

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Царыцын В.В. Бурение горных парод. – Киев, Техническая литература, 1959. -343с.
2. Патент на ПМ № 103837. Буровой станок. / В.И. Клишин, Д.И. Кокоулин, Б. Кубанычбек, А.П. Гуртенко, П.И. Гуртенко // БИ № 12. 2011.
3. Патент на ПМ № 88058. Буровой станок. / В.И. Клишин, Д.И. Кокоулин, Б. Кубанычбек, А.П. Гуртенко, П.И. Гуртенко // БИ № 30. 2009.

□ Авторы статьи:

Клишин
Владимир Иванович
член-корреспондент РАН, д-р техн.
наук, профессор, директор Института
угля СО РАН, зав. каф.горных
машин и комплексов КузГТУ .
E-mail: klishinvi@icc.kemsc.ru

Кокоулин
Даньляр Иванович
канд. техн. наук, ст. научн. сотруд-
ник. Института горного дела СО
РАН.
Тел. +7 (383) 217-05-36

Гуртенко
Андрей Петрович
технический директор
ООО «Спецгидравлика»
Тел.(383) 220-31-24.

УДК 622.232.7

В.Ю. Тимофеев, М.В. Дохненко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ С ПОЛЫМ ВАЛОМ В ТРАНСМИССИИ ГЕОХОДА

В настоящее время группой ученых при поддержке гранта Министерства образования РФ ведутся работы по разработке геохода нового поколения, поэтому разработка вариантов конструктивных решений геохода и его систем, а также методик их расчета является актуальной научно-практической задачей. На сегодняшний день выработаны требования ко всем основным системам [1]. Одной из главных систем геохода является его трансмиссия, так как именно трансмиссия создает необходимый врачающий момент и тяговое усилие на внешнем двигателе, обеспечивает скоростные параметры его перемещения и напорное усилие на исполнительном органе [2].

Один из вариантов конструктивного решения предполагает использование волновой передачи с промежуточными телами качения (ВППТК) в трансмиссии геохода [3]. В существующих решениях трансмиссии геохода в качестве привода используются гидроцилиндры, расположенные по хордам окружности корпуса геохода. Такое техническое решение имеет ряд существенных недостатков, таких как неравномерность и цикличность вращения головной секции, существенные динамические нагрузки на корпус, существенная нагрузка на корпус в местах крепления гидроцилиндров [4]. Применение ВППТК в трансмиссии геохода вполне перспективно, так как при ее использовании повышается плавность работы, снижаются динамические нагрузки на корпус геохода. Конструктивные особенности геохода обусловливают необходимость разработки нового типа ВППТК – с полым валом. В [5] определено схемное решение трансмиссии геохода с ВППТК с полым валом, наиболее соответствующее требованиям к трансмиссии, поэтому определение уси-

лий, возникающих при взаимодействии элементов ВППТК, является актуальной научно-практической задачей.

Параметры силового распределения определяют усилия и врачающие моменты, возникающие от взаимодействия между генератором волн, сепаратором, зубчатым венцом и роликом (рис. 1). Конструктивный элемент в виде сквозного отверстия в генераторе волн определяет габарит свободного пространства. В ВППТК одновременно находятся в зацеплении (в работе) 30...50% от общего числа роликов [6]. Для создания тягового усилия трансмиссией необходимо, чтобы врачающий момент на зубчатом венце M_B был больше требуемого внешнего момента. При работе ВППТК в контактных парах «генератор волн-ролик», «зубчатый венец–ролик» и «сепаратор–ролик» создаются активные и возникают реактивные усилия F_T , F_B , F_C соответственно. Силы, действующие на ролик, представляют собой систему сходящихся сил, которую рассматриваем относительно системы координат, связанной с роликом и зубчатым венцом. Ось ординат данной системы проходит через центр зубчатого венца O_B (центр сепаратора O_C) и центр i -го ролика, находящегося в зацеплении, ось абсцисс – перпендикулярна оси ординат.

Силовое взаимодействие роликов и элементов ВППТК происходит при вращении генератора волн. Текущий угол поворота генератора обозначен φ_T , зацепление в передаче происходит на участке φ^* . При этом активная сила, возникающая от генератора волн на ролике F_T , действует по линии соединяющей центр генератора волн O_T с точкой взаимодействия ролика и генератора. Угол между линиями, соединяющими точку O_T и точку

