

Дубов Георгий Михайлович¹, кандидат техн. наук, доцент, Данилов Михаил Сергеевич², научный сотрудник, Трухманов Дмитрий Сергеевич^{1,3}, ст. преп., инженер-конструктор I категории

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

²Научно-исследовательский центр ООО «Сибирское НПО», 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1

³ООО «Перспективные технологии», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Шахтерская, 2

E-mail: nikokem@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ТРАНСМИССИИ ГЕОХОДА С ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

Аннотация: В статье рассматривается состояние вопроса по темпам освоения подземного пространства в России. Проводится анализ недостатков имеющегося проходческого оборудования. Отмечается, что перспективным способом проведения горных выработок является геовинчестерная технология, базовым функциональным элементом которой является геоход. Утверждается, что одной из ключевых систем геохода, определяющей его работоспособность, является трансмиссия. Отмечается, что реализованная в настоящее время в опытном образце геохода трансмиссия с гидроцилиндрами имеет как свои достоинства, так и недостатки, которые сдерживают работы по созданию геоходов нового поколения, ведущиеся в настоящее время. Дается краткая характеристика, а также рассматриваются преимущества и недостатки наиболее известных типов зубчатых передач. Рассматривается новый тип зубчатого зацепления – эксцентриково-циклоидальное зацепление. Приводится алгоритм проведения исследований, направленных на обоснование параметров трансмиссии геохода с зубчатой передачей.

Ключевые слова: геоход; геовинчестерная технология; горные выработки; трансмиссия; подземное пространство; проходческое оборудование; зубчатые передачи; эксцентриково-циклоидальное зацепление.

Информация о статье: принята 05 августа 2018 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-4-19-26

Формирование подземного пространства, связанное с добычей полезных ископаемых и строительством подземных сооружений различного назначения, ведется на протяжении многих веков. В натуральном выражении темпы роста строительства подземных выработок в России составляют от 9 до 27%. Доля подземного строительства в общем объеме строительных работ находится на уровне 20-25%. В рамках развития строительства подземных линий метро в ближайшие 15 лет планируется проложить около 160 км. В настоящее время разрабатывается проект реконструкции подводного тоннеля под рекой Амур в Хабаровские, протяженностью около 7 км.

В качестве примера в таблице 1 приведены данные по анализу и прогнозу основного объема рынка строительства подземных сооружений в России, млрд. руб. (на основе данных Агентства «Mega Research»).

В программе развития угольной промышленности России планируется увеличение добычи угля до 500 млн. т. в год к 2030 г. [2]. Достижения указанных объемов возможно только при освоении новых месторождений Сибири и Дальнего Востока, что приведет к формированию значительной потребно-

сти в мобильной и высокопроизводительной горно-проходческой технике.

Проведение вышеуказанных выработок осуществлялось и планируется осуществлять проходческими щитами и комбайнами. Однако в данных видах оборудования напорные и тяговые усилия развиваются в основном за счет массы, а в их основе по-прежнему лежат схемные и конструктивные решения, разработанные еще в середине прошлого века. Поэтому повышение их производительности достигается преимущественно за счет увеличения мощности и металлоемкости (например, масса проходческого комбайна JOY 12NM36 составляет 120 тонн, а некоторых проходческих щитов – существенно больше). Это приводит лишь к усугублению существенных недостатков указанных проходческих агрегатов:

- низкая маневренность;
- ограниченность применения по углам наклона проводимой выработки (в случае наклонных и вертикальных выработок – возникает необходимость применения специальных наборов горнопроходческого оборудования);
- относительно низкие скорости проходки;

Таблица 1. Анализ и прогноз основного объема рынка строительства подземных сооружений в России, млрд. руб.

Table 1. Analysis and forecast of the volume of the Russian underground construction market, bln. rub.

Объекты подземного строительства	2012г.	2014 г.	2016 г.	Прогноз на 2018 г.	Прогноз на 2020 г.
Тоннели метрополитена	210,0	364,0	428,0	600,0	1000,0
Угольные шахты	246,3	266,5	274,0	300,0	305,0
Рудники твердых пород (включая калийные соли)	335,1	362,6	373,0	400,0	415,0
Всего	791,4	993,1	1075,0	1300,0	1720,0

- невозможность полностью обеспечить безопасность в призабойной зоне;
- невозможность адаптации в целях агрегирования [3].

Данные недостатки, в совокупности с задачами, продиктованными дальнейшим увеличением объемов горных выработок, повышением скорости проходки, производительности труда, уровня безопасности, а также снижением себестоимости работ, делают применение традиционного проходческого оборудования нерациональным.

