

УДК 622.23.05

Аксенов Владимир Валерьевич^{1,2}, доктор техн. наук, **Бегляков Вячеслав Юрьевич**⁴, к. т. н., доцент, **Коперчук Александр Викторович**⁴, к. т. н., доцент, **Блащук Михаил Юрьевич**⁴, к. т. н., доцент, **Садовец Владимир Юрьевич**³, к. т. н., доцент, **Пашков Дмитрий Алексеевич**², аспирант

¹Научно-исследовательский центр ООО «Сибирское НПО» Россия, 650099, Кемерово, пр. Советский, 56

²Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского Отделения Российской академии наук, 650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10..

³Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

⁴Юргинский технологический институт филиал Томского политехнического университета Россия, 652052, г. Юрга, ул. Ленинградская, д. 26.

E-mail: 55vva42@mail.ru

СОЗДАНИЕ ПРОХОДЧЕСКИХ ПОДЗЕМНЫХ АППАРАТОВ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ГЕОСРЕДОЙ. ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ

***Аннотация:** В статье представлены признаки, характеризующие сложность и новизну основных функциональных систем подземных аппаратов класса «геоход» как объекта проектирования и объекта производства, а также проблемы, с которыми столкнулись разработчики на всех этапах создания экспериментальных и опытных образцов нового класса подземных аппаратов «геоход». Отсутствие специального научного и методологического обеспечения является сдерживающим фактором на пути создания нового класса подземных аппаратов. С учетом особенностей работы, взаимодействия с геосредой проходческих подземных аппаратов класса «геоход» остро возникла необходимость в создании научной специальности, которая будет связана с проектированием и конструированием проходческих подземных аппаратов. Таким образом, по аналогии с авиационным, сопровождение создание подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой, должно быть возложено на новое научное направление и научную специальность «Создание подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой». Новое научное направление рассматривается как ключевой элемент перспективного технологического уклада освоения подземного пространства на базе опережающего развития и новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике.*

***Ключевые слова:** подземный аппарат, геосреда, геотехника, геоходостроение, промышленный уклад.*

***Информация о статье:** принята 18 марта 2020 г.*

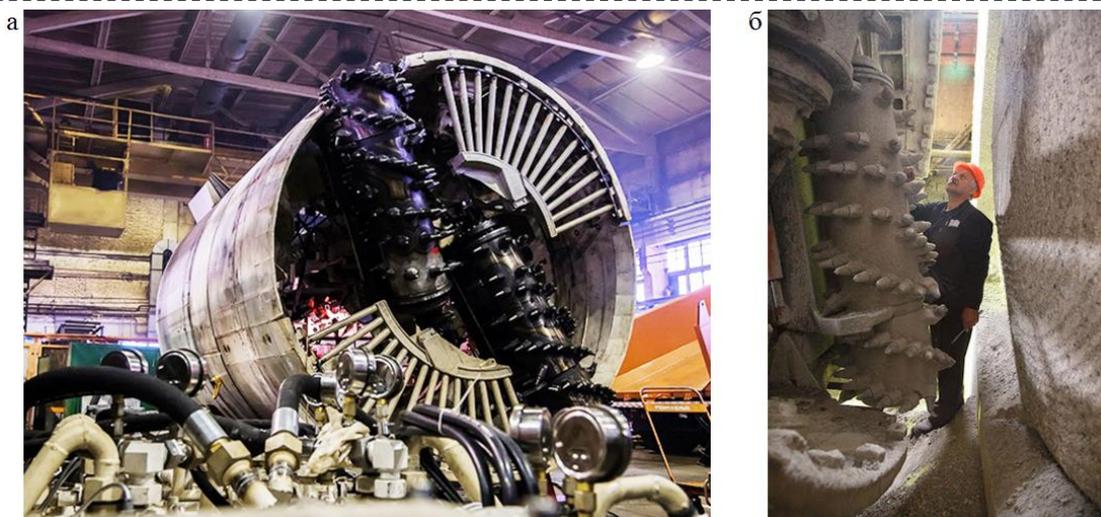
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-3-12

В настоящее время при активном участии ООО «Сибирское НПО» сформирована и реализуется Концепция создания перспективного промышленного уклада на базе опережающего развития ключевых машиностроительных компонентов. Одним из подходов Концепции является тезис [1]:

«Войти в сформированный глобальными корпорациями промышленный уклад со стандартной продукцией сложно, но можно поставить цель этот уклад в максимальной степени заменить. Если предложить более экономичные технологии, то можно значительно расширить свое участие в международном разделении труда, а также обеспечить себе

приоритет в создании более совершенных механизмов и машин».

Коллектив Научно-исследовательского центра ООО «Сибирское НПО» ведет работы по созданию геоходов – нового класса проходческих подземных аппаратов (ПА), движущихся в недрах Земли с использованием приконтурного массива горных пород (геосреды) [2-6]. Один из примеров ПА класса «геоход» представлен на рисунке 1. В отличие от существующих подходов авторы рассматривают проходку подземных выработок как процесс движения твердого тела (подземного аппарата) в твердой среде (геосреде) [4-19].



