

УДК 622.002.5

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

### ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ ПРОТИВОВАРЩЕНИЯ В ГЕОХОДАХ

Проведение горных выработок различного назначения в разнообразных горно-геологических условиях (сыпучих, крепких, обводненных породах) предопределяет необходимость создания гаммы разнообразных по принципиальному и конструктивному строению проходческих систем. Одним из перспективных направлений является совершенствование нового вида горнопроходческой техники – геоходов [1].

Перемещение геоходов в геосреде происходит путем последовательного или одновременного продольно-винтового перемещения секций на забой выработки с помощью винтовой лопасти, которая ввинчиваясь в массив горных пород удерживает геоход в пространстве и обеспечивает направленное движение по трассе выработки.

Возможность перемещения головной секции с винтовой лопастью на забой выработки обеспечивается расположенными по хордам гидродомкратами поворота, цапфы штоков которых закреплены на головной, а цапфы корпусов крепятся к стабилизирующей секции.

При выдвигании штоков, за счет геометрической особенности расположения гидродомкратов, создается мощный вращательный момент, обеспечивающий винтовое движение головной секции геохода на забой выработки.

При этом, являясь внутренним двигателем, гидродомкраты поворота не только начинают вращать головную секцию, но и передают равный по величине момент на стабилизирующую секцию носителя.

Отличный от традиционного горнопроходческого оборудования принцип перемещения геоходов в геосреде обусловил и основную проблему – при проведении шахтных испытаний геохода ЭЛАНГ-3 наблюдался проворот стабилизирующих секций, что затрудняло винтовое движение головной секции геохода на забой выработки [2].

Для обеспечения возможности перемещения геоходов в геосреде необходимо удерживать стабилизирующую секцию от реактивного проворота – в противном случае будет вращаться стабилизирующая, а не головная секция.

Задача удержания стабилизирующей секции от реактивного проворота предопределила необходимость введения в конструкцию геоходов устройства противовращения, функциональным назначением которого являлось восприятие нагрузки от работы силового оборудования, перераспределение его на приконтурный массив горных пород и предотвращение реактивного проворота стабилизирующей секции носителя.

Устройства противовращения впервые были апробированы в экспериментальных образцах геоходов ЭЛАНГ-3 и ЭЛАНГ-4 (рис. 1).

Устройство противовращения трехсекционного геохода ЭЛАНГ-3, предназначенного для проведения горных выработок в слабых и неустойчивых породах ( $f \leq 1$  по шкале проф. М. М. Протодьяконова), представляло собой шесть анкерных лыж 8, смонтированных на промежуточной В и стабилизирующей Г секциях носителя (рис. 2).

