

РАЗРАБОТКА ВОЛНОВОГО ВАРИАТОРА МОЩНОСТИ ПРИВОДА ЛЕБЁДКИ БУРОВОЙ КОЛОННЫ

Попов А. А.

научный руководитель канд. техн. наук доцент Данилов А. К.

Сибирский федеральный университет

Буровая лебёдка – это основной агрегат спуско-подъемного комплекса буровой установки. Она предназначена в основном для создания тягового или тормозного усилия в ведущей ветви талевого каната. Лебёдка необходима для подъема и спуска бурильной колонны, ненагруженного элеватора, спуска обсадных колонн, удержания на весу неподвижной колонны или медленного ее опускания при подаче долота на забой в процессе бурения или расширения скважины. Лебёдка применяется для подтаскивания и подъема труб, грунтоносок и других грузов, а также при монтаже буровых вышек и оборудования на них.

Бурильная колонна из скважины поднимается при больших затратах мощности, а спускается под действием собственного веса. Поэтому лебедки должны иметь достаточно мощный привод и надежную тормозную систему для поглощения энергии спуска колонн. В процессе подъема бурильной колонны ее вес (нагрузка на крюке) постепенно уменьшается, и, соответственно, снижается затрата мощности привода. Для увеличения степени загрузки двигателей привода рационально повышать скорость подъема колонны. Таким образом, с целью обеспечения высокого коэффициента использования мощности привода лебёдки должны быть многоскоростными.

Однако большинство лебедок не имеет оперативного управления скоростями. Необходимо, чтобы скорости лебедки включались оперативно, легко и плавно.

Цель работы. Целью данной работы является обзор и анализ существующих конструкций бесступенчатых коробок передач, на основании которых даётся предложение о разработке новой модели волнового вариатора мощности привода лебёдки буровой колонны.

Вариатор (или *вариаторная коробка передач*) является бесступенчатой коробкой передач, обеспечивающей плавное изменение передаточного числа в заданном диапазоне. Вариаторная коробка передач имеет аббревиатуру *CVT* – *Continuously Variable Transmission* (в переводе – постоянно изменяющаяся трансмиссия).

Вариаторы нашли применение в станках, химической, текстильной промышленности, машиностроении.

Широкое распространение они получили на мотоциклах, снегоходах, скутерах и других маломощных транспортных средствах, так как вариаторы не предназначены для передачи большого крутящего момента от двигателя к трансмиссии.

Разновидности существующих вариаторов

Клиноремённый вариатор состоит из одной, реже двух ременных передач. Передача включает два шкива, соединенные клиновидным ремнём. Ремень может быть изготовлен из резины или набора металлических пластин. Шкив образуют два конических диска, которые могут сдвигаться или раздвигаться, изменяя диаметр шкива. Изменение передаточного числа происходит за счет сдвигания и раздвигания ведущего и ведомого шкивов. Для сближения конусов используется гидравлическое давление, центробежная сила, усилие пружин.

Аналогичное устройство имеет *клиноцепной вариатор*. Он отличается от предыдущего лишь механизмом передачи крутящего момента – ремень заменяется

стальной цепью, состоящей из пластин, соединенных осями. Использование цепи повышает КПД передачи и уменьшает потери.

Тороидный вариатор состоит из двух вращающихся в противоположные стороны соосных валов, имеющих тороидную (сферическую) форму. Между валами зажаты ролики, которые, изменяя свое положение, меняют передаточное число от ведущего к ведомому валу, при этом крутящий момент передается от роликов к валам за счет сил трения.

Основные преимущества вариаторов по сравнению с другими коробками передач заключаются в следующем:

- 1) Рациональное использование мощности двигателя за счет оптимального согласования нагрузки на машину, в которую он установлен, с оборотами вала;
- 2) Постоянная корректировка крутящего момента в автоматическом режиме;
- 3) Как следствие, высокая топливная (или энергетическая) экономичность;
- 4) Плавное изменение крутящего момента, отсутствие рывков при работе машины.

