



УДК 627.352

О.В. Сидорова, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

К.П. Львов, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА РЕДУКТОРА ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ КРАНА

Ключевые слова: редуктор, эвольвентное зацепление, зубчатая передача, червячная передача, критерии.

В статье рассматриваются шесть типов редукторов и дается их оценка по технико-экономическим показателям для выбора оптимального варианта редуктора механизма поворота крана.

1. Анализ существующих типов редукторов и их оценка

Редукторы, рассматриваемые в данной работе, в зависимости от типа механической передачи, разделяются на две группы: зубчатые и червячные. Зубчатые редукторы имеют наиболее широкое применение, особенно в подъемно-транспортном, металлургическом машиностроении, в судостроении и т.д.

Зубчатые передачи в сравнении с другими механическими передачами обладают существенными достоинствами, а именно: а) малыми габаритами; б) высоким КПД; в) большой долговечностью и надежностью в работе; г) постоянством передаточного отношения; д) возможностью применения в широком диапазоне моментов, скоростей и передаточных отношений.

В данной работе мы рассматриваем четыре вида зубчатых редукторов для механизма поворота крана: цилиндро-конический с эвольвентными профилями зубьев, вертикальный с раздвоением мощности, цилиндро-конический с зацеплением Новикова, вертикальный планетарный редуктор и два вида червячных редуктора.

Рассматриваемый вертикальный цилиндрический редуктор с раздвоением мощности – сравнительно новая конструкция. Она имеет свои преимущества и недостатки. Преимущества: вследствие раздвоения мощности детали редуктора работают на половинную нагрузку, отсюда малые габариты и высокая надежность. Основным недостатком – это сложность изготовления, а также ремонта и монтажа. При сборке и изготовлении такого редуктора необходима точная центровка.

Для обеспечения высокого КПД, прочности и долговечности колес профили должны обеспечивать малые скорости скольжения и достаточные радиусы кривизны в точках контакта. Профили должны допускать легкое изготовление, в частности, нарезание простым инструментом не зависимо от числа зубьев колес.

Этим условием наиболее полно удовлетворяет эвольвентное зацепление, нашедшее широчайшее применение в машиностроении.

Каждое эвольвентное зубчатое колесо может быть нарезано так, чтобы оно могло входить в зацепление с колесами, имеющими любое число зубьев. Эвольвентное зацепление малочувствительно к отклонениям межосевого расстояния, эвольвентные зубчатые колеса могут нарезаться простым инструментом, имеющим прямолинейный

профиль зубьев, и они удобны для контроля. Эвольвентное зацепление допускает корректирование или улучшение профиля зубьев, т.е. использование таких участков эвольвенты, которые обеспечивают наилучшую работу.

Эвольвентная система зацепления, получившая в технике, ввиду своих бесспорных достоинств, широчайшее распространение, имеет, однако, некоторые недостатки: малые приведенные радиусы кривизны рабочих поверхностей, повышенную в связи с линейным контактом зубьев чувствительность колес к перекоосу, потери на трение в зацеплении в связи со значительным скольжением. Все эти недостатки, естественно, сказываются на возможностях редукторов, основанных на эвольвентной системе зацепления.

Эти недостатки уменьшены в зацеплении, разработанным М.Л. Новиковым. Зубчатые передачи с двумя линиями зацепления обладают большей несущей способностью, менее чувствительны к смещению осей, работают с меньшим шумом и более технологичны, чем с однополосным зацеплением. Однако и такая конструкция передачи имеет свои недостатки. Следует отметить относительную сложность изготовления, т.к. требуется высокая точность профиля зуба.

Применение червячных передач обусловлено рядом существенных преимуществ по сравнению с зубчатыми передачами: возможностью получения больших передаточных чисел в одной паре, плавностью и бесшумностью работы, компактностью.

Но червячная передача обладает и существенными недостатками: сравнительно низким КПД, повышенным износом и склонностью к заеданию, необходимостью выполнения специальных конструктивных мероприятий для отвода тепла от передачи. Эти недостатки ограничивают применение червячных передач в области больших и средних мощностей. В настоящее время все больше находит применение глобоидные передачи с вогнутыми профилями витков. По нагрузочной способности они значительно превосходят обычные червячные передачи. Однако для их изготовления также требуется дорогие антифрикционные материалы.

Еще в 1900-1910 годах делались попытки заменить зубья червячного колеса роликами, закрепленными на осях перпендикулярно к ободу колеса. Имеются патенты на конструкцию таких передач. Однако невозможность создания режима жидкостного трения между внутренней поверхностью ролика и осью не дало желаемого эффекта по сравнению с обычными червячными передачами. Подобные передачи в современных машинах не применяются.

