

В данном устройстве (см. рис. 1) для формирования силовых импульсов можно выделить два колебательных контура. Первый колебательный контур гидропульсатор – 1, создающий колебания давления жидкости, второй – жидкость – 2, находящаяся в замкнутом объеме, пневмоподатчик – 3, активная масса – 4 с корпусом гидроцилиндра.

Потенциальная энергия сжатого воздуха в пневмоподатчике, разгоняя активную массу, переходит в ее кинетическую энергию. Активная масса, действуя на замкнутый объем жидкости, преобразует свою кинетическую энергию в потенциальную энергию деформированного рукава высокого давления – 7. Деформация рукава высокого давления будет продолжаться до тех пор, пока не израсходуется вся кинетическая энергия массы. Вынужденные колебания данной системы обеспечиваются работой гидропульсатора.

Данный механизм может быть использован для таких видов работ, как погружения в грунт и извлечения железобетонных свай-оболочек, для погружения призматических железобетонных свай в грунт, для возведения шпунтового ограждения.

#### Литература

1. Зиякаев Г. Р., Саруев Л. А., Мартюшев Н. В. Математическое моделирование гидроимпульсного механизма бурильных машин // В мире научных открытий. – 2010. – № 6.3 (13) – С. 61-65.
2. Пашков Е. Н., Зиякаев Г. Р., Кузнецов И. В. Дифференциальные уравнения процессов гидроимпульсного силового механизма бурильных машин / Пашков Е. Н., Зиякаев Г. Р., Кузнецов И. В. // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 4 (20). – С. 32–36.
3. Пашков Е. Н., Зиякаев Г. Р., Юровский П. Г., Пономарев А. В.. Патент на ПМ 133152 РФ. МПК7 E02D 7/10. Гидроимпульсная сваебойная машина / Оpubл. 10.10.2013 г.
4. Пашков Е. Н., Саруев Л. А., Зиякаев Г. Р. Математическое моделирование гидроимпульсного механизма бурильных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 5 – С. 26-31.
5. Саруев Л. А., Зиякаев Г. Р., Пашков Е. Н. Математическое моделирование гидроимпульсного механизма бурильных машин // Перспективы развития горнотранспортного оборудования: П26 Сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) – М.: издательство "Горная книга". – 2011. – № ОВ5. – 344 с.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ

М. А. Булгин

Научные руководители, профессор Ан И-Кан, старший преподаватель Д. В. Беляев  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время, в нефтегазовой, а также в других отраслях промышленности (авиакосмической, подъемно-транспортной и т.п.) получают распространение волновые передачи с промежуточными телами качения (ВПТ). Благодаря широкому диапазону передаточных отношений, конструктивной гибкости и многопарности зацепления введение их в конструкции позволяет создавать механизмы с улучшенными характеристиками. Однако недостаточная изученность создает препятствия к их производству и более широкому распространению [2, 3].

Конструкции ВПТ достаточно разнообразны, в данной статье, рассмотрена передача, основу которой составляет механизм, представленный на рис. 1.

Механизм работает следующим образом: при сообщении движения кулачку 1, промежуточные тела 4, волнообразно перекачиваются по профилям зубьев центрального колеса 2, и поступательно двигаясь внутри гнезд сепаратора 3, могут передавать движение и центральному колесу и сепаратору.

Поскольку геометрические оси промежуточных тел перемещаются в пространстве и выходным звеном, может быть центральное колесо или сепаратор, то такую передачу можно отнести к так называемым дифференциально – планетарным механизмам, имеющим две степени свободы.

Возможны два варианта такой передачи, когда количество промежуточных тел больше чем число зубьев или впадин центрального колеса и когда промежуточных тел меньше. На рис. 1 а) и б) представлены оба варианта такого механизма.

Рассмотрим отдельно взятое промежуточное тело и элементы деталей, с которыми оно контактирует. Составим расчетную схему, которая представлена на рис. 2. На промежуточное тело в узле действуют три силы, со стороны кулачка Р, сепаратора N и центрального колеса F.