а) на сборочном стапеле, б) призабойная область на испытаниях
 Рис.1. Опытный образец ПА модели «401» диаметром 3,2 м
 Fig. 1. Prototype PA model " 401 " with a diameter of 3.2 m

ПА класса «геоход» пока не имеют аналогов среди существующих горнопроходческих систем (ГПС).

Отличительные особенности ПА класса «геоход» и вытекающие из них преимущества приведены в работах [4-6, 9, 10], здесь укажем только основные из них:

- Наличие внешней (законтурной) опорно-двигательной системы, включающей новые функционально-конструктивные элементы, взаимодействующие с геосредой.
- Использование законтурного массива горных пород для формирования тягового и напорного усилий (использование геосреды), при этом приконтурный массив является кинематическим звеном, находится в зацеплении с законтурной опорно-двигательной системой.
- Возможность горизонтального и вертикального маневрирования с радиусом поворота соизмеримым с диаметром выработки.
- Универсальность по углам наклона выработки в широком диапазоне.
- Исключение веса машины из процесса формирования тягового и напорного усилий.
- Создавать на исполнительном органе разрушения забоя ПА достаточные напорные усилия без искусственного наращивания веса ПА.

В составе геохода появились **новые функциональные системы**, отсутствующие в серийных ГПС:

- законтурные элементы: внешний двигатель (ВД), элементы противовращения (ЭП) [8, 14-19];
- исполнительные органы (ИО) законтурных элементов – ИО ВД и ИО ЭП [8, 14-19];
- узел (модуль) сопряжения секций [20];
- вращающаяся оболочка [12, 21];
- «рулевая» система [7, 8, 15-19].

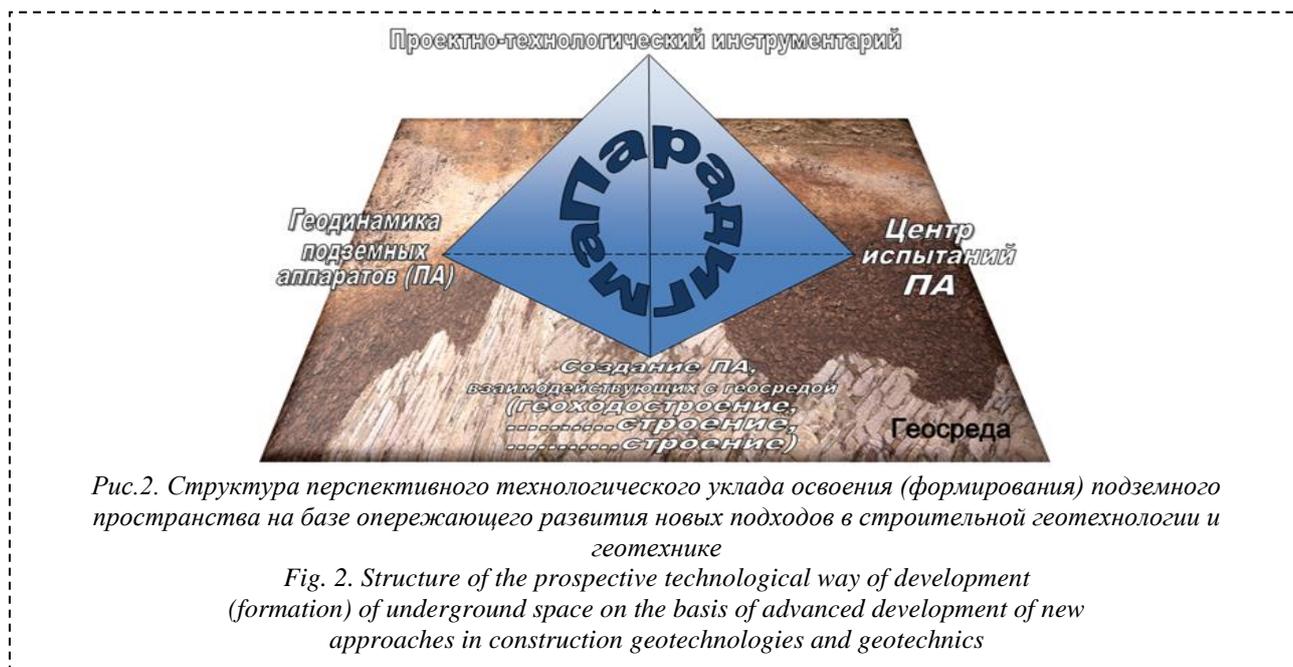
Другие системы геохода претерпели изменения, практически исключая заимствование

готовых агрегатов у серийного проходческого оборудования.