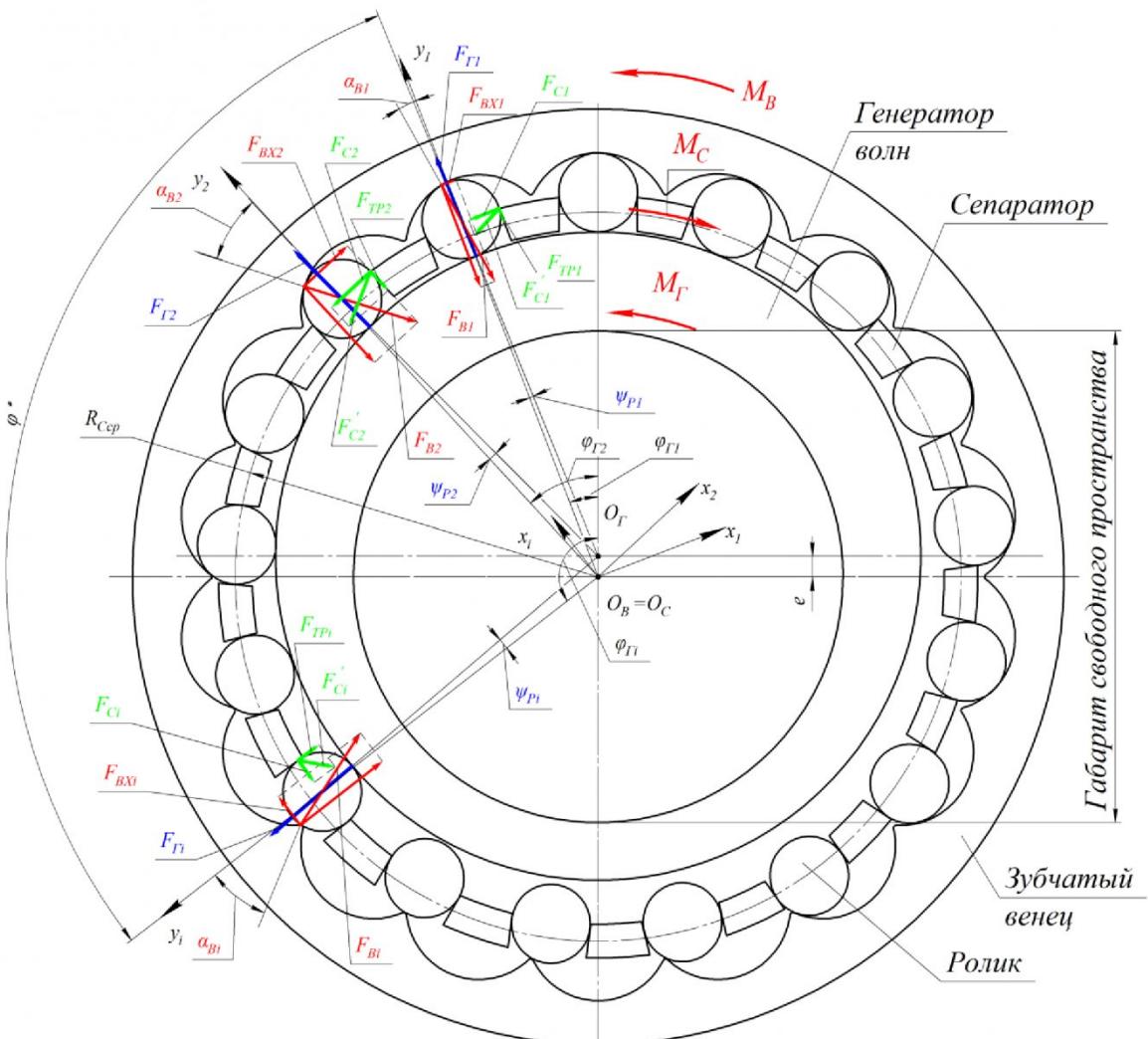


Рисунок 1 – Схема взаимодействия в элементах ВППТК с полым валом

взаимодействия генератора волн и осью y , является углом давления на ролик ψ_P .

В точке контакта ролика с зубчатым венцом возникает реактивная сила F_B , которая воздействует по линии, соединяющей точку взаимодействия и центр ролика. Угол α_B между линиями, соединяющими точку взаимодействия с центром ролика и осью y , является углом передачи движения.

В точке контакта ролика и сепаратора возникает реактивная сила F_C , линия действия которой перпендикулярна плоскости перемычки сепаратора. В связи с тем, что при совершении рабочего хода, ролик ВППТК двигается от центра сепаратора O_C , на плоскости перемычки возникает сила трения F_{Tp} , направление которой – вдоль плоскости перемычки сепаратора. Полная сила трения F_C' равна векторной сумме данных сил: $\bar{F}_C + \bar{F}_{Tp}$

. Линия действия силы F'_C отклонена от линии действия силы F_C на угол трения φ_{tr} .

Вращающий момент M_B образуется на зубчатом венце за счет суммирования проекций реакции зубчатого венца F_{Bi} от воздействия i -го роли-

ка, находящегося в зацеплении, на ось x_i , при плече момента равном среднему радиусу сепаратора R_{Ccp} :

$$M_B = \sum_{i=1}^{Z_{p3}} F_{BXi} \cdot R_{Ccp} \quad (1)$$

где F_{BXi} – проекция реакции зубчатого венца от воздействия i -го ролика, находящегося в зацеплении, на ось x_i , Н;

R_{Cp} – средний радиус сепаратора передачи, м;

Проекция реакции зубчатого венца от воздействия i -го ролика, находящегося в зацеплении, на

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{kin}} + i \epsilon_{\text{kin}} \quad (2)$$

где α_{Bi} – угол передачи движения для i -го ролика, находящегося в зацеплении, град;

F_{Bi} – сила воздействия ролика на зубчатый венец, град.

