

ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ РОБОТОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Верховский М.И.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: горнопроходческие роботы, проходка узких выработок, шахтная робототехника, буровое оборудование, горная промышленность.

Аннотация. В работе представлен исторический обзор патентов в области горнопроходческих роботов для проходки узких выработок за период с 1984 по 2023 год. Рассматриваются отечественные и зарубежные разработки: от советских буровых устройств с управляемым направлением проходки до современных модульных робототехнических систем. Проведён сравнительный анализ конструктивных решений змееподобных и гусеничных роботов, систем их перемещения и буровых секций. Выявлены ограничения существующих конструкций при работе в условиях твёрдых пород и повышенной запылённости.

AN OVERVIEW OF WELL-KNOWN MINING ROBOTS FOR DRILLING BOREHOLES

Verkhovskiy M.I.

Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: mining robots, narrow drift driving, underground robotics, drilling equipment, mining industry

Abstract. The paper presents a historical overview of patents in the field of mining robots for narrow drift driving, covering the period from 1984 to 2023. Both domestic and foreign developments are examined: from Soviet drilling devices with steerable boring direction to modern modular robotic systems. A comparative analysis of structural solutions for snake-like and tracked robots, their locomotion systems, and drilling sections is carried out. Limitations of existing designs for operation in hard rock conditions and high dust environments are identified.

В горной отрасли спасение рабочих из-под завалов всегда являлось приоритетным направлением. Для поиска пострадавших создавались поисковые системы, например – «Горизонт-поиск». Эта программа позволяет в режиме реального времени отслеживать положение рабочих в шахте, тем самым увеличивая шансы на их обнаружение в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Несмотря на существование продвинутых поисковых систем, оборудование, применяемое для спасения людей, осталось практически неизменным.

Разработка горнопроходческого оборудования, позволяющего управлять направлением бурения, началась ещё в 80-ые годы 20 века. В своём патенте «Устройство для образования горизонтальных и наклонных скважин в грунте», вышедшем в 1984 году, Минаев В.И., Березин В.Л. и Виноградов А.Н. предложили устройство, способное не только прокладывать тоннели в мягких слоях пород, но и укреплять их посредством облицовки стенок тоннеля дополнительным слоем бетона [1]. Несмотря на то, что подобную разработку нельзя назвать полностью

автоматизированным комплексом, направленным на спасение человеческих жизней, идея, предложенная авторами, нашла применение при разработке горнопроходческих роботов.

Так, уже в 1995 году Дворников Л.Т., Шапошников И.Д. и Гришин П.Г. предложили свой взгляд на создание автоматизированной горнопроходческой установки – проходческого робота [2]. Согласно задумке авторов, разработка должна была позволить значительно расширить перечень буровых операций за счёт получения возможности бурения криволинейных скважин малого диаметра.

На момент написания обзора в открытых русскоязычных источниках отсутствуют более поздние упоминания горнопроходческих роботов, ориентированных на поиск и спасение рабочих, попавших под завалы. Поэтому обратимся к англоязычным источникам.

Цао Чжэнцай с соавторами является одним из первых авторов, описавших модульную конструкцию змееобразного поискового робота. Его конструкция и механизм поворота представлены на рисунках 1 и 2. Уже в 2016 году, авторы предложили концепцию «поисково-спасательного робота, чей механизм имитирует поведение змеи» [3]. Задумка авторов была следующей: представить гибкого и адаптивного змееподобного робота, чей механизм включает в себя два омни-направленных колеса, за счёт которого и происходит движение. Кроме того, по словам Цао Чжэнцая, предложенная конструкция имеет 4 степени свободы.



Рис. 1. Конструкция змееподобного поискового робота

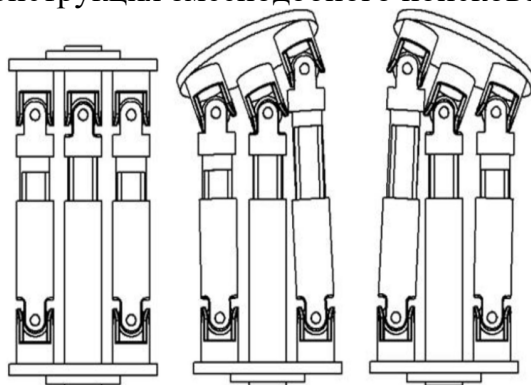


Рис. 2. Механизм поворота

Несмотря на ряд преимуществ данной компоновки, из-за отсутствия данных о проведённых испытаниях выносливость конструкции и её пригодность для выполнения поисковых работ в шахтных условиях с повышенной запылённостью может быть поставлена под сомнение.

Идейными продолжителями темы поисково-спасательных роботов является Ван Сяюй и Лю Кеке. В своём патенте «Земноводный змеевидный робот», они продолжили идею Цао Чжэнцая и улучшили предложенную им конструкцию, изменив механизм поворота конструкции робота, добавили на этот элемент защитный демпфер, а также снабдили устройство полноценной буровой секцией, показанной на рисунке 4 [4].

