

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-41-46

УДК 681.5:622

ОБЩАЯ СТРУКТУРА И ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОХОДОМ

GENERAL STRUCTURE AND REQUIREMENTS FOR THE GEOKHOD CONTROL SYSTEM

Аксенов Владимир Валерьевич¹,

доктор техн. наук, заведующий лабораторией, e-mail: 55vva42@mail.ru

Aksenov Vladimir V.¹, Dr. Sc., Head of laboratory,

Чичерин Иван Владимирович²,

канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой, e-mail: chicivan@narod.ru

Chicherin Ivan V.², C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Head of Department

¹Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, 650610, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10

¹Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of then Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Leningradskiy pr., Kemerovo, 650610, Russian Federation

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация: В статье приведена общая структура многоуровневой системы управления геоходом. Описан верхний, средний и нижний уровень системы управления. Укрупненно сформулированы задачи, решаемые конкретными подсистемами системы управления геоходом. Сформулированы требования к системе управления геоходом. Сделан вывод об актуальности разработки научнообоснованных подходов для создания систем управления геоходами, а также разработки математических моделей и алгоритмов систем управления геоходами.

Abstract: The article presents the general structure of the multilevel control system of the geokhod. The upper, middle and lower levels of the control system of the geokhod are described. The tasks performed by the particular subsystems of the control system of the geokhod are formulated in a consolidated form. The requirements for the geokhod control system are formulated. The conclusion is made about the relevance of the development of scientifically based approaches to design of the geokhod control system as well as the development of mathematical models and algorithms for the geokhod control systems.

Ключевые слова: горные машины, геоход, геоходная технология, автоматизированная система управления, информационно-управляющая система.

Keywords: mining machines, geokhod, geokhod's technology, automated control system, information control system.

Геоход представляет собой автоматизированную горную проходческую машину нового класса, являющуюся базовым функциональным элементом геовинчестерной технологии [1-5].

Область применения геохода очень широка [6-9]:

- проходка горных выработок различного расположения в пространстве;
- возведение подземных сооружений различного назначения;
- прокладка городских коллекторов;
- строительство магистральных тоннелей метро;
- строительство подземных складов, храни-

лиц, переходов, гаражей;

- ведение аварийно-спасательных работ в залах;

- возведение полевых фортификационных сооружений.

Конструкция геохода построена по модульно-му принципу. Базовыми составляющими геохода являются исполнительный орган, разрушающий забой, головная и хвостовая секции, внешний двигатель [10-15].

Для эффективной работы геохода необходимо четкое взаимодействие всех систем геохода, в том числе, учитывающее изменяющиеся условия внешней геосреды. Для обеспечения такого взаимодействия необходима система управления (СУ),

которая позволит контролировать как отдельные системы, так и геоход в целом.

СУ геоходом имеет сложную, многуровневую структуру, что обусловлено:

- множеством основных и вспомогательных систем геохода, которые взаимодействуют друг с другом;
- множество задач, решаемых при управлении геоходом.

Эти задачи можно разделить на следующие классы:

- 1) управление движением геохода в геосреде;
- 2) повышение эффективности работы геохода;
- 3) позиционирование геохода в пространстве;
- 4) управление вспомогательными системами;
- 5) диагностика состояния геохода;
- 6) взаимодействие системы управления геоходом с оператором.

Задача управления движением геохода, в первом приближении, сводится к задаче управления исполнительными механизмами, основу которых составляют гидроцилиндры и гидромоторы. Гидроцилиндры и гидромоторы приводят в движение исполнительные органы, в результате чего геоход осуществляет перемещение в геосреде [16-18]. Решение этой задачи может быть осуществлено как в ручном, так и автоматическом режимах. В ручном режиме оператор с помощью органов управления включает исполнительные механизмы и меняет параметры их работы для осуществления маневрирования и изменения скорости движения геохода. В автоматическом режиме оператор задает траекторию и скорость движения, а система управления рассчитывает параметры работы исполнительных механизмов и подает на них соответствующие управляющие воздействия.

Задача повышение эффективности работы геохода разделяется на две подзадачи:

- повышение эффективности работы геохода на основе критериев оптимизации;
- повышение эффективности работы геохода на основе использования адаптивных алгоритмов, учитывающих неоднородность геосреды и динамические параметры геохода.

