

Современные тенденции создания транспортных роботов для трубопроводов

О. С. Соснович, магистр,
Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова
Тел. +79127569675, email: o.sosnovich@gmail.com

Аннотация: В современном мире коммуникации, представляющие трубопроводы с различными длинами, сечениями и формой оси нашли широкое применение, например, трубопроводы для подвода и отвода воды, нефти, газа и т. д. Общая протяженность трубопроводов составляет миллионы километров, следовательно, вопросы эффективной эксплуатации и обслуживания являются актуальными.

В данной статье рассматривается актуальность проблемы проверки состояния труб в нефтяных скважинах и устранение их дефектов. Кроме того, приводится сравнительный обзор транспортных роботов для этих целей.

Ключевые слова: транспортный робот, нефть, скважины, трубы, анализ, обслуживание, диагностирование.

Введение

Для осмотра и ремонта внутренней поверхности трубопроводов существует множество различных роботов. Они передвигаются либо сами, либо с помощью тросовой или цепной тяги, либо вместе с транспортируемым материалом. Роботам разного вида присущи как достоинства, так и недостатки, например, сцепление с внутренней поверхностью трубопровода или малая гибкость и т. д. Для осмотра, контроля и диагностирования внутренней поверхности трубопровода создано много специальных средств [1, 2]. В настоящей работе рассмотрены особенности строения транспортных роботов для исследования скважин.

Трубопроводные транспортные системы имеют широкое распространение в транспортировке гомогенных веществ, таких как нефть и ее производные, вода, газ, различные химикаты и т. д. С увеличением протяженности нефтегазопроводов возрастают требования к надежности всей системы и ее составных частей - насосных и компрессорных станций, нефтегазохранилищ. Начальный диаметр скважины может достигать 90 см, но обычно в зависимости от условий он составляет от 25 до 70 см. Диаметр скважины обычно уменьшается с глубиной и у забоя иногда составляет 8 см, но чаще находится в пределах 10–20 см. Скважины могут буриться вертикально вниз или вверх, а также под любым углом наклона к горизонту.

Со временем трубы изнашиваются, т. е. внутренняя поверхность труб покрывается коррозией, сварные швы труб теряют свою герметичность, появляются дефекты в структуре металла, на внутренней поверхности труб во время транспортировки жидкости оседает тонкий слой различных масляных веществ. Это уменьшает пропускную способность трубы (только во время транспортировки нефти и нефтепродуктов толщина этого слоя может достигать 70% диаметра трубы) [7, 8]. Таким образом, для контроля состояния труб необходима специальная техника. Новейшие роботы широко используются по всему миру для обследования состояния внутренней поверхности труб.

Классификация трубопроводных транспортных роботов.

Трубопроводные системы для транспортировки различных веществ классифицируются по диаметру, длине, радиусу сгиба трубы, транспортируемым веществам и т. п. Множество различных роботов разработаны для проверки внутренней поверхности труб. Анализ существующей литературы [2, 4, 5] показал, что транспортные роботы классифицируются по функциональному назначению и по способу передвижения (рис. 1).



Рисунок 1 — Классификация транспортных роботов

Самоходные роботы [2], как сложные технические объекты можно классифицировать по нескольким признакам: по периодичности (движущиеся пошагово – программируемые, биотехнические, интеллектуальные; движущиеся непрерывно), по типу двигателя (электрические, гидравлические, пневматические, магнитные, комбинированные), по взаимодействию с поверхностью (с ровной трубой, с деформированной трубой).

Самодвижущийся робот состоит из открытой кинематической цепи, которая соединена с каждой из его кинематических пар. Движущие элементы выполнены в форме роликов, гусениц и подобных элементов. В работе [2, 3] предложено разделить роботов на две группы в соответствии с их строением.

Первая группа состоит из каркаса и встроенного в него двигателя.

Принцип передвижения роботов этой группы состоит в следующем: робот вращает двигатель, крутящий момент которого передается через кинематическую связь на привод, который поворачивает колесо или гусеницу, контактирующую с внутренней поверхностью трубы. Позиция вспомогательного звена меняется в зависимости от диаметра трубы.

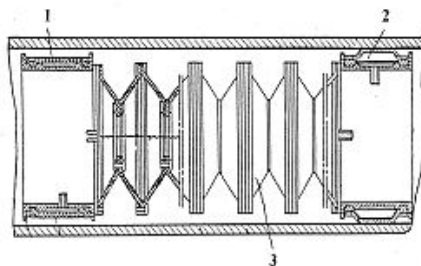
Вторая группа роботов с непрерывным перемещением включает в себя поворотный механизм. Такой механизм состоит из ротора и статора внутри него, между ними располагается тормозная система. В роторе могут быть прорези для внедрения вещества, очищающей внутреннюю поверхность трубы. Вещество может храниться внутри ротора или поставляться извне. Принцип действия: когда ротор со спиральными насечками, вступающими в контакт с трубой, поворачивается на статоре, робот двигается вперед или назад в зависимости от направления вращения ротора. Если несколько таких роторов соединить друг с другом, то мобильность робота этой группы значительно увеличивается в согнутых фрагментах трубы [9].

Самодвижущиеся роботы (СДР) с пошаговым перемещением также содержат открытые кинематические цепи, которые соединены с каждой из его кинематической пар и в системе энергоснабжения расположено дополнительное оборудование. В соответствии с особенностью конструкции все самодвижущиеся пошаговые роботы могут быть разделены на три группы.