Средний радиус сепаратора передачи:

$$R_{Ccp} = d_p \cdot Z \cdot (1 + K_{wP}) / 2\pi \quad (3)$$

где d_p – диаметр ролика передачи, мм;

Z – общее число роликов в передаче;

K_{WP} – коэффициент ширины перемычки сепаратора;

Число роликов в передаче одновременно находящихся в зацеплении:

$$Z_{P3}=K_{P3}Z \quad (4)$$

где K_{P3} – коэффициент числа роликов, одновременно находящихся в зацеплении, $K_{P3}=0,3\dots0,5$ [6].

Передаточное отношение передачи q при остановленном сепараторе [6]:

$$q=Z+1 \quad (5)$$

Вращающий момент на генераторе волн M_G :

$$M_G = M_B/q \quad (6)$$

Реактивный момент на сепараторе [7]:

$$M_C = (q-1) \cdot M_G \quad (7)$$

Реактивный момент на сепараторе, выраженный через M_B :

$$M_C = \frac{Z}{q} \cdot M_B \quad (8)$$

Вращающие моменты на генераторе волн, зубчатом венце и сепараторе постоянны.

Вращающий момент M_B уравновешивается внешним моментом M_{BP} . Момент M_C уравновешивается реакцией в заделке.

Нормальная сила реакции на i -ой перемычке сепаратора прямо пропорциональна крутящему

моменту на сепараторе, отнесенном к среднему радиусу сепаратора, и распределена между роликами находящимися в зацеплении:

$$F_{Ci} = \frac{M_C}{R_{Ccp} \cdot Z_{P3}} \quad (9)$$

Полная сила реакции на i -ой перемычке сепаратора:

$$F'_{Ci} = \frac{F_{Ci}}{\cos \varphi_{TP}} \quad (10)$$

где φ_{TP} – угол трения стали по стали при наличии смазки ($\varphi_{TP}=2,86^\circ\dots5,72^\circ$).

Сила трения скольжения ролика по перемычке сепаратора:

$$F_{TPi} = F_{Ci} \cdot \tan \varphi_{TP} \quad (11)$$

Полученные выражения определяют параметры силового распределения между элементами ВППТК с полым валом. Значения усилий и вращающих моментов, полученные по данным выражениям, используются для определения прочностных параметров материала и геометрических параметров элементов ВППТК с полым валом.

Полученные результаты достигнуты в ходе реализации комплексного проекта при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Договор №02.G25.31.0076.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Формирование требований к основным системам геохода // Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Садовец В.Ю., Блащук М.Ю., Бегляков В.Ю., Тимофеев В.Ю. – Перспективы развития горно-транспортных машин и оборудования: Сборник статей. Отд. выпуск Горного информационного аналитического бюллетеня . – 2009. – 10. – 432. – М.: Горная книга (Горный инженер). С. 107–118.
- Обоснование необходимости разработки трансмиссии геоходов // Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Тимофеев В.Ю., Блащук М.Ю.. // Вестник КузГТУ. 2009. № 3. С. 24 -27.
- Обзор волновых передач возможных к применению в трансмиссии геохода // Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю. Горное машиностроение: Труды VII Всероссийской научно-практической конференции. Отд. выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня Mining Informational and analytical Bulletin (scientific and tecnical journal). - 2010. - №OB3 - 464 с. – М.: Горная книга. С. 137-149.
- Разработка и анализ возможных вариантов гидропривода в трансмиссии геохода // Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю. Горное машиностроение: Труды VII Всероссийской научно-практической конференции. Отд. выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня Mining Informational and analytical Bulletin (scientific and tecnical journal). - 2010. - №OB3 - 464 с. – М.: Горная книга. С. 184-194.
- Синтез вариантов схемных решений трансмиссии геохода с волновой передачей // Аксенов В.В., Тимофеев В.Ю. Отд. выпуск Горного информационно-аналит. бюллетеня Mining Informational and ana-litical Bulletin (Scientific And Tencical Journal). – М.: Горная книга. – 2013.– № OB6. – 532 с. С. 426-439.
- Беляев А.Е., Механические передачи с промежуточными телами повышенной точности и долговечности. Учебное пособие – Томск: ТПИ, 1986. - 60 с.
- Отчет о НИР. Разработка методик расчета редуктора повышенной точности и долговечности. УДК621.833.1. Иnv. номер гос. регистрации № 0188.0081983. 1988. С. 53.

□Авторы статьи:

Тимофеев
Вадим Юрьевич
доцент кафедры «Горно-шахтное
оборудование» (Юргинский техно-
логический институт (филиал) ТПУ),
email: tv.ytitpu@gmail.com

Дохненко
Максим Викторович.
студент (Юргинский технологиче-
ский институт (филиал) ТПУ),
email: tv.ytitpu@gmail.com