Признаки, характеризующие сложность и новизну основных функциональных систем ПА класса «геоход» как объекта проектирования и объекта производства [2, 3, 21-26]:

Общие для всех систем и ПА в целом:

- отсутствие аналогов среди существующих ГПС;
 - отсутствуют методик расчета и проектирования;
 - совмещение вращения (движение) и выполнения функций временной крепи;
 - размещение рабочих механизмов в условиях ограниченного пространства;
 - размещение рабочих механизмов на вращающейся несущей конструкции;
 - необходимость передачи энергоносителей с не вращающейся стабилизирующей секции к потребителям, расположенным на вращающейся секции;
 - необходимость изготовления деталей и узлов больших размеров с высокой точностью;
 - необходимость обеспечения возможности модификации в условиях горной выработки;
 - обеспечение выполнения всех операций проходческого цикла с их совмещением во времени;
 - обеспечение возможности горизонтального и вертикального маневрирования;
 - работоспособность при любых углах наклона проводимой выработки;
 - возможность (целесообразность) снижения металлоёмкости, обусловленная исключением веса из числа полезных и необходимых параметров;
- Специфические для отдельных систем:
- периферийное размещение силовых элементов трансмиссии с возможностью многопоточной передачи мощности;
 - значительные крутящий момент и осевое усилие на корпусе и модуле сопряжения;



- сложный характер перемещения разрушающих элементов ИО на забой;
- различный подход к разрушению породы в центральной и периферийной частях забоя;
- необходимость согласования параметров ВД и главного ИО, обусловленная жесткой кинематической связью их перемещений;
- формирование ИО ВД и ИО ЭП глубокого канала со сложным профилем;

При создании экспериментальных и опытных образцов нового класса ПА «Геоход» [2, 3] на этапе проектирования разработчики столкнулись с проблемой отсутствия методологии (методик) определения параметров основных элементов и систем ПА взаимодействующих с геосредой при его движении: ИО главного забоя [9-11]; корпус ПА [12]; законтурные элементы (внешний движитель, элементы противовращения и их ИО) [8, 14-19] и др.

На этапе производства столкнулись с проблемой отсутствия методологии обеспечения точности и технологичности специфических систем ПА [21-25]. Так же проблема научно-методического «дефицита» присутствовала и на этапе испытаний [27, 28].

Отсутствие специального научного и методологического обеспечения является сдерживающим фактором [9, 23-30] на пути создания нового класса ПА.

Новые научно-методические задачи возникали на всех этапах создания ПА нового поколения: проектирование, изготовление и испытание.

И если по проектированию горных машин существуют отдельные методические указания, учебники и образовательные дисциплины, то производство базируется на общей технологии машиностроения, а испытания – на опыте эксплуатации и стендовых испытаниях отдельных элементов. В то время как в авиастроении существуют научные и инженерные специальности,

«заточенные» на каждый из этапов создания нового летательного аппарата (ЛА): работают НИИ и проектные институты, сопровождающие процесс создания новой техники на каждом из этапов, существует профессия «летчик-испытатель», полигоны и полномасштабные лабораторные установки (аэродинамические трубы и т.п.).

В работах [31-34] представлена концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. На рисунке 2 представлена структура предложенного технологического уклада освоения (формирования) подземного пространства.

Все ключевые структурные элементы технологического уклада имеют свое специальное назначение, тесно связаны между собой и вместе образуют технико-экономическую парадигму [35]. Создание ПА, взаимодействующих с геосредой – основной структурный элемент технологического уклада освоения (формирования) подземного пространства. При создании перспективного технологического уклада в полной мере был учтен опыт и достоинства сквозного технологического уклада созданного в авиастроении [31-34].

Одним из ключевых структурных элементов технологического уклада в авиастроении является самолетостроение (вертолетостроение, ракетостроение).

Термин «Самолетостроение» имеет два тесно связанных значения:

1) Научная дисциплина, связанная с проектированием и конструированием самолетов.

2) Отрасль промышленности, занимающаяся производством самолетов.

Следует особо отметить, что самолетостроение (авиастроение) в свое время инициировала необходимость проведения индустриализации страны, а также стала одним из основных

потребителей создаваемых компонентов машиностроения: материалы; подшипники, механизмы и др.

Наименование науки сопровождения самолетостроения – 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Из формулы специальности 05.07.02: «Отличительная особенность специальности заключается в том, что ее основным содержанием является системотехническое изучение вопросов проектирования, конструирования и производства объектов техники с учетом экономики и автоматизации, анализ опыта создания образцов ракетно-космической и авиационной техники и конверсионное использование упомянутых методов и работ. Значение решения научных и технических проблем данной специальности состоит в совершенствовании теоретической, методической, экспериментальной и производственной базы, позволяющих повысить качество (надежность, ремонтпригодность, грузоподъемность и т.д.) и снизить затраты средств на разработку, производство и эксплуатацию летательных аппаратов (уменьшить металлоемкость, энергопотребление и др.). Данная область науки является комплексной, охватывающей выявление физических, химических, механических и других закономерностей с целью использования на практике наиболее эффективных и экономичных проектно-конструкторских и технологических процессов, требующих наименьших затрат времени, людских и материальных ресурсов».

В горном деле существует наука Горные машины – «область науки и техники, включающая исследования, разработку и эксплуатацию машин и оборудования (агрегатов и аппаратов) основных и вспомогательных производств в отраслях горного дела и занимающаяся изучением связей и закономерностей с целью создания новых и совершенствования существующих горных машин и оборудования и их элементов, обладающих повышенной производительностью (эффективностью), долговечностью (надежностью), безопасностью и экологичностью».

