

Создание многозвенного поисково-спасательного робота для аварийных шахт

Creation of the multiple-link search-and-rescue robot for emergency coal mines

А.А. Кошурина¹, В.Е. Гай², Р.А. Дорофеев³, Е.М. Хапилов⁴, С.С. Бобко⁵

A.A. Koshurina¹, V.E. Gai², R.A. Dorofeev³, E.M. Hapilov⁴, S.S. Bobko⁵

¹*allakoshurina@yandex.ru*, ²*iamuser@inbox.ru*, ³*blonde-o@yandex.ru*,
⁴*evgen.ref12@gmail.com*, ⁵*d.o.o.m.e.r@mail.ru*, телефон 8(831)2010418

Аннотация

В статье освещается проблема безопасного проведения поисково-спасательных работ в условиях аварийных шахт. В качестве решения проблемы предлагается многозвенное робототехническое средство с роторно-винтовым движителем. Работа включает в себя описание конструкции созданного ходового макета роботизированной платформы и устройства системы дистанционного управления. Авторами приводятся результаты полевых испытаний ходового макета, а также планируемые доработки и перспективы проекта.

Abstract

The article highlights the problem of safe conducting of search-and-rescue operations in emergency coal mines. As a solution of the problem, the multiple-link robot with rotary-screw mover is proposed. The work includes the description of the construction of the created experimental model of the platform and the configuration of the remote control system. The authors give the results of running tests of the experimental model and plans of the model modifying.

Ключевые слова: аварийная шахта, спасение, чрезвычайная ситуация, система дистанционного управления, безлюдные технологии, техническое зрение, многозвенный робот, роторно-винтовой движитель.

Keywords: emergency coal mine, rescue, emergency situation, remote control system, unmanned technologies, technical vision, multi-joint robot, rotary-screw mover.

Введение

При возникновении аварии в шахте осуществить спасение людей из аварийных участков становится проблематичным из-за образования завалов, температурного и химического воздействия на человека и сопутствующих факторов [1]. Причем опасность одинаково грозит как блокированным шахтерам, так и спасателям.

Ключевой целью представляемого проекта является минимизация степени риска для спасателей при проведении разведывательных, поисковых и спасательных операций в шахтах. Заявленная цель может быть достигнута за счет использования технических средств, создаваемых с применением безлюдных технологий [2]. Поэтому в качестве решения проблемы проведения безопасных и эффективных поисково-спасательных операций в аварийных шахтах предлагается подземное многозвенное робототехническое средство с роторно-винтовым двигателем. Потенциальными потребителями робототехнического средства могут быть аварийно-спасательные службы, службы ГО и ЧС.

Концепция многозвенного поисково-спасательного робота для аварийных шахт

Многозвенный поисково-спасательный робот для аварийных шахт представляет из себя платформу, состоящую из трех или более сочлененных модулей с роторно-винтовым двигателем (рисунок 1).



Рисунок 1— Концептуальный облик многозвенного поисково-спасательного робота для аварийных шахт

На рисунке 2 показана концептуальная схема робота.

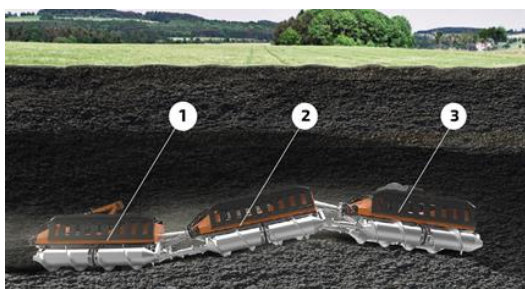


Рисунок 2 – Концептуальная схема многозвенного поисково-спасательного робота для аварийных шахт

Каждый модуль отвечает за выполнение определенной задачи:

- первый модуль (поз. 1) осуществляет отбор проб грунта в зоне проведения работ при помощи пробоотборника, а также визуальное и приборное нахождение очагов горения при помощи тепловизора с лазерным дальномером;
- второй модуль (поз. 2) несет на себе оборудование для проведения постоянного газово-химического контроля в зоне работ, а также дополнительные аккумуляторные батареи;
- третий модуль (поз. 3) несет на себе катушку с кабелем системы дистанционного управления. Катушка оснащена индивидуальным приводом, осуществляющим сматывание/разматывание кабеля, для минимизации сопротивления движения робототехнического средства;
- дополнительные модули (не показаны) могут оснащаться дополнительным оборудованием или же дублировать функции первых трех модулей, повышая общий уровень живучести робототехнического средства.

