

УДК 621.83

МИНИМИЗАЦИЯ ГАБАРИТНЫХ РАЗМЕРОВ РУЧНОЙ ЛЕБЕДКИ, РАЗРАБОТАННОЙ НА ОСНОВЕ ПЕРЕДАЧИ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ТИПА

П. Н. ГРОМЫКО, С. Н. ХАТЕТОВСКИЙ,
И. В. ТРУСОВ, В. Л. ЮРКОВА

*Государственное учреждение высшего профессионального
образования «Белорусско-Российский университет»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Ключевые слова: ручная лебедка, механическая передача, планетарная передача, эксцентриковая передача, сдвоенный эксцентрик.

Введение

В настоящее время подъемно-тяговые устройства, в том числе лебедки, широко применяются в различных областях техники, причем потребность в данных устройствах постоянно растет. К таким областям можно отнести:

- мастерские по ремонту автомобильной техники, где осуществляется подъем и перемещение узлов автомобилей;
- колхозы, совхозы и фермерские хозяйства, использующие подъемные и тяговые устройства на фермах, зернотоках, птицефабриках;
- троллейбусные парки, применяющие лебедки для стягивания контактных проводов и ремонта подвижного состава;
- прочие предприятия, к которым можно отнести строительные и монтажные организации, заводы, личные хозяйства граждан.

Однако во многих случаях потребителя не устраивают существующие конструкции лебедок из-за повышенных массогабаритных показателей.

Целью данной работы является снижение габаритных размеров ручной лебедки, разработанной на основе передачи эксцентрикового типа.

Обзор механических передач различных типов для использования в конструкциях ручных лебедок

Важным элементом лебедки является механическая передача, предназначенная для получения требуемого тягового усилия. От выбора типа механической передачи зависят во многом как технико-экономические показатели, так и габаритные размеры лебедки.

В настоящее время широкое применение в подъемно-тяговых механизмах получили червячные передачи [1]. Однако низкое значение КПД указанных передач при обеспечении требуемой скорости подъема груза приводит к снижению грузоподъемности тягового устройства.

Для повышения грузоподъемности лебедок в их конструкции могут быть использованы планетарные передачи различных типов [2]. Однако такие лебедки конструктивно сложны, что приводит к увеличению себестоимости их изготовления.

Обеспечить ручным лебедкам низкую себестоимость изготовления при относительно высоком значении грузоподъемности возможно путем применения в их конструкции передачи, состоящей из одной пары эвольвентных колес [3]. Указанные лебедки имеют большие диаметральные габаритные размеры по сравнению с вышерассмотренными



конструкциями лебедок. Минимизировать габаритные размеры лебедки в диаметральном направлении возможно путем использования передачи с минимальным числом зубьев ведущей шестерни. По этому пути пошли авторы работы [4].

Передаточное отношение при этом определяется числом зубьев ведомого колеса. Для обеспечения непрерывности трансформации вращения в передаче с эксцентриково-циклоидальным зацеплением необходимое число контактных пар зубьев набирается путем последовательного их расположения в осевом направлении.

Использование передачи с указанным выше зацеплением в конструкции ручной лебедки позволяет значительно снизить ее диаметральные габариты, но приводит к росту ее осевого размера.

Минимизация осевых размеров ручной лебедки, разработанной на базе передачи эксцентрикового типа

Авторами данной работы с целью снижения осевого размера лебедки с эксцентриковой передачей внутреннего зацепления было предложено применить ведущую шестерню со сдвоенными эксцентриками. Применение сдвоенных эксцентриков позволяет значительно сократить осевой размер передачи, а следовательно, и лебедки в целом.

При проектировании ручной лебедки на основе эксцентриковой передачи со сдвоенными эксцентриками встает вопрос об оптимальном количестве контактных пар (сдвоенный эксцентрик – зуб центрального колеса), располагаемых в осевом направлении. С одной стороны, увеличение числа контактных пар приводит к росту осевого размера передачи и, соответственно, лебедки в целом. С другой стороны – недостаточное их количество может привести к дискретности вращения ведомого колеса, снижению КПД передачи и, как следствие, к потере работоспособности лебедки.

Для определения рационального количества контактных пар во внутреннем зацеплении эксцентриковой передачи были проведены исследования методами компьютерного моделирования с помощью системы автоматизированного проектирования NX 8.5. Для этого были разработаны компьютерные модели эксцентриковой передачи с внутренним зацеплением с различным количеством контактных пар. Компьютерные модели эксцентриковой передачи с числом контактных пар, равным двум, трем и четырем, показаны на рис. 1.