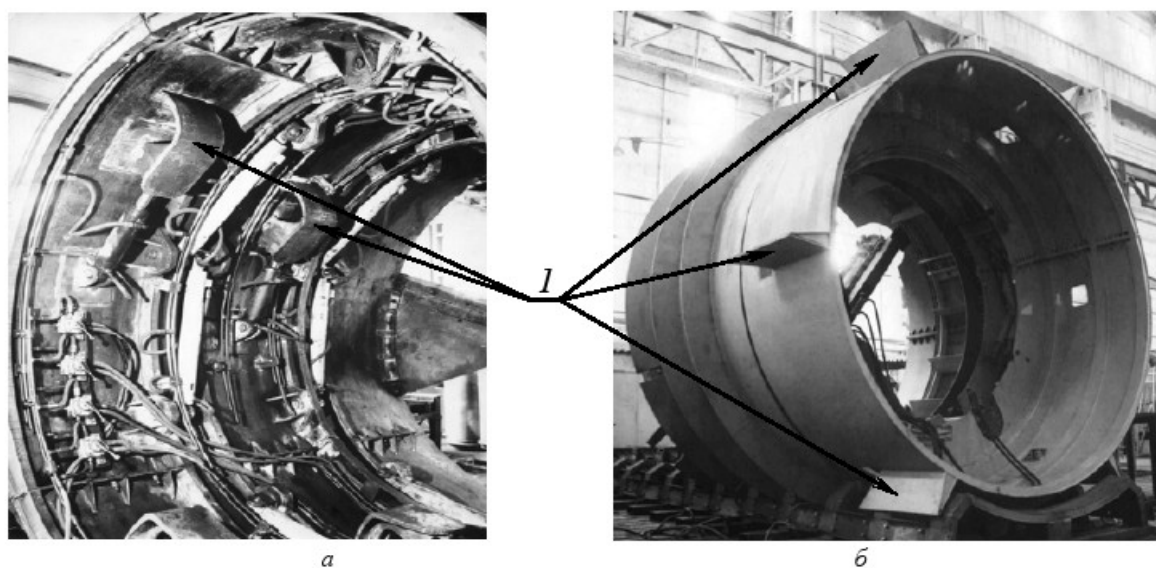


Рис. 1. Устройства противовращения геоходов  
а – геоход ЭЛАНГ-3; б – геоход ЭЛАНГ-4; 1 – устройство противовращения

Конструктивно анкерные лыжи были выполнены в виде изогнутых под значительным углом секторов, шарнирно закрепленных на концевых секциях собственных гидродомкратов перемещения 10 и дополнительно связанных с ними посредством гидроцилиндров управления. Взаимодейст-

межитковое пространство были уложены в один накат бревна, после чего на них был засыпан грунт. В выработке были уложены рельсовые пути [2].

После включения с пульта управления распределителей и выдвижения штоков гидродомкратов

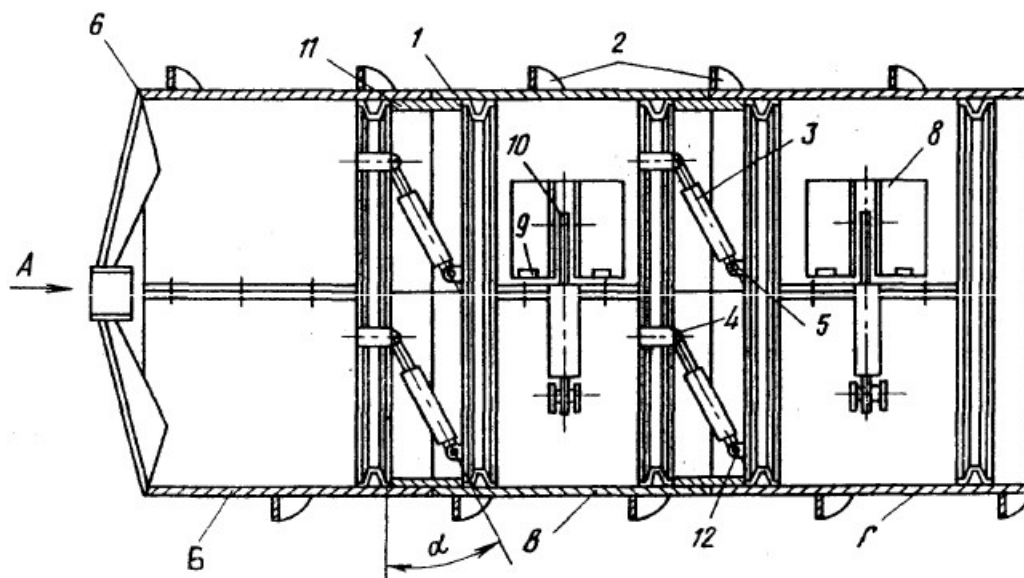


Рис. 2. Принципиальная схема геогода ЭЛАНГ-3

вие устройства противовращения геогода ЭЛАНГ-3 с геосредой осуществлялось за контуром проводимой выработки [3].

При перемещении геогода ЭЛАНГ-3, анкерные лыжи 8, разворачиваясь на шарнирах 9, должны были выдвигаться за контур проводимой выработки и, внедряясь в породу, фиксировать секции В и Г.

Ввиду последовательного режима перемещения секций геогода ЭЛАНГ-3 реактивный момент со стороны перемещаемой секции воспринимался анкерными лыжами сопряженной с ней секции. Работа анкерных лыж 8, смонтированных на секциях В и Г, происходила циклично.

