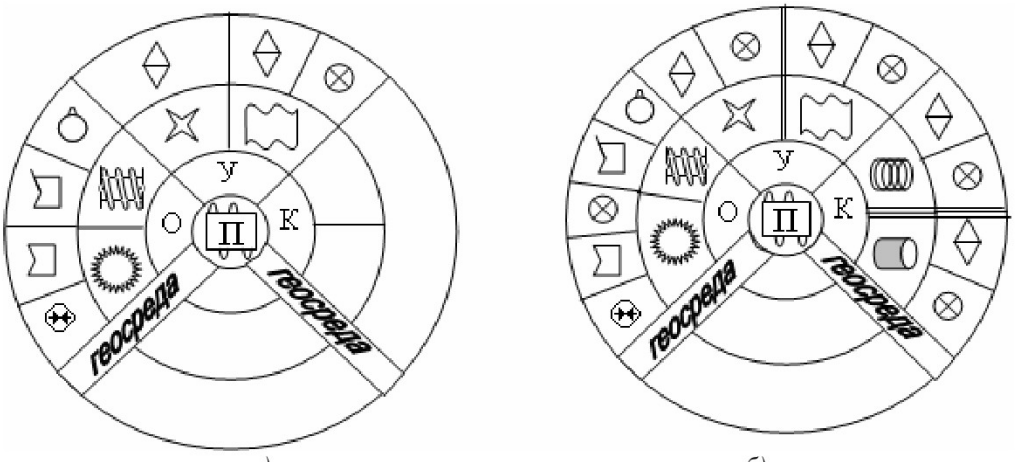
Взаимодействие проходческой системы с окружающим массивом горных пород, единая конструктивная база основных функциональных элементов, особенности совместного функционирования этих элементов и сложность выделения простых связей между ними сделали невозможным применение конструктивного или функционального подходов структурной систематизации для анализа существующих и синтеза новых технических решений геоходов. Без адекватной систематизации схем и средств механизации процесса проведения выработки невозможно определить степень совершенства, эффективности работы и пути дальнейшего совершенствования существующей и создания новой горнопроходческой техники.

Формировать структуру горнопроходческого оборудования, в том числе геоходов, было предложено при помощи функционально-конструктивного подхода, где за базовую операцию проходческого цикла было принято перемещение горнопроходческой системы [4]. Функционально-конструктивный подход представляет собой систематизацию структурных решений горнопроходческого оборудования по функциональному признаку с учетом технологической, кинематической и конструктивной связей. Он ликвидирует основные недостатки конструктивного и функционального подходов [3].

Авторами предложенного подхода к структурной систематизации в развитии была получена, на наш взгляд, наглядная и доступная для понимания функционально-конструктивная модель горнопроходческого оборудования – структурный портрет [4].

Структурный портрет позволяет наглядно отобразить информацию о структуре горнопроходческой техники, однозначно описать конструкцию, количество функционально-конструктивных элементов и связи между ними, имеет неограниченные возможности для введения новых технологических операций и функционально-конструктивных элементов, что существенно расширяет возможности для создания новых вариантов горнопроходческих систем, в частности – геоходов. Так, выделение новой технологической операции проходческого цикла (перемещения), не усложняет анализ структуры, не загромождает структурный портрет, не ухудшает визуальное восприятие, что непременно происходит при формировании структурной формулы функционального подхода.

В состав структурного портрета была введена геосреда, являющаяся неотъемлемым элементом



а) *б)*

Рис.1. Структурные портреты геоходов
а) а ЭЛАНГ–3; б) ЭЛАНГ–4 .

Таблица 1. Влияние факторов на расположение функциональных устройств операции перемещения в структурном портрете

№	Фактор	Внутренний движитель	Внешний движитель	Устройство противовращения
1	Взаимодействие с геосредой	В	П	П
2	Взаимосвязь с операцией отделения горной массы	В (создание напорных усилий на ИО)	П (нарезание винтового канала)	П (нарезание продольных каналов)
3	Взаимосвязь с операцией уборки отделенной горной массы	В (возможность совмещения приводов)	В (уборка из винтового канала)	П (уборка из продольных каналов)
4	Взаимосвязь с операцией крепления образовавшегося пространства	Н	В (нарезание винтового канала)	В (нарезание продольных каналов)
5	Структурные составляющие	П	П	П
6	Технологическая связь с устройством противовращения	В (обуславливает необходимость восприятия реактивного момента)	Н	–
7	Кинематическая связь с устройством противовращения	В (возможность совмещения приводов)	Н	–
8	Конструктивная связь с устройством противовращения	П (единый носитель – корпус геохода)		–

при проведении горных выработок [2, 3]. Наличие геосреды в структурном портрете позволяет систематизировать как конструктивные решения традиционных схем и средств механизации, функционирующих на границе гео- и воздушной сред, так и формировать структуру горнопроходческого оборудования, способного функционировать только в геосреде, т.е. геоходов. Более того, наличие геосреды предопределяет расположение в структурном портрете функциональных машин и функционально-конструктивных элементов горнопроходческой системы.