Альтернативным способом проведения горизонтальных и наклонных горных выработок является геовинчестерная технология (ГВТ) – процесс механизированного строительства подземных выработок с вовлечением приконтурного массива горных пород (геосреды), за счет формирования системы законтурных каналов. Основное назначение данной технологии: строительство подземных выработок различного пространственного расположения;

- сооружение подземных транспортных магистралей (метрополитена, железнодорожного транспорта и автотранспорта);
- сооружение подземных хранилищ различного назначения;
- подземная прокладка трубопроводов [3];
- проведение аварийно-спасательных работ

при устранении последствий в чрезвычайных ситуациях техногенных катастроф на горнодобывающих предприятиях [4].

Базовым функциональным элементом геовинчестерной технологии является геоход (см. рис. 1) [3]. В основу строительства подземных выработок с использованием геоходов заложен процесс движения твердого тела (проходческого оборудования) в геосреде [4-12]. В настоящее время ведутся работы по созданию нового поколения геоходов [13-24].

Одной из ключевых систем геохода, определяющей его работоспособность, является трансмиссия. Так как для движения геохода, как и любого движущегося агрегата, необходим механизм, осуществляющий преобразование энергии от силовой установки и передающий требуемое усилие на внешний движитель, то именно трансмиссией геохода определяются предельные значения развиваемого вращающего момента и скорость движения в геосреде.

Ранее, в опытном образце геохода (рис. 1) была реализована трансмиссия с гидроцилиндрами, расположенными по хордам и работающими в противофазе [22]. Для достижения равномерности движения, гидроцилиндры работают попеременно – когда штоки гидроцилиндров одной группы выдвигаются, штоки другой группы совершают обратный ход. Одна из компоновочных схем, реализующая описанный принцип работы, представлена на рис. 2 (в опытном образце была реализована аналогичная схема, но с группировкой гидроцилиндров в двух плоскостях).

Очевидные достоинства данного решения [6, 22]:

- возможность развивать высокие вращающие моменты;
- возможность непрерывного движения геохода;
- обеспечения необходимого свободного пространства внутри геохода;
- снижение массогабаритных характеристик;
- удобство управления.

Однако, несмотря на перечисленные достоинства трансмиссии геохода с гидроцилиндрами, в ней также имеется ряд существенных недостатков, главные из которых [6, 22]:



Рис. 1. Опытный образец геохода диаметром 3,2 м

Fig. 1. Experimental sample of geokhod with a diameter of 3.2 m

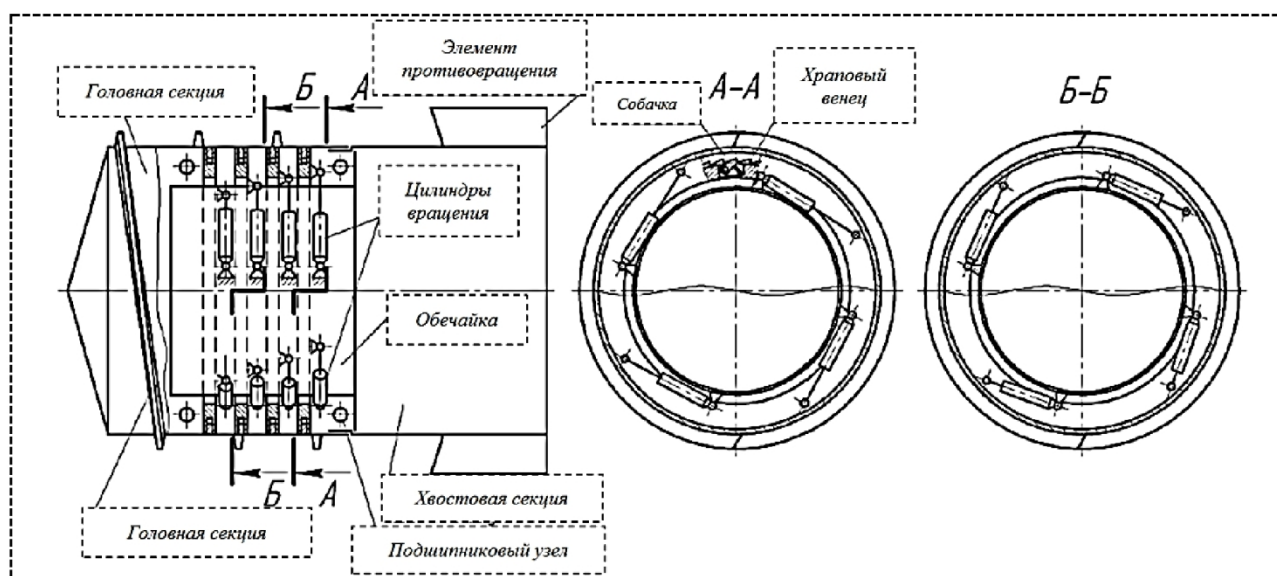


Рис. 2. Компонентная схема с разными фазами выдвижения гидроцилиндров, сгруппированных в четырех плоскостях [22]

