



УДК 622.23.054.4-252

РАЗРАБОТКА УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ СЕКЦИЙ ГЕОХОДА

Аксенов В.В.^{1,2}, Ефременков А.Б.³, Дронов А.А.⁴

¹ Научно-исследовательский центр ООО «Сибирское НПО»

² Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН

³ Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

⁴ Юргинский технологический институт Национального исследовательского Томского политехнического университета

Аннотация.

Для разработки компоновочных схем и конструктивных решений необходимо сформировать требования к узлу сопряжения секций геохода. Требования должны учитывать технические параметры геохода, особенности его работы и взаимодействия с породами проводимой горной выработки.

Одной из особенностей работы геохода является принцип формирования тягового усилия и напорного усилия на исполнительном органе. Известные горные машины формируют тяговые усилия, используя поверхность на границе контакта твердой и воздушной сред. При этом увеличение напорных и тяговых усилий осуществляется в основном за счет увеличения массы проходческого оборудования. Геоход для создания тяговых и напорных усилий использует принцип ввинчивания в горный массив. При движении он формирует и использует систему законтурных винтовых и продольных каналов. В связи с этим движение геохода зависит от характера взаимодействия внешнего движителя с геосредой за ним.

Исследования, направленные на обоснование конструктивных решений и параметров базового элемента геоходной технологии – геохода, а также его основных элементов, в том числе узла сопряжения секций, являются актуальной и своевременной задачей. Статья посвящена разработке узла сопряжения секций геохода.

Информация о статье

Принята 03 ноября 2019 г.

Ключевые слова:

геоход, геовинчестерная технология, исполнительный орган, узел сопряжения секций, геосреда.

DEVELOPMENT OF A JOINT UNIT FOR SECTIONS OF THE GEOKHOD

Vladimir Aksenov^{1,2}, Andrew Efremenkov³, Anton Dronov⁴

¹ Scientific and research centre LLC «Siberian Research and Production Association»

² Institute of Coal, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

³ Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

⁴ Yurga Institute of Technology (Branch) of National Research Tomsk Polytechnic University

Abstract.

To develop layout schemes and structural solutions, it is necessary to formulate requirements for the interface unit of the sections of the geokhod. Requirements should take into account the technical parameters of the geokhod, the features of its operation and interaction with the rocks of the mine working.

Article info

Received November 03, 2019

Keywords: geokhod, geowinchester technology, executive body, joint section unit, geo-environment.

One of the features of the work of the geokhod is the principle of the formation of traction and pressure on the executive body. Known mining machines generate traction using a surface at the interface between solid and air environments. Moreover, the increase in pressure and traction is carried out mainly due to an increase in the weight of tunneling equipment. To create traction and pressure forces geokhod uses the principle of screwing into the massif. When moving, it forms and uses a system of contour helical and longitudinal channels. In this regard, the movement of the geokhod depends on the nature of the interaction of the external mover with the geo-environment behind it.

Studies aimed at substantiating design decisions and parameters of the basic element of geo-winchester technology – the geokhod, as well as its main elements, including the joint section, are an urgent and timely task. The article is devoted to the development of the joint unit for sections of the geokhod.

Введение

Узел сопряжения секций (УСС) можно рассматривать как участок на стыке головной и стабилизирующей секций геохода, в котором происходит взаимодействие секций между собой. Для определения структурной схемы УСС был определен характер взаимодействия секций геохода.

Головная секция геохода совершает вращательно-поступательное перемещение на забой по принципу ввинчивания в породный массив. В это же время стабилизирующая секция совершает только поступательное движение на забой вслед за головной секцией. Следовательно, УСС должен обеспечить сцепление секций, вовлекая в поступательное перемещение вслед за головной стабилизирующую секцию, передавая при этом вращательное движение от стабилизирующей к головной секции [1].

Исходя из характера взаимодействия секций геохода была составлена структурная схема УСС (рис. 1).

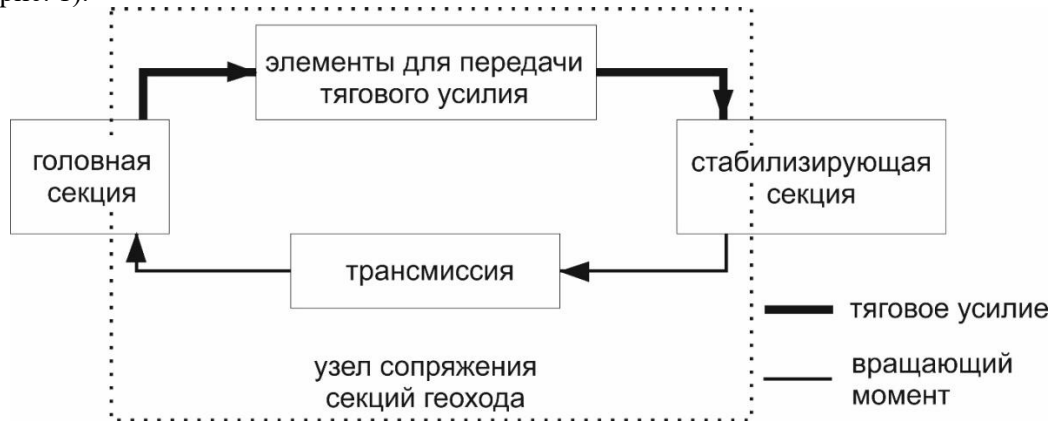


Рис. 1. Структурная схема УСС геохода

Согласно структурной схеме (рис. 1), корпус УСС геохода состоит из двух колец – внешнее (назовем его «оболочка») и внутреннее, на которых смонтированы трансмиссия и элементы для передачи тягового усилия. Корпус УСС может быть выполнен заедино с секциями геохода или в виде отдельного элемента [2-9].

Для разработки вариантов компоновочных решений были выявлены два признака:

- по расположению колец корпуса УСС;
- по взаимному расположению трансмиссии и элементов для передачи тягового усилия.

По первому признаку компоновочных решений оболочка корпуса УСС может быть сопряжена с головной секцией геохода (рис. 2-а) и осуществлять с ней вращательно-поступательное движение, или она может быть сопряжена со стабилизирующей секцией геохода (рис. 2-б) и осуществлять с ней только поступательное движение.

По второму признаку компоновочных решений со стороны забоя сначала может располагаться трансмиссия, а затем элементы для передачи тягового усилия (рис. 3-а), или наоборот (рис. 3-б) [10-13].