С учетом особенностей работы, взаимодействия с геосредой проходческих ПА класса «геоход» для формулирования областей исследования для научной специальности «Создание ПА, взаимодействующих с геосредой», на наш взгляд, наиболее полно соответствует подход специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Нами предлагается следующие области исследований для научной специальности «Создание ПА, взаимодействующих с геосредой»:

– Разработка методов проектирования и конструирования, математического и программно-алгоритмического обеспечения для выбора оптимальных облика и параметров, компоновки и конструктивно-силовой схемы, агрегатов и систем ПА.

– Разработка методов оценки и исследование организации и управления проектно-конструкторскими работами КБ с высоким уровнем применения CALS- технологий.

– Разработка методов поиска оптимальных конструкторско-технологических решений на ранних стадиях проектирования ПА.

– Исследование и анализ способов интенсификации проектирования и модернизации существующих ПА с учетом накопленного опыта.

– Создание и отработка принципиально новых конструктивных решений выполнения узлов, систем и ПА в целом. Исследование их характеристик и оценка перспектив применения.

– Исследование динамики (изменения) надежности систем и ПА в процессе жизненного цикла с целью формирования оптимального плана их отработки.

– Исследование влияния на технические характеристики систем и конструктивное выполнение корпуса ПА геодинимических процессов в проектируемой конструкции.

– Разработка методов модельного и математического обеспечения для решения (исследования) функциональных задач: - выбора оптимального состава ПА;

- выбора траектории движения др.

– Разработка методов, моделей и программного обеспечения для принятия оптимальных решений с целью исследования проектно-конструкторских задач при заданных ограничениях с учетом их компромиссного характера, риска и различимости сравниваемых вариантов изделий (процессов).

– Исследование экономической целесообразности создания ПА, имеющих многоцелевое назначение (например, гражданское и военное), а также эффективности использования для этих же целей существующих изделий и наземных комплексов.

– Технологическая подготовка производства ПА и их систем, включая:

– конструктивно-технологические решения, позволяющие проводить опережающую подготовку производства;

- технологичность конструкций;

- директивные технологические материалы на производство новых конструкций ПА, их систем и агрегатов;

- системы и средства автоматизированной подготовки производства;

- другие методы и средства разработки и осуществления технологических процессов производства.

– Технологические процессы, специальное оборудование для изготовления деталей ПА, включая технологию:

- изготовления литых деталей;

- изготовления деталей обработкой давлением (ковка, штамповка и др.);

- изготовления деталей с помощью лучевых энергетических пучков и другими физическими и физико-химическими методами;

- изготовления деталей из жидких, порошкообразных или волокнистых материалов; - изготовления деталей из неметаллических материалов, в том числе деталей теплозащиты;
- нанесения покрытий;
- изготовления деталей из композиционных материалов; - изготовления деталей гальванопластикой;
- термической, термомеханической и химико-термической обработки деталей;
- обработки металлов резанием;
- изготовления деталей совмещенными и комплексными методами, в том числе в гибких производственных системах.
- Технологические процессы, специальное и специализированное оборудование для сборки, монтажа и испытаний, ремонта ПА, их систем и агрегатов, включая технологию и средства:
 - узловой, агрегатной и общей сборки;
 - образования разъемных и неразъемных соединений в процессе сборки ПА при помощи болтовых соединений, сваркой, пайкой, клепкой, склеиванием и их комбинациями, в том числе с использованием робототехнических систем;
 - очистки внутренних и наружных поверхностей сборочных единиц и ПА в целом;
 - монтажа и испытания бортовых систем в цеховых условиях;
 - выполнения вновь разрабатываемых соединений, специфичных для производства ПА.
- Технологические процессы контроля, испытаний и метрологического обеспечения при производстве ПА, их систем и агрегатов, включая технологию и средства:
 - контроля геометрических параметров; контроля качества поверхностей;
 - функционального контроля и испытаний (пневмогидравлических, виброакустических, электрофизических, силовым воздействиям);
 - контроля физико - технических параметров;
 - неразрушающего контроля деталей, узлов, изделий и неразъемных соединений, а также других видов контроля;
 - метрологического обеспечения контролируемых показателей качества объектов производства.
- Технологические процессы проектирования, программирования и информационного обеспечения при производстве ПА, включая технологию и средства:
 - автоматизированного проектирования технологических процессов и управления ими;
 - математического моделирования технологических процессов;
 - размерной увязки агрегатов;
 - контроля формы, размеров и взаимного расположения поверхностей агрегатов;
 - изготовления технологических поверхностей, оснастки и деталей, в том числе на оборудовании с ЧПУ;
 - контроля технологии и программ изготовления деталей и сборочных единиц.

- Организация и экономика производства ПА, включая:
 - производственную структуру предприятия и особенности организации технологических процессов в опытно, единичном, мелкосерийном и серийном производстве;
 - укрупненные методы расчета материалоемкости, трудоемкости и себестоимости изделий;
 - методы оценки технологичности изделий;
 - методы расчета технико-экономической эффективности технологических процессов, оборудования и организационно-технических мероприятий.
- Исследование процесса внедрения научных, технологических и технических достижений проектирования и конструирования ПА в другие сферы науки, техники и технологии.

