

РАЗРАБОТКА НОВОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Кизилев Алексей Александрович

магистрант

Кузбасский государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева, Кемерово

Кизилев Сергей Александрович

аспирант

Федеральный исследовательский центр угля
и углехимии СО РАН, Кемерово

Аннотация. Целью исследований является разработка робототехнического устройства, измеряющего отклонения пробуренной дегазационной скважины в любом направлении. На первом этапе разработано трехопорное самоцентрирующееся шасси робота для решения задачи перемещения робота в скважине как горизонтально, так и вертикально. Были проведены испытания колесного шасси с полным приводом и двухопорного гусеничного шасси с прямым приводом от сервомоторов на ведущие колеса. Выявили, что колесное шасси имеет несколько худшие параметры при преодолении подъемов, чем гусеничное. Однако, разница в проходимости, не была существенна.

Ключевые слова: дегазационная скважина, трехопорное шасси, робототехническое средство.

DEVELOPMENT OF A NEW ROBOTECNICAL SYSTEM

Kizilov Aleksey Alexandrovich

post-graduate student

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo

Kizilov Sergey Alexandrovich

undergraduate

Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo

Abstract. The purpose of research is to develop a robotic device that measures the deviation of the drilled wells degassing in any direction. The first stage is designed tricycle Self-centering of the robot chassis to solve the problem of movement of the robot in the well both horizontally and vertically. Tests were carried out wheeled chassis with four-wheel drive and double-seat caterpillar chassis with direct drive servo motors on the drive wheels. Revealed that the wheeled chassis has several options at the worst inclines than tracked. However, the difference in patency was not significant.

Keywords: degasification wells, tricycle landing gear, robotic means.

В последнее время в угольной промышленности России критическо-го значения достигли частота и размеры аварий на подземных угольных предприятиях. Наиболее значительные из них связаны со взрывами метана, выделяющегося из угольных пластов. Безопасная работа шахтеров во взрывоопасных условиях требует надежной и комплексной дегазации угольных пластов.

На сегодняшний день в дегазации угольных шахт Кузбасса широко используется способ дегазации пластов бурением скважин. В процессе

бурения ось скважины отклоняется по вертикали. Причиной искривления, отмечаемого при вращательном бурении, является неустойчивость оси бурового инструмента, представляющего длинный и гибкий стержень (а при роторном бурении к тому же вращающийся). Искривлению скважин способствует чередование горных пород различной твердости, залегающих с разными углами падения.

При бурении искривленной вертикальной скважины проявляется ряд осложнений:

- нарушается проектная сетка размещения забоев скважин, что может привести к снижению их суммарного дебита, необходимости бурения дополнительных скважин;
- более интенсивно изнашиваются бурильные трубы, бурильные замки и соединительные муфты, что приводит к увеличению числа аварий с бурильной колонной;
- осложняются спуско-подъемные работы и т.д.

Для получения информации об искривлении скважины сегодня применяется измерительная аппаратура, позволяющая определять положение оси ствола скважины в пространстве. Эти приборы – инклинометры – спускают в скважину на специальном кабеле из верхней точки пробуренной скважины.

В случае, если бурение производится горизонтально или вертикально снизу вверх, не достигая поверхности то современные способы либо не могут быть применимы, либо имеют низкую точность и высокую трудоемкость измерений.

Целью работ, выполняемых в проекте, является разработка робототехнического устройства, измеряющего отклонения пробуренной дегазационной скважины в любом направлении.

Основными задачами первого полугодия исследований стали создание трехопорного самоцентрирующегося шасси, способного перемещаться внутри скважин как вертикально вверх, так и горизонтально

вдоль скважины, а также испытания шасси и доработка конструкции шасси с учетом проведенных испытаний [1].

Научно-техническая новизна исследований в разработке инновационного шасси, обеспечивающего возможность движения робота внутри скважин с углами наклона от вертикальной плоскости от 0° до 80° за счет увеличения силы трения между колесами шасси и поверхностью, по которой осуществляется движение, тогда как имеющиеся системы не способны двигаться в скважинах с вертикальными углами наклона более 40° .

На первом этапе разработки трехопорного самоцентрирующегося самоходного шасси выбирались платформа контролера и материалы для изготовления прототипов самоходных шасси, которые позволили бы изменять конструкцию шасси, согласно полученных результатов испытаний. При этом различные части платформы, такие как контролер, шаговые электродвигатели, обычные электродвигатели, сервоприводы, системы крепления деталей и узлов должны были стыковаться, по возможности, без серьезных изменений конструкции каждого из модулей и желательно с минимальным изготовлением дополнительных деталей на этапе отработки общей конструкции самоходного шасси. С учетом всех факторов основой для строительства первого прототипа самоходного шасси был выбран обучающий конструктор для создания роботов LEGO Mindstorms, а различные амортизационные устройства, сервоприводы, колесный привод и прочие детали были заимствованы из наборов LEGO Technics.