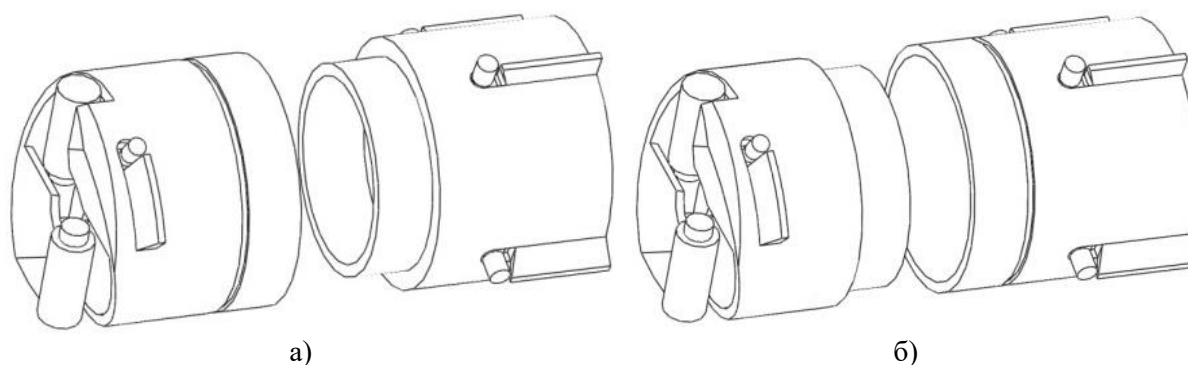


Рис. 2. Варианты компоновочных решений УСС по первому признаку компоновки: а) оболочка УСС сопряжена с головной секцией, внутреннее кольцо – со стабилизирующей; б) оболочка УСС сопряжена со стабилизирующей секцией, внутреннее кольцо – с головной.

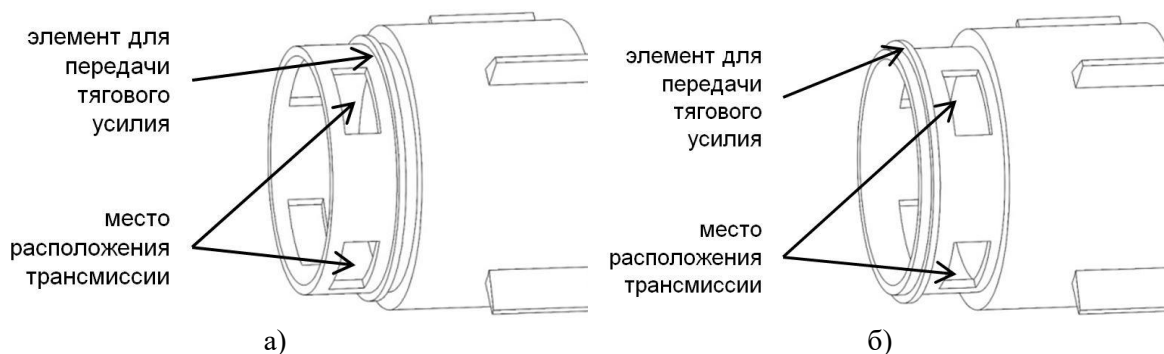


Рис. 3. Варианты компоновочных решений УСС по второму признаку компоновки: а) со стороны забоя сначала располагается трансмиссия, а затем элементы для передачи тягового усилия; б) со стороны забоя сначала располагаются элементы для передачи тягового усилия, а затем трансмиссия.

Таким образом, общее количество вариантов компоновочных решений может быть определено по формуле:

$$K_{\text{компл}} = n_1 \cdot n_2 \cdot \dots \cdot n_i, \quad (1)$$

где n_1, n_2, \dots, n_i – количество вариантов исполнения УСС по разным признакам компоновки.

Принятые компоновочные решения направлены на снижение сопротивления перемещению геохода в геосреде со стороны УСС, а также на снижение деформаций и увеличение жесткости конструкции узла.

На основе полученных компоновочных решений было разработано базовое конструктивное решение УСС с цельными кольцами для передачи тягового усилия (рис. 4).

Узел сопряжения выполнен по принципу подшипника скольжения. Внутреннее кольцо узла сопряжения выполнено заедино с головной секцией, а наружное кольцо является частью стабилизирующей секции. Оба кольца имеют пустотелую конструкцию в виде шпангоутов и стрингеров с внешними и внутренними оболочками (рис. 5).