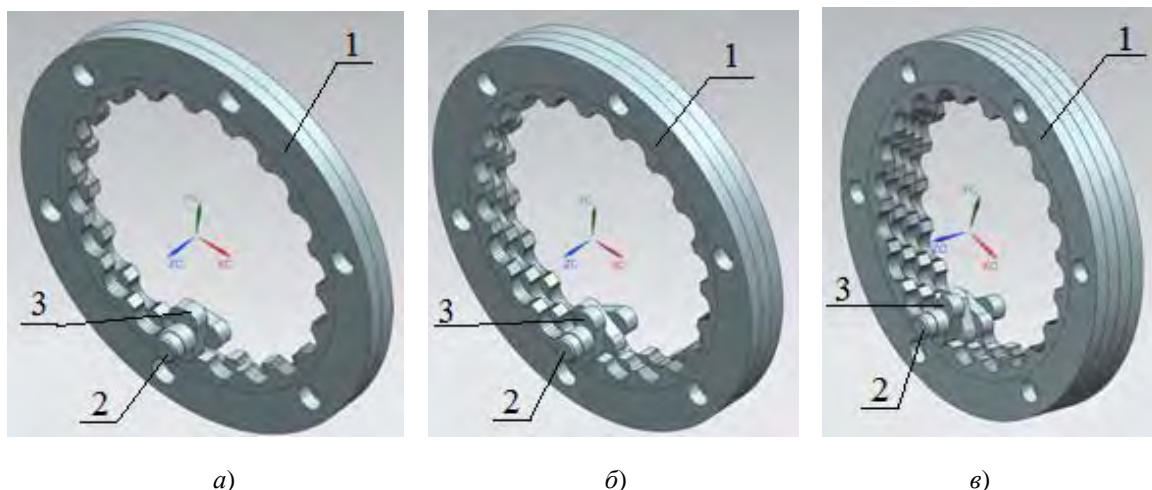


Рис. 1. Компьютерные модели зацепления эксцентриковой передачи:
 а – число контактных пар равно 2; б – число контактных пар равно 3;
 в – число контактных пар равно 4 (1 – ведомое колесо; 2 – ведущая шестерня;
 3 – сдвоенный эксцентрик)

Разработанная компьютерная модель эксцентриковой передачи с внутренним зацеплением состоит из сборного ведомого колеса 1, ведущей шестерни 2, представляющей собой набор в осевом направлении, сдвоенных эксцентриков 3, повернутых друг относительно друга. Угол поворота эксцентриков зависит от числа контактных пар (90, 60 или 45° при количестве контактных пар – 2, 3 или 4, соответственно). Колесо 1 состоит из дисков внутреннего зацепления, повернутых друг относительно друга на 9, 6 или 4,5° при количестве контактных пар – 2, 3 или 4, соответственно.

Отличительной особенностью варианта эксцентриковой передачи, предложенной в работе [4], от варианта эксцентриковой передачи, изображенной на рис. 1, является не только применение сдвоенного эксцентрика, но и использование зубьев центрального колеса круговой, т. е. не циклоидальной формы [5].

На основе разработанных компьютерных моделей эксцентриковой передачи с различным числом контактных пар (см. рис. 1) были проведены исследования по оценке КПД и кинематической погрешности от угла поворота ведущей шестерни в соответствии с методикой, изложенной в работе [6]. Результаты исследований представлены в виде графических зависимостей, изображенных на рис. 2 и 3.

На рис. 2 показаны графические зависимости КПД эксцентриковой передачи с 2, 3 и 4 числами контактных пар от угла поворота ведущей шестерни.

