

2. Yunwei Zhang, Guozheng Yan, In-pipe inspection robot with active pipe-diameter adaptability and automatic tractive force adjusting // Mech. and Mach. Theory. – 2007. – vol. 42.–no.12. – P. 1618–1631.

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ОПОРА ДЕФЕКТОСКОПА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДА**

Ф.А. Симанкин, К.К. Манабаев, Е.Ю. Валитова, С.А. Курнашов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: simankinfa@tpu.ru

### **ENERGY EFFICIENT FLAW DETECTOR SUPPORT FOR PIPELINE WELD INSPECTION**

F.A. Simankin, K.K. Manabaev, E.Yu. Valitiva, S.A. Kurnashov

National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** An orbital transport mechanism of non-destructive testing system welded joints using magnetic wheel is described. An example of results of calculations using the proposed model is given. The model is implemented in the software Elcut.*

Строительство магистральных трубопроводов является динамически развивающейся отраслью. Протяженность веток трубопровода может достигать нескольких тысяч километров, однако состоит она из отдельных отрезков труб небольшой длины, которые соединены посредством кольцевых сварных швов. Швы подлежат обязательному контролю качества.

Современные методы неразрушающего контроля сварных соединений труб включают в себя такие как ультразвуковой метод, рентгенография и т.д. Рентгенография подразумевает использование источника и приемника рентгеновского излучения, устанавливаемых с разных сторон объекта контроля. Существует схема компоновки оборудования при проведении контроля кольцевых трубных швов, называемая «просвечивание через две стенки». При такой компоновке источник и приемник излучения располагаются на внешней стороне трубы в противофазе друг к другу. Излучатель настраивается таким образом, чтобы в фокус попадало теневое изображение противоположной стороны трубы и шва. Находящаяся перед излучателем часть шва размывается и на приемнике не регистрируется.

Зачастую, способы крепления источника и приемника излучения выглядят весьма архаично. Однако, сейчас уже весьма распространены системы, так называемого, орбитального перемещения оборудования для рентгенографии [1]. Такие схемы компоновки являются энергоэффективными, поскольку значительно снижают трудо- и энерго-затраты при монтаже оборудования и позволяют эксплуатировать источники излучения в оптимальном режиме.

Одним из вариантов монтажа оборудования на объекте контроля является использование механизмов орбитального перемещения на «магнитных колесах» (рис.1).

Принцип действия магнитных колес, следующий: постоянный магнит кольцевой формы, намагниченный аксиально, расположен между двумя опорными дисками-магнитопроводами. Периферия магнита удалена от опорной поверхности (трубы), но магнитопроводы опираются на нее. Магнитный поток сцепления проходит через тело магнита и примыкающие к нему магнитопроводы. Поток замыкается в ферромагнитном материале трубы и пандеромоторная сила прижимает конструкцию к поверхности трубы.

Описанная конструкция колеса позволяет создавать механизмы орбитального перемещения, не нуждающиеся в дополнительных опорных элементах – поясах, цепях, ремнях, поскольку, механизм опирается непосредственно на трубу. Единственным

ограничением является использование таких механизмов на трубах из ферромагнитных материалов.

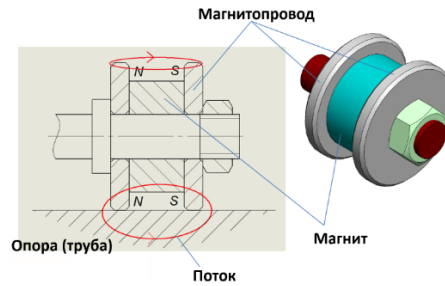


Рис. 1. Опора механизма орбитального перемещения «Магнитное колесо»

Для оценки применимости такой технологии в рентгенографии была предпринята попытка моделирования магнитного сцепления колеса описанной конструкции с трубой с использованием программного обеспечения *Elcut*. Пример модели и результаты расчетов представлены на рис. 2.

В качестве постоянного кольцевого магнита для конструкции колеса был выбран неодимовый магнит N42.

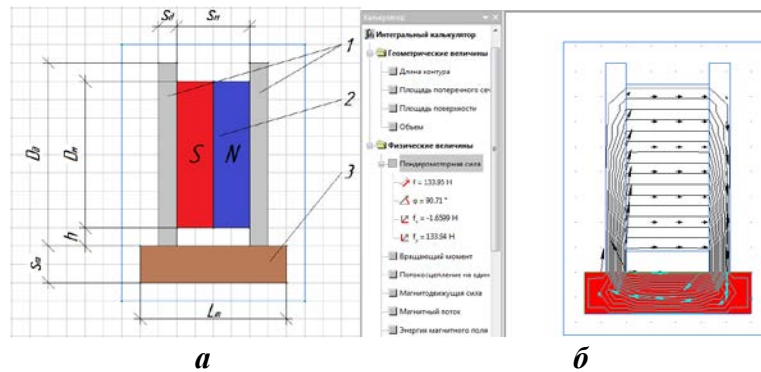


Рис. 2. Исходная геометрическая модель магнитного колеса в ПО *Elcut* (а) и пример результата расчета пандемоторной силы, прижимающей опору к объекту контроля (б); 1 – опорные диски-магнитопроводы; 2 – постоянный кольцевой магнит; 3 – поверхность трубопровода

Магнит имеет следующие характеристики: коэрцитивная сила  $H_c = 955000$  А/м, остаточная магнитная индукция  $B_r = 1,28$  Тл. Относительная магнитная проницаемость магнита  $\mu = 1$ . Магнит имеет аксиальную намагниченность; коэрцитивная сила направлена в сторону движения магнитного потока – от северного полюса магнита к южному. Полученная пандемоторная сила направлена под углом  $90^\circ$  и равна  $F = 133,95$  Н. В совокупности, применение в механизмах орбитального перемещения оборудования для неразрушающего контроля кольцевых трубных швов четырех опорных магнитных колес описанной конструкции с указанными геометрическими параметрами позволит обеспечить достаточное усилие прижатия механизма к объекту контроля.

Таким образом, пользуясь возможностями программного продукта *Elcut* можно оценить величину усилия прижатия опорных магнитных колес специальной конструкции к трубе, выполненной из ферромагнитного материала. Пользуясь полученными данными, можно проектировать механизмы орбитального перемещения оборудования для неразрушающего контроля кольцевых трубных швов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vasilchenko R. and et al. Kinematics of the orbital movement of a digital X-ray scanner of annular pipe seams // MATEC Web of Conferences. – 2018. –vol. 158. – Article number 01031.