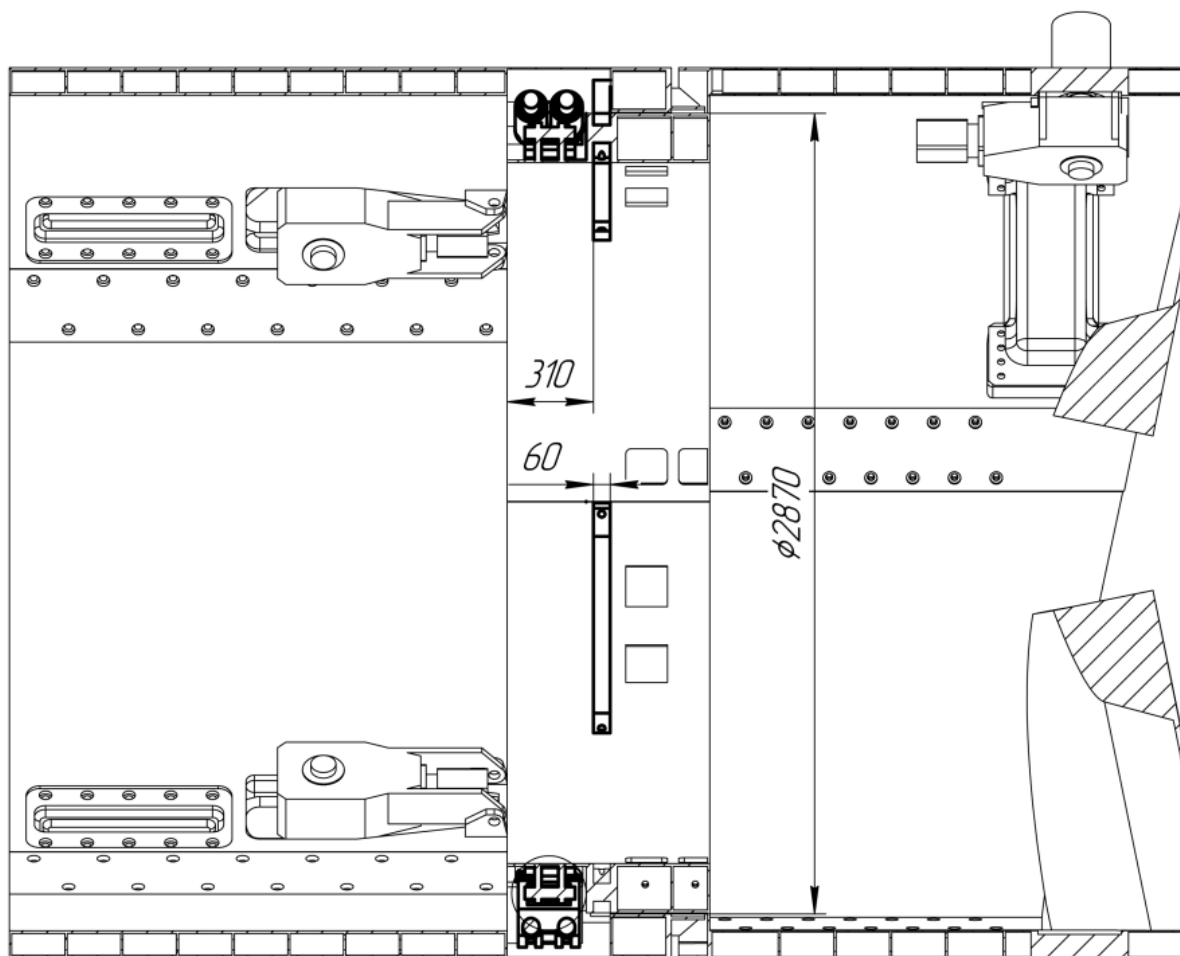


Рис. 4. Конструктивная схема размещения узла сопряжения в геоходе

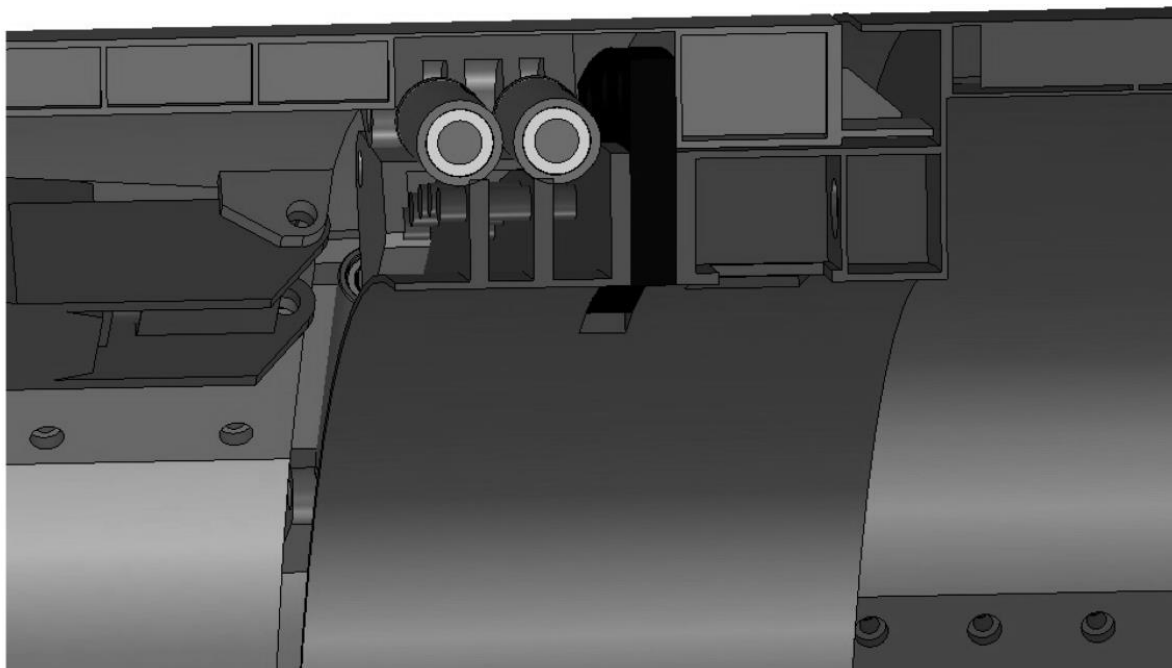


Рис. 5. Конструктивное исполнение колец узла сопряжения



Головная и стабилизирующая секции вместе с УСС представляют собой разборную, состоящую из четырех кольцевых секторов конструкцию. Цилиндрические поверхности сопряжения двух колец имеют антифрикционные накладки. Для передачи тягового усилия от головной секции стабилизирующей служат вставки-сухари (рис. 6).

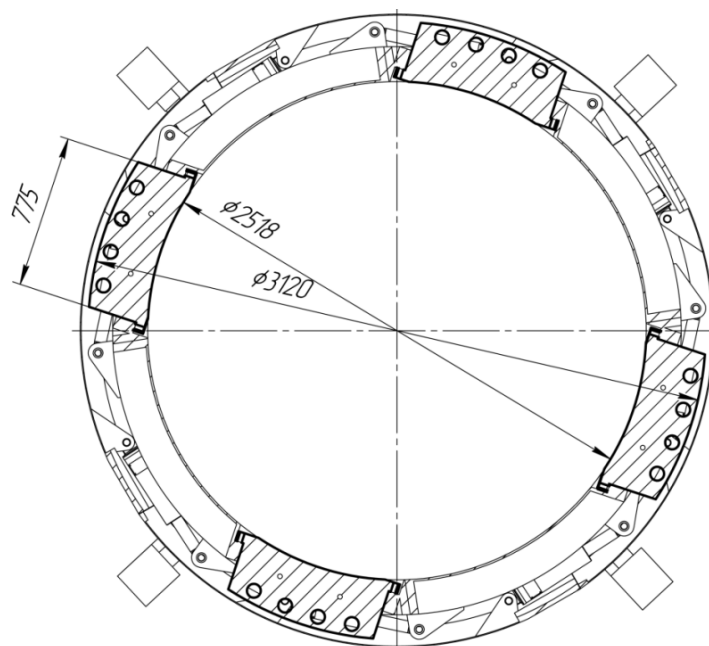


Рис. 6. Схема размещения сухарей в узле сопряжения

Всего сухарей четыре. Они вставлены в соответствующие пазы во внутреннем кольце узла сопряжения, связанном с головной секцией. Плоской поверхностью они опираются в осевом направлении секции на плоскую поверхность наружного кольца, связанного со стабилизирующей секцией геохода.

В результате анализа были выявлены следующие основные недостатки принятого на этапе эскизного проектирования конструктивного решения узла сопряжения:

- сложность механической обработки сопрягающихся поверхностей узла сопряжения секций – так как узел кольца выполняется заедно с головной и, соответственно, стабилизирующей секцией, требуется механическая обработка поверхностей сопряжения собранных секций геохода. Значительные размеры секции, в частности, длина, являются затрудняющим технологическим фактором;
- сложность обеспечения достаточной точности сопрягающихся поверхностей узла сопряжения секций при сборке – так как каждая секция состоит из четырех кольцевых секторов, которые собираются в месте проведения работ, то при сборке могут возникнуть сложности в обеспечении заданных размеров и зазоров в узле сопряжения;
- достаточно протяженная конструкция узла сопряжения, связанная с последовательным размещением вдоль оси секций трансмиссии движителя (гидроцилиндры) и непосредственно узла сопряжения;
- ослабление конструкции головной и стабилизирующей секций на участках стыков с кольцами узла сопряжения, а также на участке размещения трансмиссии вследствие ступенчатых переходов и сложности размещения достаточного количества стрингеров и шпангоутов;
- необходимость повторного изготовления узла сопряжения в случае капитальной переделки или замены головной и стабилизирующей секций или отдельных их секторов.
- затрудненный доступ к элементам трансмиссии движителя в случае ремонта и обслуживания, требующий разборки секций по узлу сопряжения, а также при замене и ремонте антифрикционных накладок узла сопряжения секций;

- неудачное конструктивное исполнение элементов для передачи тягового усилия от головной секции стабилизирующей, выполненное в виде четырех сухарей – так как четыре сухаря образуют четыре крестообразно расположенные локальные площадки контакта с опорной поверхностью (с незначительной площадью), то в случае неизбежного взаимного углового перекоса осей головной и стабилизирующей секций тяговое усилие будет передаваться только одним сухарем, вызывая значительные контактные и изгибающие нагрузки в локальной области размещения этого сухаря.

