

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРИВОДА МАНЕВРОВОЙ ЛЕБЕДКИ С ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ ЦИЛИНДРО – ЧЕРВЯЧНЫМ РЕДУКТОРОМ

Матеко П. М., Ющенко М. В. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Исходные данные:

1. Тяговое усилие $F=12 \text{ кН}$
2. Скорость движения каната $V=0,4 \text{ м/с}$
3. Диаметр барабана $D=400 \text{ мм}$
4. Срок службы $L=4 \text{ года}$
5. Число рабочих смен $n_{см}=1 \text{ смена}$
6. Коэффициент использования привода в течении смены $Ku=0,52$

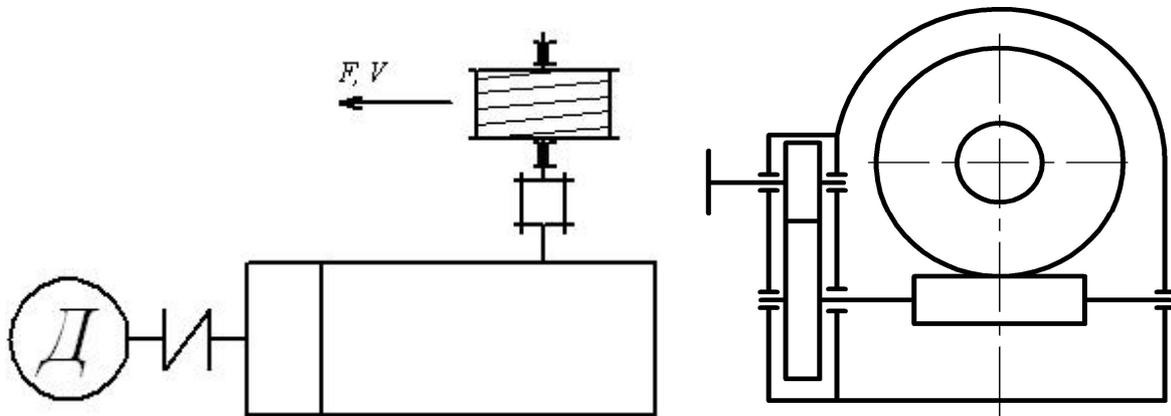


Рисунок 1. - Схема привода

Для расчета привода определяем требуемую мощность электродвигателя. Мощность на рабочем органе равна

$$P_{вых} = FV = 12 \cdot 0,4 = 4,8 \text{ кВт}.$$

Тогда требуемая мощность электродвигателя

$$P_{дв} = \frac{P_{вых}}{\eta_{пр}} = \frac{4,8}{(0,6; 0,72; 0,81)} = (8,0; 6,67; 5,93) \text{ кВт}$$

$$\begin{aligned} \text{где } \eta_{пр} &= \prod \eta_i = \eta_{уп}^2 \cdot \eta_{под}^4 \cdot \eta_{цил} \cdot \eta_{чер} \cdot \eta_m = \\ &= 0,99^2 \cdot 0,99^4 \cdot 0,98 \cdot (0,65; 0,8; 0,9) \cdot 0,98 = \\ &= (0,6; 0,72; 0,81) \end{aligned}$$

где η_i - к.п.д. уплотнений, подшипников, передачи цилиндрической и червячной, муфты. К.П.Д. червячной передачи принят в зависимости от числа заходов червяка.

На основании расчетной мощности электродвигателя принимаем электродвигатель единой серии 4А с мощностью $P_{дв} = 5,5 \text{ кВт}$ и синхронной частотой

вращения $n_c=3000; 1500; 1000; 750$ об/мин. Параметры принятых электродвигателей приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры электродвигателей

Тип двигателя	$P_{дв}, кВт$	Частота вращения, об/мин	$T_{П}/T_{Н}$	Относительная стоимость
4А 100L2У3	5,5	2880	2,0	1,00
4А 112М4У3		1445	2,0	1,33
4А 132S6У3		965	2,0	1,79
4А 132М8У3		720	1,8	2,00

Частота вращения барабана лебедки равна:

$$n_{бар} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 0,4}{3,14 \cdot 0,4} = 19,1 \frac{об}{мин}$$

Тогда передаточное отношение привода равно:

$$u_{пр} = \frac{n_{дв}}{n_{бар}}$$

с другой стороны $u_{пр} = u_{цил} u_{чер}$ (табл. 2).