Fig. 2. Layout scheme with different phases of extension of hydraulic cylinders, grouped in four planes [22]

- высокие требования к точности изготовления и сложности монтажа и ремонта в стесненных условиях призабойной зоны при строительстве подземных выработок;
- сложность достижения непрерывного движения геохода;
- сложность синхронизации гидроцилиндров из-за особенностей гидравлических систем;
- при непрерывном вращении в формировании крутящего момента участвует только часть гидроцилиндров;
- сложность организации реверсивного движения геохода;
- закрутка рукавов высокого давления в процессе вращения головной секции.

Авторами в работах [23-24] утверждается, что при выборе типа трансмиссии для применения в геоходах нового поколения, трансмиссию с гидроцилиндрами нельзя признать наиболее подходящим вариантом, в частности, из-за перечисленных недостатков. В свою очередь, это создает предпосылки к проведению дальнейших исследований в данной области и детального рассмотрения параметров трансмиссий других типов. Также, в работах [23-24] отмечается, что одним из способов решения обозначенных проблем может стать создание трансмиссии геохода на зубчатой передаче. В частности, при применении зубчатой передачи, отсутствуют проблемы, связанные со сложностью реализации непрерывности движения геохода и его реверса; появляется возможность снизить точность изготовления отдельных узлов, упростив тем самым технологические процессы производства и монтажа и становятся неактуальными специфические проблемы, характерные для гидравлического оборудования, такие как закрутка рукавов высокого давления в процессе вращения головной секции.

Самой распространенной является зубчатая передача с эвольвентным зацеплением, идею которого впервые сформулировал Л. Эйлер в 1760 г.: про-

филь зуба первого колеса представляет собой дугу эвольвенты (кривой, нормаль в каждой точке которой является касательной к исходной кривой) окружности; профиль зуба второго колеса – также эвольвента, подобная первой, а отношение подобия совпадает с отношением радиусов колёс. В процессе работы профили зубьев скользят друг по другу, точка контакта перемещается по общей касательной базовых окружностей колёс.

Эвольвентные передачи показывают отличные эксплуатационные свойства, а также допускают изменение межосевого расстояния в определенных пределах, при сохранении передаточного отношения. Однако, данному виду зацепления присущи и недостатки, связанные, в первую очередь, с относительно невысокой несущей способностью, определяемой размерами зубьев, высокими потерями, связанными с наличием трения скольжения, а также ограничением по величине передаточного отношения в одной ступени - на практике оно редко бывает больше 7.

Наиболее известные среди видов зубчатых зацеплений, обладающих рядом преимуществ перед эвольвентным, являются циклоидально-цевочное зацепление [25] и зацепление Новикова – Вильбахера [25-26]. Новизна идеи, положенной основу данных зацеплений, заключается в использовании поверхностного касания зубьев вместо линейного. Кривизна профилей зубьев не подчиняется соотношению [27] Эйлера-Савари, что позволяет проектировать профили с малой разностью кривизны.

Однако, эти зацепления не нашли широкого применения, т.к. имея более высокую нагрузочную способность и повышенный КПД, они уступают эвольвентному, в частности, по технологичности и обладают повышенной вибroadиактивностью. Поскольку, они гораздо более чувствительны к изменению межосевого расстояния, и для них требуется более высокая точность изготовления [27].