В связи перечисленными особенностями базового конструктивного решения узла сопряжения секций геохода, а также выявленными недостатками были намечены следующие основные пути усовершенствования:

- необходимо создание модульной конструкции узла сопряжения секций с едиными присоединительными размерами и базовыми поверхностями. При этом упрощается его изготовление и сборка. Возможна замена как узла сопряжения, так и головной и стабилизирующей секций в зависимости от условий работы или по мере необходимых ремонтных и обслуживающих процедур;

- необходимо создание менее протяженной вдоль оси конструкции узла сопряжения с достаточным количеством стрингеров и шпангоутов, так как элементы узла сопряжения непосредственно испытывают реакции и нагрузки от трансмиссии движителя и остальных секций;

- узел сопряжения необходимо объединить с трансмиссией движителя в единый модуль, таким образом, под разные условия работы можно изготавливать различные по силовым характеристикам модули сопряжения с едиными присоединительными размерами.

В ходе решения поставленных задач была разработана конструкция УСС опытного образца геохода (рис. 7).

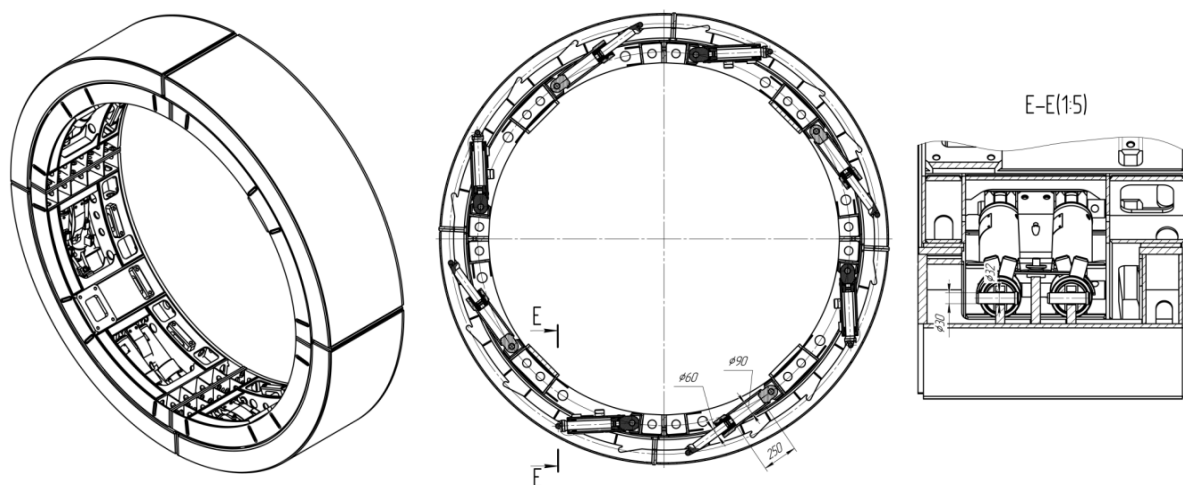


Рис. 7. Виды со сборочного чертежа узла сопряжения секций опытного образца геохода

Узел сопряжения состоит из двух колец, каждое из которых состоит из четырех кольцевых секторов, выполненных в виде шпангоутов, соединенных продольными перегородками. В пространство между наружными шпангоутами размещены по хордам гидроцилиндры трансмиссии движителя. При этом корпуса гидроцилиндров шарнирно закреплены на внутреннем кольце, а их штоки входят в зацепление с пазами на венцах, закрепленных на внутренней цилиндрической поверхности наружного кольца. Цилиндрических поверхностей сопряжения колец теперь две. Они расположены по обе стороны от гидроцилиндров трансмиссии движителя. Для соединения колец с головной и стабилизирующей секциями служат фланцы. Для передачи тягового усилия от головной секции к хвостовой служат двенадцать сухарей, по три на каждый кольцевой сектор.

Далее была проведена проверка прочности силовых элементов УСС геохода при максимальных эксплуатационных нагрузках. В расчете рассмотрены оболочка и внутреннее



кольцо УСС.

При моделировании сжимающей силы от давления горной породы на корпус геохода предполагалось, что горная масса давит на корпус геохода как жесткое тело.

Трехмерные модели элементов УСС геохода были выполнены в программной среде SolidWorks 2010 путем поверхностного моделирования. Конструкция разработанных трехмерных моделей соответствует рабочим чертежам изделия. Разработанные трехмерные модели представлены на рис. 8.