В направлении создания и отработки принципиально новых конструктивных решений выполнения узлов, систем и ПА в целом выполнены первые исследования и получены результаты [9, 10, 19, 26]. Но эти результаты, как показывает опыт, в целом можно расценивать как получение «разведанных» для принятия решений по выбору направлений дальнейших исследований и созданию экспериментальных образцов ПА.

Применительно к созданию нового класса ПА приоритетными в части решения задач являются:

- Создание (совершенствование) общих компоновок ПА класса «Геоход».
- Создание (совершенствование) корпусов ПА.
- Создание (совершенствование) трансмиссий ПА.
- Создание (совершенствование) внешних движителей ПА.
- Создание (совершенствование) элементов противовращения ПА.
- Создание (совершенствование) исполнительных органов разрушения забоя ПА.
- Создание (совершенствование) законтурных исполнительных органов ПА.
- Создание (совершенствование) элементов управления ПА по трассе проводимой выработки.
- Создание (совершенствование) погрузочных модулей ПА.
- Создание (совершенствование) транспортных систем ПА.
- Создание (совершенствование) энергосиловых установок ПА.
- Создание (совершенствование) стартовых устройств ПА.
- Создание (совершенствование) крепевозводящих модулей ПА.

Необходимость разработки положений нового научного направления и научной специальности «Создание подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой», основывается на отличительных особенностях ПА класса «геоход» с вытекающими из них преимуществами, а также выделенными признаками, характеризующими сложность и новизну основных функциональных

систем ПА. По аналогии с авиастроением, авторами статьи предложены области исследований для научной специальности «Создание подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой».

В настоящее время ведутся работы по созданию новых элементов и систем ПА класса «Геоход». Существующие научно-методическое обеспечение по разработке и созданию горных машин в основном не соответствует требованиям и особенностям нового класса ПА «Геоход». Для большинства систем и элементов нового класса ПА для которых отсутствуют методики расчета и обоснованного выбора рациональных параметров. Отсутствие научно-методического обеспечения сдерживает создание новых элементов и систем ПА «Геоход», что диктует необходимость расширения областей направлений научных исследований паспорта специальности «Горные машины».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция создания перспективного промышленного уклада на базе опережающего развития ключевых машиностроительных компонентов - <http://pro-kompas.info/strategy/> 9дата обращения – 13.05.2020)

2. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Казанцев А.А., Вальтер А.В., Ефременков А.Б. Опыт участия в проекте по организации высокотехнологичного производства //Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – №. 8. – С. 8-15.

3. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Ефременков А.Б., Казанцев А.А., Хорешок А.А., Вальтер А.В. Геоход: задачи, характеристики, перспективы //Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – №. 8. – С. 3-8.

4. Аксенов В. В. Научные основы геовинчестерной технологии проведения горных выработок и создания винтоповоротных агрегатов : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Институт угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук. Кемерово, 2004

5. Аксенов В. В., Ефременков А. Б. Геовинчестерная технология и геоходы –инновационный подход к освоению подземного пространства // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2008. № 4. С. 19-28.

6. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Садовец В.Ю., Резанова Е.В. Создание инновационного инструментария для формирования подземного пространства //Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – №. 01 (77). С. 42-47.

7. Аксенов В. В., Садовец В. Ю. Моделирование особенностей движения геохода //Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. – №. 1. С. 20-22.

8. Аксенов В. В., Костинцев И. К., Бегляков В. Ю. Особенности работы внешнего движителя геохода //Горный информационно-

аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № S6. С. 419-425.

9. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on the energy intensity of the rock destruction // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering The conference proceedings ISPCIEET 2019. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslav-the-Wise Novgorod State University". 2019. С. 012002.

10. Бегляков В.Ю., Аксенов В.В. Поверхность забоя при проходке горной выработки геоходом: монография / В.Ю. Бегляков, В.В. Аксенов // Издательство: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany. 2012. - 139 с.

11. Nesterov V., Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. Solution for the location of rock cutting elements relative to the rotation center of geokhod // В сборнике: E3S Web of Conferences IVth International Innovative Mining Symposium. 2019. С. 03001.

12. Аксенов В. В., Бегляков В. Ю., Капустин А. Н. Анализ несущих конструкций (корпусов) известных технических систем применимых в качестве корпуса (носителя) геохода //Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – №. 6 (106). С. 34-36.

13. Aksenov V. V., Khoreshok A. A., Begljakov V. Y. Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine–GEO-WALKER //Applied mechanics and materials. – Trans Tech Publications Ltd, 2013. – Т. 379. – С. 20-23.

14. Beglyakov V.Yu., Aksenov V.V., Kostinets I.K., Efremenkov A.B., Khoreshok A.A. Influence of the supporting surface inclination angle of the external geokhod propulsor on the deflected mode of boundary rock massif //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 441. – №. 1. – С. 012008.

15. Бегляков В.Ю., Аксенов В.В., Костинцев И.К., Хорешок А.А. Определение сил взаимодействия основных систем геохода с геосредой и между собой //Горные науки и технологии. – 2018. – №. 4. – С. 23-30.

