

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

309-1

20-22 октября 2022 года

УДК 621

А.В. МАХИЯНОВ, аспирант гр. А2773/16-21-01 (УГНТУ)

И.И. БАЛГАЗИН, магистрант гр. АТП-251М (УГАТУ)

Научный руководитель Р.Р. САТТАРОВ, проф., д.т.н., доцент (УГНТУ)

г. Уфа

**САМОХОДНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНУТРИТРУБНОЙ
ДИАГНОСТИКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Аннотация. Нефтегазовая промышленность является неразрывной частью единой энергетической и производственной системы. Производство, транспортировка и потребление энергии тесно взаимосвязаны между собой и образуют совокупную систему. Для предотвращения нарушения целостности и работоспособности данной системы необходимо обеспечить бесперебойную работу всех звеньев, входящих в эту систему, для этого нужен постоянный контроль. В данной статье рассматриваются известные технические решения самоходных устройств для внутритрубной диагностики нефтегазовых трубопроводов, и представлено новое техническое решение - манёвренное самоходное устройство со сменной фрикционной накладкой для внутритрубной диагностики нефтегазовых трубопроводов. Задачей, на решение которой направлено манёвренное самоходное устройство, является повышение маневренность и эффективности устройства в трубопроводе, упрощение конструкции и уменьшение количества упругих элементов.

Ключевые слова: нефтегазовая промышленность, самоходное устройство, трубопровод.

Для внутритрубной диагностики нефтегазовых трубопроводов используются различные виды самоходных устройств, интегрированных со встроенной системой видеонаблюдения и специализированными датчиками измерения различных параметров окружающей среды. Рассмотрим некоторые известные технические решения самоходных устройств, встречающихся для внутритрубной диагностики нефтегазовых трубопроводов [1].

Известен движитель, содержащий два телескопических цилиндра с закрепленными на их наружных поверхностях упругими элементами, контактирующими с внутренней поверхностью трубопровода, причем телескопические цилинды соединены между собой приводом возвратно-

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

309-2

20-22 октября 2022 года

поступательного перемещения, а каждый упругий элемент выполнен в виде проволочных щеток, наклоненных в обратную сторону движения всего устройства [2]. Недостатком движителя является ограниченный срок службы, вследствие истирания проволочных щеток о внутреннюю поверхность трубопровода, что ограничивает область применения данного движителя.

Также известна самоходная установка для движения внутри трубопровода, содержащая расположенный параллельно продольной оси привод возвратно-поступательных перемещений, на концах которого в поперечных плоскостях установлены попеременно расширяющиеся пояса, и систему управления фазами работы этих поясов, причем каждый из поясов выполнен в виде упругого магнитопроводящего кольца, внутри которого диаметрально установлена пара электромагнитов, соединенная с системой управления [3]. Недостатком самоходной установки является невысокая надежность, так как опорные пояса, которые выполнены в виде упругих магнитопроводящих колец, подвержены быстрому износу при трении о внутренние стенки трубопровода.

Известно самоходное устройство для движения внутри трубопровода, содержащее два кольца из магнитопроводящего неупругого материала, соединенные упругой связью. Оба кольца состоят из двух полуколец с пазами, при этом одно кольцо расположено так, что прорези повернуты на 90° относительно прорезей другого кольца. Полукольца одного из кольца соединены неупругим не магнитным материалом, а полукольца другого кольца, соединены упругим материалом. На каждом полукольце в пазах намотана катушка, которая связана с системой управления. Причем катушка намотана в пазе таким образом, чтобы не выступать за внешний радиус полукольца. Система управления проходит внутри колец и закреплена к кольцам [4]. Недостатком самоходного устройства является невозможность направленного движения вне трубопровода, обусловленная конструктивными особенностями.

Рассмотрим предложенное нами техническое решение - маневренное самоходное устройство со сменной фрикционной накладкой для внутритрубной диагностики нефтегазовых трубопроводов [5].

Маневренное самоходное устройство со сменной фрикционной накладкой, показанное на рис.1, работает следующим образом. В начальный момент времени пружины 5 не сжаты, ток в обмотке 2 отсутствует. При возрастании тока в обмотке 2 возрастают электромагнитные силы притяжения и пружины 5 сжимаются. При этом зубчатая фрикционная накладка 8 воздействует на поверхность с большой силой зацепления (направленной вправо на рис.1). За счет этого фрикционная накладка 8 и V-

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

309-3

20-22 октября 2022 года

образная пластина 7 практически остаются на месте, а основной Г-образный блок 1 с катушкой 2 перемешаются к вспомогательному Г-образному блоку 3 (влево на рис.1). Таким образом центр тяжести смещается в сторону противоположную наклону зубцов пластины.