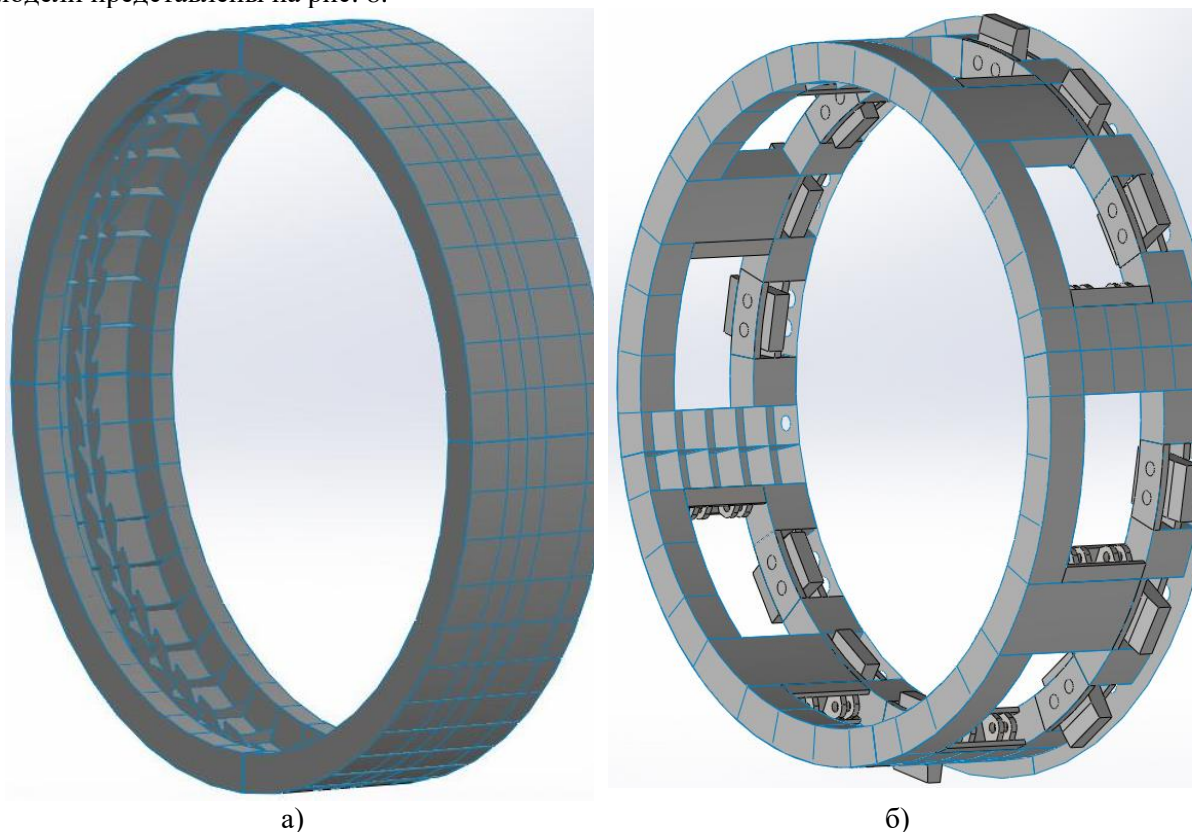


Рис. 8. Трехмерные модели элементов корпуса УСС: а) оболочка УСС, б) внутреннее кольцо УСС в сборе с сухарем

Основные конструктивные параметры корпусных элементов (рис. 9):

- наружный диаметр корпуса $D = 3200$ мм ;
- внутренний диаметр корпуса $d = 3000$ мм ;
- толщина стрингеров $h_c = 8$ мм ;
- толщина шпангоутов $h_s = 8$ мм ;
- толщина наружной обечайки $h_n = 10$ мм ;
- толщина внутренней обечайки $h_v = 6$ мм .

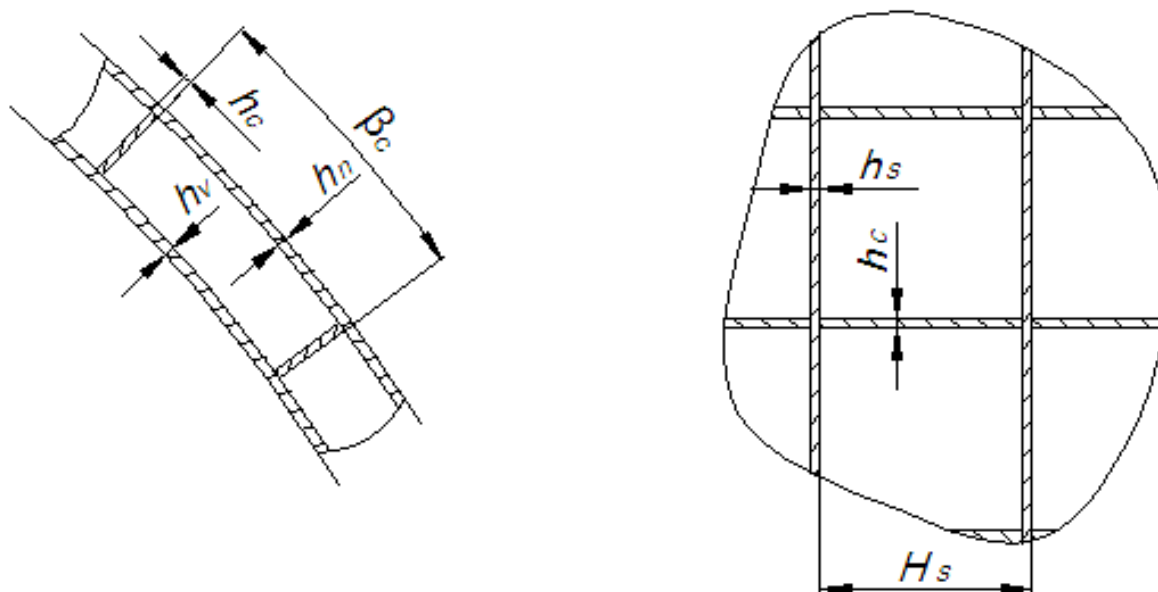


Рис. 9. Основные конструктивные параметры

Для дальнейшей работы было принято решение использовать метод конечных элементов и метод анализа иерархий [21-29].

Исходные значения нагрузок были получены по выражениям, полученным при разработке математической модели взаимодействия геохода с геосредой [14-19]. Схема приложения нагрузок и ограничений на модель внутреннего кольца УСС представлена на рис. 10. На рис. 11 представлена сетка конечных элементов.