Для решения задачи оптимизации необходимо разработать математические модели и интеллектуальные алгоритмы работы системы управления геоходом, учитывающих взаимосвязь всех его элементов. Эти модели и алгоритмы позволят давать на исполнительные механизмы такие управляющие воздействия, при которых работа геохода будет удовлетворять заданному критерию оптимизации. Критериями оптимизации могут быть энергозатраты геохода на единицу пути, точность траектории движения.

Математические модели для адаптивного

управления должны учитывать неоднородность параметров геосреды (крепость по шкале Протодьяконова, и т. д.) и динамические параметры геохода, которые будут зависеть от скорости, ускорения, направления движения (прямо, вверх, вниз, влево, вправо) геохода [19].

В настоящее время задача ориентации в пространстве наземных объектов эффективно решается с помощью систем глобального позиционирования (ГЛОНАСС, GPS). Однако для геоходов и других горных машин, работающих под землей, использование таких систем невозможно, так как сигналы спутников до них не доходят. В настоящее время в шахтах получили широкое распространение системы позиционирования горнорабочих и транспорта [20]. Работа таких систем основана на регистрации радиометок, которые встроены в шахтные головные светильники горнорабочих и установлены на транспорте. Радиометки фиксируются с помощью считывателей, которые закладываются в специальные скважины, пробуренные на маршруте движения персонала и транспорта. Считыватели по каналам связи передают данные о зарегистрированных метках на сервер сбора данных. Очевидно, что использование таких систем для проходческих машин, в том числе геоходов, невозможно, так как считывали и каналы связи нельзя заранее установить на пути следования машины. Таким образом, разработка системы позиционирования геохода в пространстве является предметом дальнейших исследований. Работа такой системы должна быть основана на сочетании технологий лазерного позиционирования, позиционирования по радиометкам, ориентации с помощью гироскопов и компьютерного моделирования подземного пространства.

Под вспомогательными системами геохода понимаются системы обеспечивающие основной процесс – движение геохода в геосреде. К таким системам можно отнести: энергосиловую установку, транспортный модуль, систему освещения. Задача управления этими принципиально различными системами также должна решаться системой управления геоходом.

Тяжелые условия эксплуатации геохода, а также высокий уровень динамических нагрузок предопределяет особые требования к его надежности. Одним из важных факторов повышения надежности в условиях эксплуатации является техническое диагностирование. Система управления геохода должна включать диагностическую подсистему, выполняющую контроль технического состояния путем измерения и индикации параметров элементов геохода, устройств автоматики, электрических и гидравлических систем, систем смазки, подшипниковых узлов и т.д.

Основными техническими средствами для осуществления взаимодействия системы управления геоходом с оператором являются пульт управ-

ления и устройство отображения информации. С помощью пульта управления оператор подает управляющие воздействия на подсистемы, исполнительные механизмы и устройства геохода работающего в ручном, полуавтоматическом (автоматизированном) или автоматическом режимах. В полуавтоматическом режиме необходимо решить задачу четкого разделения функций управления между оператором и устройством управления. Устройство отображения информации (монитор) позволяет оператору в режиме реального времени и ретроспективно отслеживать состояние процессов и элементов, наличие аварийных ситуаций, результаты работы системы диагностирования. Также возможна реализация дополнительного звукового и светового оповещения оператора, например для сигнализации аварийных ситуаций. Задача системы управления заключается в представлении оператору необходимой информации.

С учетом сложности и многообразия сформированных задач, решаемых при управлении геоходом, а также с учетом сложной структуры конструкции геохода, состоящего из множества взаимосвязанных систем, была разработана общая структура многоуровневой системы управления геоходом, которая представлена на рис. 1.

Система управления верхнего уровня представляет собой информационно-управляющую систему, которая решает задачи координации работы нижестоящих подсистем, обмена информации между этими подсистемами, а также взаимодействия системы управления геоходом с оператором.

Средний уровень системы управления представлен подсистемами управления приводами, вспомогательными системами, диагностики состояния и ориентации геохода в пространстве.

Подсистемы управления приводами решают задачи автоматического управления исполнительными механизмами систем геохода, обеспечивающих перемещение геохода в изменяющейся геосреде, с учетом заданных критериев оптимизации. Описание задач других подсистем среднего уровня приведены выше.