Далее напряжение и ток в обмотке 2 уменьшается, электромагнитные силы притяжения уменьшаются, вследствие чего пружины 5 разжимаются. При этом сила зацепления фрикционной накладки 8 с поверхностью минимальна. Поэтому V-образная пластина 7 с фрикционной накладкой 8 и вспомогательный Г-образный блок 3 смещаются друг от друга, но центр тяжести практически остается на месте.

Далее ток в обмотках возрастает и цикл повторяется. Таким образом устройство совершают один шаг в направление противоположным наклону зубцов (влево на рис.1).

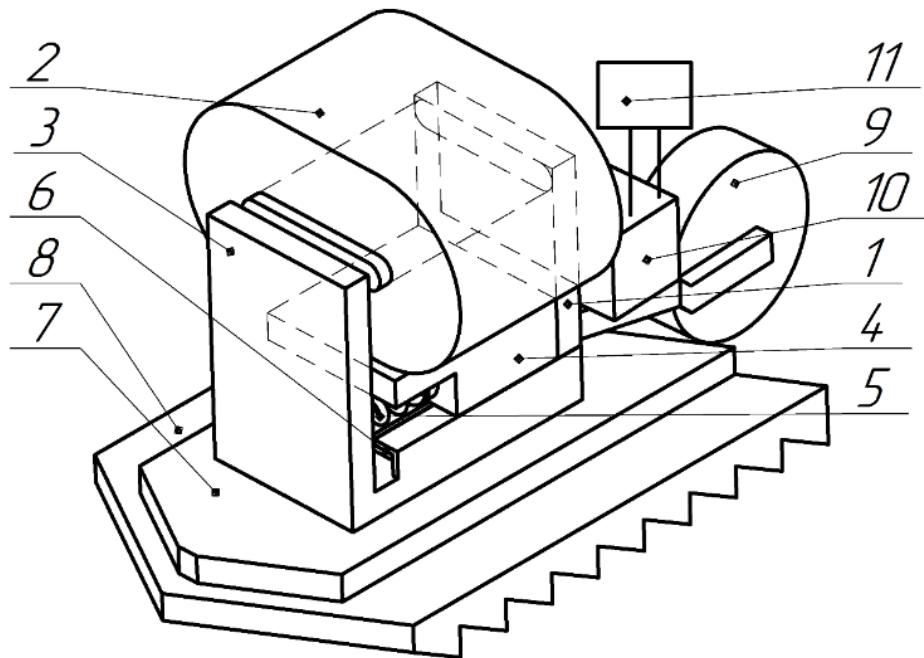


Рис. 1. Манёвренное самоходное устройство со сменной фрикционной накладкой для внутритрубной диагностики нефтегазовых трубопроводов: 1 - сновной Г-образный магнитопроводящий блок, 2 - катушка, 3 - вспомогательный Г-образный магнитопроводящий блок, 4 - немагнитный упор, 5 - упругие элементы, 6 - направляющие, 7 - V-образная пластина, 8 - зубчатая фрикционная накладка , 9 - колесо, 10 - привод управления , 11 - система управления.

На фрикционной накладке 8 ряды зубцов имеют V-образную форму, которые направлены под острым углом ϕ к поперечной оси самоходного устройства, показанной на рис.2. Такое расположение позволяет увеличить

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

309-4

20-22 октября 2022 года

площадь соприкосновения зубцов фрикционной накладки 8 с поверхностью, а следовательно надежность фрикционного зацепления. Величина острого угла ϕ определяется свойствами поверхности и не должна быть больше 30 – 40 градусов, так как большие значения этого угла приведут к существенному увеличению поперечной нерабочей составляющей и уменьшению продольной рабочей составляющей силы трения, следовательно уменьшению силы тяги.

На сложных неоднородных поверхностях, при возникновении препятствий, которые приводят к несимметрии сил трения с правой и левой стороны устройства, будет создаваться крутящий момент, вследствие чего устройство может менять направление движения случайным образом. Для обеспечения неизменности заданного направления движения на сложных неоднородных поверхностях используется колесо 9, которое обеспечивает большие силы трения в направлении движения и малые силы трения в направлении перпендикулярном направлению движения. Для требуемого изменения направления движения, система управления 11 подает сигнал на привод 10 колеса 9, который после этого поворачивает колесо 9 в необходимую сторону и на необходимый угол. Манёвренное самоходное устройство движется в заданном направлении.