16. Бегляков В.Ю., Аксенов В.В., Казанцев А.А., Костинцев И.К. Разработка законтурной опорно-двигательной системы геоходов //Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – №. 6 (124). С. 175-181.

17. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Казанцев А.А., Костинцев И.К., Коперчук А.В. Классификация геометрических параметров внешнего движителя геохода //Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – №. 8. – С. 33-39.

18. Бегляков В.Ю., Аксенов В.В., Костинцев И.К., Хорешок А.А. Схемы нагружения при моделировании процесса взаимодействия внешнего движителя геохода приконтурным массивом пород //Горные науки и технологии. – 2018. – №. 3. – С. 3-10.

19. Костинец И.К. Обоснование параметров опорной поверхности внешнего движителя геолохода Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. Кемерово, 2018
20. Dronov A.A., Beglyakov V.Yu., Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Efremenkov V.A. Determination of external impacts on the bearing unit of the geokhod //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 656. – №. 1. – С. 012015.
21. Аксенов В. В., Вальтер А. В., Бегляков В. Ю. Обеспечение геометрической точности оболочки при сборке секций геолохода //Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2014. – №. 4. – С. 19-28.
22. Вальтер А.В., Нозирзода Ш.С., Ивкин А.Н. Исследование точности изготовления крупногабаритных корпусов вращения опытного образца геолохода // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2016. № Т11. С. 2026-2030.
23. Вальтер А.В. Факторы, обуславливающие погрешности поверхностей вращения крупногабаритных корпусов геолохода // Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 8 (126). С. 19-25.
24. Walter A.V., Borovikov I.F., Chernukhin R.V., Nozirezoda S.S. Research on geometric errors of intermediate unit shell of a geokhod // В сборнике: URGENT PROBLEMS OF MODERN MECHANICAL ENGINEERING 2016. С. 12017.
25. Вальтер А.В., Чернухин Р.В., Капустин А.Н. Отклонения формы оболочки стабилизирующей секции геолохода // Технологии и материалы. 2016. № 1. С. 4-7
26. Блашук М.Ю. Обоснование параметров трансмиссии геолохода с гидроприводом диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузбасский государственный технический университет. Юрга, 2012
27. Коперчук А.В., Казанцев А.А., Бегляков В.Ю., Филонов В.В. Обоснование необходимости разработки стартового устройства геолохода. Технологии и материалы 1 (2015). С. 29-30.
28. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Адамков А.В., Ермаков А.Н. Обоснование необходимости разработки новой технологии строительства подземных выработок // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – №. 4 (110). С. 21-26.
29. Аксенов В. В., Бегляков В. Ю., Гановичев С. И. Обоснование необходимости разработки унифицированной математической модели геолохода //Технологии и материалы. – 2015. – №. 3. С. 9-13.
30. Aksenov V.V., Beglyakov V.Y., Kazantsev A.A., Doroshenko I.V. Development of Requirements for a Basic Standardized Mathematical Model of Geokhod //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Т. 127. – №. 1. – С. 012031.
31. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Beglyakov V.Yu., Efremenkov A.B. The concept of creating perspective technological paradigm of formation (development) of the underground space on the basis of the leading development of new approaches in construction geotechnology and geotechnics. Premises and basic provisions (part 1) //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 656. – №. 1. – С. 012004.
32. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Beglyakov V.Yu., Efremenkov A.B. The concept of creating perspective technological paradigm of formation (development) of the underground space on the basis of the leading development of new approaches in construction geotechnology and geotechnics. Premises and basic provisions (part 2) //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 656. – №. 1. – С. 012005.
33. Аксенов В. В., Хорешок А. А., Бегляков В. Ю. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. Часть 1 предпосылки и основные положения //Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2018. – №. 4 (128). С. 105-114.
34. Аксенов В. В., Хорешок А. А., Бегляков В. Ю. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. Часть 2 //Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2018. – № 5 (129). С. 43-52.
35. Львов Д. С., Глазьев С.Ю. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы. 1986. № 5

Vladimir V. Aksenov^{1,2}, Dr. Sc.inEngineering, **Vyacheslav Yu. Beglyakov**⁴, Ph.D, Associate Professor, **Alexander V. Koperchuk**⁴, Ph.D, Associate Professor, **Michael Yu. Blashchuk**⁴, Ph.D, Associate Professor, **Vladimir Yu. Sadovets**³, Ph.D, Associate Professor, **Dmitry A. Pashkov**², graduate student

¹Scientific and research centre LLC "Siberian Research and Production Association", 650099, Sovetsky Av. 56, Kemerovo, Russia

² Federal Research Center of Coal and Coal chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 10, Leningradsky Ave., Kemerovo, 650065, Russian Federation

³T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, 28 Vesennyaya St., Kemerovo, Russia