Для формирования структурного портрета горнопроходческой системы обозначение основных технологических операций проходческого цикла на данном этапе осуществляется буквенно, аналогично функциональному подходу, а для функциональных устройств, функциональных и конструктивных элементов было введено символьное обозначение [4].

На рис. 1 представлены структурные портреты геоходов ЭЛАНГ–3 и ЭЛАНГ–4.

В то же время, как видно из работ [3, 4], на данном этапе только один фрагмент структурного портрета – отделение (разрушение) горной массы – в достаточной степени проработан и был использован для синтеза новых конструктивных решений исполнительных органов геоходов.

Фрагмент структурного портрета, отвечающий за перемещение самого геохода в геосреде, является не проработанным, что затрудняет анализ существующих конструкций и делает невозможным синтез новых технических и конструктивных решений геоходов.

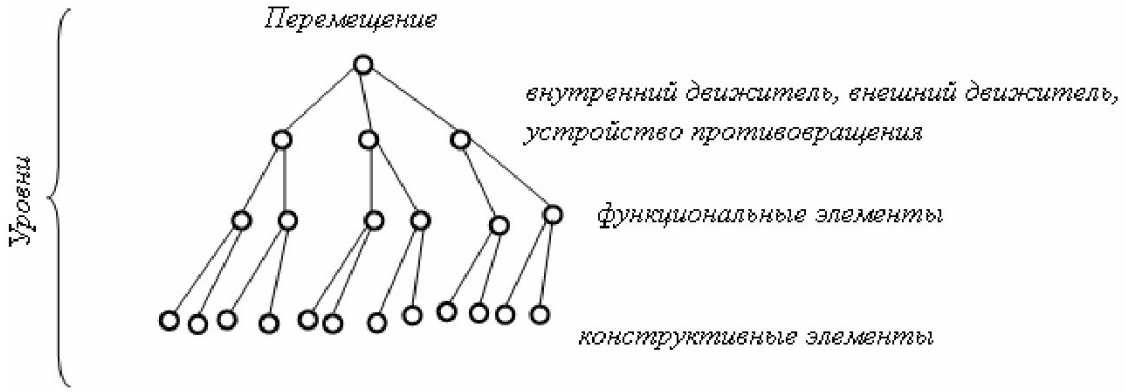


Рис. 2. Иерархические уровни структуры технологической операции перемещения геохода

Таблица 2. Символьное обозначение функциональных устройств и элементов технологической операции перемещения

№	Функциональное устройство	Символьное обозначение	Функциональный элемент	Символьное обозначение
1	Внутренний движитель		трансмиссия	
			двигатель	
2	Внешний движитель		винторез	
			винтовая лопасть	
3	Устройство противовращения		крыло	
			ИО, формирующий продольный канал за контуром выработки	
			орган уборки и транспортирования отделенной горной массы	

Перемещение геохода в геосреде является базовой технологической операцией [3]. Для формирования фрагмента структурного портрета операции перемещения геохода необходимо выделить функциональные устройства и элементы, участвующие в выполнении данной технологической операции, и далее ввести символьное обозначение их конструктивной реализации.

Перемещение геохода в массиве горных пород обеспечивается как минимум тремя функциональными устройствами:

1) внутренним движителем (приводом);
2) внешним движителем;
3) устройством противовращения.

При формировании фрагмента структурного портрета, описывающего операцию перемещения геохода необходимо учитывать:

1) взаимодействие с геосредой;

2) взаимосвязь перемещения геохода с операциями отделения, уборки горной массы и крепления образовавшегося пространства;

3) совокупность функциональных устройств, обеспечивающих возможность перемещения геохода;

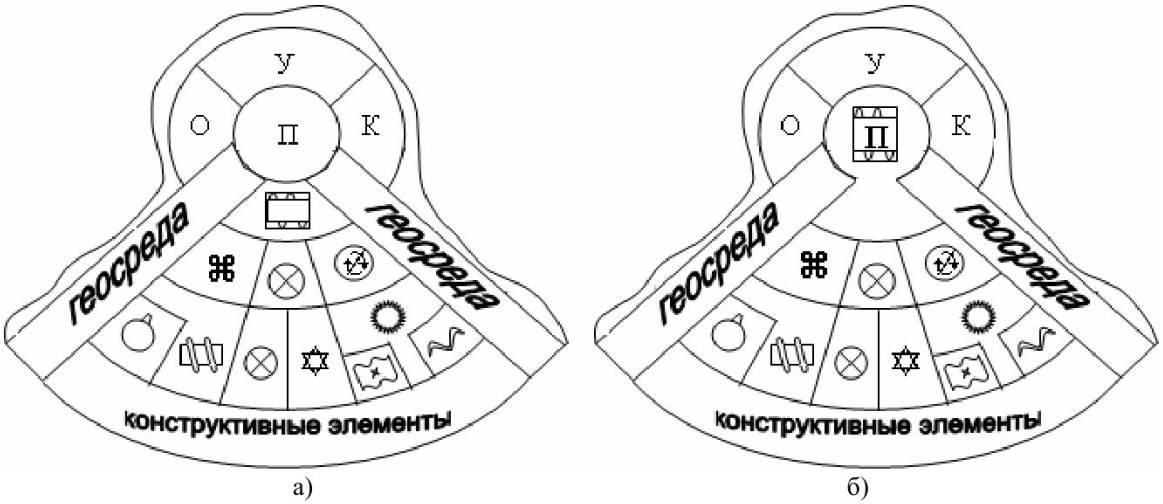
4) структуру технологической операции перемещения;

5) технологические, кинематические и конструктивные связи функциональных устройств и элементов.