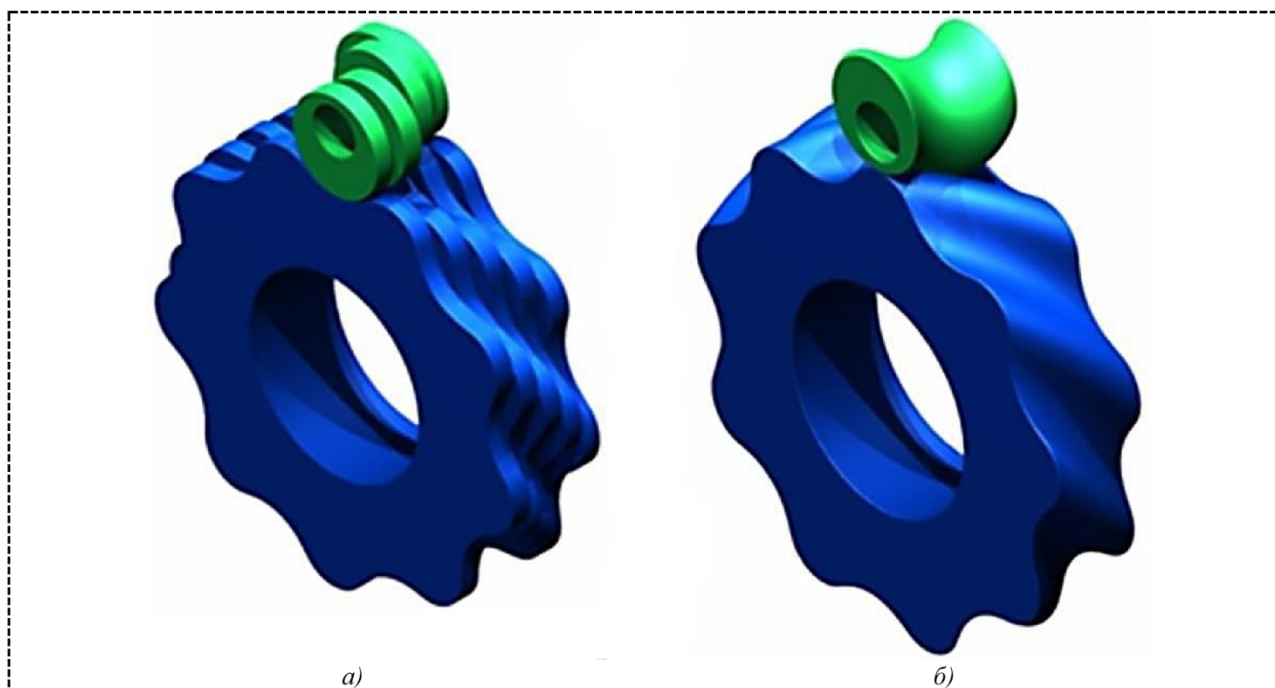


Рис. 3 ЭЦ-зацепление [28]:
а) с составными венцами; б) с криволинейными винтовыми зубьями.

Fig. 3. EC-gearing [28]:
a) with compound crowns; б) with curved helical gear.

Еще один альтернативный эвольвентному вид зацепления – эксцентриково-циклоидальное (ЭЦ) зацепление. Зуб ведущего колеса ЭЦ-зацепления в торцевом сечении представляет собой эксцентрично смещенную относительно оси вращения колеса окружность, а зубы ведомого колеса имеют профиль в виде циклоидальной кривой. Благодаря такой конструкции, обеспечивается широкий диапазон передаточных отношений, при минимальной массе редуктора, т.к. зубья в ЭЦ-зацеплении работают на смятие [26, 28-29], а не на изгиб, как в эвольвентном. Удельное давление уменьшается, за счет увеличения пятна контакта зуба, и тем самым увеличивается несущую способность зубьев [26, 28-29]. Постоянный контакт колес в зацеплении – позволяет избавиться от шума и вибрации. Зацепление может быть реализовано как в виде непрерывных винтовых эксцентрика и сопрягаемого с ним циклоидального колеса, так и с помощью составных колёс, образованных повернутыми относительно друг друга прямозубыми венцами (см. рис. 3).

В рамках аванпроекта Фонда Перспективных Исследований в ФГУП «Крыловский государственный научный центр» (г. Санкт-Петербург) были проведены сравнительные испытания с тестовым редуктором 5Ц2-125-12,5 с эвольвентным зацеплением производства АО «ЗАРЕМ» [28]. В ходе испытаний было выявлено, что КПД в ЭЦ-редукторе на 2% выше, а предельный момент на слом больше на 25% [28]. Однако, некоторыми авторами [30] отмечается отсутствие достоверных сведений по ряду из заявленных разработчиками характеристик ЭЦ-зацепления.

Отсутствие научно и технически обоснованных решений трансмиссии геохода с зубчатой переда-

чей и методик определения ее параметров сдерживает работы по созданию геоходов нового поколения, ведущиеся в настоящее время. Поэтому исследования, направленные на обоснование параметров трансмиссии геоходов с зубчатой передачей, являются актуальными.

При этом, в ходе выполнения данных исследований, нужно решить следующие задачи:

- разработать требования к трансмиссии геоходов нового поколения;
- создать конструктивные и схемные решения трансмиссий геохода на базе зубчатых передач различных типов;
- разработать методики расчета параметров трансмиссий геохода на базе зубчатых передач различных типов;
- определить влияние внешних факторов на параметры трансмиссии;
- определить граничные условия применения видов трансмиссий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркетинговое исследование рынка проходческих щитов и оценка объемов работ по строительству подземных выработок (сооружений) в России, 2012 – 2015 гг. / Megaresearch. – Москва, 2014. – 86 с.
2. Дубов, Г.М. Сравнительный анализ оснащенности угольных предприятий горношахтным оборудованием отечественного и импортного производства [Текст] / Г.М. Дубов // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении (ТЭК-2017): сборник трудов международной науч.-практ. конф. 18-21 апреля 2017 года /

под ред. А.Н. Смирнова. – Кемерово: КузГТУ, 2017. – С. 45 – 50.