CREATION OF PASSING UNDERGROUND DEVICES INTERACTING WITH THE GEOLOGICAL MEDIA. AREA OF RESEARCH

Abstract: *The article presents the signs characterizing the complexity and novelty of the main functional systems of underground devices of the “geokhod” class as an object of design and production, as well as the problems that developers encountered at all stages of creating experimental and prototypes of a new class of underground devices “geokhod”. The lack of special scientific and methodological support is a deterrent to the creation of a new class of underground vehicles. Taking into account the peculiarities of work, interaction with the geo-environment of tunneling underground devices of the “geokhod” class, there is an urgent need to create a scientific specialty, which will be associated with the design and construction of tunneling underground devices. Thus, by analogy with the aircraft industry, the support for the creation of underground vehicles interacting with the geomedium should be assigned to a new scientific direction and the scientific specialty “Creation of underground vehicles that interact with the geomedium”. A new scientific direction is considered as a key element of a promising technological structure for the development of underground space on the basis of advanced development and new approaches in construction geotechnology and geotechnics.*

Keywords: *underground apparatus, geo-environment, geotechnics, geokhodeservice, industrial structure.*

Article info: received March 18, 2020

DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-3-12

REFERENCES

1. The concept of creating a promising industrial structure based on the advanced development of key engineering components - <http://prokompas.info/strategy/>
2. Aksenov V.V., Beglyakov V.YU., Kazantsev A.A., Val'ter A.V., Yefremenkov A.B. Opyt ucha-stiya v projekte po organizatsii vysokotekhnologichnogo proizvodstva // Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika. – 2016. – №. 8. – p. 8-15.
3. Aksenov V.V., Beglyakov V.YU., Blashchuk M.YU., Yefremenkov A.B., Kazantsev A.A., Khoreshok A.A., Val'ter A.V. Geokhod: zadachi, kharakteristiki, perspektivy // Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika. – 2016. – №. 8. – p. 3-8.
4. Aksenov V. V. Nauchnyye osnovy geovinchesternoy tekhnologii provedeniya gornyykh vyrabotok i sozdaniya vintopovorotnykh agregatov : avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Institut uglya i uglekhemii Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. Kemerovo, 2004
5. Aksenov V. V., Yefremenkov A. B. Geovinchesternaya tekhnologiya i geokhody – innovatsionnyy podkhod k osvoyeniyu podzemnogo prostranstva // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. 2008. № 4. p. 19-28.
6. Aksenov V.V., Yefremenkov A.B., Sadovets V.YU., Rezanova Ye.V. Sozdaniye innovatsionnogo instrumentariya dlya formirovaniya podzemnogo prostranstva // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2010. – №. 01 (77). p. 42-47.
7. Aksenov V. V., Sadovets V. YU. Modelirovaniye osobennostey dvizheniya geokhoda // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2007. – №. 1. p. 20-22.
8. Aksenov V. V., Kostinets I. K., Beglyakov V. YU. Osobennosti raboty vneshnego dvizhitelya geokhoda // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). – 2013. – № S6. S. 419-425.
9. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Efremenkov V.A. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on the energy intensity of the rock destruction // V sbornike: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering The conference proceedings ISPC-ET 2019. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslav-the-Wise Novgorod State University". 2019. S. 012002.
10. Beglyakov V.YU., Aksenov V.V. Poverkhnost' zaboya pri prokhodke gornoy vyrabotki geokhodom: monografiya / V.YU. Beglyakov, V.V. Aksenov // Izdatel'stvo: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany. 2012. - 139 s.
11. Nesterov V., Aksenov V., Sadovets V., Pashkov D. Solution for the location of rock cutting elements relative to the rotation center of geokhod // V sbornike: E3S Web of Conferences IVth International Innovative Mining Symposium. 2019. S. 03001.
12. Aksenov V. V., Beglyakov V. YU., Kapustin A. N. Analiz nesushchikh konstruktivnykh (korpusov) izvestnykh tekhnicheskikh sistem primenimyykh v kachestve korpusa (nositelya) geokhoda // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2014. – №. 6 (106). S. 34-36.
13. Aksenov V. V., Khoreshok A. A., Beglyakov V. Y. Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine—GEO-WALKER // Applied mechanics and materials.

– Trans Tech Publications Ltd, 2013. – Т. 379. – С. 20-23.

14. Beglyakov V.Yu., Aksenov V.V., Kostinets I.K., Efremkov A.B., Khoreshok A.A. Influence of the supporting surface inclination angle of the external geokhod propulsor on the deflected mode of boundary rock massif //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 441. – №. 1. – С. 012008.

15. Beglyakov V.YU., Aksenov V.V., Kostinets I.K., Khoreshok A.A. Opredeleniye sil vzaimodeystviya osnovnykh sistem geokhoda s gesredoy i mezhdru soboy //Gornyye nauki i tekhnologii. – 2018. – №. 4. – С. 23-30.

16. Beglyakov V.YU., Aksenov V.V., Kazantsev A.A., Kostinets I.K. Razrabotka zakonturnoy oporno-dvizhitel'noy sistemy geokhodov //Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2017. – №. 6 (124). S. 175-181.

17. Aksenov V.V., Beglyakov V.YU., Kazantsev A.A., Kostinets I.K., Koperchuk A.V. Klassifikatsiya geometricheskikh parametrov vneshnego dvizhitelya geokhoda //Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika. – 2016. – №. 8. – С. 33-39.