Задачей испытаний первого опытного робота было выяснить на практике максимальный угол подъема, который способен преодолевать робот без взаимодействия третьей опоры с потолком тоннеля, по которому происходит подъем.

Дальнейшие испытания данной модели должны были показать необходимость установки сервоприводов на каждую из трех опор для

выравнивания корпуса робота или возможность сокращения подвижных опор для снижения стоимости конечного продукта, а также увеличения надежности конструкции в целом за счет, как сокращения числа механических деталей, так и упрощения электронной начинки. Дополнительно требовалось определить, достаточна ли мощность имеющихся в наличии шаговых двигателей, а также возникла необходимость отработать конструкцию привода для передачи вращения с шаговых двигателей на колесный привод. В процессе испытания первой модели робота возникли дополнительные моменты, которые были отработаны на первой модели робота. Примером таких доработок стали применение комбинированного колесно-гусеничного привода, где две основные опоры приводили в движение робота, а опора с колесным приводом выступала в качестве центрующей, но основным ее назначением являлось увеличение той силы, с которой гусеницы двух ведущих опор сцеплялись с поверхностью, что обеспечивает возможность движения робота в подъем при больших углах горизонтального отклонения скважины или тоннеля.

Дополнительным моментом при первых испытаниях шасси робота стало отсутствие испытательного стенда, в котором можно было бы произвольно менять угол наклона поверхности от 10 до 90 градусов, при этом сохраняя частичную видимость поведения робота во время подъема для анализа полученных данных и внесения изменений в конструкцию шасси робота.

Перед началом работы необходимо было установить предельные углы подъема робота, построенного на обычном шасси, как на колесном, так и на гусеничном.

Для испытания были собраны два прототипа робота: первый на стандартном четырехколесном шасси с приводом на все 4 колеса от двух сервомоторов через редукторы; вторая модель с прямым приводом от сервомотора на гусеницу каждого из бортов.

Для испытания шасси роботов был разработан и смонтирован экспериментальный стенд.

Стенд был собран из фанеры и древесно-стружечной плиты разборный короб со смотровой щелью, который можно было размещать под разными углами наклона для имитации условий работы в сложных условиях, на скользких поверхностях трасса стенда выполнена из гладкой стороны древесно-волокнутой плиты, длина испытательного стенда составляет 2000 мм.

Верхняя часть стенда выполнена съемной для доступа к роботу, на протяжении всей длины с двух сторон в середине стенда имеется смотровое отверстие.

Первым испытаниям подверглось колесное шасси с полным приводом, для имитации общего веса собранного из алюминия робота. На шасси был установлен блок с контролером от конструктора LEGO Mindstorms, оснащенный шестью элементами питания размера AA, дополнительно была ограничена мощность сервомоторов до 50 % от номинальной. Использовались колеса с резиновыми покрышками, имеющими протектор для ровных сухих поверхностей. Результатом испытания стало преодоления максимального подъема в 31 градус, мощность шаговых двигателей была достаточная, колесный привод просто начал проскальзывать на покрытии испытательного стенда. Таким образом, при имитации на испытательном стенде подъема в 31 градус силы сцепления колес шасси робота было недостаточно для преодоления силы тяжести и движения вверх по поверхности стенда.

Второе испытание было проведено с двухопорным гусеничным шасси с прямым приводом от сервомоторов на ведущие колеса, вся остальная конструкция экспериментального шасси осталась без изменения. Данная модель на испытательном стенде легко двигалась в подъем с крутизной в 30 градусов, но при увеличении угла подъема до 33 градусов гусеничный привод срывался в пробуксовку относительно покрытия

стенда, увеличение подаваемой мощности на сервомотор до 100 % от номинала никак не изменило картину. Но при легком нажатии пальцем на модель, имитируя действие третьей опоры, шасси с легкостью поднималось по поверхности стенда, установленного под углом 60 градусов при мощности шагового электродвигателя в 50 % от номинальной.

Таким образом, проведенные испытания показали:

1. Колесное шасси имеет несколько худшие параметры при преодолении подъемов, чем гусеничное.
2. Гусеничное шасси более простое в изготовлении, чем полноприводное колесное.
3. Двух опор с приводом должно быть вполне достаточно для движения трехопорного шасси по тоннелю или скважине. Наличие третьей ведущей опоры приведет к увеличению веса и сложности конструкции.
4. Так как конструкции шасси, как с гусеничным, так и с колесным приводом имеют общие детали, и схожи конструктивно, имеет смысл разрабатывать оба типа шасси, для обеспечения в последующем более широкого спектра применения трехопорного шасси.

На базе второго образца было сделано шасси с возможностью перемещения одной из трех опор вдоль ее вертикальной оси для возможности распираания шасси внутри испытательного стенда. На данной модели необходимо было проверить конструкцию системы перемещения опоры шасси в вертикальной плоскости. Для подъема и опускания шасси применены два актуатора (сервоприводы, которые изменяют свои размеры посредством перемещения по резьбе вращающегося штревеля относительно неподвижной втулки с резьбой), оба актуатора приводились в работу одним электродвигателем постоянного тока и были синхронизированы с помощью редуктора. Управление работой электродвигателя осуществлялось контролером EVE3 из набора LEGO Mindstorms.