3. Аксенов, В.В. Геовинчестерная технология и геоходы – инновационный подход к освоению подземного пространства / В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков // «Эксперт-Техника». – 2008. - №1. – С. 18 – 22.

4. Аксенов, В.В. К вопросу о создании новой технологии аварийно-спасательных выработок при ликвидации техногенных катастроф / В.В. Аксенов, В.Ю. Тимофеев, А.В. Сапожкова, В.Ф. Горбунов // Горный информационный аналитический бюллетень. Промышленная безопасность и охрана труда на предприятиях топливно-энергетического комплекса / Москва: МГТУ, 2011 – ОВ №9. – С. 60-68.

5. Садовец, В.Ю. Ножевые исполнительные органы геоходов: монография [Текст] / В.Ю. Садовец, В.В. Аксенов. Кузбасский государственный технический университет. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2011. – 141 с.

6. Ефременков, А.Б. Разработка научных основ создания систем геохода: дис. док. техн. наук. – Кемерово: КузГТУ, 2016. – 314 с.

7. Бегляков, В.Ю. Поверхность забоя при проходке горной выработки геоходом: монография [Текст] / В.Ю. Бегляков, В.В. Аксенов. Юргинский технологический институт. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2012. – 139 с.

8. Аксенов, В.В. Проблемы создания нового инструментария для формирования подземного пространства / В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал) / Москва: ООО «Горная книга», 2010. – т. 3. - №12. – С. 101-118.

9. Аксенов, В.В. Разработка математической модели взаимодействия геохода с геосредой / В.В. Аксенов, Хорешок А.А., А.Б. Ефременков, В.Ю. Тимофеев // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал) / Москва: ООО «Горная книга», 2011. - №2. – С. 79-91.

10. Аксенов, В.В. Геовинчестерная технология и геоходы - инновационный подход к освоению подземного пространства / В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков // Известия высших учебных заведений. Горный журнал / Екатеринбург: УГТУ, 2008. – С. 19-28.

11. Аксенов, В.В. Оценка возможности использования в трансмиссии геохода механических передач / В.В. Аксенов, М.Ю. Блащук, В.Ю. Тимофеев // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал) / Москва: ООО «Горная книга», 2012. - №12. – С. 69-74.

12. Аксенов, В.В. Освоение недр и формирование подземного пространства требует создания нового инструментария / В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков // Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых / под общей ред. В.Н. Фрянова, Новокузнецк, 2008. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – С. 35-47.

13. Аксенов, В.В. Геоход: задачи, характеристики, перспективы / В.В. Аксенов, В.Ю. Бегляков, М.Ю. Блащук, А.Б. Ефременков, А.А. Казанцев,

А.А. Хорешок, А.В. Вальтер // Горное оборудование и электромеханика / Москва: Изд-во «Новые технологии», 2016. - №8(126). – С. 3-8.

14. Аксенов, В.В. Общая структура и требования к системе управления геоходом / В.В. Аксенов, И.В. Чичерин // Вестник КузГТУ. – 2017. - №6 (124). – С. 41-47.

15. Аксенов, В.В. Определение силовых параметров ножевого исполнительного органа геохода для разрушения пород малой крепости / В.В. Аксенов, В.Ю. Садовец, Д.А. Пашков // Вестник КузГТУ. – 2017. - №3 (121). – С. 116-126.

16. Бегляков, В.Ю. Разработка законтурной опорно-двигательной системы геоходов / В.Ю. Бегляков, В.В. Аксенов, А.А. Казанцев, И.А. Костинiec // Вестник КузГТУ. – 2017. - №6 (124). – С. 175-181.

17. Коперчук, А.В. Выбор схемного решения стартового устройства геохода / А.В. Коперчук, В.Ю. Бегляков // Горное оборудование и электромеханика / Москва: Изд-во «Новые технологии», 2016. - №8(126). – С. 15-18.

18. Дронов, А.А. Формирование требований к узлу сопряжения секций геохода / А.А. Дронов, М.Ю. Блащук, В.Ю. Тимофеев // Горное оборудование и электромеханика / Москва: Изд-во «Новые технологии», 2016. - №8(126). – С. 39-42.

19. Коперчук, А.В. Варианты стартовых систем геохода / А.В. Коперчук, В.В. Ворошилов / Перспективы инновационного развития угольных регионов России: сб. трудов V Международной науч.-практ. конф. / ответственные редакторы Пудов Е.Ю., Клаус О.А., Прокопьевск, 2016. – Прокопьевск: Филиал КузГТУ в г. Прокопьевске. - С. 130-132.