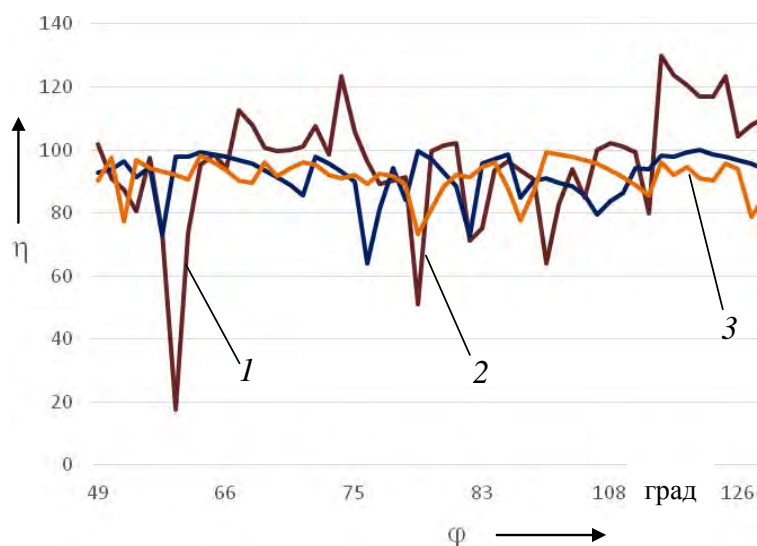


Рис. 2. Графические зависимости КПД эксцентриковой передачи от угла поворота ведущей шестерни при различном числе контактных пар:

- 1 – эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 2;
- 2 – эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 3;
- 3 – эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 4

Анализ полученных графических зависимостей позволяет сделать вывод о том, что при количестве контактных пар – 3 и 4 среднее значение КПД составляет 95 %. В случае, когда число контактных пар равно 2 (см. рис. 2, график 1), происходят резкие скачки значений КПД. Это позволяет заключить, что при указанном числе контактных пар не обеспечивается непрерывность контакта в зацеплении.

На рис. 3 показаны графические зависимости кинематической погрешности от угла поворота ведущей шестерни при различном числе контактных пар.



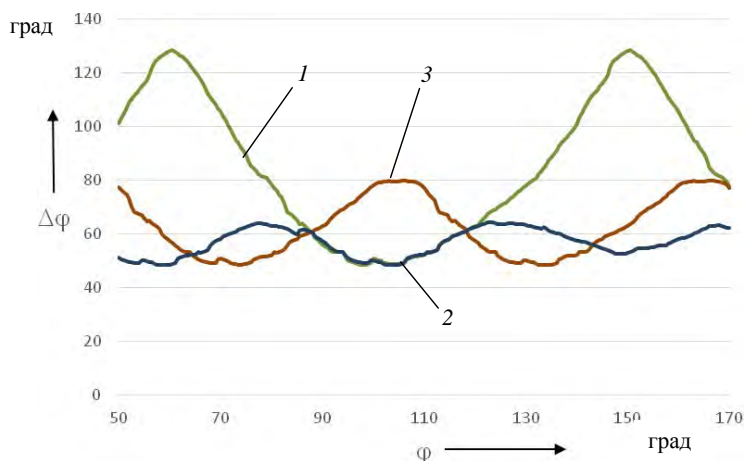


Рис. 3. Графические зависимости кинематической погрешности эксцентриковой передачи от угла поворота ведущей шестерни при различном числе контактных пар:

- 1 – эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 2;
- 2 – эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 3;
- 3 – эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 4

Как видно из графиков, приведенных на рис. 3, с увеличением числа контактных пар в зацеплении эксцентриковой передачи происходит уменьшение кинематической погрешности. Потеря кинематики зацепления при трансформации вращения наблюдается в зацеплении с числом контактных пар, равным 2.

Таким образом, на основе вышеприведенных заключений по результатам исследований компьютерных моделей эксцентриковой передачи с различным числом контактных пар в зацеплении можно сделать вывод, что наиболее рациональным вариантом передачи для монтирования ее в лебедке является вариант с числом контактных пар, равным 3.

Для подтверждения этого вывода по результатам компьютерных исследований была снята еще одна техническая характеристика с компьютерной модели. Это момент на ведущей шестерне, который был пересчитан в усилие на рукоятке лебедки. Данное усилие показано в виде графической зависимости усилия от угла поворота ведущей шестерни, изображенной на рис. 4.

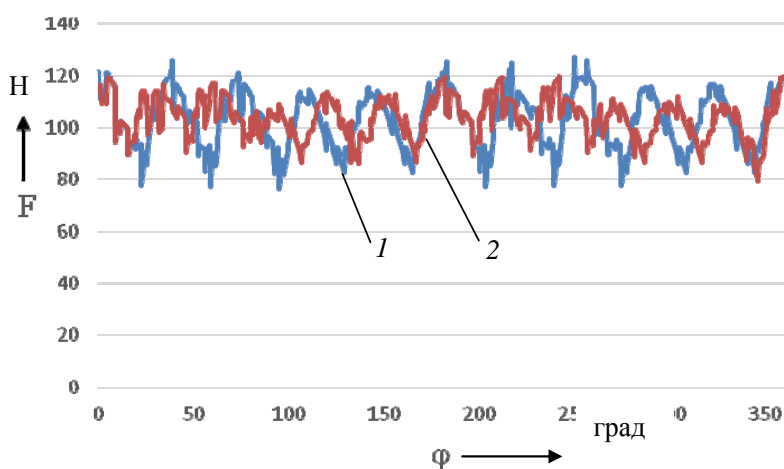


Рис. 4. Графическая зависимость усилия на рукоятке лебедки от угла поворота ведущей шестерни при различном числе контактных пар:

- 1 – эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 3;
- 2 – эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 4

Анализ этой зависимости позволяет подтвердить правильность выбора числа контактных пар, так как колебание усилия на рукоятке за один оборот не превышает 140 Н, т. е. число контактных пар, равное 3, в зацеплении эксцентриковой передачи обеспечивает работу лебедки с требуемой равномерностью подъема груза без резких изменений значения усилия на рукоятке лебедки.

Результаты компьютерных исследований были подтверждены испытаниями экспериментального образца лебедки, в основу конструкции которой была положена эксцентриковая передача с числом контактных пар, равным 3. Детали лебедки показаны на рис. 5, общий вид ручной лебедки в сборе – на рис. 6.



Рис. 5. Детали ручной лебедки, смонтированной на основе эксцентриковой передачи с числом контактных пар в зацеплении, равном 3: 1 – барабан, состоящий из набора зубчатых колес; 2 – эксцентрик с подшипниками, запрессованными в крышки; 3 – реборда; 4 – ручка; 5 – вал с подшипниками; 6 – фиксирующий механизм



Рис.6. Общий вид ручной лебедки в сборе

Изготовленная лебедка имеет следующие технические характеристики: габаритные размеры – 155 × 190 × 70 мм; масса – 5 кг; грузоподъемность – 250 кг; усилие на рукоятке – не более 12 кг; скорость подъема груза – от 0,09 до 0,15 м/с; длина наматываемого каната – 5 м.

Проведены экспериментальные испытания образца ручной лебедки, которые подтвердили ее работоспособность и соответствие вышеуказанной технической характеристике.

Заключение

От выбора типа механической передачи, монтируемой в ручной лебедке, во многом зависят как ее технико-экономические показатели, так и габаритные размеры. В работе предложено использовать для создания необходимого тягового усилия эксцентриковую передачу внутреннего зацепления со сдвоенным эксцентриком. Результаты исследований компьютерных моделей эксцентриковой передачи со сдвоенным эксцентриком ведущей шестерни позволили установить, что рациональное число контактных пар (эксцентрик – зуб центрального колеса) равно 3. Экспериментальные испытания изготовленного образца ручной лебедки на основе эксцентриковой передачи с внутренним зацеплением со сдвоенными эксцентриками подтвердили достоверность результатов компьютерных исследований.

Литература

1. Ручная лебедка : а. с. 1084237 СССР, МКИ³ В 66 D 1/04 / А. Н. Маядрин, Л. С. Портной (СССР). – № 3491419/29–11 ; заявл. 13.09.82 ; опубл. 07.04.84, Бюл. № 13. – 3 с.
2. Крайнев, А. Ф. Словарь-справочник по механизмам / А. Ф. Крайнев. – М. : Машиностроение, 1981. – 438 с.
3. Лебедка : пат. № 2132 Респ. Беларусь, МПК⁷ В 66 D 1/02, В 66 D 3/12 / Н. В. Сас, М. А. Цимбаревич ; заяв. и патентообладатель Могилев. лифтостроит. завод. – № 2642 ; заявл. 28.12.1994 ; опубл. 30.06.1998. – 3 с.
4. Эксцентриково-циклоидальное зацепление составных зубчатых профилей : пат. 2385435 Рос. Федерация, МПК F 15 H 55/08, F 15 H 1/08, F 15 H 19/08 / В. В. Становской, С. М. Казакиявичюс, Т. А. Ремнева, В. М. Кузнецов, А. В. Становской. – № 2008150967/114 ; заявл. 22.12.08 ; опубл. 27.03.10, Бюл. № 9. – 8 с.
5. Проектирование прецессионной передачи с различными типами взаимодействия звеньев зацепления : монография / П. Н. Громыко [и др.] ; под. ред. П. Н. Громыко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – 282 с.
6. Компьютерное моделирование планетарных прецессионных передач / П. Н. Громыко [и др.] ; под общ. ред. П. Н. Громыко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – 271 с.

Получено 29.09.2017 г.