Нижний уровень представлен подсистемами управления конкретными приводами основных (исполнительного органа, головной и хвостовой секциями, внешнего двигателя) и вспомогательных (энергосиловой установкой, транспортным модулем) систем.

В работе [21] описаны требования к основным системам геохода. Автоматизированная СУ, как неотъемлемая часть структуры геохода также нуждается в формировании требований.

Формирование требований к автоматизированной системе, согласно ГОСТ 34.601-90 [22], является первой стадией создания автоматизированных систем, включая автоматизированные СУ. Для каждой из подсистем СУ геоходом нужно сформировать свои требования, которые должны быть описаны отдельно. Однако можно выделить общие требования, которые будут характерны для всех подсистем СУ геоходом.

Среди таких требований можно выделить следующие.

1. Учёт тяжёлых условий эксплуатации



Рис. 1. Общая структура системы управления геоходом
Tabl.1. General structure of the geokhod control system

(высокая влажность, наличие угольной пыли, метана др.), а также соответствие требованиям «Правил безопасности в угольных шахтах», нормативам по безопасности забойных машин, комплексов и агрегатов, а также требованиям ГОСТ Р 51330.0-99, ГОСТ Р 51330.10-99, ГОСТ Р 51330.20-99.

2. Работа в реальном масштабе времени. Система должна быстро реагировать на внешние воздействия: производить сбор данных, выполнять их обработку по заданным алгоритмам и формировать управляющие воздействия, за время, которое обеспечивает выполнение поставленной задачи. Для каждой из подсистем СУ геоходом необходимо обосновать время выполнения заданных функций, что в итоге позволит синхронизировать работу всех систем геохода.

3. Наличие разных режимов управления. Возможность работы в режиме ручного управления, в автоматическом режиме по заданной программе, режиме удалённого управления с поверхности и т.д.

4. Преимущественно программная реализация системы (программная конфигурируемость). Большая часть функциональности СУ должно быть реализовано программным способом. Перенастройка системы осуществляется за счёт изменения программных, а не аппаратных средств.

5. Адаптивность. Приспособление к условиям (горно-геологические условия, и др.) использование методов адаптации и самообучения (интеллектуальные алгоритмы, нейронные сети, нечеткие множества и др.).

6. Использование открытых спецификаций. Использование продукции разработчиков аппаратных и программных средств, использующих открытые спецификации, позволит не зависеть от конкретных технических и программных средств или продуктов, отдельных производителей.

7. Надежность. Геоход эксплуатируется

в тяжелых условиях, поэтому ко всем системам геохода, включая СУ предъявляются повышенные требования к надежности. Для конкретных подсистем СУ управления необходимо выработать свою систему показателей надежности.

8. Точность. Для каждой из подсистем СУ геоходом указываются требования к необходимой точности выполнения заданных функций, обусловленные техническими характеристиками оборудования геохода и точностью математического обеспечения.

9. Достоверность. Различные элементы СУ геоходом могут находиться друг от друга на значительном расстоянии и обмен информацией может осуществляться с использованием проводных и беспроводных технологий. Поэтому для подсистем СУ геоходом указываются требования к достоверности операций передачи, обработки и сохранения информации.

10. Компактность. В отличии от традиционных горных машин, к геоходу предъявляются требования к снижению массогабаритных характеристик. Поэтому при разработке всех систем геохода, включая СУ необходимо стремиться к уменьшению веса и геометрических размеров.

11. Выводы.

12. Приведенное описание задач и общая структура системы управления позволяет сделать вывод о том, что задачи, решаемые системой управления геоходом, сложны и многообразны. Однако в настоящее время отсутствуют научно-обоснованные подходы для разработки, математические модели и алгоритмы систем управления геоходами. Это сдерживает создание геоходов, обладающих принципиально новыми характеристиками. Поэтому исследования, направленные на решение этих задач являются актуальными. Сформулированные требования необходимы для определения возможных направлений разработки СУ геоходом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aksenov V., Sadovets V., Rezanova E., Pashkov D. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on cutting forces // E3S Web of Conferences. – 2017. – Т. 15. – С. 03015.
2. Садовец В.Ю., Аксенов В.В. Ножевые исполнительные органы геоходов. Обоснование конструктивных и силовых параметров. – Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 141 с.
3. Chernukhin R.V., Dronov A.A., Blashchuk M.Y., IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 91, 012086 (2015)
4. A.B. Efremenkov, 6th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2011): Proceedings: in 2 vol. IEEE, 1, 348 (2011).
5. V.Y. Begljakov, V.Y. Timofeev, M.V. Dokhnenko, Applied Mechanics and Materials, 682, 282 (2014).
6. Brierley G., Smith Y. Going under? How about urban design build! // World Tunnel. And subsurface Excav. – 1998. – № 9.
7. J.Carmody, R.Sterling. Underground space design. Coopiright by V.N.Reinhold, New York, 1993, Library of Congress Catalog Card Number 92-33460 ISBN 0442- 01383-3.
8. Wighman T. Think deeps – go underground // ENR: News – Rec. – 1998. – № 4.