20. Коперчук, А.В. Обоснование необходимости разработки стартового устройства геохода / А.В. Коперчук, А.А. Казанцев, В.Ю. Бегляков, В.В. Филонов // Технологии и материалы / Юрга: ООО «НПО Сварочное производство», 2015. – №1. – С. 29-30.

21. Садовец, В.Ю. Обоснование необходимости создания барового исполнительного органа геохода для разрушения пород крепостью до 1 по шкале профессора Протодеяконова / В.Ю. Садовец, Д.А. Пашков // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сб. материалов Международной науч.-практ. конф. КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 2017. – Кемерово: КузГТУ. – С. 381-385.

22. Блащук, М.Ю. Гидравлические трансмиссии геоходов: монография / М.Ю. Блащук, В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 123 с.

23. Аксенов, В.В. Обоснование потребности проведения научных исследований в области модернизации трансмиссии геохода / В.В. Аксенов, Г.М. Дубов, Д.С. Трухманов, В.Е. Ашихмин, А.А. Чегошев // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: Сборник трудов VI Международной научно-практической конферен-

ции. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2018. – С. 298-302.

24. Аксёнов, В.В. Обоснование потребности в разработке конструкции стенда для испытаний зубчатых передач, используемых в трансмиссиях горнопроходческой техники / В.В. Аксёнов, Г.М. Дубов, Д.С. Трухманов, В.Е. Ашихмин, А.А. Чегошев // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2018. – С. 303-305.

25. Тупицын, А.А. Альтернативный вид зубчатого зацепления / А.А. Тупицын, А.А. Ревенский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование / Иркутск: ФГБОУ ВПО ИРГУПС. – 2010. – №4. – С. 84-91.

26. Становской, В.В. Эксцентриково-циклоидальное зацепление зубчатых колес и механизмы на его основе / В.В. Становской, С.М. Казакивичюс, Т.А. Ремнева, В.М. Кузнецов // Теория и практика зубчатых передач и редуктостроения : сб. докл. научно-тех. конф. / ИжГТУ. – Ижевск, 2008. – С. 148–152.

27. Литвин Ф.Л. Цилиндрические винтовые колеса с новой геометрией, обеспечивающей повышенную нагрузочную способность / Ф.Л. Литвин, В.В. Шульц // Сб. Теории передач в машинах – М.: Машиностроение, 1961. – 310 с.

28. Технология Маркет [Электронный ресурс] / ЗАО «Технология маркет». – Сайт компании. – Томск, 2018. – Режим доступа: <http://www.ec-gearing.ru/index.php>

29. Пат. 2416748. Российская Федерация. Эксцентриково-циклоидальное зацепление зубчатых профилей (варианты) / Становской В.В., Казакивичюс С.М., Ремнева Т.А., Кузнецов В.М., Становской А.В.; заявитель и правообладатель Становской В.В. - № 2010103286/11; заявл. 01.02.2010; бюл. № 11, 2011.

30. Леонтьев, М.Ю. Обзор достоинств и недостатков эксцентриково-циклоидального зацепления [Текст] / М.Ю. Леонтьев, В.А. Раевский, А.Е. Смоловик // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 7-5. С. 54 – 57.

Georgiy M. Dubov¹, C. Sc. (Engineering), Associate professor, **Mikhail S. Danilov**², Research associate **Dmitriy S. Trukhmanov**^{1,3}, Senior Lecturer, Design Engineer

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 Vesennyya str., Kemerovo, 650000, Russia

²Scientific and research center LLC Siberian Research and Production Association, 1 Sosnoviy bul., Kemerovo, 650002, Russia

³LLC Promising technologies, 2 Shahterskaya str., Kemerovo, 650000, Russia

JUSTIFICATION OF THE NEED FOR CREATION OF THE GEOKHOD'S TRANSMISSION WITH GEAR TRAIN

Abstract: The article studies the state of the issue of the pace of underground space development in Russia. The analysis of the shortcomings of the existing tunneling equipment is carried out. It is noted that a promising method for driving mine workings is geovinchester technology, the basic functional element of which is the geokhod. It is claimed that one of the key systems of the geodetic, which determines its efficiency, is transmission. It is noted that the transmission with hydrocylinders realized at present in the experimental model of the geoelectric trailer has both its advantages and disadvantages, which hamper the ongoing work on the creation of new generation geokhods. The necessity of creation of the geokhod's transmission with gear train is substantiated. A brief description of the most known types of gear trains is given with a review of its advantages and disadvantages. A new type of gearing is considered - eccentric-cycloidal engagement.

Keywords: geokhod; geovinchester technology; mine workings; transmission; underground space; tunneling equipment; gear train; eccentric-cycloidal engagement.