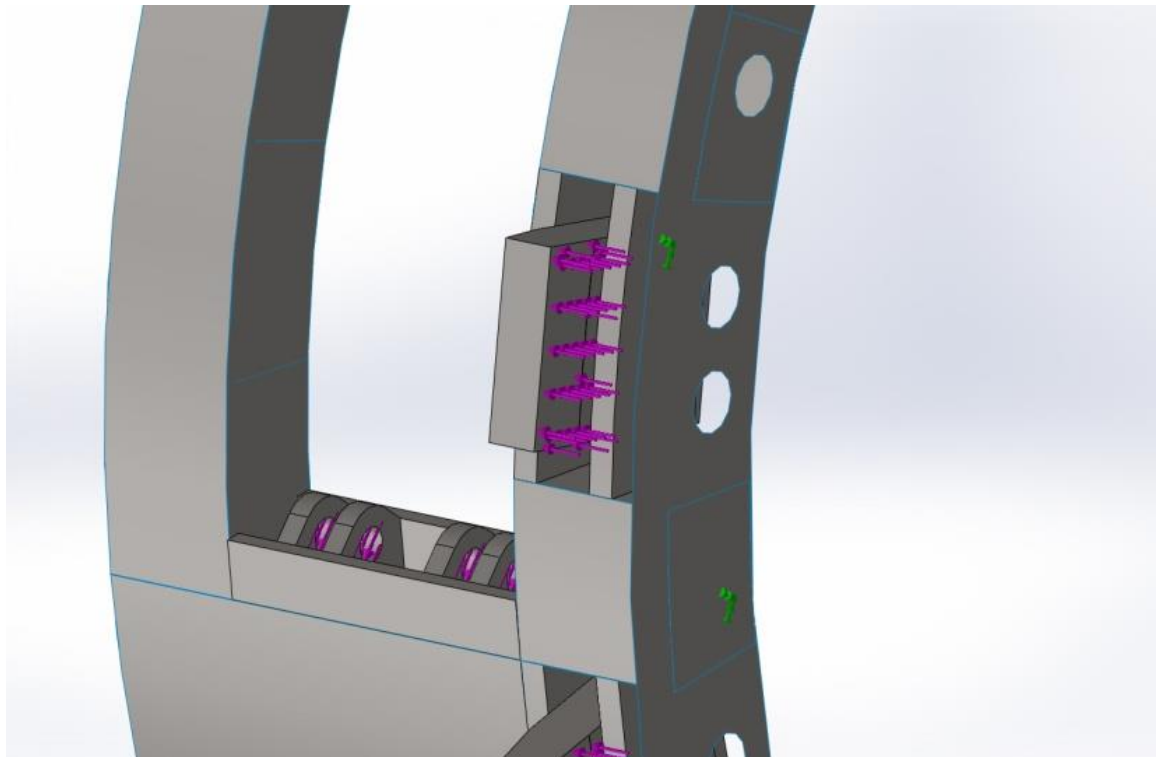
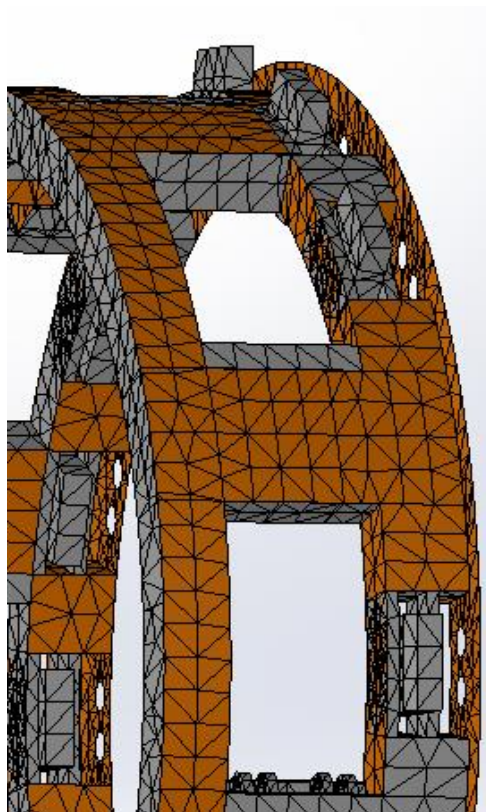


Рис. 10. Схема приложения нагрузок и ограничений на модель внутреннего кольца УСС



размер конечного элемента: 79 мм
количество узлов: 39 755 шт

Рис. 11. Сетка конечных элементов

В ходе выполнения численного эксперимента были получены эпюры напряжений (рис. 12-а) и результирующих перемещений (рис. 12-б).

Как видно из представленных эпюр, напряжения в силовых элементах конструкции геохода не превосходят предел текучести стали 09Г2С $\sigma_T = 325 \text{ МПа}$. При этом коэффициент запаса прочности составляет 2,1, что выше минимальных значений, принятых для горной техники.

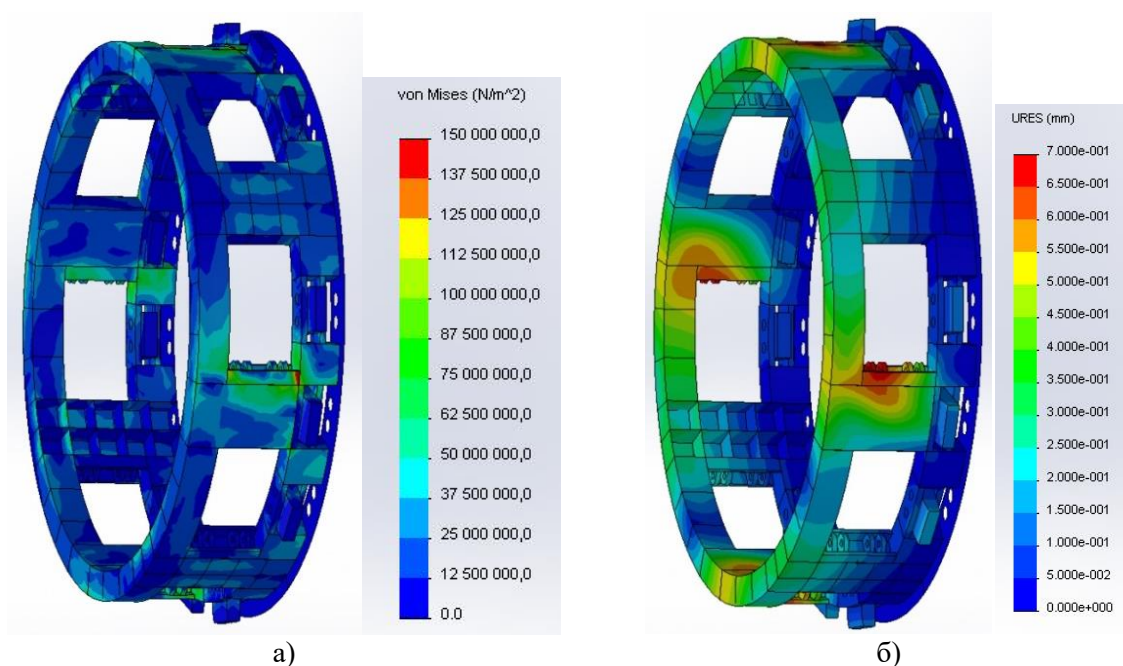


Рис. 12. Эпюры: а) напряжений, б) результирующих перемещений



Приемочные испытания опытного образца показали работоспособность разработанного УСС геохода и соответствие его конструкции предъявленным требованиям [20].