18. Beglyakov V.YU., Aksenov V.V., Kostinets I.K., Khoreshok A.A. Skhemy nagruzheniya pri modelirovani protsessa vzaimodeystviya vneshnego dvizhitelya geokhoda prikonturnym mas-sivom porod //Gornyye nauki i tekhnologii. – 2018. – №. 3. – С. 3-10.

19. Kostinets I.K. Obosnovaniye parametrov opornoy poverkhnosti vneshnego dvizhitelya geokhoda Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T. F. Gorbacheva. Kemerovo, 2018

20. Dronov A.A., Beglyakov V.Yu., Aksenov V.V., Efremkov A.B., Efremkov V.A. Determination of external impacts on the bearing unit of the geokhod //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 656. – №. 1. – С. 012015.

21. Aksenov V. V., Val'ter A. V., Beglyakov V. YU. Obespecheniye geometricheskoy tochnosti oblochki pri sborke seksiy geokhoda //Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovaniye, instrumenty). – 2014. – №. 4. – С. 19-28.

22. Val'ter A.V., Nozirezoda S.H.S., Ivkin A.N. Issledovaniye tochnosti izgotovleniya krupnogabaritnykh korpusov vrashcheniya opytnogo obraztsa geokhoda // Nauchno-metodicheskii elektronnyy zhurnal Kontsept. 2016. № T11. S. 2026-2030.

23. Val'ter A.V. Faktory, obuslavliyayushchiye pogreshnosti poverkhnostey vrashcheniya krupnogabaritnykh korpusov geokhoda // Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika. 2016. № 8 (126). S. 19-25.

24. Walter A.V., Borovikov I.F., Chernukhin R.V., Nozirezoda S.S. Research on geometric errors of intermediate unit shell of a geokhod // V sbornike: URGENT PROBLEMS OF MODERN MECHANICAL ENGINEERING 2016. S. 12017.

25. Val'ter A.V., Chernukhin R.V., Kapustin A.N. Otkloneniya formy oblochki stabilizirovannoy sektsii geokhoda // Tekhnologii i materialy. 2016. № 1. S. 4-7

26. Blashchuk M.YU. Obosnovaniye parametrov transmissii geokhoda s gidroprivodom dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. Yurga, 2012

27. Koperchuk A.V., Kazantsev A.A., Beglyakov V.YU., Filonov V.V. Obosnovaniye neobkhodimosti razrabotki startovogo ustroystva geokhoda. Tekhnologii i materialy 1 (2015). S. 29-30.

28. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Adamkov A.V., Yermakov A.N. Obosnovaniye neobkhodimosti razrabotki novoy tekhnologii stroitel'stva podzemnykh vyrabotok //Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2015. – №. 4 (110). S. 21-26.

29. Aksenov V. V., Beglyakov V. YU., Ganovichev S. I. Obosnovaniye neobkhodimosti razrabotki unifitsirovannoy matematicheskoy modeli geokhoda //Tekhnologii i materialy. – 2015. – №. 3. S. 9-13.

30. Aksenov V.V., Beglyakov V.Y., Kazantsev A.A., Doroshenko I.V. Development of Requirements for a Basic Standardized Mathematical Model of Geokhod //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Т. 127. – №. 1. – С. 012031.

31. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Beglyakov V.Yu., Efremkov A.B. The concept of creating perspective technological paradigm of formation (development) of the underground space on the basis of the leading development of new approaches in construction geotechnology and geotechnics. Premises and basic provisions (part 1) //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 656. – №. 1. – С. 012004.

32. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Beglyakov V.Yu., Efremkov A.B. The concept of creating perspective technological paradigm of formation (development) of the underground space on the basis of the leading development of new approaches in construction geotechnology and geotechnics. Premises and basic provisions (part 2) //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 656. – №. 1. – С. 012005.

33. Aksenov V. V., Khoreshok A. A., Beglyakov V. YU. Kontseptsiya sozdaniya perspektivnogo tekhnologicheskogo uklada formirovaniya (osvoyeniya) podzemnogo prostranstva na baze operazhayushchego razvitiya novykh podkhodov v stroitel'noy geotekhnologii i geotekhnike. Chast' 1 predposylki i osnovnyye polozeniya //Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2018. – №. 4 (128). S. 105-114.

34. Aksenov V. V., Khoreshok A. A., Beglyakov V. YU. Kontseptsiya sozdaniya perspektivnogo tekhnologicheskogo uklada formirovaniya (osvoyeniya) podzemnogo prostranstva na baze operazhayushchego razvitiya novykh podkhodov v

stroitel'noy geotekhnologii i geotekhnike. Chast' 2 //Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2018. – № 5 (129). S. 43-52.

Библиографическое описание статьи

Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Коперчук А.В., Блащук М.Ю., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Создание проходческих подземных аппаратов, взаимодействующих с геосредой. Области исследований // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 2 (148). – С. 3-12.

35. L'vov D. S., Glaz'yev S.YU. "Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty upravleniya NTP // Ekonomika i matematicheskiye metody. 1986.№ 5.

Reference to article

Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Koperchuk A.V., Blashchuk M.Yu., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Creation of passing underground devices interacting with the geological media. area of research. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.2 (148), pp. 3-12.