Основные недостатки червячных передач устраняются конструкцией глобоидной передачи с зацеплением телами качения. Применение роликов с телами качения взамен зубьев червячного колеса позволяет значительно повысить КПД передачи, свести к минимуму износ и заедание, в несколько раз увеличить несущую способность, исключить применение дефицитного антифрикционного материала, упростить процесс и технологию шлифовки винтовой поверхности червяка.

2. Основные критерии оптимального выбора привода

Для выбора наиболее оптимального типа редуктора необходимо имеющиеся типы редукторов сравнить по определенным объективным критериям (Рис.1-2).

Одним из важнейших критериев выбора редуктора является его абсолютная и относительная массы. Этот критерий характеризует степень совершенства редуктора, рациональный выбор его параметров. Стремление к рациональному размещению привода приводит к введению еще одного критерия – «габариты в плане».

Большое значение для выбора оптимального вида редуктора имеет сравнение редукторов по коэффициенту полезного действия. Необходимо выбирать более экономичный редуктор. Важным критерием является также стоимость материала и степень стандартизации.

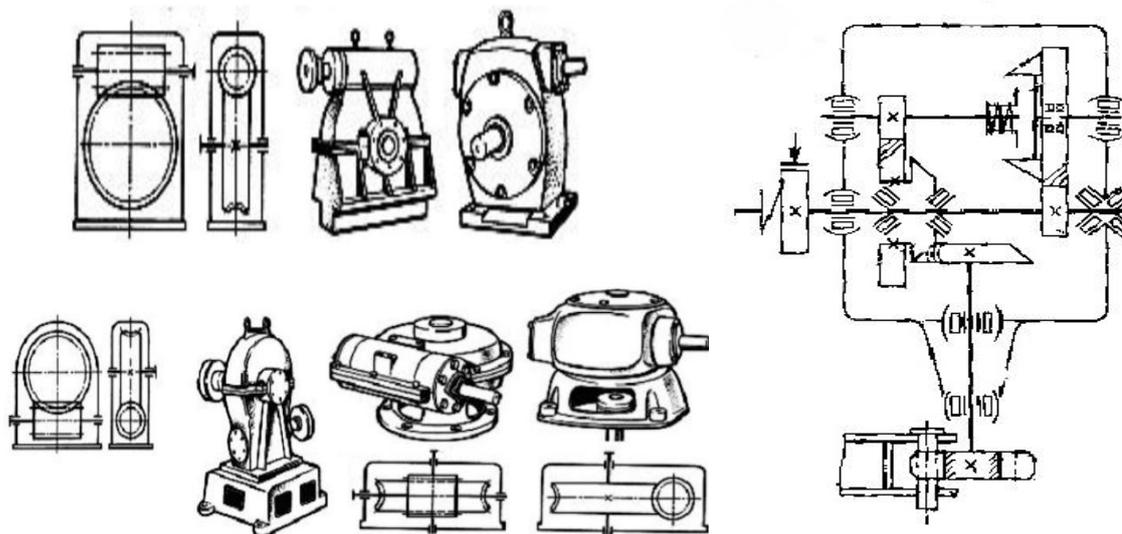


Рис.1.
редукторы

Червячные

Рис.2. Кинематическая схема механизма поворота крана КПЛ 15-30

Эти критерии характеризуют экономическую пригодность производства данного типа редуктора. Большое значение для выбора оптимального вида редуктора имеют его эксплуатационные расходы. Этот критерий характеризует степень применимости данного редуктора. Требование к упрощению обслуживания привода, повышению производительности труда, уменьшению числа обслуживающего персонала приводит к выдвиганию такого критерия выбора оптимального типа редуктора, как «сложность обслуживания». Данные критерии достаточно полно характеризуют тип привода, наглядно показывая его недостатки и преимущества. Поэтому они позволяют выбрать наиболее оптимальное решение о предпочтении того или иного типа привода.

3. Выбор оптимального варианта редуктора

Из рассмотренных шести типов редукторов: вертикальный с раздвоением мощности, цилиндрико-конический с эвольвентным зацеплением, червячный, цилиндрико-конический с эвольвентным зацеплением, цилиндрико-конический с зацеплением Новикова, вертикальный планетарный редуктор, червячный с телами качения наиболее оптимальными по технико-экономическим показателям оказались планетарный и червячный с телами качения (см. табл. 1).