Список источников

1. Аксенов, В.В. Научные основы геовинчестерной технологии проведения горных выработок и создания винтоповоротных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук. Кемерово: ИУУ СО РАН, 2004. – 307 с.
2. Аксенов, В.В. Специфика геохода как предмета производства / В.В. Аксенов, А.В. Вальтер // Научное обозрение. – 2014. – Вып. 8, Ч. 3. – С. 945-950.
3. Вальтер, А.В. Определение величины и характера геометрических погрешностей оболочки модуля сопряжения опытного образца геохода / А.В. Вальтер, В.В. Аксенов, Р.В. Чернухин // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2016. – № 3. – С. 42-47.
4. Вальтер, А.В. Отклонения формы оболочки стабилизирующей секции геохода / А.В. Вальтер, Р.В. Чернухин, А.Н. Капустин // Технологии и материалы. – 2016. – № 1. – С. 4-7.
5. Walter A.V., Chernukhin R.V., Nozirezoda S.S., Borovikov I.F. Research on Geometric Errors of Intermediate Unit Shell of a Geokhod // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2016. – Vol. 127. – Article no. 012017.
6. Вальтер, А.В. Определение погрешности расположения секторов стабилизирующей секции геохода на основе данных координатного контроля / А.В. Вальтер, В.В. Аксенов, В.Ю. Бегляков, П.А. Чазов // Обработка металлов (технология оборудование инструменты). – 2015. – № 4 (69). – С. 31-42.
7. Вальтер, А.В. Варианты обеспечения точности оболочек и собираемости корпусов геохода / А.В. Вальтер, В.В. Аксенов // Механика XXI Веку. – 2015. – № 14. – С. 89-92.
8. Аксенов, В.В. Обеспечение геометрической точности оболочки при сборке секций геохода / В.В. Аксенов, А.В. Вальтер, В.Ю. Бегляков // Обработка металлов (технология оборудование инструменты). – 2014. – № 4 (65). – С. 19-28.
9. Аксенов, В.В. Геоход: задачи, характеристики, перспективы / В.В. Аксенов [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 8 (126). – С. 3-8.
10. Blaschuk M., Dronov A., Koperchuk A., Chernukhin R., Litvinenko V. Kinematic Parameters Of Rotary Transmission With Hydraulic Cylinders // E3S Web of Conferences. – 2017. – Vol. 15. – Article no. 03003.
11. Ефременков А.Б. Разработка научных основ создания систем геохода: дис. ... докт. техн. наук. Юрга: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – 314 с.
12. Блашук, М.Ю. Обоснование параметров трансмиссии геохода с гидроприводом: дис. ... канд. техн. наук. Юрга: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2012. – 155 с.
13. Тимофеев, В.Ю. Обоснование параметров трансмиссии геохода с волновой передачей: дис. ... канд. техн. наук. Юрга: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2012. – 145 с.
14. Ананьев, К.А. Создание исполнительного органа геохода для разрушения пород средней крепости: дис. ... канд. техн. наук. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2016. – 144 с.
15. Ермаков, А.Н. Обоснование параметров законтурных исполнительных органов геоходов для разрушения пород средней крепости: дис. ... канд. техн. наук. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2016. – 158 с.
16. Аксенов, В.В. Использование параметров поверхности взаимодействия исполнительного органа геохода с породой забоя для формирования исходных данных к проектированию разрушающего модуля / В.В. Аксенов, К.А. Ананьев, В.Ю. Бегляков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 2. – С. 56-62.
17. Sadovets V.Y., Beglyakov V.Y., Efremenkova A.B. Simulation of Geokhod Movement with Blade Actuator // Appl. Mech. Mater. – 2015. – Vol. 770. – Pp. 384-390.
18. Blaschuk M.Y., Dronov A.A., Ganovichev S.S. Calculation of Free Interior Dimensions in Geokhod Transmission With Hydraulic Cylinders // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2016. – Vol. 127. – Article no. 012033.
19. Blaschuk M.Y., Dronov A.A., Ganovichev S.S. Calculation of Geometrical Parameters of Geokhod Transmission With Hydraulic Cylinders // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2016. – Vol. 142. – Article no. 012128.
20. Дронов, А.А. Формирование требований к узлу сопряжения секций геохода / А.А. Дронов, М.Ю. Блашук, В.Ю. Тимофеев // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 8 (126). – С. 39-42.



21. Мяченков, В.И. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / В.И. Мяченков, В.И. Мяченков, В.П. Мальцев, В.П. Майборода, В.Б. Петров, А.Н. Фролов. // М.: Машиностроение. – 1989. – 520 с.
22. Александров, В.М. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости. / В.М. Александров, М.И. Чебаков. // М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2004. – 304 с.
23. Александров, В.М. Задачи механики сплошных сред со смешанными граничными условиями. / В.М. Александров, Е.В. Коваленко // М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1986. – 336 с.
24. Калиткин, Н.Н. Численные методы. / Н.Н. Калиткин. // М.: Наука. – 1978. – 236 с.
25. Победря, Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности. / Б.Е. Победря. // М.: Изд-во МГУ. – 1995. – 298 с.
26. Бахвалов, Н.С. Численные методы. / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков // М.: Наука. – 1987. – 315 с.
27. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. / Саати Т. // М.: Радио и связь. – 1993. – 316 с.
28. Саати, Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. Пер с англ. / Т. Саати, науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. // М.: Изд-во ЛКИ. – 2008. – 360 с.
29. Тутыгин, А.Г. Преимущества и недостатки метода анализа иерархий. / А.Г. Тутыгин, В.Б. Коробов // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2010. – № 122. – С. 108–115.

References

1. Aksenov, V.V. Nauchnye osnovy geovinchesternoy tekhnologii provedeniya gornyx vyrabotok i sozdaniya vintopovorotnykh agregatov: dis. ... d-ra tekhn. nauk. Kemerovo: IJU SO RAN, 2004. – 307 s.
2. Aksenov, V.V. Spetsifika geokhoda kak predmeta proizvodstva / V.V. Aksenov, A.V. Val'ter // Nauchnoe obozrenie. – 2014. – Vyp. 8, Ch. 3. – S. 945-950.
3. Val'ter, A.V. Opredelenie velichiny i kharaktera geometricheskikh pogreshnostey obolochki modulya sopryazheniya opytnogo obraztsa geokhoda / A.V. Val'ter, V.V. Aksenov, R.V. Chernukhin // Aktual'nye problemy v mashinostroyeni. – 2016. – № 3. – S. 42-47.
4. Val'ter, A.V. Otkloneniya formy obolochki stabiliziruyushchey seksii geokhoda / A.V. Val'ter, R.V. Chernukhin, A.N. Kapustin // Tekhnologii i materialy. – 2016. – № 1. – S. 4-7.
5. Walter A.V., Chernukhin R.V., Nozirezoda S.S., Borovikov I.F. Research on Geometric Errors of Intermediate Unit Shell of a Geokhod // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2016. – Vol. 127. – Article no. 012017.
6. Val'ter, A.V. Opredelenie pogreshnosti raspolozheniya sektorov stabiliziruyushchey seksii geokhoda na osnove dannykh koordinatnogo kontrolya / A.V. Val'ter, V.V. Aksenov, V.Yu. Beglyakov, P.A. Chazov // Obrabotka metallov (tekhnologiya oborudovanie instrumenty). – 2015. – № 4 (69). – S. 31-42.
7. Val'ter, A.V. Varianty obespecheniya tochnosti obolochek i sobiraemosti korpusov geokhoda / A.V. Val'ter, V.V. Aksenov // Mekhaniki XXI Veku. – 2015. – № 14. – S. 89-92.
8. Aksenov, V.V. Obespechenie geometricheskoy tochnosti obolochki pri sborke seksiy geokhoda / V.V. Aksenov, A.V. Val'ter, V.Yu. Beglyakov // Obrabotka metallov (tekhnologiya oborudovanie instrumenty). – 2014. – № 4 (65). – S. 19-28.
9. Aksenov, V.V. Geokhod: zadachi, kharakteristiki, perspektivy / V.V. Aksenov [i dr.] // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2016. – № 8 (126). – S. 3-8.
10. Blaschuk M., Dronov A., Koperchuk A., Chernukhin R., Litvinenko V. Kinematic Parameters Of Rotary Transmission With Hydraulic Cylinders // E3S Web of Conferences. – 2017. – Vol. 15. – Article no. 03003.
11. Efremenkova A.B. Razrabotka nauchnykh osnov sozdaniya sistem geokhoda: dis. ... dokt. tekhn. nauk. Yurga: Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy politekhnicheskii universitet, 2016. – 314 s.
12. Blashchuk, M.Yu. Obosnovanie parametrov transmissii geokhoda s gidroprivodom: dis. ... kand. tekhn. nauk. Yurga: Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva, 2012. – 155 s.
13. Timofeev, V.Yu. Obosnovanie parametrov transmissii geokhoda s volnovoy peredachey: dis. ... kand. tekhn. nauk. Yurga: Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T. F. Gorbacheva, 2012. – 145 s.
14. Anan'ev, K.A. Sozdanie ispolnitel'nogo organa geokhoda dlya razrusheniya porod sredney kreposti: dis. ... kand. tekhn. nauk. Kemerovo: Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T. F. Gorbacheva, 2016. – 144 s.
15. Ermakov, A.N. Obosnovanie parametrov zakonturnykh ispolnitel'nykh organov geokhodov dlya razrusheniya porod sredney kreposti: dis. ... kand. tekhn. nauk. Kemerovo: Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T. F. Gorbacheva, 2016. – 158 s.



