

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА ДЛЯ РУЧНОЙ МАШИНЫ ЭЛЕКТРОБУР С РЕДУКТОРОМ С ПТК

Разумов С.В.

Научный руководитель: Коротков В.С., к.т.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30  
inzagi@sibmail.com

### Введение

Обоснование параметров ручной машины (РМ) электробур произведено в [1]. На этом основании разработан вариант конструкции привода РМ с волновой передачей с промежуточными телами качения с нагруженным сепаратором. С целью обеспечения условия сборки редуктора произведен размерный анализ конструкции методом, обеспечивающим полную взаимозаменяемость (метод максимума-минимума) [2]. В статье описан один вариант конструкции, хотя возможны и другие решения, каждое из которых имеет свои достоинства и недостатки.

### Разработка конструкции привода для РМ электробур

На рис.1 представлен привод на базе коллекторного двигателя 1 с потребляемой мощностью 1,1 кВт, частотой вращения якоря 15000 об/мин, с волновым редуктором с промежуточными телами качения (ПТК) с передаточным числом  $U=59$ . На валу двигателя установлены две эксцентриковые втулки с  $e=0,625$  мм. На втулки 2 посажены радиальные шариковые подшипники 3 с небольшим гарантированным натягом. Наружные кольца подшипников образуют соединения с дисками генератора волн 4, которые взаимодействуют с роликами 5 с  $d=2,5$  мм и перемещают их по эпициклоиде профиля неподвижного колеса 6.

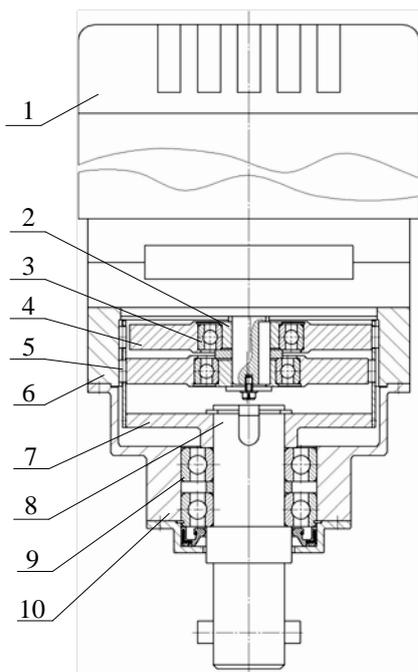


Рис.1. Привод электробура с редуктором с ПТК.

Крутящий момент снимается с сепаратора 7, в пазах которого на равном расстоянии друг от друга находятся ролики. С сепаратором посредством шпонки соединен выходной вал 8, который в свою очередь установлен на двух шариковых подшипниках 9, размещенных в корпусе редуктора 10.

На рис.2 представлена размерная цепь редуктора с ПТК. Необходимо назначить допуски на составляющие звенья, если известны их номинальные размеры, а также предельные размеры замыкающего звена.

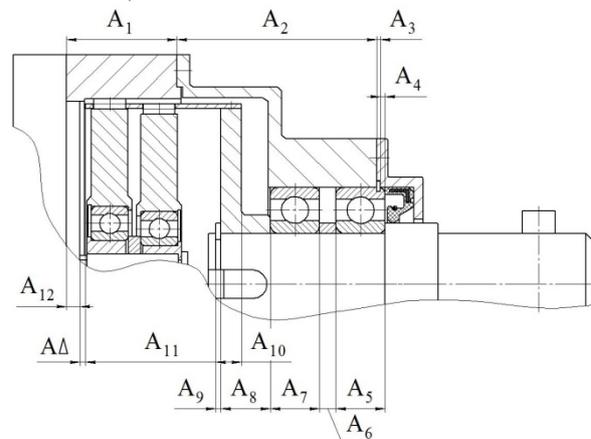


Рис.2. Размерная цепь редуктора с ПТК.

Номинальные размеры деталей установлены в результате расчета силовых и геометрических параметров редуктора. Зазор между торцом сепаратора и подшипниковым щитом двигателя должен находиться в пределах 1,5...2,5 мм. Расчет размерной цепи производим в осевом направлении. Для этого строим схему размерной цепи (рис.3) и выделяем увеличивающие и уменьшающие звенья.

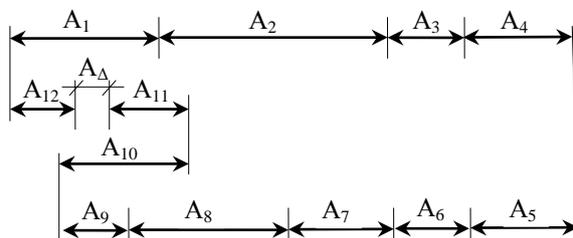


Рис.3. Схема размерной цепи.

Номинальные размеры составляющих звеньев не попадают в один нормированный интервал значений (см. табл.2), поэтому допуски на них назначаем из одного ряда точности (по одному качеству). Для этого рассчитываем число единиц допуска «а» по формуле:

$$a = T_{\Delta\Delta} / \Sigma i,$$

где  $T_{\Delta\Delta}$  – допуск замыкающего звена,  $i$ -единица допуска.