Введем глобальную систему координат Оху, с началом, совпадающим с центром передачи. Линии действия указанных сил относительно принятой системы координат расположены следующим образом: вектор силы F образует с осью Оу угол  $\gamma$ , линия действия силы N параллельна Ох и находится на расстоянии S от нее, вектор силы Р находится на прямой, проходящей через геометрические центры кулачка и промежуточного тела. Таким образом, данные усилия представляют собой систему сходящихся сил, линии действия которых, пересекаются в геометрическом центре промежуточного тела. Для этой системы можно записать уравнение

$$\vec{F} + \vec{N} + \vec{P} = 0 .$$

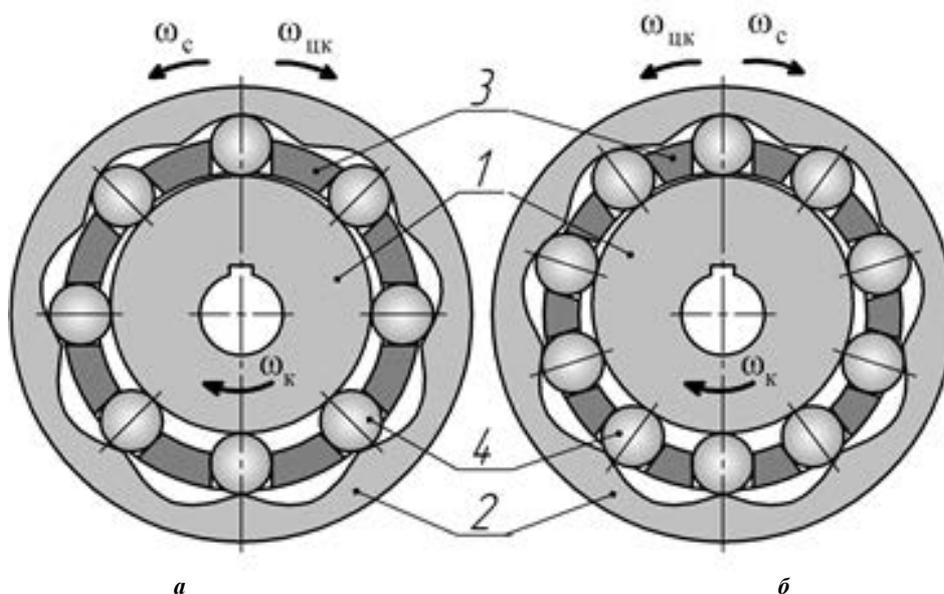


Рис. 1 Два варианта ВПТ

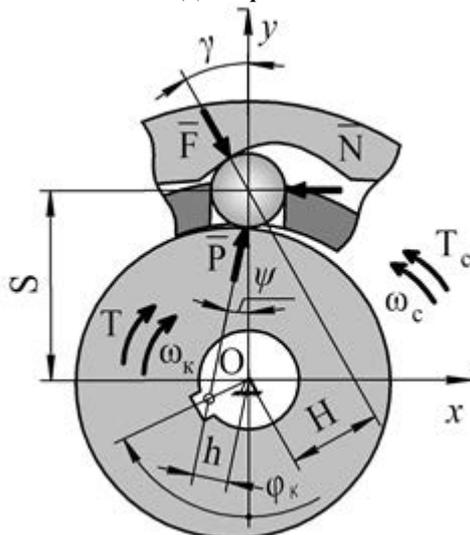


Рис. 2 Расчетная схема

Исходя из этого уравнения, при известной геометрии и крутящем моменте  $T$  на входном звене, можно определить все усилия из следующих соотношений:

$$P = \frac{T_1}{S \cdot \sin \psi},$$

где  $\psi$  – угол между линией действия силы  $P$  и осью  $Oy$  (см. рис. 2);

$$N = \frac{T_1}{S \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \cos \gamma},$$

$$F = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{S \operatorname{tg} \psi} + \frac{T_1}{S}.$$

Поскольку выходным звеном может являться центральное колесо или сепаратор то, при зафиксированном сепараторе, выходной крутящий момент

$$T_2 = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \psi} T_1,$$

а при зафиксированном центральном колесе

$$T_3 = \left( \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \psi} + 1 \right) T_1, \text{ т.е. } T_3 = (T_2 + 1) T_1.$$

Полученные выражения также показывают, что при прочих равных условиях, наиболее выгодной с точки зрения передаваемого крутящего момента, является конструкция, когда выходным звеном является сепаратор, а центральное колесо неподвижно закреплено в корпусе передачи.