Внимательно изучив различные виды и модели вариаторов, можно прийти к выводу, что помимо преимуществ существует также и определённый *ряд присущих им недостатков*:

- 1) Большие возникающие нагрузки на детали устройства ограничивают область применения вариаторов только легковыми автомобилями;
- 2) Ненадёжность клиноременного соединения, в частности резиновых ремней;
- 3) Сложность технологического решения, обеспечивающего надёжность контактов дисков и роликов в тороидном вариаторе.

Усилие прижатия в пятне контакта роликов со сферическими валами может быть колоссальным (до 10 т), поэтому, помимо того, что материал в них должен быть высокотехнологичным, система управления тоже должна быть очень надёжной;

- 4) Наличие высоких напряжений в местах точечного контакта торцевой поверхности цепи с коническими дисками шкивов клиноцепного вариатора при передаче крутящего момента.

Эти напряжения приходится компенсировать за счёт изготовления конических дисков из высокопрочной (подшипниковой) стали;

- 5) Ограничение по величине крутящего момента, и, как следствие, невозможность применения вариаторов в машинах и агрегатах с двигателями большой мощности (например, грузовые автомобили);

- 6) Отсутствие возможности реверсивного движения самого вариатора, что принуждает к установке планетарного редуктора в вариаторную коробку передач для достижения этой цели. Соответственно, усложняется конструкция механизма и увеличивается стоимость.

Предложение. На основе анализа технических решений существующих вариаторов разработана конструкция приводной замкнутой системы, обеспечивающей возможность регулирования выходными параметрами крутящего момента в широком диапазоне.

Основу разработанной конструкции волнового вариатора мощности (рис. 1) составляет встроенный электрический привод, представляющий собой электромотор 1, установленный в кожух 3 эксцентрикового редуктора 2.

Вариация оборотов внешнего корпуса осуществляется через наращивание оборотов внешнего корпуса статора, установленного внутри. Стабилизированные обороты электрического двигателя приводят в движение внешний корпус через эксцентриковый привод. В результате этого корпус получает приращение количества

оборотов в соответствии с передаточным отношением. Нарращивание внешних оборотов корпуса приводит к сложению количества оборотов корпуса и двигателя, что и устанавливает баланс мощности данной системы.

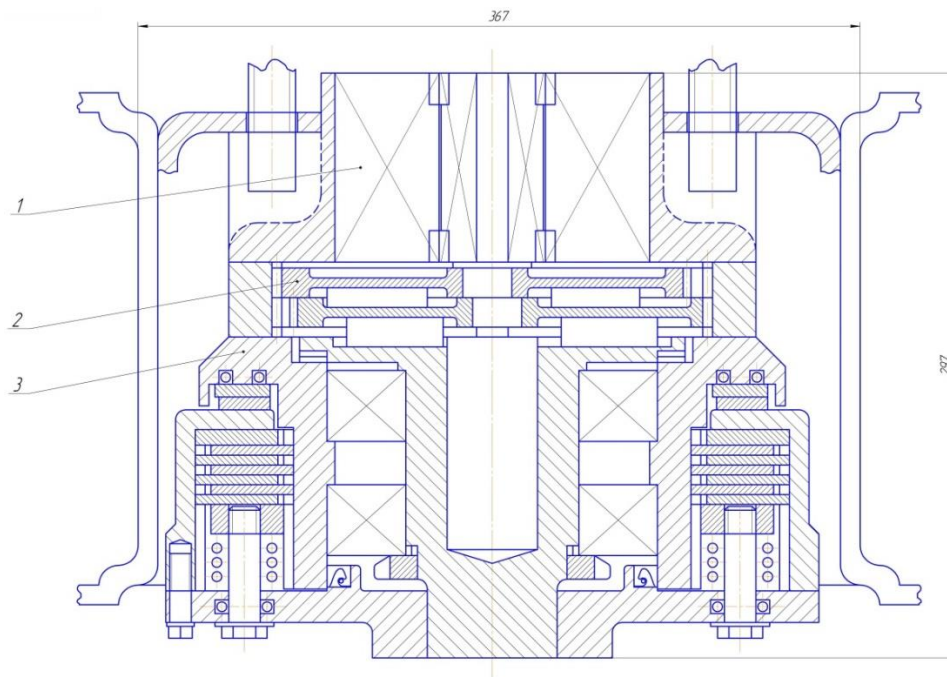


Рисунок 1 – Разработанный волновой вариатор, установленный в мотор-колесо:
1 – электромотор; 2 – эксцентриковый редуктор; 3 – кожух

Выполним анализ существующих моделей вариаторов и разработанного волнового вариатора мощности. В таблице 1 представлено сравнение характеристик, а в таблице 2 описаны недостатки существующих разновидностей.