Влияние указанных факторов на расположение функциональных устройств технологической операции перемещения в структурном портрете геохода может быть учтено введением системы экспертных оценок. Оценку предлагается осуществить следующим образом:

– фактор является приоритетным (П), так как оказывает непосредственное влияние на расположение функционально-конструктивного элемента в структурном портрете;

– фактор является второстепенным (В), так как оказывает опосредованное влияние на расположение функционально-конструктивного эле-



а) б)

Рис.3. Фрагмент структурного портрета операции перемещения геохода

мента в структурном портрете;

– фактор не влияет на расположение функционально-конструктивного элемента в структурном портрете (Н).

Влияние факторов на расположение каждого из функционально-конструктивного элементов технологической операции перемещения в структурном портрете геохода отражено в табл.1.

Конструктивная связь между функциональными устройствами операции перемещения обусловлена наличием единой конструктивной базы – корпуса геохода. Иных связей, кроме конструктивной между внутренним движителем и устройством противовращения на данном этапе не выявлено. Технологическая и кинематическая связи проявляются между устройством противовращения и внутренним движителем. Технологическую связь можно выявить и между внутренним и внешним движителями, проявляющуюся в создании напорного усилия (активного момента).

Для формирования фрагмента структурного портрета операции перемещения геохода, представим ее как структурную единицу, состоящую из некоторого числа элементов. Иерархичность структуры технологической операции перемещения геохода представлена на рис. 2.

Каждое из функциональных устройств состоит из определенного набора функциональных и конструктивных элементов. Функциональными элементами в данном случае являются узлы и детали, выполняющие функции по обеспечению работы функциональных устройств и других функциональных элементов рассматриваемой системы.

Символьное обозначение функциональных устройств операции перемещения геохода, а также входящих в их структуру функциональных элементов представлено в табл. 2.

При расположении технологической операции перемещения в структурном портрете геохода возникает противоречие. С одной стороны, перемещение геохода в геосреде является базовой технологической операцией, поэтому в структурном портрете она должна занимать центральное место. С другой стороны, операция перемещения по иерархии должна располагаться на одном уровне с операциями отделения, уборки и крепления. Указанное противоречие действительно не только для проведения горных выработок с помощью геоходов, но и для традиционной технологии, поскольку в обоих случаях нужно описывать операцию перемещения в строгом соответствии с иерархией.

Возможны два варианта составления структурного портрета.

Первый вариант. Технологическая операция перемещения, являясь базовой, занимает центральное положение в структурном портрете. Формирование сегмента операции перемещения начинается с определения способа перемещения (гусеничный, колесно-рельсовый, с использованием геосреды и т.д.), обозначаемого символом. Далее на концентрических окружностях располагаются функционально-конструктивные элементы в строгом соответствии с иерархией.

Второй вариант. Технологическая операция перемещения занимает как центральное положение в структурном портрете, так и иерархически определенное место в соответствующем сегменте и носит буквенно-символьное обозначение. Далее сегмент заполняется функционально-конструктивными элементами в строгом соответствии с иерархией.

С учетом введенных обозначений, на рис. 3 представлены два варианта составления структурного портрета геохода. Кроме того, при формировании фрагмента структурного портрета технологической операции перемещения учтено влияние факторов на расположение функциональных устройств и функционально-конструктивных элементов в структурном портрете, в особенности необходимость взаимодействия функциональных устройств и элементов геохода с геосредой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек К.М.* Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. – М.: Недра, 1983.

2 *Горбунов В.Ф., Эллер А.Ф., Скоморохов В.М.* Основы проектирования буровзрывных проходческих систем. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.

3 Винтоповоротные проходческие агрегаты / А.Ф. Эллер, В.Ф. Горбунов, В.В. Аксенов. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1992. – 192 с.

4 *Аксенов В.В., Садовец В.Ю.* Структурная матрица геоходов / «Служение делу». ГУ КузГТУ – Кемерово; 2006, стр. 90-100.

Авторы статьи:

Аксенов
Владимир Валерьевич
- докт. техн. наук, ведущий научный сотрудник ИУУ СО РАН, профессор Юргинского технологического института (филиала) ТПУ
email: v/aksenov@kemsc.ru

Садовец
Владимир Юрьевич
- канд.техн.наук., доцент каф. прикладной механики КузГТУ, доцент Юргинского технологического института (филиала) ТПУ
Тел. 8-(3842)-58-35-70

Резанова
Елена Викторовна
- ст. преп.каф. прикладной механики КузГТУ
Тел. 8-(3842)-58-35-70