Полученное значение передаточного числа привода разбиваем по ступеням (табл. 2). Передаточное число первой ступени принимаем $u_{цил} = 2,0 \dots 3,0$, исходя из условия, чтобы габаритные размеры этой передачи не выходили за пределы плоскости разъема редуктора. Передаточное число червячной передачи принимаем исходя из числа заходов червяка (табл. 2).

Таблица 2. Разбивка передаточного числа по ступеням

№ варианта	$n_{дв}, об/мин$	$u_{пр}$	$u_{цил}$	$u_{чер}$	Число заходов червяка
1	2880	150,8	2,51	60	1
2	1445	75,7	2,37	32	1
3	965	50,5	2,02	25	2
4	720	37,7	2,1	18	4

Кинематические и силовые параметры передач определялись по общим зависимостям и приведены в табл. 3

Частоты вращения

$$n_1 = n_{\text{дв}}; \quad n_2 = \frac{n_1}{u_{\text{цил}}}; \quad n_3 = \frac{n_2}{u_{\text{чер}}};$$

Мощности на валах

$$P_1 = P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{ун}} \cdot \eta_{\text{под}} \cdot \eta_{\text{м}}; \quad P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{цил}} \cdot \eta_{\text{под}};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{чер}} \cdot \eta_{\text{под}} \cdot \eta_{\text{м}};$$

Вращающие моменты на валах

$$T_i = 9,55 \cdot \frac{P_i}{n_i} \cdot 10^3;$$

Таблица 3. Кинематические и силовые параметры передач

№ Вар.	$n_{\text{дв}}$ об/мин	n_1 об/мин	n_2 об/мин	n_3 об/мин	P_1 , кВт	P_2 , кВт	P_3 , кВт	T_1 , Н·м	T_2 , Н·м	T_3 , Н·м
1	2880	2880	1147	19,1	7,43	7,2	4,94	24,7	50	2470
2	1445	1445	608	19,1	8,12	7,9	4,94	53,7	123	2470
3	965	965	447	19,1	6,49	6,3	4,94	64,3	126	2470
4	720	720	342	19,1	5,76	5,6	4,94	76,4	156	2470

После определения моментов на валах был выполнен расчет передач. Для изготовления зубчатых колес во всех вариантах принята сталь 40Х (ГОСТ 4543-71), термообработка – улучшение Н = 300...345НВ, для изготовления червячного колеса бронза Бр010Ф1 (ГОСТ 613-79). Червяк изготовлен из стали 40Х с закалкой ТВЧ витков червяка.

Расчет передач выполнен на основании общих зависимостей по расчету цилиндрических и червячных передач. На основании полученных размеров зубчатых и червячных колес составлена компоновочная схема редуктора (Рис. 2), из которой определены габаритные размеры редуктора (длина – L , ширина – B и высота – H).