Каждый модуль оснащается несколькими камерами для осуществления кругового обзора и непрерывного мониторинга обстановки в зоне работ. Между собой модули соединены посредством узла активного сочленения, имеющего 6 степеней свободы и несколько режимов работы. Подобный подход позволит повысить живучесть робота, а также повысит уровень проходимости, т.к. многозвенные транспортные средства имеют преимущество в плане проходимости перед одиночными транспортными средствами [3].

Ходовой макет

Для отработки систем дистанционного управления и технического зрения, апробации принятых технических решений, был разработан и изготовлен ходовой макет одного звена подземного многозвенного робота (рисунок 3).



Рисунок 3 – Внешний вид ходового макета звена робототехнического средства

Конструкция ходового макет позволяет оснастить его несколькими камерами, а также датчиками контроля состояния окружающей среды (температура, влажность, загазованность и т.д.). Конструкция позволяет устанавливать на макет роторно-винтовые движители с различной конфигурацией, выполненные из различных материалов (сталь, пластик, резина) (рисунок 4).



Рисунок 4 – Макет с накладками на движитель, выполненными из различных материалов. Пластик (слева), резина (справа)

На рисунке 5 показано устройство ходового макета.



Рисунок 5 – Устройство ходового макета

Где: 1– движители; 2 – корпус; 3 – мотор-редуктор; 4 – модуль управления электромоторами; 5 – модуль связи; 6 – аккумуляторы; 7, 8 – камеры.

Краткие технические характеристики ходового макета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Краткие технические характеристики ходового макета

Размеры (ДхШхВ), мм	700х650х180/250
Масса, кг	16
Тип и материал движителя	роторно-винтовой, ABS пластик
Клиренс, мм	45/115
Материал корпуса	стеклопластик
Управление ходовым макетом	Беспроводное, радиоканал
Электродвигатель	Коллекторный, 25Нм

Трансмиссия	Двухступенчатый планетарный редуктор
Тип и емкость АКБ	Li-Ion, 6.6Ач
Техническое зрение	Две RGB IP камеры

Система управления

На рисунке 6 схематически показана система управления ходовым макетом.

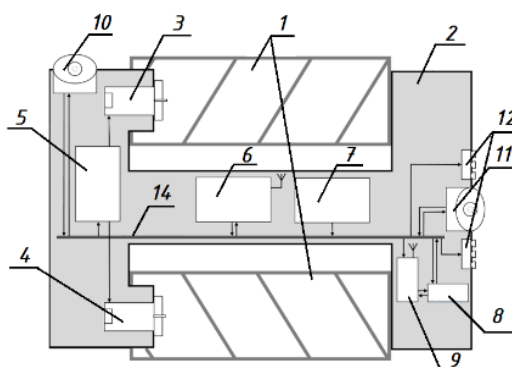


Рисунок 6 – Схема системы управления ходовым макетом

Где: 1– роторно-винтовые движители; 2 – корпус; 3 – мотор-редуктор левого борта; 4 – мотор-редуктор правого борта; 5 – модуль драйверов двигателей; 6 – маршрутизатор; 7 – модуль аккумуляторов; 8 – модуль управления; 9 – радиомодуль; 10 – камера бортовая; 11 – камера фронтальная; 12 – фронтальное освещение.

В своем составе модуль управления использует микроконтроллер, который формирует управляющий широтно-импульсно модулированный сигнал (ШИМ-сигнал), передаваемый исполнительному устройству. Микроконтроллер получает сигнал от модуля связи, используя SPI интерфейс, формирует ШИМ сигнал, в зависимости от необходимой мощности и передает его модулю драйверов. Команды на модуль связи поступают от пульта управления платформой.

Для организации связи между пультом управления и платформой используется шестиканальный модуль радиосвязи с дальность действия до 100 метров. Модуль радиосвязи принимает радиосигнал с пульта управления на частоте 2.4 ГГц. Связь с устройством управления выполняется по интерфейсу SPI.

В состав модуля драйверов двигателей входят два полномостовых драйвера, которые принимают ШИМ-сигнал с изменяющейся шириной импульса, в зависимости от необходимой мощности двигателя. В зависимости от входящего сигнала двигателей драйвер регулирует напряжение, подаваемое на двигатели.