16. Aksenov, V.V. Ispol'zovanie parametrov poverkhnosti vzaimodeystviya ispolnitel'nogo organa geokhoda s porodoy zaboya dlya formirovaniya iskhodnykh dannykh k proektirovaniyu razrushayushchego modulya / V.V. Aksenov, K.A. Anan'ev, V.Yu. Beglyakov // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2012. – № 2. – S. 56-62.
17. Sadovets V.Y., Beglyakov V.Y., Efremkov A.B. Simulation of Geokhod Movement with Blade Actuator // Appl. Mech. Mater. – 2015. – Vol. 770. – Pp. 384-390.
18. Blaschuk M.Y., Dronov A.A., Ganovichev S.S. Calculation of Free Interior Dimensions in Geokhod Transmission With Hydraulic Cylinders // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2016. – Vol. 127. – Article no. 012033.
19. Blaschuk M.Y., Dronov A.A., Ganovichev S.S. Calculation of Geometrical Parameters of Geokhod Transmission With Hydraulic Cylinders // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2016. – Vol. 142. – Article no. 012128.
20. Dronov, A.A. Formirovanie trebovaniy k uzlu sopryazheniya sektsiy geokhoda / A.A. Dronov, M.Yu. Blaschuk, V.Yu. Timofeev // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2016. – № 8 (126). – S. 39-42.
21. Myachenkov, V.I. Raschety mashinostroitel'nykh konstruksiy metodom konechnykh elementov: Spravochnik / V.I. Myachenkov, V.I. Myachenkov, V.P. Mal'tsev, V.P. Mayboroda, V.B. Petrov, A.N. Frolov. // M.: Mashinostroenie. – 1989. – 520 s.
22. Aleksandrov, V.M. Analiticheskie metody v kontaktnykh zadachakh teorii uprugosti. / V.M. Aleksandrov, M.I. Chebakov. // M.: FIZMATLIT. – 2004. – 304 s.
23. Aleksandrov, V.M. Zadachi mekhaniki sploshnykh sred so smeshannymi granichnymi usloviyami. / V.M. Aleksandrov, E.V. Kovalenko // M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit. – 1986. – 336 s.
24. Kalitkin, N.N. Chislennye metody. / N.N. Kalitkin. // M.: Nauka. – 1978. – 236 s.
25. Pobedrya, B.E. Chislennye metody v teorii uprugosti i plastichnosti. / B.E. Pobedrya. // M.: Izd-vo MGU. – 1995. – 298 s.
26. Bakhvalov, N.S. Chislennye metody. / N.S. Bakhvalov, N.P. Zhidkov, G.M. Kobel'kov // M.: Nauka. – 1987. – 315 s.
27. Saati, T. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy. / Saati T. // M.: Radio i svyaz'. – 1993. – 316 s.
28. Saati, T. Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh. Analiticheskie seti. Per s angl. / T. Saati, nauch. red. A.V. Andreychikov, O.N. Andreychikova. // M.: Izd-vo LKI. – 2008. – 360 s.
29. Tutygina, A.G. Preimushchestva i nedostatki metoda analiza ierarkhiy. / A.G. Tutygina, V.B. Korobov // Izvestiya Rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena. – 2010. – № 122. – S. 108-115.

Авторы

Аксенов Владимир Валерьевич,
докт. техн. наук, главный научный сотрудник
e-mail: 55vva42@mail.ru

Научно-исследовательский центр ООО
«Сибирское НПО»,
650000, Россия, г. Кемерово, Советский
проспект, 56

Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН,
650610, Россия, г. Кемерово, Ленинградский, 10

Ефременков Андрей Борисович,
докт. техн. наук, профессор
e-mail: abe@novsu.ru

Новгородский государственный университет им.
Ярослава Мудрого,

Authors

Vladimir V. Aksenov
Dr.Sc. (Tech.), Chief Researcher
e-mail: 55vva42@mail.ru

Scientific and research centre LLC «Siberian
Research and Production Association»
Russian Federation, Kemerovo
56 Sovetsky av., 650000

Institute of Coal, Federal Research Center for Coal
and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences
Russian Federation, Kemerovo
10 Leningradsky prospect, 650610

Andrew B. Efremkov
Dr.Sc. (Tech.), Professor
e-mail: abe@novsu.ru

Yaroslav-the-Wise Novgorod State University,



Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Дронов А.А.
Разработка узла сопряжения секций геохода

DOI: 10.26730/2618-7434-2019-4-67-79

173003, Россия, г. Великий Новгород,
ул. Большая Санкт-Петербургская, 41

Russian Federation, Novgorod region, Veliky
Novgorod
41 B. Peterburgskaya street, 173003

Дронов Антон Анатольевич,
ст. преподаватель
e-mail: aa-dronov@mail.ru

Anton A. Dronov
Senior lecturer
e-mail: aa-dronov@mail.ru

Юргинский технологический институт
Национального исследовательского Томского
политехнического университета, 652061, Россия,
г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Yurga Institute of Technology (Branch)
of National Research Tomsk Polytechnic University,
Russian Federation, Kemerovo region, Yurga
26 Leningradskaya Str., 652050

Библиографическое описание статьи

Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Дронов А.А.
Разработка узла сопряжения секций геохода // *Техника и технология горного дела*. – 2019. – № 4 (7). – С. 67-79.

Cite this article

Aksenov A.V., Efremenkova A.B., Dronov A.A.
Development of a joint unit for sections of the
geokhod, *Journal of mining and geotechnical
engineering*, 4(7):67.