Таблица 1 – Сравнение характеристик

Параметры	Клиноремённый вариатор	Клиноцепной вариатор	Тороидный вариатор	Предлагаемый волновой вариатор
Передаточное число	1:4 – 4:1	1:3 – 3:1	1:4 – 4:1	1:200 – 2:1
Крутящий момент	до 10 кН·м	до 15 кН·м	до 10 кН·м	до 200 кН·м

Таблица 2 – Недостатки существующих моделей

№	Клиноремённый вариатор	Клиноцепной вариатор	Тороидный вариатор
1	Большие возникающие нагрузки на детали устройства		
2	Ненадёжность клиноремennого соединения	Высокие напряжения в местах точечного контакта цепи со шкивами	Ненадёжность контактов дисков и роликов
3	Ограничение по величине крутящего момента		
4	Отсутствие возможности реверсивного движения		

Анализ технических характеристик разработанного механизма

- Предполагаемая мощность – 10 кВт;
- Электродвигатель:
 - выходная частота – 10 тыс об/мин;
 - масса – 1,5 кг;
- Редуктор:
 - передаточное отношение max – 200;
- Вариация оборотов на выходном валу:
 - min – 50 об;
 - max – в зависимости от технологических параметров установки.

На рисунке 2 показана зависимость угловой скорости вращения разработанного волнового вариатора от времени.

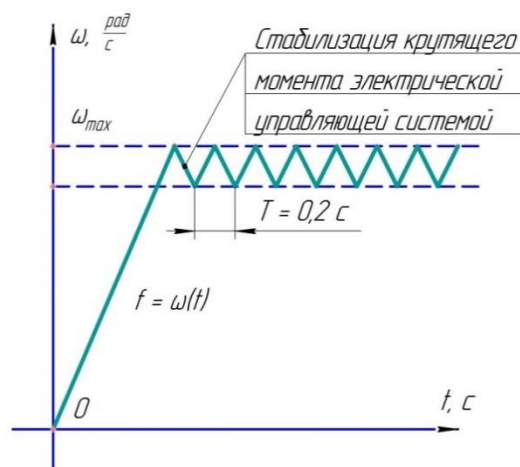


Рисунок 4 – Зависимость угловой скорости вращения разработанного волнового вариатора от времени

Как уже было сказано выше, этот механизм разработан для установки в привод буровой лебёдки. Но он достаточно универсален, поэтому может быть внедрён и в другие технические устройства. Дополнительные предполагаемые области применения:

- а) Система верхнего привода (СВП) при бурении на нефть и газ;
- б) Привод БЕЛАЗА и других карьерных самосвалов;
- в) Вращатели кранов, экскаваторов;
- г) Ветроэнергетика.

Выводы. При применении волнового вариатора мощности в приводе буровой лебёдки будут обеспечены запасы мощности, крутящего момента и количества оборотов при различных степенях нагрузки.

Дополнительные преимущества использования данного механизма:

- 1) Возможность реверсивного движения без применения дополнительных механизмов, что облегчает конструкцию привода;
- 2) Возможность вариации количества оборотов в широком диапазоне позволит создать компактные приводы механических систем;
- 3) Использование эксцентриковых редукторов приведёт к увеличению мощности существующих систем;
- 4) Появление возможности применения волнового вариатора в таких силовых узлах и агрегатах, как: лебёдки, приводные системы вращателей кранов, экскаваторов и

т. д. Также, разработанное устройство можно будет устанавливать в качестве привода грузовых автомобилей больших мощностей;

5) Применение современных материалов позволит разработать системы с минимальными потерями КПД и мощности.