

К ВОПРОСУ ВЫБОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД ЧЕРВЯЧНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕДУКТОРОВ

Игнатюгин В.Ю., Смирнова В.В.

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск

Ключевые слова: цилиндрическая червячная передача, коэффициент полезного действия, определение КПД, редуктор.

Аннотация. В работе выполнен анализ способов определения коэффициента полезного действия червячных редукторов с различным спектром учитываемых потерь, что позволит на этапе проектирования приводов с большей точностью подобрать типоразмер редуктора и мощность электродвигателей, а также исключить ошибки в расчётах, приводящие к отказам оборудования.

ON THE ISSUE OF CHOOSING AND DETERMINING THE EFFICIENCY OF WORM CYLINDRICAL GEARBOXES

Ignatyugin V.Yu., Smirnova V.V.

Siberian transport university, Novosibirsk

Keywords: cylindrical worm gear, efficiency coefficient, efficiency determination, gearboxes.

Abstract. The paper analyzes methods for determining the efficiency of worm gearboxes with a different range of losses taken into account, which will allow at the design stage of drives to select the gearbox size and electric motor power with greater accuracy, as well as eliminate calculation errors leading to equipment failures.

Передачи червячного типа нашли широкое применение в механизмах и узлах подъёмно-транспортных, строительно-дорожных и путевых машин. Специализированные предприятия России ежегодно изготавливают около 460 тысяч червячных редукторов общего назначения. Кроме того, промышленность выпускает свыше 50 тысяч специальных червячных редукторов и несколько десятков тысяч червячных пар в виде запасных частей.

Червячные редукторы получили широкое распространение, в последние 20 лет на них приходилось от 42% до 49% объёма выпуска редукторов общего назначения.

Несмотря на то, что предприятия-изготовители изменяют структуру выпуска редукторов общего назначения, уменьшив долю червячных редукторов до 30%, однако общий объём червячных и комбинированных, включающих червячные передачи редукторов и мотор-редукторов планируется увеличить, доведя их годовой выпуск до 490-520 тысяч.

Червячные редукторы и мотор-редукторы производят в нашей стране и за рубежом: в России (ОАО «Редуктор», г. Ижевск, ОАО «Редуктор», г. Барыш, Ульяновская обл.; Майкопский редукторный завод, г. Майкоп; «Уралредуктор», г. Екатеринбург; «Завод РЕДУКТОР» и НТЦ «Редуктор», г. Санкт-Петербург; ООО «Промпривод», г. Ярославль); в Германии (SEW-EURODRIVE, NORD, Alpha Getriebbau GmbH, Siemens); в США (LENZE, BALDOR, DAYTDN,

LEESON, WINSMITH, ORIENTAL MOTOR); в Италии (Challenger, DAVID BROWN); в Чехии (TOS ZNOJMO); в Австралии (ZIMM) и других промышленно развитых странах.

Среди зарубежных производителей примером может служить завод в Формиджине итальянской компании MOTOVARIO, где две полностью автоматизированные и роботизированные линии выпускают 7000 червячных редукторов в сутки.

Червячную передачу, у которой делительные и начальные поверхности цилиндрические, называют цилиндрической червячной передачей (рис. 1).

Редукторы, выполненные с такой передачей, нашли наибольшее применение. Области применения червячных передач представлены на рисунке 2.



Рис. 1. Червячная передача

Достоинства червячных передач:

- возможность получения больших передаточных чисел в одной паре (в серийно выпускаемых промышленностью редукторах в диапазоне 8...80);
- низкий уровень шума и плавность работы;
- возможность выполнения самотормозящей передачи (ручные грузоподъемные тали);
- низкая виброактивность;
- возможность получения точных и малых перемещений;
- компактность и сравнительно небольшая масса передачи.

Недостатки:

- повышенное изнашивание и появление заедания при повышенной нагрузке в зацеплении;
- необходимость точной регулировки зацепления (положение оси червяка относительно зуба колеса).

Чаще червячные передачи применяются в тех случаях, когда оси ведущего и ведомого звеньев перекрещиваются (обычно под прямым углом) с одновременным редуцированием, например, в конвейерах.

Поскольку КПД редукторов червячного типа существенно зависит от передаточных чисел, определение его величины чрезвычайно актуально.

КПД является одним из комплексных технико-экономических критериев, который учитывают при выборе типа передачи.