#### Литература

1. Планетарные передачи / В. Н. Кудрявцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. ; Л. : Машиностроение, 1966. — 307 с.
2. Черемнов А.В., Пашков Е.Н., И-Кан А., Ильин А.С. Определение силы зацепления конической передачи с промежуточными телами качения // Сборник трудов Международного симпозиума. Теория и практика зубчатых передач. Россия, Ижевск, 2014. С. 438-443.
3. Ivkina O.P., I-Kan A., Cheremnov A.V., Pashkov E.N. Exposing static indeterminacy of dimensioned gear with packing rolling element // 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.

### ОЦЕНКА НДС ВНЕШНЕГО ДВИЖИТЕЛЯ ГЕОХОДА ОТ ДЕЙСТВИЯ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

А. А. Вакуров, А. В. Лушников

Научный руководитель, ассистент К. К. Манабаев,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Геоход является уникальной в своем роде машиной, так как она способна передвигаться под землей, используя грунт в качестве опоры [1, 2]. Это позволяет создать силу тяги и сформировать напорное усилие за счет среды, в которой перемещается геоход.

В настоящее время, геоход является востребованной и перспективной разработкой, реализуемой на базе Юргинского технологического института Томского политехнического университета (ЮТИ ТПУ). Геоход способен выполнять ряд специфических задач, таких как: прокладка тоннелей, кабелей, линий связи, выполнение спасательных операций, вести подземное бурение на большие глубины, передвигаясь в разных направлениях и под наклоном. Малый вес и габариты делают возможным перемещение геохода к месту проведения подземных работ.

Основным элементом, за счёт которого перемещается геоход по грунту, является внешний движитель. Из-за того что перед ним расположена фреза, протачивающая тоннель, и сам внешний движитель расположен под углом относительно оси геохода, при вращении головной части происходит закручивание геохода в грунте, вследствие проскальзывания внешнего движителя по грунту внутри проточенного тоннеля.

В данной работе была проведена оценка напряженно-деформированного состояния статически нагруженного внешнего движителя геохода методом конечных элементов. За основу была взята геометрическая модель внешнего движителя, предоставленная специалистами ЮТИ ТПУ, рассчитанная

**Ключевые слова:** геоход, внешний движитель (ВД), напряженно-деформированное состояние (НДС), метод конечных элементов (МКЭ), движитель, сила трения, перемещение геохода.

#### 1. Расчет внешнего движителя геохода средствами Mathcad, представленный специалистами Юргинского технологического института

На рисунке 1 представлена схема нагружения геохода. Внешний движитель (позиция 1) головной секции (позиция 2) подвергается воздействию трех сил:  $F_{вдN}$ ,  $F_{вдтр}$ ,  $F_{тргс}$ .

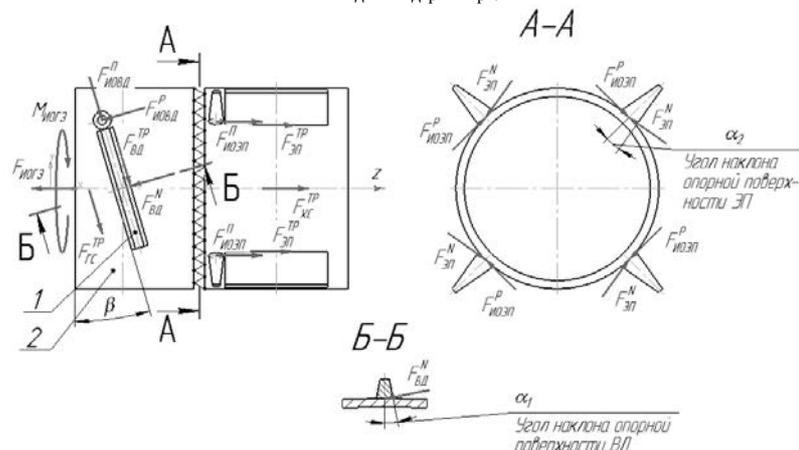


Рис. 1. Схема нагружения геохода