Article info: received August 05, 2018

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-4-19-26

REFERENCES

1. Market research shields and volume estimation of works on construction of underground excavations (construction) in Russia, 2012 – 2015 / Megaresearch. - Moscow, 2014. - 86 pp.

2. Dubov G. M. Comparative analysis of equipment of coal enterprises with mining equipment of domestic and import production [Text] / G. M. Dubov //

Innovations in the fuel and energy complex and mechanical engineering (TEK-2017): collection of the works of the international scientific journal.- pract. conf. 18-21 Apr 2017 / ed. Smirnov A/N. – Kemerovo: KuzGTU, 2017. – pp 45 - 50.

3. Aksenov, V. V. Geovinchester technology and geokhods as an innovative approach to the development of underground space / V. V. Aksenov, A. B.

Efremenkov // "Expert Technique". - 2008. - No. 1. - pp 18 – 22.

4. Aksenov, V. V. To the question of creation of new technologies of rescue works while removing technogenic catastrophes / V. V. Aksenov, V. Y. Timofeev, A. V., Sapozhnikova, V. F. Gorbunov // Mining information and analytical Bulletin. Industrial safety and labor protection at the enterprises of fuel and energy complex / Moscow: Moscow State Mining University, 2011 OV. №9. – pp 60-68.

5. Sadovets, V. Yu. Knife Executive bodies of geokhods: monograph [Text] / V. Yu. Sadovets, V. V. Aksenov. Kuzbass State Technical University. - Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2011. 141 pp.

6. Efremenkov, A. B. Development of scientific bases of creation of systems of a geokhod: dis. dock. tech. sciences'. – Kemerovo: KuzSTU, 2016. - 314 pp.

7. Begliakov, V. Yu. The surface of the face of the excavation with geokhod: monograph [Text] / V. Yu Begliakov, V. V. Aksenov. Yurga Technological Institute. - Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2012. 139 pp.

8. Aksenov, V. V. Problems of creating new tools for the formation of underground space / V. V. Aksenov, A. B. Efremenkov // Mining information analytical bulletin (scientific and technical journal) / Moscow: Gornaya Kniga, LLC, 2010. – vol.3. - No. 12. – pp 101-118.

9. Aksenov, V. V. The development of mathematical model of interaction of geokhods with geosurroundings / V.V. Aksenov, Khoreshok A. A., A.B. Efremenkov, V. Yu. Timofeev // Mining information analytical bulletin (scientific and technical journal) / Moscow: Gornaya Kniga, LLC, 2011. - No. 2. – pp 79-91.

10. Aksenov, V. V. Geowinchester technology and geokhods as an innovative approach to the development of underground space / V. V. Aksenov, A. B. Efremenkov // News of higher educational institutions. Mining journal / Yekaterinburg: UGGU, 2008. – pp 19-28.

11. Aksenov, V. V. Assessment of the possibility of using mechanical gears in the geokhod transmission / V. Aksenov, M. Yu. Blashchuk, V. Yu. Timofeev // Mining information analytical bulletin (scientific and technical journal) / Moscow: LLC Gornaya Kniga, 2012. - No. 12. – pp 69-74.

12. Aksenov, V. V. Working out of entrails and the formation of underground space requires the creation of new tools / V. V. Aksenov, A. B. Efremenkov // Non-traditional and intensive technology of development of mineral deposits / under the general editorship of V. N. Franov, Novokuznetsk, 2008. - Novokuznetsk: SibSIU, 2008. – pp 35-47.

13. Aksenov, V. V. Geokhod: objectives, characteristics, prospects / V. V. Aksenov, V. Yu Begliakov, M. Yu., Blashchuk, A. B. Efremenkov, A. Kazantsev, A. A. Khoreshok, A. V. Walter // Mining machinery and electromechanics, Moscow: Publishing house "New technologies", 2016. - №8 (126). – pp 3-8.

14. Aksenov, V. V. General structure and requirements to the geokhod control system / V. Aksenov, I. V. Chicherin // Vestnik KuzSTU. - 2017. - № 6 (124). – pp 41-47.

15. Aksenov, V.V. The defining of power parameters of knife executive body of the geokhod for the destruction of the rocks of the weak rock mass / V. V. Aksenov, V. Yu. Sadovets, D. A. Pashkov // Vestnik KuzGTU. - 2017. - № 3 (121). – pp 116-126.

16. Begliakov, V. Yu. Development of the peripheral reference-propulsion system of geokhod / V. Yu. Begliakov, V. V. Aksenov, A. A. Kazantsev, I. A. Kostenets // Vestnik KuzGTU. - 2017. - № 6 (124). – pp 175-181.

17. 26. Koperchuk, A. V. Circuitry selection of the starting device of geokhod / A. V. Koperchuk, V. Yu Begliakov // Mining machinery and electromechanics, Moscow: Publishing house "New technologies", 2016. - №8 (126). – pp 15-18.