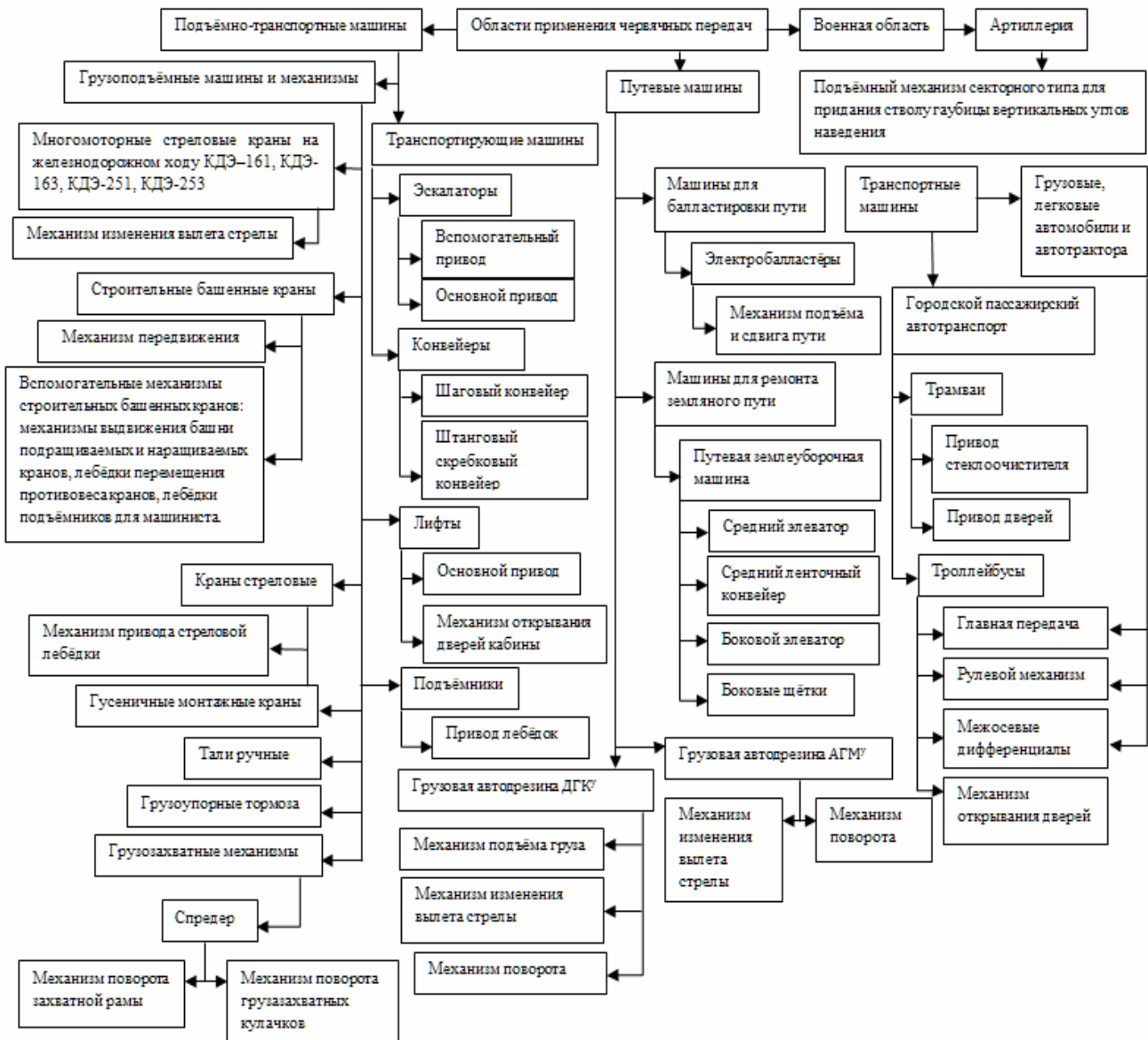


Рис. 2. Области применения червячных передач

При проектировании приводов машин на основе передач червячного типа конструктор оказывается в затруднительном положении, поскольку в учебной литературе, и даже в справочниках, даются несогласованные методы выбора и расчёта КПД. Расчёт потерь мощности в редукторе червячного типа часто представляет большие трудности и приводит к переоценке или, наоборот, к недооценке КПД.

Использование завышенных значений КПД вызывает ошибки при выборе типоразмера редуктора и мощности электродвигателей, что приводит из-за перегрева к преждевременному выходу из строя.

Завышенные значения КПД приводят к ошибкам при выполнении теплового расчёта червячных редукторов.

При проектировании приводов машин на основе червячных передач используют информацию о КПД, приведённую в справочной литературе.

В таблице 1 содержатся сведения о КПД в зависимости от числа заходов червяка.