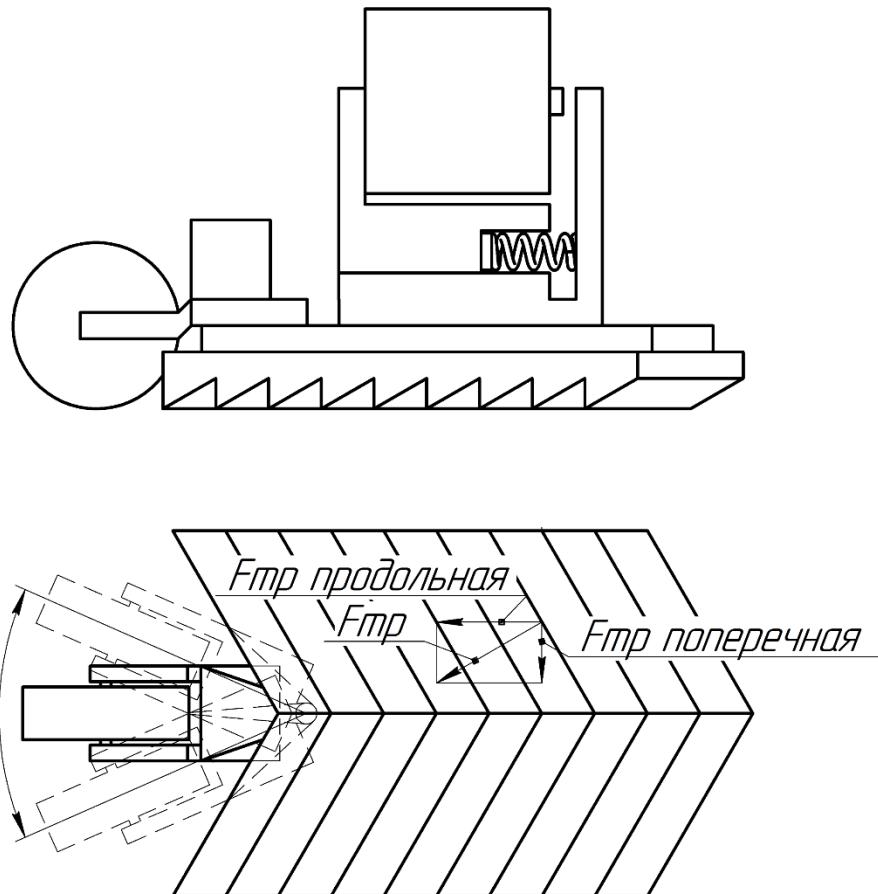


Рис. 2. Конфигурация зубцов и диапазон поворота задающего направление колеса.

Таким образом, заявляемое маневренное самоходное устройство позволяет повысить маневренность и её эффективность устройства при работе в трубопроводе, упростить конструкцию и уменьшить количество упругих элементов. Интегрировав маневренное самоходное устройство со встроенной системой видеонаблюдения и специализированными датчиками измерения различных параметров окружающей среды, можно проводить высококачественные и детальные обследования различных трубопроводов.

Список литературы:

1. Sattarov, R. R. Electromagnetic worm-like locomotion system for in-pipe robots: novel design of magnetic subsystem / R. R. Sattarov, M. A. Almaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 2019. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – P. 1-7.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

309-6

20-22 октября 2022 года

2. А. с. 852701 СССР, МКИ В 62 D 57/00, В 08 В 9/04, G 01 N 29/04. Самоходное устройство для перемещения внутри трубопровода [Текст] / М. П. Плетников, А. Н. Попов (СССР). - № 2826025/27-11 ; заявл. 10.10.79 ; опубл. 07.08.1981, Бюл. № 29. – 3 с. : ил.

3. А. с. 1142186 СССР, МКИ В 08 В 9/04, В 62 D 57/00. Самоходное установка для движения внутри трубопровода [Текст] / И. Х. Хайруллин, Р. Н. Султангалеев, И.Ф. Ганиев (СССР). – № 3600404/27-11 ; заявл. 03.06.83 ; опубл. 28.02.1985, Бюл. № 8. – 3 с. : ил.

4. Пат. 96091 Российская Федерация, МПК В 62 D 57/00. Самоходное устройство для движения внутри трубопровода [Текст] / Саттаров Р. Р., Исмагилов Ф. Р., Алмаев М. А., Гареев А. Ш. ; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уфимский государственный авиационный технический университет". – № 2010112337/22 ; заявл. 30.03.2010 ; опубл. 20.07.2010. – 10 с. : ил.

5. Пат. 204957 Российская Федерация, МПК7 В 62 D 57/00, F 03 G 3/00, G 01 N 29/265. Манёвренное самоходное устройство со сменной фрикционной накладкой [Текст] / Саттаров Р. Р., Махиянов А. В., Ярмееев С. В. ; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение образования "Уфимский государственный авиационный технический университет" - № 2021101075 ; заявл. 19.01.2021 ; опубл. 21.06.2021, Бюл. № 18. - 7 с. : ил.

Информация об авторах:

Махиянов Артур Валерьевич, аспирант гр. А2773/16-21-01, УГНТУ, 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, artur.makhyanov.sems510@mail.ru

Балгазин Искандер Ильсуревич, магистрант гр. АТП-251М, УГАТУ, 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, ibalgazin@yandex.ru