18. Dronov, A. A. Formation of requirements to the node coupling sections of geokhod / A. A. Dronov, M. Yu. Blashchuk, V. Yu. Timofeev // Mining machinery and electromechanics, Moscow: Publishing house "New technologies", 2016. - №8 (126). – pp 39-42.

19. Koperchuk, A. V. Starting systems options of geokhod / A. V. Koperchuk, V.V. Voroshilov / Prospects of innovative development of coal regions of Russia: collected works of V International scientific.- pract. conf. / Executive editors Pudov E. Yu., Klaus O. A., Prokopyevsk, 2016. – Prokopyevsk: Branch Kuzbass State Technical University in Prokopyevsk. – pp. 130-132.

20. Koperchuk, A. B. Justification for the development of the starting device of geokhod / A. V. Koperchuk, A. A. Kazantsev, V. Yu Begliakov, V.V. Filonov // Techniques and materials / Yurga: "NPO Welding production", 2015. – № 1. – pp 29-30.

21. Sadovets, V. Yu. The Justification for the establishment of the bar machine executive body of the geokhod for the destruction of rock mass up to 1 on a scale of Professor Protodyakonov / V. Yu. Sadovets, D. A. Pashkov // Innovations in information technology, mechanical engineering and transport: collection works of the International scientific.- pract. conf. Kuzbass State Technical University by T. F. Gorbachev, 2017. – Kemerovo: KuzSTU. – pp 381-385.

22. Blashchuk, M. Yu. Hydraulic transmission of geokhod: monograph / M. Yu., Blashchuk, V. V. Aksenov, A. B. Efremenkov. Yurga Technological Institute. – Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2014. - 123 pp.

23. Aksenov, V. V. Justification of the need for scientific research in the field of modernization of the geokhod's transmission / V.V. Aksenov, G.M. Dubov, D.S. Trukhmanov, V.E. Ashihmin, A.A. Chegoshchev // Prospects of innovative development of the coal regions of Russia: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. – Prokopyevsk: Branch Kuzbass State Technical University in Prokopyevsk, 2018. – pp. 298-302.

24. Aksenov, V. V. Justification of the need for the design of the test bench for gear trains used in transmissions of the mining machinery / V.V. Aksenov, G.M. Dubov, D.S. Trukhmanov, V.E. Ashimmin, A.A. Chegoshev // Prospects of innovative development of the coal regions of Russia: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. – Prokopyevsk: Branch Kuzbass State Technical University in Prokopyevsk, 2018. – pp. 303-305.

25. Tupitsyn, A.A. Alternative form of the gear train / A.A. Tupitsyn, A.A. Revenskii // Modern technologies. System analysis. Modeling / Irkutsk: FGBOU VPO of the Irkutsk State Technical University. – 2010. – №4. – pp. 84-91.

26. Stanovskoi, V.V. Eccentric-cycloidal meshing of gears and mechanisms based on it / V.V. Stanovskoi, S.M. Kazakiavichius, T.A. Remneva, V.C. Kuznetsov // Theory and practice of gear trains and reducer construction: proceedings of the scientific and technical conference. / IzhSTU. – Izhevsk, 2008. – pp. 148–152.

27. Litvin F.L. Cylindrical screw wheels with a new geometry providing increased load capacity / F.L. Litvin, V.V. Shults // Digest: Theories of gears in machines – Moscow: Mechanical engineering, 1961. – 310 p.

28. UAB Technology market. – Company Website. – Tomsk, (2018). – <http://www.ec-gearing.ru/index.php>

29. Stanovskoi V.V., Kazakiavichius S.M., Remneva T.A., Kuznetsov V.C., Stanovskoi V.A., e.a. Ekstsentriskovo-tsikloidalnoe zatseplenie zubchatykh profilei (variant) [Eccentric-cycloidal engagement of gear profiles (variants)]. Patent RF, no. 2416748, 2011.

30. Leontev, M.U. Overview of advantages and disadvantages of eccentric-cycloidal engagement / M.U. Leontev, V.A. Raevskii, A.E. Smolovik // Actual problems of the humanities and natural sciences. – 2016. – № 7-5. pp. 54 – 57.

Библиографическое описание статьи

Дубов Г.М. Обоснование необходимости создания трансмиссии геохода с зубчатой передачей / Г.М. Дубов, М.С. Данилов, Д.С. Трухманов // Горное оборудование и электромеханика — 2018. — № 4 (138). — С. 19-26.

Reference to article

Dubov G.M., Danilov M.S., Trukhmanov D.S. Justification of the need for creation of the geokhod's transmission with gear train. Mining Equipment and Electromechanics, 2018, no. 4 (138), pp. 19-26.