Первая группа СДР состоит из звеньев, соединенных цилиндрическими шарнирными узлами. Каждый шарнирный узел соединен с электрическим приводом с помощью червячного редуктора и односторонней муфтой. Для измерения угла между соседними звеньями робота в каждый шарнир встроен угломер.

Принцип действия механизмов этой группы в следующем: движение звеньев вокруг цилиндрического шарнира перпендикулярно продольной оси трубы позволяет каждому звену менять свою позицию направления вдоль трубы, формируя при этом изгиб. В этом случае подаваемое давление в шарнирах позволяет получить достаточную силу трения, чтобы достичь неподвижности изгиба и свободного перемещения остальных звеньев. Из-за

того, что длина изгиба меньше чем одно из сжатых звеньев, формируется изгиб, сгибание и сжатие которого позволяет роботу двигаться.



Вторая группа СДР включает в себя роботы с пневматическим двигателем. (см. рис. 2)

Рисунок 2 — Схема работы транспортного блока робота с деформируемыми пневматическими элементами; 1 и 2 — транспортируемые блоки, 3 — деформируемый пневматический элемент.

Третья группа СДР включает в себя роботов с электрическим двигателем (см. рис. 3)

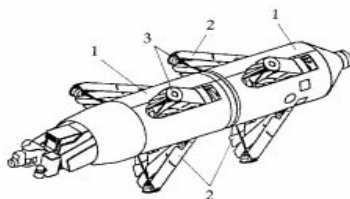


Рисунок 3 - Схема работы транспортного блока робота с недеформируемыми опорами; 1 — транспортируемые блоки, 2 — недеформируемые опоры, 3 — специальные поверхности.

Они состоят из: тела робота с установленным электрическим приводом, который соединен с движущимися опорами. Три опоры находятся в одной плоскости и три опоры в другой. В этом случае обеспечивается стабильность перемещения робота. Количество опор может увеличиваться, чтобы повысить проходимость робота, когда слой налета на внутренней стороне трубы слишком толстый. Принцип действия: электрический привод, установленный в теле активирует пошаговое перемещение опор и это позволяет двигаться роботу вперед или назад.

Проведя сравнительный анализ транспортных роботов, были определены два наиболее эффективных самодвижущихся робота, отвечающих нужным требованиям — хорошее управление скоростью передвижения и сцеплением с поверхностью, хорошая проходимость в трубах с переменным диаметром, достаточная проходимость в согнутых фрагментах труб [10].

Заключение

В настоящее время ведутся различные исследования вибрационных транспортных роботов, направленные на изучение их динамических характеристик.

Анализ условия работы и особенности строения вибрационного робота с

электро – индукционным приводом показывает, что для работы в условиях погружения устройства на большую глубину, конструкция требует внесения изменений. Изменения могут быть двух видов:

1. Повышение прочности корпуса, что приводит к увеличению массы робота и, соответственно мощности и габаритов силовой установки;
2. Заполнение корпуса жидкостью с управляемым давлением, что на наш взгляд является более эффективным.

В связи с тем, что конструкция транспортного робота претерпевает изменения, известные зависимости, полученные в работе [2], должны быть применены для более широкого круга задач. Учет влияния сопротивления движению поршня внутренней среды робота позволит осуществить анализ эффективности нескольких, различных по принципу компенсации, влияния внешней среды на конструкцию, транспортных роботов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: анализ условий движения ударного элемента внутри транспортного робота, анализ взаимодействия ударного элемента с элементами конструкции, включая ударный, учет влияния внутренней среды в динамических уравнениях, разработка математической модели составных частей транспортного робота.

Список литературы:

1. Вукобратович М. - Шагающие роботы и антропоморфные механизмы. М.:Наука, 1961
2. Левитский Н.И. - Колебания в механизмах. М: Наука, 1988. 336 с.
3. Поспелов В.И., Войнов В.П — Перспективы применения робототехнических систем. // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2002.-№5
4. - Kelemenová, T., Frankovský, P., Virgala, I., Miková, L., Kelemen, M. Machines for inspection of pipes. Acta Mechatronica. Vol. 1, No. 1 (2016), p. 1-7. ISSN 2453-7306 .
5. Vygantas Mistinas, Bronislovas Spruogis – Development of pipe crawling robots with vibratory drives and investigation of their kinematic parameters.// TRANSPORT, 2002, Vol XVII, No 5, 171-176.
6. Юревич Е.И. - Основы робототехники 2-е издание, перераб. и доп. Спб.: БХВ — Петербург, 2005. 416с.
7. - Yum, Y., Hwang, H., Kelemen, M., Maxim, V., Frankovský, P. In-pipe micromachine locomotion via the inertial stepping principle. Journal of mechanical science and technology. Vol. 28, no. 8 (2014), p. 3237-3247. - ISSN 1738-494X
8. - Ostertag, O., Ostertagová, E., Kelemen, M., Kelemenová, T., Buša, J., Virgala, I. Miniature Mobile Bristled In-Pipe Machine. In: International Journal of Advanced Robotic Systems. Vol. 11 (2014), p. 1-9. ISSN 1729-8806.
9. Электронный ресурс: <http://www.taris.ru>
10. Электронный ресурс: <http://www.asar.my1.ru>