9. Nishi S., Seiki T. Planning and design of underground space use. // Mem. Sch. Eng. Nagoya Univ. – 1997. – № 1.
10. M.Y. Blashchuk, A.A. Kazantsev, R.V. Chernukhin, Applied Mechanics and Materials, 682, 418 (2014)
11. M.Y. Blaschuk, A.A. Dronov, S.S. Ganovichev, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 127, 012033 (2016).
12. Садовец В. Ю. Влияние параметров образующей геликоида на форму ножевого исполнительного органа геохода / В. Ю. Садовец, Д. А. Пашков // Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016», 23-24 ноября 2016 г. – Кемерово, 2016.
13. Ефременков А. Б. Разработка научных основ создания систем геохода: дис. д-ра техн. наук. – Кемерово, 2016. – 314 с.
14. Бегляков В.Ю., Аксенов В.В. Поверхность забоя при проходке горной выработки геоходом. Обоснование параметров поверхности взаимодействия исполнительного органа геохода с породой забоя. – Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 139 с.
15. R.V. Chernukhin, M.Y. Blaschuk, V.Yu. Blumenstein, P.A. Chazov, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 142, 012003 (2016).
16. V.Y. Sadovets, V.Y. Beglyakov, A.B. Efremenkov, Applied Mechanics and Materials, 770, 384 (2015).
17. Ананьев К. А. Создание исполнительного органа геохода для разрушения пород средней крепости: дис. канд. техн. наук. – Кемерово, 2016. – 145 с.
18. Аксенов В. В. Обоснование необходимости разработки унифицированной математической модели геохода / В. В. Аксенов, В. Ю. Бегляков, С. И. Гановичев // Технологии и материалы. – 2015. – № 3. – С. 9-13.
19. Благодарный, А. И. Автоматизированная система наблюдения, оповещения и поиска персонала при авариях в шахтах / А. И. Благодарный, О. З. Гусев, С. С. Журавлев, А. С. Зензин, Е. П. Золотухин, Л. С. Каратышева, В. В. Колодей, Э. Г. Михальцов, Г. П., Чейдо, Р. А. Шакиров, С. Р. Шакиров // Горная промышленность. – 2009. – № 1. – С. 34-38.
20. Аксенов В. В., Ефременков А. Б., Садовец В. Ю., Тимофеев В. Ю., Бегляков В. Ю., Блащук М. Ю. Формирование требований к основным системам геохода // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Москва: Горная книга, 2009. – № 12. – С. 107-118.
21. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания [Текст]. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1990.

