

3. Панкратов Э.Н. Проектирование механических систем автоматизированных комплексов для механообрабатывающего производства: Практикум лидера-проектировщика. - Томск: ТГУ, 1998. – 295 с.

ОБЩАЯ СХЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ В ТРАНСПОРТНОМ МЕХАНИЗМЕ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Г.Р. Зиякаев, Ф.А. Симанкин, К.К. Манабаев, Е.Ю. Валитова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: simankinf@tpu.ru

GENERAL SCHEME OF LOAD DISTRIBUTION IN THE ORBITAL TRANSPORT MECHANISM

G.R. Ziyakaev, F.A. Simankin, K.K. Manabaev, E.Yu. Valitova

National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. A schematic model of the load distribution in the orbital transport mechanism of non-destructive testing system welded joints is described. An example of results of calculations using the proposed model is given. The model is implemented in the software MathCAD.

Современные магистральные трубопроводы представляют собой сочленения отрезков труб стандартной длины. Отрезки труб являются основными элементами, формирующими трубопровод. Эти отрезки режутся, свариваются и контролируются различными устройствами, объединенными одним типом движения – орбитальным перемещением относительно оси трубы. Исполнительными органами могут быть резак для операции отрезания, либо сварочные головки – для операции сваривания, либо чувствительный элемент системы неразрушающего контроля, например цифровая рентгенографическая панель, ультразвуковой детектор, камера визуального контроля.

Для орбитального движения характерны замкнутая кольцевая траектория и постоянная направленность одной из поверхностей движущегося объекта на ось вращения. Теме механизмов, перемещающих полезную нагрузку при неразрушающем контроле трубопроводов посвящен ряд работ [1, 2], но найти информацию по оценке усилий в механизмах осуществляющих орбитальное перемещение не удалось. Однако, вопрос этот весьма актуален. Для исследования особенностей процесса орбитального перемещения сканера кольцевых трубных швов на основе механизма с тяговой цепью и точной оценки требуемой мощности привода механизма орбитального перемещения необходимо подобрать соответствующую методику расчета. Для этого следует составить расчетную схему устройства, учитывающую как можно больше сил, действующих в системе. В дальнейшем, на основе методики можно будет проводить расчеты при конструировании механизмов орбитального перемещения на основе тяговой цепи.

Для оценки величин сил, действующих на тележку, необходимо исследовать распределение нагрузок в различных положениях тележки относительно трубы. В дальнейшем, рассмотренные частные случаи следует объединить и развить в более общую схему, с достаточной степенью точности описывающую любое возможное положение тележки на трубе, в упрощенном виде схема представлена на рис.1.

В данной силовой схеме учтены следующие составляющие: T_1, T_2 – силы натяжения цепи; $G_{тел}$, $G_{дв}$ – силы тяжести тележки и двигателя; N_1, N_2 – силы реакции опор катков; $F_{пр}$ – сила упругости пружины.

Из полученных уравнений равновесия для блока выводим зависимости для определения силовых характеристик привода МОП, которые выглядят следующим образом:

$$T_1 = \frac{F_{пр}}{2 \cos \beta} + \frac{F_{пол}}{2 \sin \beta} + \frac{G_{дв} \cdot \sin \alpha}{2 \sin \beta} - \frac{G_{дв} \cos \alpha}{2 \cos \beta}; T_2 = \frac{F_{пр}}{\cos \beta} - T_1 - \frac{G_{дв} \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$M_{дв} = T_1 \cdot \frac{d}{2} - T_2 \cdot \frac{d}{2}$$

Полученные зависимости реализуем в ПО *MathCAD*. Такой подход позволит быстро, удобно и с высокой степенью точности определять распределение сил в нагруженной тележке.

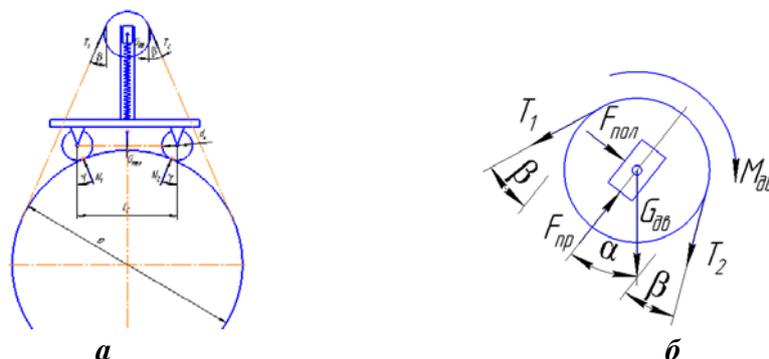


Рис. 1. Общая схема транспортной тележки (а) и схема распределения нагрузок в блоке натяжного устройства тележки, находящейся произвольном положении на трубе (б)

На рис. 2 представлен пример зависимости момента на двигателе привода тележки $M_{дв}$ от угла поворота α механизма относительно оси трубы. Данная зависимость получена при следующих исходных данных: диаметр трубы газопровода $D_{тр}=1,4$ м; вес тележки $G_{тел}=200$ Н; сила упругости пружины $F_{пр}=1000$ Н.

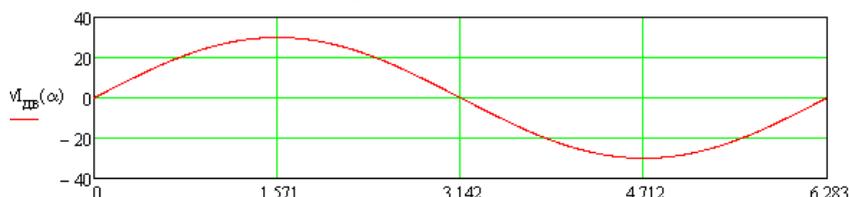


Рис. 2. Зависимость момента на двигателе привода тележки $M_{дв}$ от угла поворота α МОП относительно оси трубы

Анализ полученных графических зависимостей показывает, что имеет место так называемая «идеальная» зависимость, не учитывающая целый ряд особенностей, связанных с эксплуатацией механизма орбитального перемещения в реальности. К таким особенностям следует отнести, например, трение в узлах механизма.

Из графика видно, что одну половину цикла величина момента, развиваемого валом двигателя плавно возрастает от нуля до максимального значения 30 Н·м, затем плавно падает до нуля. Однако, это означает, что на этом участке траектории двигатель не потребляет электроэнергию, а вырабатывает ее, т.е. работает в режиме рекуперации. Логика же подсказывает, что подобное развитие событий маловероятно.

Уточнению представленной модели с учетом вышеописанного будет посвящена будущая работа. Тем не менее, использование предлагаемой модели распределения нагрузки при орбитальном перемещении позволяет достичь весьма точных результатов в определенном диапазоне перемещений (на участке подъема МОП, диапазон от метки 6 до метки 12 на рис. 1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shangjun Ma, Tao Zhang, Geng Liu, Ruiting Tong, and Xiaojun Fu1, Kinematics of planetary roller screw mechanism considering helical directions of screw and roller threads // *Mathematical Problems in Engineering*. – 2015. – vol. 2015.– Article number 459462.

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