Шахтные испытания геогода ЭЛАНГ-3 проводились на экспериментальном участке бремсберга № 37 шахты «Карагайлинская» ПО «Киселевскуголь» в период с 10 октября по 2 ноября 1984 г. Техническая характеристика геогода ЭЛАНГ-3 приведена в табл. 1 [2].

Одной из задач, обозначенных при проведении шахтных испытаний геогода, была проверка работоспособности устройства противовращения (анкерных лыж).

Геогод ЭЛАНГ-3 был опущен в специально подготовленный в глинистых породах под углом в  $18^\circ$  котлован. Нижняя отметка котлована составляла на момент начала испытаний 2 м от поверхности. Испытания проводились в сухой период, выработка не была обводнена [2].

Начальный участок бремсберга был огражден арками металлокрепей, перекрыт затяжкой и засыпан грунтом. По боковым сторонам геогода в

тов устройства противовращения, анкерные лыжи, развернувшись на шарнирах, зафиксировали промежуточную и стабилизирующую секции геогода. На этом подготовка агрегата к работе была закончена.

Рабочий цикл начинался с поступления рабочей жидкости в ходовые гидродомкраты и продольно-винтового перемещения головной секции геогода на забой выработки. После перемещения на величину, равную шагу передвижки, реверсировалась подача рабочей жидкости в гидродомкраты промежуточной секции геогода и анкерные лыжи втягивались во внутреннее пространство секции. Далее посредством ходовых гидродомкратов промежуточная секция перемещалась к головной до стыковки торцевых поверхностей их оболочек. Винтовое движение реализовалось посредством винтовой лопасти. По окончании цикла передвижки промежуточная секция вновь фиксировалась от проворота анкерными лыжами. Перемещение стабилизирующей секции геогода осуществлялось аналогично.

В общей сложности за период шахтных испытаний геогода ЭЛАНГ-3 было пройдено 9 метров наклонного бремсберга, общее число циклов поворота корпуса геогода составило 83 раза [2].

Согласно протоколу шахтных испытаний, в начальный период работы геогода анкерные лыжи упирались в бревенчатую обкладку, которая сверху была засыпана грунтом. Войдя в наносы, промежуточная и стабилизирующая секции геогода начали нарезать себе индивидуальные винтовые каналы в приконтурном массиве горных пород.

Таблица 1. Техническая характеристика геохода ЭЛАНГ-3

№	Параметр	Ед. изм.	Характеристика
1	Диаметр по винтовой лопасти внутренний	мм.	3400
			2800
2	Количество секций	шт.	3
3	Ширина одной секции	мм.	1230
4	Шаг винтовой лопасти	мм.	600
5	Высота винтовой лопасти	мм.	180
6	Площадь сечения выработки	м <sup>2</sup>	7,2
7	Масса	кг.	10000
8	Длина оболочки щита	мм.	3690
Исполнительный орган			
9	Тип	–	ножевой
10	Число режущих ножей	шт.	4
11	Длина одного ножа	мм.	1300
12	Усилие, приходящееся на метр ножей	кН/м	173
13	Толщина срезаемой стружки	мм.	150
Механизм подачи			
10	Тип	–	гидравлический
11	Количество подающих домкратов	шт.	12
12	Внутренний диаметр	мм.	100
13	Суммарное развиваемое усилие	кН	1920
14	Усилие, приходящееся на м <sup>2</sup> поверхности оболочки головной секции	кН/м <sup>2</sup>	102
15	Ход гидродомкратов подачи	мм.	600
16	Продольная подача секции за цикл вращения	мм.	60
Устройство противовращения			
17	Тип	–	гидравлический
18	Принцип работы	–	радиальное внедрение в приконтурный массив
19	Количество гидродомкратов	шт.	6
20	Диаметр гидродомкратов	мм.	100
21	Ход поршня	мм.	400
22	Суммарное развиваемое усилие	кН	640
Насосная станция			
23	Тип	–	СНУ-5У
24	Максимальное рабочее давление	МПа	20
25	Производительность насоса ВНР32/20 одного двух	дм <sup>3</sup> /с (л./мин.)	0,66 (40)
26	Емкость бака	м <sup>3</sup> (л)	0,75 (750)
27	Общая мощность	кВт	40
Производительность агрегата техническая при ножевом ИО			
28	На одном насосе	м/смену	6,1
29	Объемная	м <sup>3</sup> /смену	43,5

Ввиду того, что винтовая лопасть головной секции геохода уже сформировала винтовой канал с шагом 0,6 м, последующие секции вместо формирования разрушали межвитковый целик. Разрушенная масса просыпалась в нижнюю часть выработки и способствовала «всплыванию» промежуточной и стабилизирующей секций геохода.

