

УДК 004.896: 621.865

Кизилов А.А.¹, магистрант
Кизилов С.А.², аспирант

¹Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева

²Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН,
г. Кемерово

РАЗРАБОТКА ШАССИ РОБОТА ДЛЯ ИНСПЕКЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Сегодня износ инженерных сетей ЖКХ достиг 65 %. Количество аварий и нарушений в работе коммунальных объектов возросло за последние 10 лет в 5 раз. В год в среднем приходится около 200 аварий на 100 км сетей теплоснабжения и 70 – на 100 км сетей водоснабжения.

В связи с большой протяженностью различных трубопроводных систем, расположенных под землей, таких как водопровод, возникает необходимость контроля за состоянием подобных систем без вскрытия грунта, защитных оболочек и т.п. для предотвращения аварийных ситуаций.

Еще одной проблемой является промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса, аварии на нефтегазопроводах и связанные с ними экологические проблемы. Общая протяженность всех нефтегазопроводов в РФ составляет более 350 тыс. км. В связи с этим актуально применение дистанционных методов обследования и оценки состояния трубопроводов.

Целью исследований является разработка устройства, способного передвигаться внутри трубопровода и передавать визуальную информацию о состоянии трубопровода на внешний пульт управления (ноутбука, компьютера).

Разрабатываемый роботизированный комплекс должен быть способен работать в трубопроводах различного диаметра, преодолевать участки сочленения нескольких трубопроводов, работать в условиях высокой влажности (в т.ч. под водой).

В рамках реализации проекта создано трехопорное шасси, испытанное в условиях, приближенных к реальным условиям применения шасси.

Новизна проекта заключается в создании устройства, которое способно двигаться самостоятельно в любом направлении внутри трубопровода при больших угловых отклонениях вертикальной плоскости, одновременно передавая информацию в реальном времени.

Основное отличие от аналогов – возможность спуска и подъема по трубопроводу с вертикальными углами отклонения трубопровода до 70^0 (у аналогов – до 35^0) за счет применения трехпорного шасси.

Согласно поставленной цели робототехническое устройство, установленное на разрабатываемое шасси, получает возможность движения внутри трубопроводов с углами наклона от вертикальной плоскости от 0^0 до 70^0 за счет увеличения силы трения между колесами шасси и поверхностью, по которой осуществляется движение.

Для этого на корпусе шасси для робота устанавливаются три опоры, расположенные под углом 120^0 друг к другу, при этом каждая из трех опор снабжена электродвигателем, измерительным колесом, сервопривод для подъема опоры устанавливается на каждую из опор индивидуально, в зависимости от диаметра трубопровода в котором проводятся работы, с одним установленным сервоприводом возможно производить работы в трубопроводах диаметром от 150 мм до 220 мм с двумя сервоприводами 190-260 мм, с тремя 220-300 мм. Для изменения диаметра трубопровода, в котором проводятся работы, снимается и устанавливается только блок сервопривода без двигателя, который установлен стационарно в корпусе робота, сервопривод подключается к двигателю по средствам зубчатой передачи.

На первом этапе исследований выбиралась система управления шасси робота, так как, управляющих команд у шасси робота всего четыре:

1. Вперед с плавным изменением скорости – для колесного привода
2. Назад с плавным изменением скорости – для колесного привода
3. Распиреть – для сервопривода
4. Сложиться – для сервопривода

Принято решение сделать систему управления на борту шасси робота аналоговой без применения цифрового контролера, который усложнил бы шасси, а также отрицательно сказался бы на стоимости конечного изделия.

Питание к каждому двигателю подается напрямую от пульта управления по сигнальному проводу.

При проектировании робота основной задачей было разработать недорогую систему для водоканалов периферийных городов с малым финансированием. Как следствие, одной из основных задач была создать робота, который можно эксплуатировать, а, следовательно, обслуживать и ремонтировать, персоналом с низкой квалификацией. Еще одной проблемой при проектировании робота стало снижения применения в конструкции робота дорогих материалов и узкоспециализированных элементов, к которым сложно получить доступ при ремонте и обслуживании робота, если место применения находится на удалении от места производства робота и технологических центров. Основными материалами для изготовления первой модели шасси робота стали листовой полистирол и стекловолокно, пропитанное эпоксидной смолой. В качестве двигателей для приводов

шасси использовано 3 двигателя китайского производства фирмы suma модель S022, подобные двигатели широко применяются в моделях различной радиоуправляемой техники производства Китая, что делает их широко доступными. Актуаторы и двигатель подъемного устройства были взяты из наборов Lego technics, что делает их так же широкодоступными. Фактически изготовить актуатор по качеству, надежности и равный по массе примененному, можно только с применением высокоточного оборудования и дорогих современных пластиков.

Каждая из трех опор шасси робота является самоходным шасси, внутри каждого из приводов в герметичном блоке установлен электродвигатель и измерительное колесо. Таким образом, в каждой опоре установлено две ведущие оси с приводом от электродвигателя и одна ось с измерительным колесом.

Робот оснащается тремя подъемными устройствами по одному на каждую из опор, при этом два подъемных механизма из трех являются съемными, для возможности использовать робот в трубопроводах меньшего диаметра. Каждый подъемник выполнен по типу ножницевого подъемника с одним актуатором (сервоприводом), все три подъемника работают от одного электродвигателя, установленного в герметичном боксе внутри основного корпуса робота и жестко закрепленным с несъемным подъемником.

Для испытания шасси роботов был разработан и смонтирован экспериментальный стенд. Стенд был собран из фановой полиэтиленовой трубы длинной 2 метра и диаметром 200 мм, и деревянного упора, позволяющего менять угол наклона трубы. Стенд позволяет проводить испытания, как шасси с одним подъемным устройством, так и с полным комплектом подъемных устройств, хотя и несколько ограничено, возможно изменение углов наклона от 0^0 до 85^0 измерение угла наклона производится с помощью строительного транспортира. Стенд позволяет создать приближенные условия эксплуатации робота, кроме повышенной влажности.

Испытания первой модели шасси робота проводились на разработанном стенде, основной целью первого этапа испытаний было проверить тяговооруженность шасси робота и достаточность сцепных качеств выбранного типа колес, а также общую надежность системы.

Для испытания на тяговооруженность и сцепные качества колес стенд устанавливается под разными углами от 30^0 до 70^0 градусов.

Испытания показали недостаточную мощность установленных на шасси двигателей китайского производства, с установленными двигателями шасси робота уверенно преодолевало только подъем в 45^0 , максимальный угол подъема, который преодолело шасси был 48^0 , что является недостаточным, проскальзывания колес из-за недостаточного сцепления с поверхностью стендса выявлено не было.

На разработанное шасси для робота получен патент РФ на полезную модель № 149512.

По результатам испытаний стало видно, что необходимо изменить модель двигателя привода шасси на более мощный, скорее всего потребуется изменить конструкцию редуктора, передающего вращательный момент с двигателя на колеса шасси.

В целом же испытания первого прототипа робота показали, работоспособность выбранной схемы подъемного механизма и общей концепции робота. На данный момент проводится доработка шасси робота с учетом замечаний полученных при проведении испытаний и ведется подготовка к установке на роботизированное шасси системы управления, разрабатывается герметичный отсек для электрооборудования, подбираются компоненты системы управления.

Исследования поддержаны грантом программы У.М.Н.И.К.-2014