Они имеют по сравнению с остальными вышеназванными их габаритные размеры в 2,2 раза меньше, чем у редуктора с эвольвентными зубьями, в 2,4 – чем у червячного редуктора, в 1,4 – чем у редуктора с зацеплением Новикова, в 1,1 – чем у редуктора с раздвоением мощности. По массе эти редукторы в 1,9 раз меньше редуктора с эвольвентными зубьями, в 2,1- червячного, в 1,3 – редуктора с зацеплением Новикова, в 1,2 – редуктора с разделением мощности.

Планетарный и червячный с раздвоением мощности редукторы имеют наивысший коэффициент полезного действия 0,96, что на 16% больше, чем у червячного редуктора, на 6% - чем у редуктора с зацеплением Новикова и с эвольвентным зацеплением, на 5% - чем у редуктора с раздвоением мощности (см.табл.2).[2]

По экономическим показателям редуктор планетарный и червячный с телами качения имеют наименьшие затраты по стоимости материала: в 1,9 раз меньше, чем в червячном, в 1,5 – чем в редукторе с эвольвентным зацеплением, в 1,1 – чем в редукторе с зацеплением Новикова, в 1,15 чем в редукторе с раздвоением мощности.

По трудоемкости изготовления эти редукторы в 1,95 раза меньше червячного редуктора, в 1,5 раза редуктора с эвольвентным зацеплением, в 1,1 – редуктора с зацеплением Новикова.

Следует отметить недостатки планетарного редуктора: этот редуктор требует высокой точности при сборке для обеспечения соосности деталей, редуктор содержит большое число деталей, но главное – с увеличением передаточного отношения падает коэффициент полезного действия.

Редуктор с телами качения пока не существует, а из теоретических расчетов не видно особых недостатков. Но, видимо, при монтаже такого редуктора необходимо расположения роликов по ободу колеса, т.к от этого будет зависеть равномерность распределения нагрузки по роликам.

Однако, из расчетов видны преимущества червячного редуктора с телами качения перед планетарным редуктором: у первого меньше абсолютная и относительная массы, меньше стоимость редуктора и трудоемкость изготовления и монтажа.

Исходя из вышеизложенного наиболее оптимальным для механизма поворота крана можно считать червячный редуктор с телами качения. Но из-за отсутствия такого редуктора в серийном производстве рекомендовать его для применения пока нельзя. Применять можно планетарный редуктор, который более выгоден и эффективен из имеющихся на вооружении. Показатели рассмотренных шести типов редукторов, разработанные по общим исходным данным, приводятся в таблицах.

Таблица 1. Техничко-экономические показатели

Тип редуктора	Разм.	Планетарный	С раздвоенной мощностью	С эвольвентным зацеплением	С зацеплением Новикова	Червячный	С телами качения
Мощность эл.двигателя	кВт	30	30	30	30	30	30
Частота вращения вала	об/мин	970	970	970	970	970	970
Мощность на выходном валу	кВт	28,8	27,3	27,0	27,0	24,0	28,8
Число оборотов выходного вала	об/мин	20,4	29,8	19,5	19,5	20,4	19,4
Масса абсолютная	кг	850	950	1500	1000	1750	750
Масса относительная	кг	28,2	31,6	50,0	33,3	56,5	25,0
Габариты в плане	%	0,72	0,9	1,8	1,1	1,9	0,8
К.П.Д редуктора	%	0,96	0,91	0,9	0,9	0,8	0,96
Степень стандартизации	%	76,0	77,4	77,5	80	78	70

Трудоемкость	н/час	510	545	750	550	975	490
Стоимость изготовления	Руб.	230000	252000	230000	242000	420000	216000

Таблица 2. Коэффициенты полезного действия сравниваемых редукторов

Тип редуктора	Формула к.п.д.	Величина к.п.д.			
		1 ступень	2 ступень	3 ступень	Общий к.п.д.
Цилиндро-конический с эвольвентным зац.	$\eta_p = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$	0,968	0,968	0,96	0,9
Цилиндро-конический с зац. Новикова		0,98	0,968	0,96	0,9
Планетарный	$\eta_p = \eta_1 * \eta_2$	0,98	0,98		0,96
С раздвоением мощности	$\eta_p = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$	0,98	0,96	0,97	0,91
Червячный	$\eta_p = \eta$	0,8			
Червячный с телами качения	$\eta_p = \eta$	0,96			

Список литературы:

- [1] Шерле, З.П. Справочник механизатора речных портов/З.П. Шерле, Г.Г.Каракулин- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980.-391 с.
- [2] Рукодельцев, А.С. Детали машин [Текст]: задания на курсовой проект и метод. указания по его выполнению для студ. - механиков / А.С. Рукодельцев, О.В. Сидорова. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2010 – 64 с.