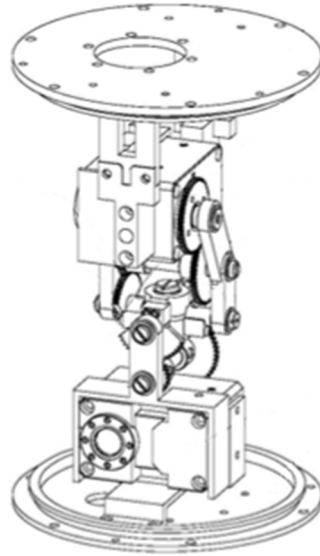


Рис. 3. Механизм поворота

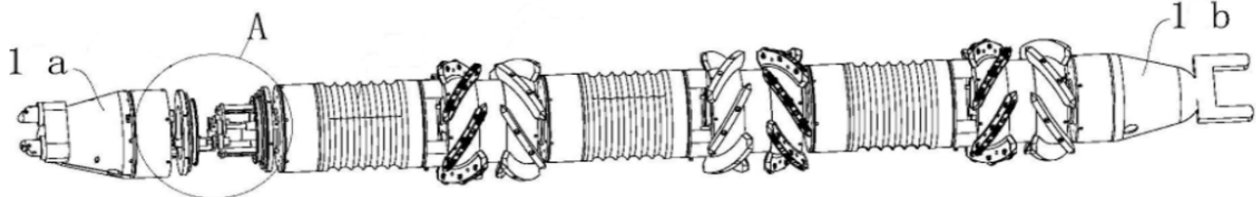


Рис. 4. Конструкция предложенной доработки, где: 1a – буровая секция робота (голова), 1b – концевая секция робота, А – устройство поворота робота

Как можно увидеть из представленных выше изображений, конструкция робота значительно доработана: появилась секция для прохода сквозь мягкие слои пород, заметно улучшилась гибкость конструкции (благодаря механизированному механизму поворота), кроме того, повысилась потенциальная надёжность благодаря добавлению демпфирующих элементов, предотвращающих попадание почвы внутрь конструкции.

В патентах Цао Чжэнцая и Ван Сяюйя авторы предлагают концепцию перемещения посредством омни-колёс, выполняющих роль винтов для гребли сквозь мягкую породу. Подобное решение может быть не применимо при работе с твёрдыми породами. Концепция гусеничного горнопроходческого робота была представлена Лю Сюньтао. Автор предлагает следующую концепцию: роль буровой секции исполняет коническое сверло, а перемещение осуществляется гусеничной тягой [5]. Конструкция показана на рисунке 5.

Предложенная Лю Сюньтао конструкция имеет большее количество преимуществ в сравнении с патентами, представленными ранее: это и возможность проведения буровых работ в заполненных водой шахтах, и буровая секция, снабжённая камерой, и робо-рука, способная очистить тоннель от завала.

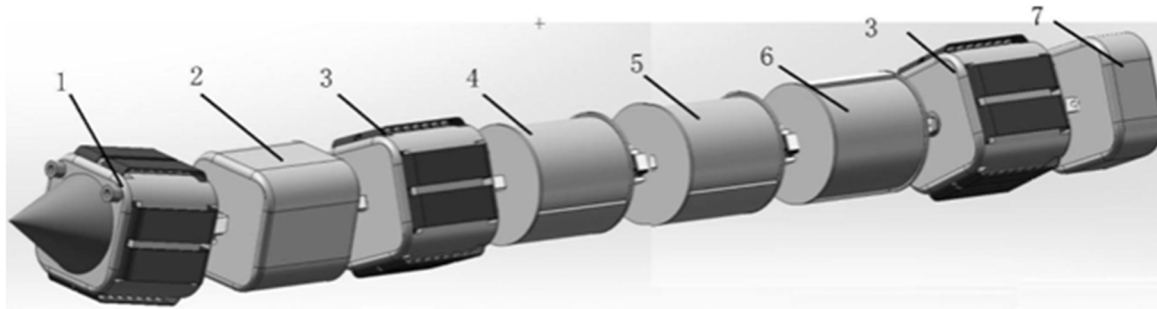


Рис. 5. Конструкция горнопроходческого робота: 1 – буровая секция, 2 – механизированная кабина для прохода через препятствия, 3 – секция для движения и поворота, 4 – секция – рабочая рука для чистки тоннеля, 5 – секция, хранящая материалы, необходимые для спасения пострадавших, 6 – секция связи, 7 – секция для перемещения робота под водой

Дата выхода двух последних патентов – 2023 год, что лишь подчёркивает актуальность и перспективность направления разработки поисково-спасательных горнопроходческих роботов.

Список литературы

1. А.с. №1127951 СССР. Устройство для образования горизонтальных и наклонных скважин в грунте / В.И. Минаев, В.Л. Березин, А.Н. Виноградов. – Заявка №3581757 от 18.03.1983; опубл. 07.12.1984.
2. А.с. №1621582 СССР. Проходческий робот / Л.Т. Дворников, И.Д. Шапошников, П.Г. Гришин. – Заявка №4482475 от 15.09.1988; опубл. 10.10.1995.
3. Patent No. CN106272542B China. Search and rescue snake-like robot / Cao Zhengcai, Zhang Dong, Li Meng, Xiao Qing, Zhao Limei. – App. No. CN201610844729.6A from 22.09.2016; publ. 29.01.2019.
4. Patent No. CN116278552A China. Amphibious snake-like robot / Wang Xiaoyu, Liu Keke. – App. No. CN202310526172.1A from 10.05.2023; publ. 23.06.2023.
5. Patent No. CN117124306A China. Mining robot with tracked locomotion and drilling section / Liu Xuntao, Liu Anzhuo, Li Xuehui, Liu Yongrui, Li Zongjun, Geng Zhijun. – App. No. CN202311055799.XA from 22.08.2023; publ. 28.11.2023.

Сведения об авторе:

Верховский Михаил Игоревич – аспирант.