REFERENCES

1. Aksenov V., Sadovets V., Rezanova E., Pashkov D. Impact of the number of blades of the geokhod cutting body on cutting forces // E3S Web of Conferences. 2017. T. 15. C. 03015.
2. Sadovets V.Yu., Aksenov V.V. Nozhevye ispolnitel'nye organy geokhodov. Obosnovanie konstruktivnykh i silovykh parametrov [The blade of the executive body of geokhod. Substantiation of constructive and force parameters] – Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 141 p.
3. Chernukhin R.V., Dronov A.A., Blashchuk M.Y., IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 91, 012086 (2015)
4. A.B. Efremenkov, 6th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2011): Proceedings: in 2 vol. IEEE, 1, 348 (2011).
5. V.Yu. Timofeev, V.Yu. Beglyakov, M.V. Dokhnenko, Applied Mechanics and Materials, 682, 282 (2014)
6. Brierley G., Smith Y. Going under? How about urban design build! // World Tunnel. And subsurface Excav. – 1998. – № 9.
7. J.Carmody, R.Sterling. Underground space design. Coopiright by V.N.Reinhold, New York, 1993, Library of Congress Catalog Card Number 92-33460 ISBN 0442- 01383-3.
8. Wighman T. Think deeps – go underground // ENR: News Rec. 1998. № 4.
9. Nishi S., Seiki T. Planning and design of underground space use. // Mem. Sch. Eng. Nagoya Univ. 1997. № 1.
10. M.Y. Blashchuk, A.A. Kazantsev, R.V. Chernukhin, Applied Mechanics and Materials, 682, 418 (2014)
11. M.Y. Blaschuk, A.A. Dronov, S.S. Ganovichev, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 127, 012033 (2016).
12. Sadovec V. Ju. Vlijanie parametrov obrazujushhej gelikoida na formu nozhevogo ispolnitel'nogo organa geohoda [Influence of parameters of the helix forming the shape of the blade of the executive body of geokhod] / V. Ju. Sadovec, D. A. Pashkov Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri. Sibresurs 2016», 23-24 nojabrja 2016 g. [The collection of materials of XVI International scientific-practical conference "Natural and intellectual resources of Siberia. Sibresurs 2016" on November 23-24, 2016] Kemerovo, 2016.

13. Efremenkov A. B. Razrabotka nauchnyh osnov sozdaniya sistem geohoda [Development of scientific bases for creating of geokhod systems]: dis. d-ra tehn. nauk. Kemerovo, 2016. 314 p.
14. Beglyakov V.Yu., Aksenov V.V. Poverhnost' zaboya pri prokhodke gornoj vyrabotki geokhodom. Obosnovanie parametrov poverhnosti vzaimodeystviya ispolnitel'nogo organa geokhoda s porodoy zaboya [The surface of face with the excavation of the geokhod. Substantiation of the parameters of the surface interaction of the Executive body of geokhod with rock face] – Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 139 p.
15. R.V. Chernukhin, M.Y. Blaschuk, V.Yu. Blumenstein, P.A. Chazov, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 142, 012003 (2016).
16. V.Y. Sadovets, V.Y. Beglyakov, A.B. Efremenkov, Applied Mechanics and Materials, 770, 384 (2015).
17. Anan'ev K. A. Sozdanie ispolnitel'nogo organa geohoda dlja razrushenija porod srednej kreposti [The creation of the executive body of geokhod for the destruction of medium strength rocks]: dis. kand. tehn. nauk. Kemerovo, 2016. 145 p.
18. V. V. Aksenov, V. Ju. Begljakov, S. I. Ganovichev Obosnovanie neobhodimosti razrabotki unificirovannoj matematicheskoy modeli geohoda [Substantiation of necessity of unified mathematical models of geokhod] / // Tehnologii i materialy [Technology and materials]. 2015. № 3. p. 9-13.
19. Blagodarnyj A. I. Avtomatizirovannaja sistema nabлюдения, оповещения и поиска персонала при авариях в шахтах [Automated monitoring, alerting and search staff in case of accidents in mines] / A. I. Blagodarnyj, O. Z. Gusev, S. S. Zhuravljov, A. S. Zenzin, E. P. Zolotuhin, L. S. Karatysheva, V. V. Kolodej, Je. G. Mihal'cov, G. P., Chejdo, R. A. Shakirov, S. R. Shakirov // Gornaja promyshlennost' [Mining]. 2009. № 1. p. 34-38.
20. V. V. Aksenov, A. B. Efremenkov, V. Ju. Sadovec, V. Ju. Timofeev, V. Ju. Begljakov, M. Ju. Blashhuk. Formirovanie trebovaniy k osnovnym sistemam geohoda [Development requirements for the basic systems of geokhod] /. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) [Mining information-analytical Bulletin (scientific and technical journal)]. Moskva: Gornaja kniga, 2009. № 12. p. 107-118.
21. GOST 34.601-90 Informacionnaja tehnologija. Kompleks standartov na avtomatizirovannye sistemy. Avtomatizirovannye sistemy. Stadii sozdanija [GOST 34.601-90 Information technology. A set of standards for automated systems. Automated systems. Stages of creation.] [Tekst]. – Moskva: IPK Izd-vo standartov, 1990.

Поступило в редакцию 15.11.2017

Received 15.11.2017