Модуль видеонаблюдения построен на основе маршрутизатора и двух IP-камер. Для получения видеосигнала с камер необходимо подключение с внешнего устройства (ноутбук, телефон, планшет) к WI-FI сети роутера.

Модуль питания состоит из двух блоков литиевых аккумуляторов форм-фактора 18650 (каждый блок включает пять аккумуляторов), имеющие максимальное напряжение 21 В и общий ток 20 А. Возможно использование других типов аккумуляторов в зависимости от условий окружающей среды.

Ходовой макет использует низкооборотистые двигатели постоянного напряжения, работающие в диапазоне от 9 до 20 В и потребляющие до 20 А.

Для управления ходовым макетом используется пульт управления (рисунок 7), представляющий из себя джойстик с пропорциональным управлением движителями, а также регулировкой мощности электродвигателей ходового макета.



Рисунок 7 – Пульт управления ходовым макетом

Результаты испытаний ходового макета

Был проведен ряд ходовых испытаний макета в различных условиях (битый лед, глубокий снег, мерзлый грунт, глина и др.). Фрагменты этих испытаний представлены на рисунке 8.



а)



б)



в)

г)

Рисунок 8 – Ходовые испытания макета

а) движение в битом льду; б) движение по гладкому льду; в) движение по грунту;
г) движение по глубокому снегу

Результаты испытаний платформы сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний ходового макета

Скорость движения, м/с:	
– по глубокому снегу	0,55
– по битому льду	0,42
– по гладкому льду	0,6
– по грунту	0,22
– по твердому основанию (движение боком)	2,2
Максимально преодолеваемый подъем, град.	50
Высота преодолеваемых препятствий, мм	60
Максимальная дальность действия радиосвязи, м	70
Время эффективного функционирования, мин.	20-40

Заключение

Макет разрабатывался инициативной группой, состоящей из аспирантов, магистров и студентов старших курсов НГТУ им. Р.Е. Алексеева при финансовой поддержке Министерства образования и науки, в рамках соглашения о предоставлении субсидии, имеющего идентификационный номер RFMEFI57716X0222.

Испытания ходового макета позволили выявить преимущества и недостатки принятых технических решений, а также необходимость некоторых доработок. В результате была проведена доработка роторно-винтовых движителей (рисунок 9).



Рисунок 9 – Макет с доработанными движителями

За счет увеличения диаметра роторов, предполагается достичь более низкой осадки, тем самым повысить проходимость робота [4]. Также ведутся работы по доработке управления на предмет стабилизации траектории при прямолинейном движении. Дальнейшим этапом развития проекта станет: создание ходового макета еще одного звена; создание узла активного сочленения; разработка системы группового управления; установка датчиков контроля состояния окружающей среды; разработка системы комплексного мониторинга состояния окружающей среды.

Список литературы:

1. Голик А. С., Попов В. Б., Морозов О. А. Пункты коллективного спасения шахтеров в аварийных условиях // Молодой ученый. — 2015. — №23. — С. 129-131.
 2. Северов Н.В. Применение робототехники в чрезвычайных ситуациях: теория и практика: монография / Н.В. Северов. М.: АГЗ, 2011. 233 с.
 3. Котович С.В. Двигатели специальных транспортных средств. Часть I: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). – М., 2008. – 161 с.
 4. Роторно-винтовые машины. Основы теории движения / И. О. Донато, В. А. Жук, Б. В. Кузнецов, А. П. Куляшов, В. А. Шапкин, Ю. В. Щербаков Нижний Новгород, 2000. - 451 с.
-
1. Golik, A., Popov, V., Morozov, O. (2015), Points of collective rescue of miners in emergency conditions [“Punkty kollektivnogo spaseniya shahterov v avarijnyh usloviyah”], Young Scientist, No. 23, pp. 129-131.
 2. Severov N.V. (2011), “The use of robotics in emergency situations: theory and practice: a monograph” [“Primenenie robototekhniki v chrezvychajnyh situacijah: teoriya i praktika: monografiya”], AGZ, Moscow, 233p.
 3. Kotovich, S.V. (2008), “Movers of special vehicles. Part I: A Tutorial” [“Dvizhiteli special'nyh transportnyh sredstv. CHast' I: Uchebnoe posobie”], MADI (GTU), Moscow, 161 p.
 4. Donato, I.O. and other (2000), “Rotary-screw vehicles. Fundamentals of the theory of motion” [Rotorno-vintovye mashiny. Osnovy teorii dvizheniya], Nizhny Novgorod, 451 p.