Из-за заклинивания секций также существенно увеличилось потребное усилие на их проворот (за период шахтных испытаний произошло семь поломок узлов крепления ходовых гидродомкратов) [2].

На анкерные лыжи были наварены планки с целью изменения характера их внедрения в приконтурный массив горных пород, максимального

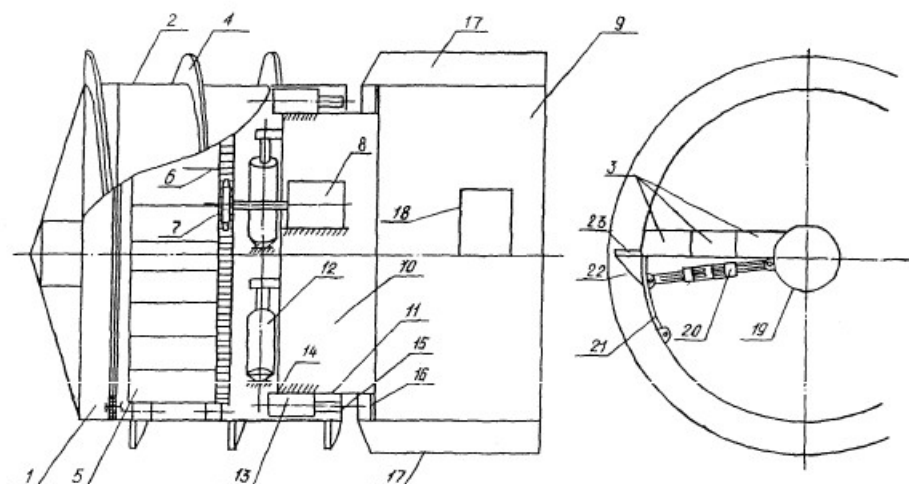


Рис. 3. Принципиальная схема геогода ЭЛАНГ-4

уплотнения грунта под планкой и реализации тем самым условия самостопорения. Кроме того, на стабилизирующую секцию были наварены дополнительные упоры, обратные концы которых упирались специальной пятой в почву выработки [2].

Измененная конструкция устройства противовращения геогода ЭЛАНГ-3 в некоторой степени уменьшила разрушение межвиткового целика и обеспечила уплотнение грунта под анкерными лыжами, однако достаточной удерживающей способности устройства противовращения геогода обеспечить не удалось и секции продолжали «всплывать». Для улучшения условий работы агрегата уложенные в нижней части выработки рельсы захватывали малой тягалкой и приподнимали [2].

Подтвердив в ходе шахтных испытаний принципиальную возможность и перспективность перемещения геогодов без упора в ранее установленную крепь или обделку выработки, а также возможность расширения области их применения на крутонаклонные и вертикальные горные выработки, вопрос о надежном удержании стабилизирующих секций от реактивного проворота остался не решенным.

Ввиду принципиальной новизны идеи перемещения геогодов в геосреде, во втором экспериментальном образце геогода ЭЛАНГ-4 было реализовано иное техническое решение устройства противовращения – в виде стрингеров.

Принципиальным отличием двухсекционного геогода ЭЛАНГ-4 от трехсекционного ЭЛАНГ-3 являлась возможность реализации совмещенного во времени режима перемещения секций (рис. 3).

Стрингеры 17 представляли собой снабженные ножевой кромкой устройства, средние плоскости которых были ориентированы параллельно образующим цилиндрической оболочки стабилизирующей секции 9 геогода. Внутри для обеспечения жесткости были предусмотрены проставки

[4].