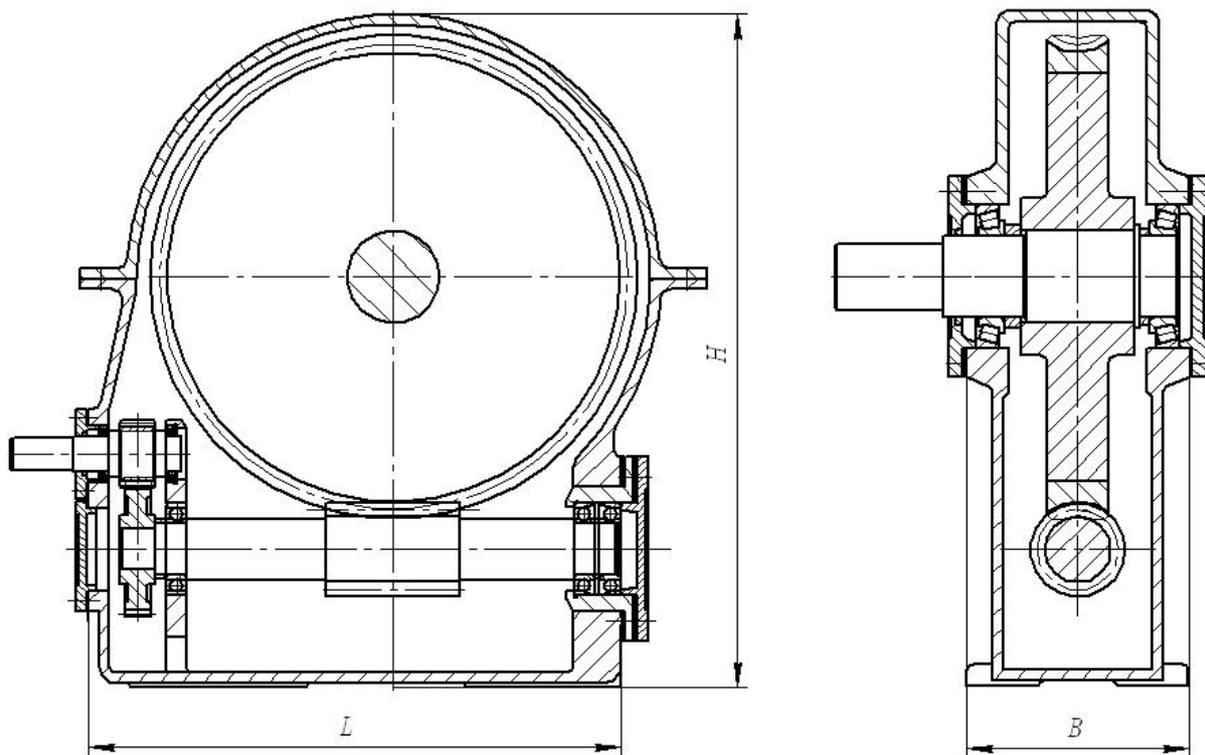


Рисунок 2.- Компонировочная схема редуктора

По габаритным размерам редуктора определяем его объем и относительную стоимость. Стоимость редуктора пропорциональна его объему (массе), считая, что материал корпуса редуктора во всех вариантах одинаковый. Полученные значения габаритных размеров редуктора приведены в табл. 4.

Таблица 4. Габаритные размеры редуктора

№ варианта	$L, м$	$B, м$	$H, м$	$V, м^3$	Относительная стоимость
1	0,596	0,257	0,672	0,103	1,41
2	0,557	0,243	0,665	0,09	1,23
3	0,532	0,238	0,661	0,084	1,15
4	0,515	0,216	0,658	0,073	1,0

Так как стоимость привода зависит от стоимости электродвигателя и редуктора, то на основании данных таблиц 1 и 4, и рисунка 3 видно, что более экономичный привод будет при более скоростных электродвигателях, т.е. $n_c=3000$ и 1500 об/мин. И в этом случае при однозаходном червяке к.п.д. редуктора будет меньше, что необходимо для обеспечения условия самоторможения привода маневровой лебедки.

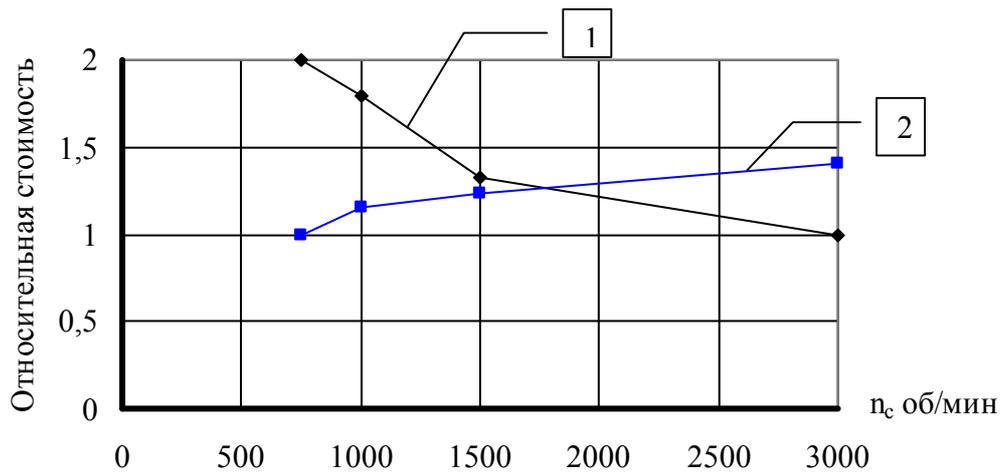


Рисунок 3. - Зависимость относительной стоимости электродвигателя (1) и редуктора (2) от частоты вращения электродвигателя

Список литературы: 1. Д.Н. Решетов Детали машин. - М.: Машиностроение, 1989. – 496с. 2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з деталей машин. Розділ 2. „Проектування зубчастих і черв’ячних передач». - Донецьк.: ДонНТУ, 2005.- 48с. 3. Методические указания к самостоятельной работе над курсовым проектом „Детали машин”. Раздел 2. – Донецк.: ДПИ, 1980.-48с.