Этот же контролер управлял работой двух сервоприводов, которые приводили в движение шасси.

Результатом первых испытаний стало свободное перемещение шасси при отклонении испытательного стенда на угол равный 70 градусам. При дальнейшем увеличении угла наклона стенда шасси не могло передвигаться, так как сказывалась недостаточная прочность всей конструкции первой модели робота. Возможность перемещения одной из опор шасси позволила передвигаться экспериментальной модели в туннелях с высотой потолка от 170 до 220 мм, и в трубопроводах с диаметром от 180 до 230 мм. Следует отметить, что первоначальное задание предусматривало возможность работы шасси только в круглой скважине с диаметром 190-200 мм.

Для второго прототипа шасси выбрана схема с прочной центральной частью, в которую при дальнейших работах будет устанавливаться радиоэлектронное оборудование и тремя опорами, расположенными под углом 120 градусов относительно друг друга. Так как первоначальное задание все предполагает передвижение шасси внутри круглой дегазационной скважины. Для распираения и самоцентрировки шасси внутри скважины используются три опоры: две неподвижные расположенные в нижней части корпуса и одна опора с возможностью перемещения вдоль своей вертикальной оси. В каждой из опор расположен независимый сервопривод, приводящий в движение колесный привод на каждой из опор. Применение независимых электроприводов в каждой из опор позволит повысить общую надежность системы, что должно уменьшить количество случаев, когда подобные системы приходится вытаскивать вручную из рабочей зоны вследствие отказа электропривода приводящего в движение шасси. Внутри основного центрального корпуса расположен редуктор и электропривод, приводящий в работу актуаторы верхней опоры.

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволяют расширить сферу применения разрабатываемого шасси и применить его не только для измерения углов отклонения дегазационных скважин, но и для работы внутри трубопроводов и тоннелей.

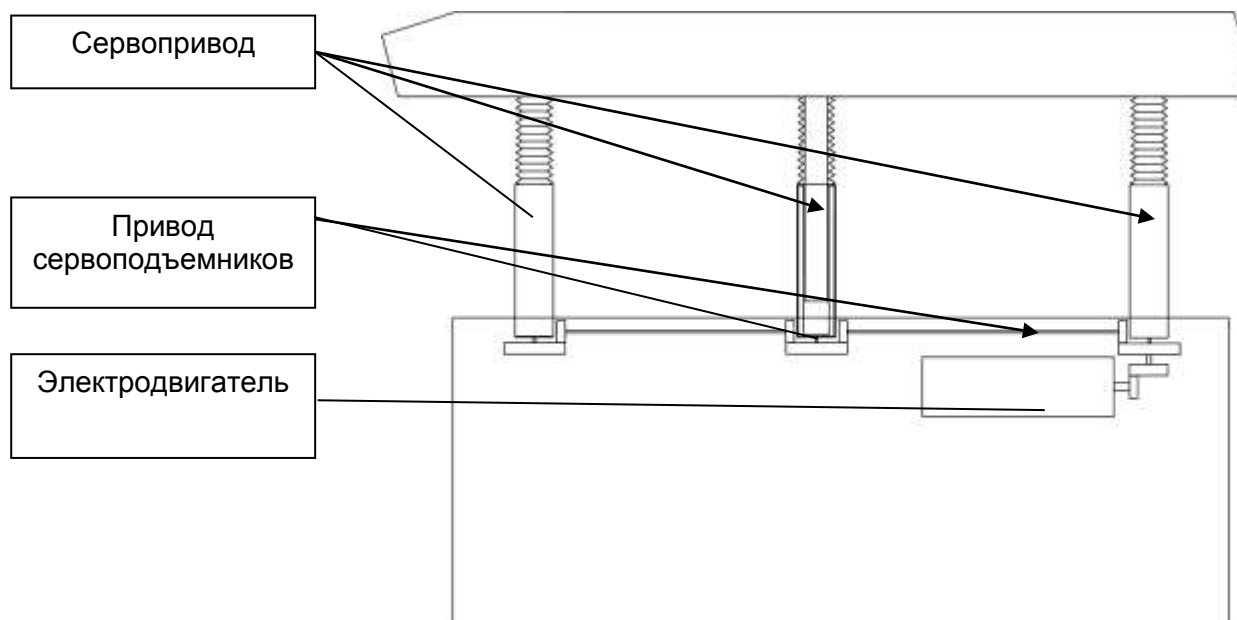


Рис. 1. Схема работы системы подъема опоры робота

Список использованных источников

1. Кизилев С.А., Игнатова А.Ю., Игнатов Ю.М., Кизилев А.А. Шасси для робота / Пат. РФ на полезную модель № 149512, заявл. 13.05.2014, опубл. 10.01.2015.