При приложении к головной секции геогода ЭЛАНГ-4 момента движущих сил, создаваемого гидродомкратами поворота, стрингеры 17 должны были воспринимать реактивную нагрузку от работы силового оборудования и перераспределять ее на приконтурный массив горных пород, предотвращая тем самым проворот стабилизирующей секции носителя.

При подтягивании стабилизирующей секции геогода к головной, стрингеры 17, преодолевая усилия сопротивления внедрению, должны были формировать продольные каналы за контуром проводимой выработки [2, 4].

Однако, в экспериментальном образце геогода ЭЛАНГ-4 изначально было заложено противоречие: исполнительный орган, выполненный в виде барабана с резцами, предназначался для разрушения пород крепостью  $f \leq 4-6$  (по шкале проф. М. М. Протодьяконова), а устройство противовращения (стрингеры) способны были разрушать при внедрении породу крепостью  $f \leq 1$ . Предусмотренные в конструкции окна, предназначенные для возможно активного разрушения пород большей крепости, проблемы не решали.

Промышленные испытания геогода ЭЛАНГ-4 проводились в цехе № 1 АП ЭЛСИБ (г. Новосибирск) в 1994 г. Техническая характеристика геогода приведена в табл. 2.

Агрегат был установлен на испытательном стенде, представляющем собой видоизмененную конструкцию стартового устройства. Имитация горно-геологических условий проведения горной выработки была осуществлена перетяжкой корпуса геогода канатами [2].

В ходе испытаний геогода ЭЛАНГ-4 головная секция с винтовой лопастью на наружной поверхности перемещалась в ложе испытательного стенда плавно, но с небольшим кратковременным заеданием. За один цикл срабатывания гидродом-

Таблица 2. Техническая характеристика геолода ЭЛАНГ-4

№	Параметр	Ед. изм.	Характеристика
1	Диаметр по винтовой лопасти по образующей секции	мм.	4200
			3700
2	Количество секций	шт.	2
3	Шаг винтовой лопасти	мм.	615
4	Высота винтовой лопасти	мм.	250
5	Площадь сечения выработки	м <sup>2</sup>	11
6	Масса (без устройства запуска)	кг.	15000
7	Длина секций: головной стабилизирующей	мм.	1750
			1230
Исполнительный орган			
8	Тип	–	барабанный
9	Количество барабанов	шт.	2
10	Скорость вращения	об/мин.	8
11	Толщина разрабатываемого уступа	мм.	307
12	Диаметр барабана	мм.	540
13	Привод барабана	–	гидромотор ВЛГ-400А
Устройство противовращения			
14	Тип	–	стабилизаторы с проставками
15	Принцип работы	–	продольное внедрение в приконтурный массив
16	Количество стабилизаторов	шт.	6
Привод перемещения головной секции			
17	Тип	–	гидравлический
18	Количество гидродомкратов	шт.	6
19	Внутренний диаметр	мм.	125
20	Суммарный крутящий момент при номинальном давлении (20 МПа)	МНм	3500
21	Рабочий ход	мм.	480
Привод перемещения стабилизирующей секции			
22	Тип	–	гидравлический
23	Количество гидродомкратов	шт.	15
24	Внутренний диаметр	мм.	60
25	Рабочий ход	мм.	30
26	Суммарное осевое усилие на стабилизирующей секции при 20 МПа	МН	85
Насосная станция			
27	Тип	–	СНУ-5 (СНТ-32)
28	Максимальное рабочее давление	МПа	10,0-20,0
29	Подача насосов	л./мин	80-90
30	Емкость бака	м <sup>3</sup> (л)	0,75
31	Установленная мощность	кВт	55

кратов винтовое перемещение головной секции составляло 550 мм, продольное – 30 мм. Стабилизирующая секция подтягивалась к головной плавно, без перекосов; гидродомкраты перемещения срабатывали штатно.

За период испытаний головная секция совершила 12 оборотов вокруг продольной оси геолода; общее осевое перемещение составило более 7 метров [2].

В соответствии с протоколом промышленных испытаний доказано, что геолоды не имеют аналогов среди изделий горного машиностроения. По принципу перемещения и наличию оригинальных функционально-конструктивных устройств и элементов, геолоды были идентифицированы как новый вид горнопроходческой техники [2].