Табл. 1. КПД червячной передачи в зависимости от числа заходов червяка

z	1	2	3	4	Источник информации
η	0,7- 0,75	0,75- 0,82	-	0,87- 0,93	Иванов М.Н. Детали машин: учеб. для студ. Вузов / М.Н. Иванов; под ред. В.А. Финагенова. – 5-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 383 с.
	0,7- 0,75	0,75- 0,87	-	0,87- 0,92	Иванов М.Н. Детали машин: учеб. для студ. Вузов / М.Н. Иванов; под ред. В.А. Финагенова. – 6-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1998. – 383 с.
	0,5- 0,75	0,7- 0,85	-	0,80- 0,9	Проектно-информационный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://alexfl.pro
	0,7- 0,75	0,75- 0,82	0,82- 0,92	0,82- 0,92	Гузенков П.Г. Краткий справочник к расчётам деталей машин / под ред. С.М. Кирова, В.Н. Кудрявцева. – 5-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1968. – 312 с.

В таблице 2 приведены значения КПД в зависимости от передаточного числа, взятых из различных источников.

Сравнение данных в таблицах 1 и 2 показывает, что значения существенно различаются, особенно при передаточных числах, больших 40.

Более точные значения КПД червячных редукторов могут быть получены расчётными методами.

Нами были рассмотрены и проанализированы различные методы расчёта коэффициента полезного действия цилиндрического червячного редуктора.

Из проведённого анализа различных подходов к определению КПД цилиндрического червячного редуктора можно сделать следующие выводы.

1. При выполнении расчёта КПД редуктора с цилиндрической червячной передачей необходимо ориентироваться на методы, учитывающие наибольшее количество потерь (все виды потерь) в редукторе.

2. Наибольшие величины потерь мощности характерны для червячного зацепления (до 70% всех потерь мощности).

3. Не все методы расчёта КПД, при определении потерь в червячном зацеплении ψ_z учитывают потери на трение по профилю зуба $\psi_{зп}$.

4. При расчёте частных традиционных потерь в червячном зацеплении ψ_z в одних методах ориентируются на делительный угол подъёма γ , в других – на начальный угол подъёма γ_w , что приводит к уменьшению КПД, по сравнению с КПД, определённым при угле γ .

5. Нет единого подхода при определении традиционных частных относительных потерь в подшипниках $\psi_{п}$, уплотнителях $\psi_{у}$, на размешивание масла $\psi_{м}$ и на привод вентилятора $\psi_{в}$.

6. Как более точный из всех методов определения $\psi_{п}$ и $\psi_{у}$ можно отметить источник [1].

7. Для определения $\psi_{м}$ и $\psi_{в}$ можно воспользоваться источником [2].

Табл. 2. КПД червячной передачи в зависимости от передаточного числа, взятых из различных источников

<i>и</i>	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	Источник информации
<i>η</i> , %	92	91	90	88	89	85	79	75	74	66	65	ООО Торговый дом «Промсервис»
	89	87	85	82	80	71	71	67	64	55	48	ОАО «Майкопский редукторный завод»
	91	90	89	86	84	78	78	73	71	64	61	Продажа промышленных редукторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://редуктор-червячный.рф
	91	90	90	86	84	75	75	72	71	63	60	Редукторы и мотор-редукторы. – 2-е изд. – СПб.: Каталог., 1998. – 31 с.

Таким образом, на основе выполненного анализа различных методов расчёта КПД цилиндрических червячных редукторов предлагается учитывать максимальное количество традиционных частных относительных потерь в редукторе по формуле:

$$\eta = 1 - (\psi_3 + \psi_{\Pi} + \psi_M + \psi_y + \psi_B).$$

Выполненный анализ подходов к выбору и расчёту коэффициента полезного действия цилиндрических червячных редукторов показал значительные расхождения по величине КПД, что приведёт к ошибкам при выполнении расчётов мощности приводного электродвигателя и теплового расчёта, а также выбору типоразмера редуктора.

Для повышения качества проектирования приводов машин на основе цилиндрических червячных передач целесообразно использовать расчётные методы, учитывающие все виды потерь в редукторе [1-3], либо оценивать КПД редуктора путём проведения испытаний серийно выпускаемых редукторов или в ходе постановки на производство вновь проектируемых изделий.

Список литературы

1. Левитан Ю.В., Обморнов В.П., Васильев В.И. Червячные редукторы. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1985. – 168 с.
2. Часовников Л.Д. Передачи зацеплением. Зубчатые и червячные. – М.: Машиностроение, 1969. – 486 с.
3. Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцов Б.С. Проектирование механических передач. Учебно-справочное пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.

Сведения об авторах:

Игнатьгин Валерий Юрьевич – к.т.н., доцент;
Смирнова Влада Владиславовна – студентка.