Значение единицы допуска определяем по таблице [2, с.20] или расчетом для каждого размера по формуле:

$$i = 0,45^3 \sqrt{A_i} + 0,001A_i, \text{ мкм}$$

$$\Sigma i = 11,68 \text{ мкм, тогда:}$$

$$a = (2500-1500)/11,68 \approx 86.$$

По источнику [3, с.22] определяем квалитет, по которому назначаем допуски на составляющие звенья размерной цепи, кроме звеньев готовых изделий, допуски на которые изменять не целесообразно (подшипники, стопорные кольца и др.). По 10 квалитету:  $A_1 = 84 \text{ мкм}$ ,  $A_2 = 100 \text{ мкм}$ ,  $A_6 = 48 \text{ мкм}$ ,  $A_8 = 70 \text{ мкм}$ ,  $A_{10} = 58 \text{ мкм}$ ,  $A_{11} = 100 \text{ мкм}$ ,  $A_{12} = 48 \text{ мкм}$ .

$$\text{Проверяем условие: } T_{\Delta\Delta} = \Sigma T_{\Delta i}.$$

$$2500-1500 = 84+100+100+15+100+48+100+70+100+58+100+48,$$

$$1000 \neq 923, \text{ допуски занижены.}$$

Проводим волевою корректировку и назначаем на звено  $A_2$  допуск по 11 квалитету  $A_2 = 160 \text{ мкм}$ , т.к. это звено наиболее сложное в изготовлении, а оставшуюся часть  $17 \text{ мкм}$  добавляем к  $A_1$ . Тогда  $A_1 = 84+17 = 101 \text{ мкм}$ .

$$\text{Еще раз проводим проверку условия:}$$

$$1000 = 101+160+100+15+100+48+100+70+100+58+100+48,$$

$$1000 = 1000, \text{ допуски назначены верно.}$$

Затем определяем номинальный размер замыкающего звена:

$$A_{\Delta n} = \Sigma A_{увн} - \Sigma A_{умн},$$

$$A_{\Delta n} = 1,5 \text{ мм, тогда запишем:}$$

$$A_{\Delta} = 1,5^{+1}$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена:

$$C_{\Delta} = [ES_{\Delta} - EI_{\Delta}] / 2,$$

$$C_{\Delta} = [1000 - 0] / 2 = 500 \text{ мкм} = +0,5 \text{ мм.}$$

Определяем координаты середины поля допуска для всех составляющих звеньев, кроме одного  $A_6$ .

Расчетные значения сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Координаты середины поля допуска составляющих звеньев размерной цепи, кроме  $C_6$ .

Увеличивающие звенья, мм	Уменьшающие звенья, мм	Замыкающее звено, мм	
$C_1$	$C_5$	$C_{\Delta}$	$+0,5$
$C_2$	$C_7$		
$C_3$	$C_8$		
$C_4$	$C_9$		
$C_{10}$	$C_{11}$		
	$C_{12}$		

Из уравнения с одним неизвестным находим координату середины поля допуска  $C_6$ :

$$C_{\Delta} = \Sigma C_{ув} - \Sigma C_{ум}$$

$$C_6 = -0,4745 \text{ мм.}$$

Допуски для охватываемых и охватывающих размеров назначаем в «тело» детали, для полуоткрытых размеров только половина поля допуска

задается в деталь. Допуск на звено  $A_6$  устанавливаем относительно середины поля допуска. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Номинальные размеры с предельными отклонениями всех звеньев размерной цепи.

Увеличивающие звенья, мм		Уменьшающие звенья, мм		Замыкающее звено, мм	
$A_1$	$28_{-0,101}$	$A_5$	$12_{-0,100}$	$A_{\Delta}$	$1,5 \dots 2,5$
$A_2$	$48_{-0,160}$	$A_6$	$4_{-0,4505}^{-0,4985}$		
$A_3$	$0,85_{-0,100}$	$A_7$	$12_{-0,100}$		
$A_4$	$1,6_{-0,0075}^{+0,0075}$	$A_8$	$12_{-0,070}$		
$A_{10}$	$6,25_{-0,058}$	$A_9$	$1,2_{-0,100}$		
		$A_{11}$	$38_{-0,100}$		
		$A_{12}$	$4_{-0,024}^{+0,024}$		

Правильность назначения допусков на составляющие звенья размерной цепи подтверждается проверкой:

$$A_{\Delta max} = \Sigma A_{ув max} - \Sigma A_{ум min};$$

$$A_{\Delta min} = \Sigma A_{ув min} - \Sigma A_{ум max}$$

$$A_{\Delta max} = (28 + 48 + 0,85 + 1,6075 + 6,25) - (11,9 + 3,5015 + 11,9 + 11,930 + 1,1 + 37,9 + 3,976) = 84,7075 - 82,2075 = 2,5 \text{ мм;}$$

$$A_{\Delta min} = (27,899 + 47,840 + 0,75 + 1,5925 + 6,192) - (12 + 3,5495 + 12 + 12 + 1,2 + 38 + 4,024) = 84,2735 - 82,7735 = 1,5 \text{ мм.}$$

### Выводы

В разработанной конструкции привода для ручной машины электробур, генератор волн редуктора с ПТК статически и динамически уравновешен и не требует балансировки. Тела качения расположены в два ряда, что снижает нагрузку на перемычки сепаратора и повышает его долговечность. В результате размерного анализа установлены допуски на все звенья размерной цепи, проверка показывает достоверность расчетов, значит, условие сборки выполняется, и механизм будет работать должным образом в заданном режиме.

### Литература

1. Разумов С. В. Обоснование параметров ручной машины электробур с редуктором с промежуточными телами качения [Электронный ресурс] / С. В. Разумов; науч. рук. В. С. Коротков // Современные техника и технологии: сборник трудов XIX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 15-19 апреля 2013 г. в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2013. – Т. 1. – С. 277-278.
2. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./ В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Л.: Машиностроение. 1983. – ч.2. 448 с.
3. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении. Справочник: в 2 т. – М.: Издательство стандартов. 1989. Т.1. – 263 с.