Однако, работоспособность устройства противовращения (стрингеров) в ходе промышленных

испытаний геохода ЭЛАНГ-4 не исследовалась.

Необходимо отметить, что устройства противовращения изначально предназначены для восприятия и перераспределения на приконтурный массив горных пород значительной по величине нагрузки от работы силового оборудования и напрямую определяют работоспособность геоходов,

реализуя силовое замыкание на приконтурный массив горных пород и обеспечивая возможность перемещения головной секции на забой выработки.

Отсутствие обоснованных технических решений устройств противовращения сдерживает создание новых образцов геоходов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, В. В. Геовинчестерная технология и геоходы – наукоемкий и инновационный подход к освоению недр и формированию подземного пространства / В. В. Аксенов, А. Б. Ефременков // Уголь. – М., 2009. – № 2. – С. 26-29.
2. Аксенов, В. В. Научные основы геовинчестерной технологии проведения горных выработок и создания винтоповоротных агрегатов. Дисс. ... докт. техн. наук. – Кемерово: ИУУ СО РАН, 2004. – 320 с.
3. А. с. 1229354, СССР, МКИ<sup>2</sup> E21D 9/06. Проходческий щитовой агрегат / ИГД СО АН СССР; В. Ф. Горбунов [и др.]. – Оpubл. в Б. И., 1986. – № 17.
4. А. с. 1647144, СССР, МКИ<sup>2</sup> E21D 9/06. Проходческий щитовой агрегат / В. Ф. Горбунов [и др.]. – Оpubл. в Б. И., 1991. – № 17.

□ Авторы статьи:

Аксенов  
Владимир Валерьевич  
- докт. техн. наук,  
в. н. с. ИУУ СО РАН,  
профессор ЮТИ ТПУ  
т. 8-908-953-55-22  
[v.aksenov@icc.kemsc.ru](mailto:v.aksenov@icc.kemsc.ru)

Ефременков  
Андрей Борисович  
- канд. техн. наук, доцент,  
директор ЮТИ ТПУ  
т. 8-(384-51)-6-26-83  
[vtitpu@tpu.ru](mailto:vtitpu@tpu.ru)

Резанова  
Елена Викторовна  
- асс. каф. ГШО ЮТИ ТПУ  
т. 8-904-572-60-76  
[elen-rezanova@yandex.ru](mailto:elen-rezanova@yandex.ru)

УДК 622.002.5

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

## ОБОСНОВАНИЕ НАГРУЗКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРЫЛА УСТРОЙСТВА ПРОТИВОВАЩЕНИЯ ГЕОХОДА С ГЕОСРЕДОЙ

При движении геоходов в геосреде реализуется принципиально новая идея – вовлечение приконтурного массива горных пород в процесс перемещения проходческого оборудования [1].

Продольно-винтовой принцип перемещения и использование в качестве замыкающего силового звена приконтурного массива горных пород обусловили необходимость введения в конструкцию геоходов оригинального функционально-конструктивного устройства – устройства противовращения.

Устройство противовращения (УПВ) геоходов предназначено для восприятия реактивного момента от работы силового оборудования, перераспределения его на приконтурный массив горных пород и предотвращения реактивного проворота стабилизирующей секции носителя.

При проведении горных выработок с помощью геоходов происходит перераспределение напряжений в приконтурном массиве горных пород.

Геометрические параметры УПВ геоходов и продольных законтурных каналов определяются в первую очередь параметрами поверхности их взаимодействия (рис 1).

Для исследования НДС приконтурного массива горных пород при силовом воздействии на него крыльев УПВ геохода необходимо обосновать характер нагрузки, действующей на поверхности их взаимодействия (рис. 2, 3).

Допуская, что реактивный момент равномерно перераспределяется между крыльями УПВ геохода, определим величину нормальной составляющей  $P_K$  на крыло УПВ

$$P_K = M_P / n \cdot (r_{CT} + 0,5 \cdot h_K).$$

При перераспределении нагрузки от крыла УПВ геохода на поверхность его взаимодействия с геосредой ПВ нормальная составляющая от реактивного момента  $P_K$  раскладывается на составляющие: