

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Детали машин»

МЕХАНИКА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсовому проектированию
для студентов специальностей
1-43 01 03 «Электроснабжение»
и 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика
дневной и заочной форм обучения**

Часть 1

Гомель 2016

УДК 621.81(075.8)
ББК 22.2я73
М55

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 10 от 08.06.2015 г.)*

Составители: *Н. В. Иноземцева, С. И. Прач, Н. В. Прядко*
Рецензент: зам. декана заоч. фак. ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Ю. И. Рудченко*

Механика : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение» и 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» днев. и заоч. форм обучения : ч. 1 / сост.: Н. В. Иноземцева, С. И. Прач, Н. В. Прядко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 62 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит пример выполнения раздела «Энергетический и кинематический расчет. Выбор стандартного редуктора» для различных кинематических схем курсового проекта по курсу «Механика».

Для студентов немашиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.81(075.8)
ББК 22.2я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по дисциплине «Механика» является первой самостоятельной конструкторской работой студентов. Основная задача проекта- освоение студентами принципов конструирования деталей и узлов машин общего назначения. Курсовое проектирование подготавливает студентов к выполнению проектов по специальным дисциплинам и дипломному проектированию.

Настоящее методическое пособие облегчает студентам выполнение первого раздела курсового проекта по дисциплине «Механика», содержит примеры выбора цилиндрических, конических, червячных стандартных редукторов и необходимые справочные материалы.

1. МЕТОДИКА ВЫБОРА РЕДУКТОРА

1.1 Общие положения

1.1.2 Выбор редуктора заключается в определении его типоразмера на основании:

– Сравнения расчетных, задаваемых и номинальных значений крутящих моментов на выходном валу и радиальных консольных нагрузок приложенных в середине посадочной части концов входного и выходного валов.

– Проверки условий отсутствия перегрева редуктора.

1.1.3 Номинальные значения крутящих моментов и передаточных чисел, радиальных консольных нагрузок редукторов общемашиностроительного применения приведены в таблицах технических характеристик настоящего каталога.

Указанные нагрузки для редукторов (за исключением редукторов, работающих в повторно-кратковременных режимах) приведены для условий непрерывной (продолжительность включения ПВ 100%), неререверсивной работы, без толчков и ударов, без вибрации, при продолжительности работы 8 часов в сутки, не более 2-х пусков в час, с допустимым двукратным повышением номинального крутящего момента во время пусков.

При этом ведущей машиной является электродвигатель.

Для специальных редукторов (подъемно - транспортных машин, кранов и т.д.) указанные параметры определены для фактических условий их работы.

1.1.4. Значения расчетных параметров для выбора редуктора определяются по настоящей методике при этом необходимо учитывать следующие факторы:

– Мощность двигателя выбирается из ряда мощностей двигателя принятого типа с округлением до ближайшего большего значения к мощности, потребляемой приводимой машиной с учетом КПД привода.

– Большие по мощности двигатели (значительно превышающие требуемые) развивают большие пусковые токи и пусковые мощности более двукратных, что может вызвать неучтенные перегрузки редуктора. Использование подобных двигателей возможно по согласованию с заводом – изготовителем редуктора.

– Наиболее экономичной является эксплуатация редуктора при частоте вращения на входе ≤ 1500 об/мин, а с целью более длительной безотказной работы редуктора рекомендуется принимать частоту вращения входного вала ≤ 900 об/мин.

1.2 Порядок выбора редуктора

1.2.1 Выбор типа редуктора:

Исходными данными для выбора типа редуктора служат чертеж и кинематическая схема привода, требуемое передаточное число $u_{ред}$, характеристики режима эксплуатации, требования к расположению осей в пространстве.

По известному передаточному числу определяется количество ступеней редуктора, руководствуясь схемой:

- При значениях $u_{ред} \leq 6,3$ выбирают одноступенчатый редуктор.
- При значениях $7,1 \leq u_{ред} \leq 20$ для эвольвентных, закаленных, шлифованных зубьев и $7,1 \leq u_{ред} \leq 50$ для улучшенных зубьев, в том числе с зацеплением Новикова, выбирают двухступенчатый редуктор.
- При значениях $20 \leq u_{ред} \leq 100$ для эвольвентных, закаленных, шлифованных зубьев и $50 \leq u_{ред} \leq 200$ для улучшенных зубьев, в том числе с зацеплением Новикова, выбирают трехступенчатый редуктор.
- При значениях $i_{ред}$ превышающих ранее приведенные величины выбирают четырех – и более ступенчатые редукторы.

Положение выходного вала (горизонтальное или вертикальное), расположение входного вала по отношению к выходному валу (параллельное или перпендикулярное), способ монтажа редуктора (на

фундаменте или на ведомый вал объекта) определяют по приведенным в каталоге рисункам.

Из рисунков каждого редуктора и размеров, приведенных в таблицах, определяются все монтажные положения, в которые редуктор может быть установлен. При этом в обозначении редукторов могут быть указаны специальные символы, обозначающие способ монтажа.

1.2.2 Выбор габарита (типоразмера) редуктора.

1.2.3 Критериями выбора типоразмера редуктора являются расчетные значения крутящего момента на выходном валу, радиальных консольных нагрузок на концах валов и недопустимость перегрева редуктора.

1.2.4 Исходными данными для определения габарита редуктора являются:

- Вид приводимой машины.
- Требуемый крутящий момент на выходном валу, $T_{ВЫХ.ТРЕБ.}$, $H \cdot м$
- Частота вращения выходного вала редуктора, $n_{ВЫХ}$, об/мин.
- Частота вращения входного вала редуктора, $n_{ВХ}$, об/мин.
- Вид двигателя.
- Характер нагрузки (равномерная и неравномерная, реверсивная или нереверсивная, наличие и величина перегрузок, наличие толчков, ударов, вибраций).
- Требуемая длительность эксплуатации редуктора в часах.
- Средняя ежесуточная работа в часах.
- Количество включений в час.
- Продолжительность включений под нагрузкой, ПВ %.
- Условия окружающей среды (температура, условия отвода тепла).
- Соединение редуктора с приводимой машиной (муфтой или передачами: зубчатой, цепной, клиноременной и т.д.).
- Радиальная консольная нагрузка, приложенная в середине посадочной части концов выходного вала $F_{ВЫХ.ТРЕБ.}$ и входного вала $F_{ВХ.ТРЕБ.}$, Н.

1.2.5 При выборе габарита редуктора производится расчет следующих параметров редукторов по формулам:

- Передаточное отношение редуктора:

$$u_{ред} = \frac{n_{BX}}{n_{ВЫХ}}, \quad (1)$$

• Расчетный крутящий момент на выходном валу редуктора:

$$T_{ВЫХ.РАСЧ} = T_{ВЫХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР}, \quad (2)$$

где $K_{УР}$ – коэффициент условия работы, определяем по формулам (3), (4):

$$K_{УР} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{ПВ} \cdot K_{РЕВ}, \quad (3)$$

- для зубчатого редуктора

$$K_{УР} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{ПВ} \cdot K_{РЕВ} \cdot K_Ч, \quad (4)$$

- для червячного редуктора

где K_1 – коэффициент, учитывающий динамические характеристики двигателя;

K_2 – коэффициент, учитывающий продолжительность работы в сутки;

K_3 – коэффициент, учитывающий количество пусков в час;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность включения (ПВ) ;

$K_{РЕВ}$ – коэффициент, учитывающий реверсивность редуктора (для неререверсивной работы $K_{РЕВ} = 1,00$; для реверсивной – $K_{РЕВ} = 1,33$) ;

$K_Ч$ – коэффициент, учитывающий расположение червячной пары в пространстве (при расположении червяка под колесом $K_Ч = 1,0$; при расположении над колесом $K_Ч = 1,2$; при расположении червяка сбоку колеса $K_Ч = 1,1$)

Числовые значения входящих коэффициентов выбираются из таблиц 1, 2, 3, 4.

Таблица 1

Коэффициент характеристики двигателя K_1

Ведущая машина	Степень толчкообразности ведомой машины			
	А	Б	В	Г
Электродвигатель, паровая турбина	1,0	1,2	1,5	1,8
4-х, 6-ти цилиндровые двигатели внутреннего сгорания, гидравлические и пневматические двигатели	1,25	1,5	1,8	2,2
1-х, 2-х, 3-х цилиндровые двигатели внутреннего сгорания	1,5	1,8	2,2	2,5

А – плавная нагрузка, Б – слабые толчки,
В – толчки средней силы, Г – сильные толчки.

Классификация ведомых машин по степени толчкообразности приведена в таблице 5.

Таблица 2

Коэффициент продолжительности работы K_2

Ежедневное пользование, ч/сут	<2	<8	<16	>16
K_2	0,9	1,0	1,12	1,25

Таблица 3

Коэффициент количества пусков K_3

Количество пусков в час		1	<20	<40	<80	<160	>160
Коэффициент характеристики двигателя, K_1	1	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	2,0
	1,25	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7
	1,5	1,0	1,07	1,1	1,15	1,25	1,4
	1,8	1,0	1,05	1,05	1,07	1,1	1,2

Таблица 4

Коэффициент продолжительности включения $K_{ПВ}$

ПВ %	100	60	40	25	15
$K_{ПВ}$	1,0	0,90	0,80	0,70	0,67

Таблица 5

Степень толчкообразности ведомых машин

Характер нагрузки	Ведомая машина
А	Генераторы, элеваторы, центробежные компрессоры, равномерно загружаемые конвейеры, смесители жидких веществ, насосы центробежные, шестеренные, винтовые, стреловые механизмы, воздуходувки, вентиляторы, фильтрующие устройства.
Б	Водоочистные сооружения, неравномерно загружаемые конвейеры, лебедки, тросовые барабаны, ходовые, поворотные, подъемные механизмы подъемных кранов, бетономешалки, печи, трансмиссионные валы, резак, дробилки, мельницы, оборудование для нефтяной промышленности.
В	Пробойные прессы, вибрационные устройства, лесопильные машины, грохот, одноцилиндровые компрессоры.
Г	Оборудование для производства резинотехнических изделий и пластмасс, смесительные машины и оборудование для фасонного проката.

- Расчетная мощность двигателя:

$$P_{ВХ.РАСЧ.} = \frac{T_{ВЫХ.РАСЧ.} \cdot n_{ВЫХ.}}{9550 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (5)$$

где $T_{ВЫХ.РАСЧ.}$ – расчетная крутящий момент на выходном валу редуктора, Н·м;

$n_{ВЫХ.}$ – частота вращения выходного вала редуктора;

η – коэффициент полезного действия редуктора (КПД).

Значения η принимаются равными:

а) Для цилиндрических редукторов:

- одноступенчатых - 0,99

- двухступенчатых - 0,98

- трехступенчатых - 0,97

- четырехступенчатых - 0,95

б) Для конических редукторов:

- одноступенчатых - 0,98

- двухступенчатых - 0,97

в) Для коническо-цилиндрических редукторов – как произведение значений конической и цилиндрической частей редуктора.

г) Для червячных редукторов КПД приводится в технических характеристиках для каждого редуктора для каждого передаточного числа.

1.2.6 Подбор редукторов производится в следующей последовательности:

- Определяется передаточное число редуктора по формуле (1).
- Определяется количество ступеней по рекомендациям п. 2.1.
- Определяется коэффициент условий работы для редукторов общемашиностроительного применения по формуле (3),(4).

Примечание: Для специальных редукторов коэффициент условий работы $K_{УР}=1$.

– Для специальных редукторов и для редукторов общемашиностроительного применения с коэффициентом условий работы $K_{УР} = 1$ по известным типу редуктора, передаточному числу и количеству ступеней подбирается редуктор из таблиц каталога с обеспечением условия:

$$T_{ВЫХ.НОМ.} \geq T_{ВЫХ.ТРЕБ.} \quad (6)$$

где $T_{ВЫХ.НОМ.}$ - номинальный крутящий момент из таблиц каталога.

– Для редукторов с коэффициентом условий работы $K_{УР}$ не равным 1,0 определяется значение расчетного крутящего момента по формуле (2), после чего производится подбор редуктора из таблиц каталога с обеспечением условия:

$$T_{ВЫХ.НОМ.} \geq T_{ВЫХ.РАСЧ.} \quad (7)$$

1.2.7 Проверка радиальных консольных нагрузок, приложенных в середине посадочных частей концов входного и выходного валов редуктора, производится следующим образом:

Определяется расчетная величина консольных нагрузок по величинам требуемых нагрузок из соотношений для случаев не равенства единице коэффициента $K_{УР}$:

$$F_{ВЫХ.РАСЧ.} = F_{ВЫХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР}, \quad (8)$$

$$F_{ВЫХ.РАСЧ.} = F_{ВХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР}, \quad (9)$$

Проверяем выполнение условий:

$$F_{ВЫХ.НОМ.} = F_{ВЫХ.РАСЧ.}, \quad (10)$$

$$F_{ВХ.НОМ.} = F_{ВХ.РАСЧ.}, \quad (11)$$

где $F_{ВЫХ.НОМ.}$, $F_{ВХ.НОМ.}$ – номинальные радиальные консольные нагрузки из таблиц «Технические характеристики» каталога редукторов.

Для специальных редукторов и редукторов общемашиностроительного применения с коэффициентом условий работы $K_{УР}=1$ проверяется выполнение условий:

$$F_{ВЫХ.НОМ.} \geq F_{ВЫХ.ТРЕБ.}, \quad (12)$$

$$F_{ВХ.НОМ.} \geq F_{ВХ.ТРЕБ.}, \quad (13)$$

При невыполнении условий (10), (11), (12) и (13) - выбирается больший типоразмер редуктора.

1.2.8. Проверка условий отсутствия перегрева редуктора.

Проверка производится определением выполнения условия:

$$P_{ВХ.РАСЧ.} \leq P_{ТЕРМ.} \cdot K_T, \text{ кВт} \quad (14)$$

где K_T – температурный коэффициент, значения которого приведены в таблице 6.

$P_{ТЕРМ.}$ – термическая мощность (кВт), значение которой приводятся в паспортах, технических условиях на редукторы, каталогах.

В случае невыполнения условия (14) при выбранном первоначально способе охлаждения определяются другие технологические приемы охлаждения, или переходят к большему типоразмеру редуктора.

Таблица 6

Температурный коэффициент K_T

Способ охлаждения	Температура окружающей среды, С°	Продолжительность включения, ПВ %.				
		100	80	60	40	25
Редуктор без постороннего охлаждения.	10	1,12	1,34	1,57	1,79	2,05
	20	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	30	0,88	1,06	1,23	1,41	1,58
	40	0,75	0,9	1,05	1,21	1,35
	50	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13
Редукторе со спиралью водяного охлаждения.	10	1,1	1,32	1,54	1,76	1,98
	20	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	30	0,9	1,08	1,26	1,44	1,62
	40	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53
	50	0,8	0,96	1,12	1,29	1,44
Редуктор охлаждается обдуванием.	10	1,15	1,38	1,61	1,84	2,07
	20	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	30	0,9	1,08	1,26	1,44	1,82
	40	0,8	0,96	1,12	1,29	1,44
	50	0,7	0,84	0,98	1,12	1,26
Редуктор с обдуванием и водяным охлаждением.	10	1,12	1,34	1,57	1,79	2,05
	20	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	30	0,92	1,1	1,29	1,47	1,66
	40	0,83	1,0	1,16	1,33	1,5
	50	0,78	0,94	1,09	1,25	1,4

2. ВЫБОР ОДНОСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Основные параметры цилиндрических одно- и многоступенчатых редукторов установлены ГОСТ 25301-95.

Узкие горизонтальные одноступенчатые цилиндрические зубчатые редукторы типа 1ЦУ выполняют четырех типоразмеров: 1ЦУ-100, 1ЦУ-160, 1ЦУ-200, 1ЦУ-250. К узкому типу относят редукторы, у которых ширина зубчатых колес равна (0,2...0,4) от межосевого рас-

стояния. Номинальный вращающий момент на выходном валу от 315 до 5000Н·м, при номинальных передаточных числах от 2 до 6,3.

Назначение: редукторы цилиндрические одноступенчатые узкие горизонтальные общемашиностроительного применения предназначены для увеличения крутящего момента и уменьшения частоты вращения.

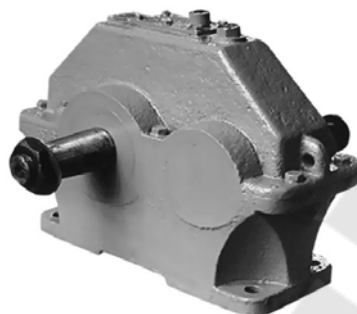


Рис.1 Редуктор цилиндрический одноступенчатый

Условия применения:

- нагрузка постоянная и переменная, одного направления и реверсивная;
- работа постоянная или с периодическими остановками;
- вращение валов в любую сторону;
- частота вращения входного вала (n_1) не должна превышать 1800 об/мин;
- атмосфера типов I и II по ГОСТ 15150 при запыленности воздуха не более 10 мг/м³;
- климатические исполнения У, Т (для категорий размещения 1...3) и климатические исполнения УХЛ и О (для категории размещения 4) по ГОСТ 15150.

Пример записи условного обозначения:

Редуктор 1ЦУ-160-4-12 ЦУ2,

где 1ЦУ – цилиндрический одноступенчатый редуктор;

160 – межосевое расстояние, мм;

4 – номинальное передаточное число;

12 – вариант сборки (см. рис.2);

Ц – цилиндрическое исполнение конца выходного вала;

У – климатическое исполнение;

2 – категория размещения

2.1. Исходные данные для выбора редуктора

Кинематическая схема:

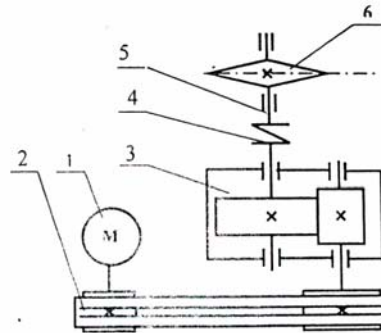


Рис. 2 Кинематическая схема привода цепного конвейера

1 – электродвигатель, 2 – открытая клиноременная передача, 3 – цилиндрический одноступенчатый редуктор, 4 – муфта, 5 – приводной вал, 6 – тяговая звездочка

Характер нагрузки: работа непрерывная, нереверсивная, толчки средней силы.

Средняя ежесуточная работа - 17 часов.

Количество включений в час - до 30.

Продолжительность включений - ПВ 100 % .

Условия окружающей среды: температура воздуха $\leq 30^{\circ}\text{C}$, условия отвода тепла – естественное охлаждение воздухом окружающей среды.

2.2. Энергетический и кинематический расчеты привода

Энергетический и кинематический расчет привода выполняется в соответствии с рекомендациями [1].

2.2.1 Определение расчетной мощности привода

Расчетная мощность электродвигателя определяется по формуле [1, с.49, формула 6.1]:

$$P_{эд} = \frac{P}{\eta_{общ}},$$

где P – мощность на приводном валу конвейера, кВт, $P=2,6\text{кВт}$;

$\eta_{общ}$ – общий КПД привода.

Для рассматриваемой схемы общий КПД привода определяем по формуле:

$$\eta_{общ} = \eta_m \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{нк} ,$$

где η_m – КПД муфты; $\eta_m = 0,99$ [1, с.140, т.П2.1];
 $\eta_{ред}$ – КПД редуктора; $\eta_{ред} = 0,98$ по таблице 9;
 $\eta_{он}$ – КПД открытой клиноременной передачи; $\eta_{он} = 0,94$ [1, с.140, т.П2.1];
– КПД пары подшипников качения; $\eta_{нк} = 0,99$ [1, с.140, т.П2.1];

$$\eta_{общ} = 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,94 \cdot 0,99 = 0,903;$$

$$P_{эд} = \frac{2,6}{0,903} = 2,879 \text{ кВт.}$$

2.2.2 Выбор электродвигателя

Ориентировочно требуемая частота вращения вала электродвигателя определяется по формуле [1, с.50, формула 6.3]:

$$n_{тр} = n \cdot u_{он min} \cdot u_{ред.ср},$$

где $u_{он min}$ – наименьшее значение передаточного числа открытой передачи привода; $u_{он min} = 2$ [1, с.141, т.П2.3];

$u_{ред.ср}$ – среднее значение передаточного числа редуктора привода; $u_{ред.ср} = 4$ [1, с.141, т.П2.3];

n – номинальная частота вращения приводного вала; $n = 91$ об/мин,

$$n_{тр} = 91 \cdot 2 \cdot 4 = 728 \text{ об/мин.}$$

По величине $n_{тр}$ с учетом $P_{эд}$ принимаем по [1, с.140, т.П2.2] электродвигатель АИР112МВ8.

Техническая характеристика принятого электродвигателя представлена в таблице 7.

Таблица 7

Характеристика электродвигателя

Обозначение электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{мах}}{T_{ном}}$	$d_{эд}$, мм
			2	2,2	
АИР112МВ8	3	709	2	2,2	32

2.2.3 Определение общего передаточного числа привода и разбивка его по передачам

Общее передаточное число привода определяется по формуле [1, с.51, формула 6.6]

$$u_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{эд}}}{n};$$
$$u_{\text{общ}} = \frac{709}{91} = 7,79.$$

Оставляем передаточное число редуктора $u_{\text{ред}} = 4$, тогда передаточное число открытой клиноременной передачи составит

$$u_{\text{окп}} = \frac{u_{\text{общ}}}{u_{\text{ред}}} = \frac{7,79}{4} = 1,948.$$

2.2.4 Силовые и кинематические параметры привода

Расчет элементов привода выполняем по расчетной мощности $P_{\text{эд}}$ электродвигателя.

Для каждого из валов элементов привода определяем частоту вращения n , мощность P и вращающий момент T .

Определяем частоты вращения валов привода [1, с. 51]:

$$n_{\text{эд}} = 709 \text{ об/мин};$$
$$n_1 = \frac{n_{\text{эд}}}{u_{\text{окп}}}; n_1 = \frac{709}{1,948} = 363,963 \text{ об/мин};$$
$$n_2 = \frac{n_1}{u_{\text{ред}}}; n_2 = \frac{363,963}{4} = 91 \text{ об/мин};$$
$$n_3 = n_2; n_3 = 91 \text{ об/мин}.$$

Определение мощностей, передаваемых на валы привода [1, с. 52]:

$$P_{\text{эд}} = 2,879 \text{ кВт};$$
$$P_1 = P_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{окп}}; P_1 = 2,908 \cdot 0,94 = 2,707 \text{ кВт};$$
$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{ред}}; P_2 = 2,707 \cdot 0,98 = 2,652 \text{ кВт};$$
$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{нк}}; P_3 = 2,652 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 2,6 \text{ кВт}.$$

Определение вращающих моментов передаваемых на валы [1, с. 52]:

$$T_i = 9550 \frac{P_i}{n_i};$$

$$T_{эд} = 9550 \cdot \frac{2,879}{709} = 38,779 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{2,707}{363,963} = 71,029 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{2,652}{91} = 278,314 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{2,6}{91} = 272,857 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Результаты расчета представлены в таблице 8.

Таблица 8

Силовые и кинематические параметры привода

Номер вала	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	Крутящий момент, Н·м
Электродвигатель	709	2,879	38,779
1	363,963	2,707	71,029
2	91	2,652	278,314
3	91	2,6	272,857

2.3 Выбор редуктора

Передаточное число редуктора $u_{ред} = 4$.

Расчетный крутящий момент на выходном валу редуктора определяется по формуле (2)

$$T_{ВЫХ.РАСЧ} = T_{ВЫХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР},$$

где $T_{ВЫХ.ТРЕБ.}$ – требуемый крутящий момент на выходном валу редуктора, $T_{ВЫХ.ТРЕБ.} = T_2 = 278,314 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

$K_{УР}$ – коэффициент условия работы, определяем по формуле (3),

$$K_{УР} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{ПВ} \cdot K_{РЕВ},$$

Из таблиц 1, 2, 3, 4 находим значения: $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,25$; $K_3 = 1,2$; $K_{ПВ} = 1,0$; $K_{РЕВ} = 1$ (передача неререверсивная).

$$K_{УР} = 1,2 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8;$$

$$T_{ВЫХ.РАСЧ.} = 278,314 \cdot 1,8 = 500,965 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Из каталога выбираем стандартный одноступенчатый редуктор из условия (7):

$$T_{ВЫХ.НОМ.} \geq T_{ВЫХ.РАСЧ.},$$

где $T_{ВЫХ.НОМ.}$ - номинальный крутящий момент из таблицы 9 для одноступенчатого цилиндрического редуктора,

$$T_{ВЫХ.НОМ.} = 1250 \geq T_{ВЫХ.РАСЧ.} = 500,965 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Принимаем редуктор: *Редуктор 1ЦУ-160-4-12 ЦУ2.*

Выполняем проверку правильности выбора редуктора по консольным радиальным нагрузкам на входном и выходном валах редуктора (10), (11):

$$F_{ВЫХ.НОМ.} = F_{ВЫХ.РАСЧ.}, \quad F_{ВХ.НОМ.} = F_{ВХ.РАСЧ.},$$

где $F_{ВЫХ.НОМ.}$, $F_{ВХ.НОМ.}$ – номинальные радиальные консольные нагрузки из таблицы 9 для цилиндрического одноступенчатого редуктора, для редуктора 1ЦУ-160: $F_{ВЫХ.НОМ.} = 4500 \text{ Н}$, $F_{ВХ.НОМ.} = 1250 \text{ Н}$;

$F_{ВЫХ.РАСЧ.}$, $F_{ВХ.РАСЧ.}$ – расчетные радиальные консольные нагрузки на выходном и входном валах редуктора соответственно (8), (9):

$$F_{ВЫХ.РАСЧ.} = F_{ВЫХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР},$$

$$F_{ВХ.РАСЧ.} = F_{ВХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР},$$

где $F_{ВЫХ.ТРЕБ.}$, $F_{ВХ.ТРЕБ.}$ – требуемые радиальные консольные нагрузки на выходном и входном валах редуктора соответственно,

$$F_{ВЫХ.ТРЕБ.} = F_M,$$

где F_M – консольная нагрузка от муфты, выбранной в зависимости от требуемого крутящего момента и диаметров валов, которых она соединяет, $F_M = (0,2...0,5) \cdot 2 \cdot \frac{T_2}{D_0}$, (D_0 - диаметр муфты, $D_0 = 210 \text{ мм}$)

$$F_M = (0,2...0,5) \cdot 2 \cdot \frac{278,314}{0,21} = 530,12...1325 \text{ Н.}$$

$$F_{ВХ.РАСЧ.} = F_{ОП.},$$

где $F_{ОП.}$ – консольная нагрузка от открытой клиноременной передачи, $F_{ОП.} = 564 \text{ Н}$.

$$F_{ВЫХ.НОМ.} = 4500 \geq F_{ВЫХ.РАСЧ.} = 1325 \cdot 1,8 = 2385,5 \text{ Н}$$

$$F_{ВХ.НОМ.} = 1250 \geq F_{ВХ.РАСЧ.} = 564 \cdot 1,8 = 1015,2 \text{ Н}$$

Условия выполнены.

Проверку условия отсутствия перегрева не выполняем, т.к. термическая мощность для данного типа редуктора не лимитируется.

Таблица 9

Технические характеристики цилиндрических одноступенчатых горизонтальных редукторов типа 1ЦУ

Тип	Межосевое расстояние	Номинальное передаточное число, $u_{ред}$	Номинальный крутящий момент на выходном валу $T_{ВЫХ.НОМ.}, Н·м$	Номинальная радиальная нагрузка на валу, Н		Масса, кг	КПД
				на входном валу, $F_{ВХ.НОМ.}$	на выходном валу, $F_{ВЫХ.НОМ.}$		
1ЦУ-100	100	2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3	315	630	2240	27	0,98
1ЦУ-160	160		1250	1250	4500	77,5	
1ЦУ-200	200		2500	2800	6300	135	
1ЦУ-250	250		5000*	4000	9000	210	

*4500 для передаточных чисел 5 и 6,3

Примечания:

– при работе в реверсивном режиме, т.е. при периодическом изменении направлений нагрузки номинальные крутящие моменты на выходном валу, указанные в таблице 1, должны быть снижены на 30 %;

– редукторы допускают кратковременные перегрузки, в 2,2 раза превышающие номинальные нагрузки, возникающие при пусках и остановах двигателя, если число циклов нагружения входного вала за время действия этих перегрузок не превысит $3 \cdot 10^6$ в течение всего срока службы редукторов;

– номинальные крутящие моменты на выходном валу, указанные для редукторов ЦУ-200 и ЦУ-250, соответствуют струйному смазыванию зацепления;

– номинальная радиальная нагрузка на выходном валу для вариантов сборки 13, 23, 33 и на входном валу для вариантов сборки 31, 32, 33 должна быть уменьшена на 50%;

– варианты сборки 11-13, 21-23 являются предпочтительными;

– термическая мощность редуктора при температуре окружающего воздуха 20°C и предельно допустимой температуре масла в картере 75°C приведена в таблице 2.

Под термической мощностью понимается наибольшая передаваемая редуктором мощность без охлаждения или циркуляции масла при температуре окружающей среды 20°C. В тех случаях, когда термическая мощность по таблице меньше передаваемой, следует применять струйное смазывание и охлаждение масла вне редуктора.

Таблица 10

Термическая мощность, кВт

Типоразмер редуктора	Номинальные передаточные числа, $u_{ред}$					
	2	2,5	3,15	4	5	6,3
1ЦУ-100	Не лимитируется					
1ЦУ-160	Не лимитируется					
1ЦУ-200	80	74	68	60	54	47
1ЦУ-250	127	118	108	97	87	76

Габаритные и присоединительные размеры цилиндрических одноступенчатых редукторов типа 1ЦУ приведены на рис. 2 и в табл. 11.

Номинальные вращающие моменты на выходном валу редуктора и радиальные силы на концы входных и выходных валов приведены в табл. 9. Радиальную силу следует считать приложенной в середине посадочной поверхности выходного конца вала.

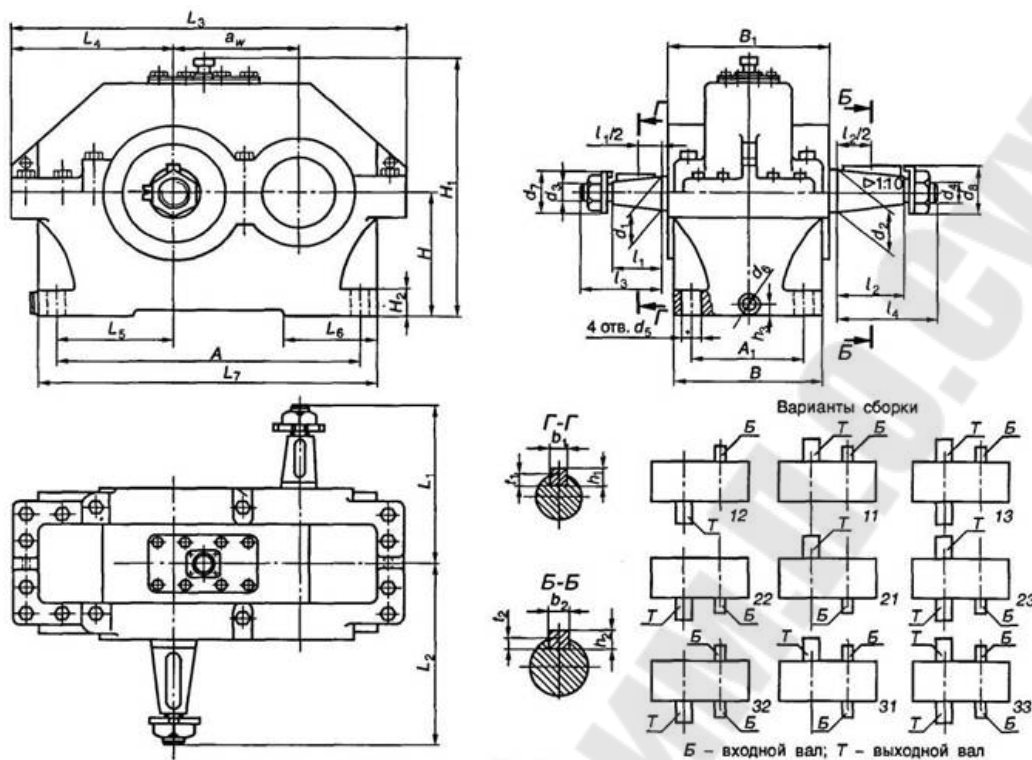


Рис.3 Габаритные и присоединительные размеры цилиндрических одноступенчатых редукторов типа 1ЦУ

Таблица 11
Габаритные и присоединительные размеры цилиндрических одноступенчатых горизонтальных редукторов типа 1ЦУ (рис. 2), мм

Типоразмер редуктора	a_w	A	A_1	B	B_1	H	H_1	H_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	d_5
1ЦУ-100	100	224	95	132	140	112	224	22	136	155	315	132	85	90	265	15
1ЦУ-160	160	355	125	175	185	170	335	28	218	218	475	195	136	125	412	24
1ЦУ-200	200	437	136	200	212	212	425	36	230	265	580	236	165	160	500	24
1ЦУ-250	250	545	185	250	265	265	530	40	280	315	710	290	212	190	615	28

Продолжение таблицы 11

b_1	b_2	$d_{1,входной}$	$d_{2,выходной}$	d_3	d_4	d_6	d_7	d_8	h_1	h_2	h_3	l_1	l_2	l_3	l_4	t_1	t_2
8	10	25	35	M16x1,5	M20x1,5	M24x1,5	40	48	7	8	32	42	58	60	80	4,0	5,0
14	16	45	55	M30x2,0	M36x3,0	M24x1,5	63	75	9	10	32	82	82	110	110	5,5	6,0
16	20	55	70	M36x3,0	M48x3,0	M24x1,5	75	100	10	12	32	82	105	110	140	6,0	7,5
20	25	70	90	M48x3,0	M64x4,0	M24x1,5	100	130	12	14	32	105	130	140	170	7,5	9,0

3. ВЫБОР ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Редукторы цилиндрические двухступенчатые узкие горизонтальные общемашиностроительного применения типов 1Ц2У-100, 1Ц2У-125, 1Ц2У-160, 1Ц2У-200, 1Ц2У-250 предназначены для увеличения крутящего момента и уменьшения частоты вращения.

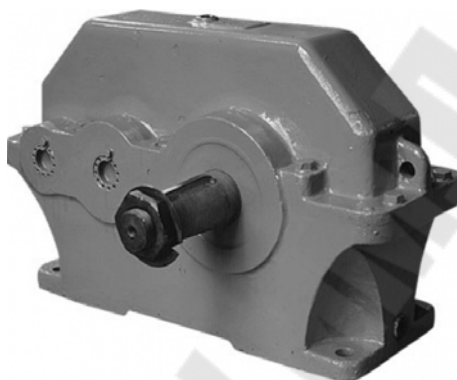


Рис.4 Редуктор цилиндрический двухступенчатый

Зубчатые цилиндрические двухступенчатые узкие горизонтальные редукторы общемашиностроительного применения выполняют следующих типоразмеров: 1Ц2У-100, 1Ц2У-125, 1Ц2У-160, 1Ц2У-200, 1Ц2У-250. Номинальный вращающий момент на выходном валу от 315 до 5000Н·м, при номинальных передаточных числах от 8 до 40.

Назначение: редукторы цилиндрические одноступенчатые узкие горизонтальные общемашиностроительного применения предназначены для увеличения крутящего момента и уменьшения частоты вращения.

Условия применения:

- нагрузка постоянная и переменная, одного направления и реверсивная;
- работа постоянная или с периодическими остановками;
- вращение валов в любую сторону;
- частота вращения входного вала (n_1) не должна превышать 1800 об/мин;
- атмосфера типов I и II по ГОСТ 15150 при запыленности воздуха не более 10 мг/м³;

– климатические исполнения У, Т (для категорий размещения 1...3) и климатические исполнения УХЛ и О (для категории размещения 4) по ГОСТ 15150.

Пример записи условного обозначения:

Редуктор 1Ц2У-200-16-12Ц У2,

где 1Ц2У - цилиндрический двухступенчатый редуктор;

200 - межосевое расстояние тихоходной ступени, $a_{вт}$, мм;

16 - номинальное передаточное число, $u_{ред}$;

12 - вариант сборки (см. рис. 4);

У - климатическое исполнение;

2 - категория размещения;

Ц - цилиндрическое исполнение конца выходного вала (К - коническое исполнение, М - муфтовое исполнение, П – в обозначении 1Ц2У-250 с несимметричным полым валом).

3.1. Исходные данные для выбора редуктора

Кинематическая схема:

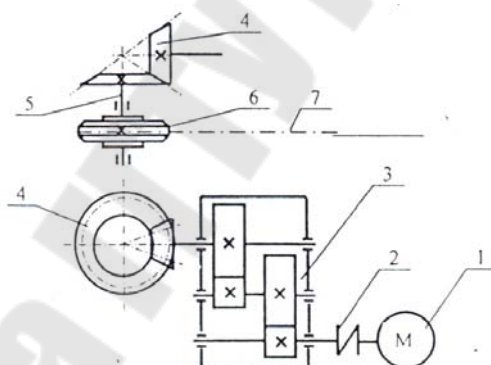


Рис. 5 Кинематическая схема привода цепного конвейера

1 – электродвигатель, 2 – муфта, 3 – цилиндрический двухступенчатый редуктор, 4 – открытая коническая передача, 5 – приводной вал, 6 – тяговая звездочка

Характер нагрузки: работа непрерывная, нереверсивная, толчки средней силы.

Средняя ежесуточная работа - 10 часов.

Количество включений в час - до 18.

Продолжительность включений - ПВ 100 % .

Условия окружающей среды: температура воздуха $\leq 30^{\circ}\text{C}$, условия отвода тепла – естественное охлаждение воздухом окружающей среды.

3.2. Энергетический и кинематический расчеты привода

Энергетический и кинематический расчет привода выполняется в соответствии с рекомендациями [1].

3.2.1 Определение расчетной мощности привода

Расчетная мощность электродвигателя определяется по формуле [1, с.49, формула 6.1]:

$$P_{эд} = \frac{P}{\eta_{общ}},$$

где P – мощность на приводном валу конвейера, кВт, $P=5,5$ кВт;
 $\eta_{общ}$ – общий КПД привода.

Для рассматриваемой схемы общий КПД привода определяем по формуле:

$$\eta_{общ} = \eta_m \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{он} \cdot \eta_{нк},$$

где η_m – КПД муфты; $\eta_m = 0,99$ [1, с.140, т.П2.1];

$\eta_{ред}$ – КПД редуктора; $\eta_{ред} = 0,97$ по таблице 14;

$\eta_{он}$ – КПД открытой конической передачи; $\eta_{он} = 0,92$ [1, с.140, т.П2.1];

$\eta_{нк}$ – КПД пары подшипников качения; $\eta_{нк} = 0,99$ [1, с.140, т.П2.1];

$$\eta_{общ} = 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,92 \cdot 0,99 = 0,875;$$

$$P_{эд} = \frac{5,5}{0,875} = 6,296 \text{ кВт.}$$

3.2.2 Выбор электродвигателя

Ориентировочно требуемая частота вращения вала электродвигателя определяется по формуле [1, с.50, формула 6.3]:

$$n_{тр} = n \cdot u_{он min} \cdot u_{ред.ср},$$

где $u_{он min}$ – наименьшее значение передаточного числа открытой передачи привода; $u_{он min} = 2$ [1, с.141, т.П2.3];

$u_{ред.ср}$ – среднее значение передаточного числа редуктора привода; $u_{ред.ср} = 10$ [1, с.141, т.П2.3];

n – номинальная частота вращения приводного вала;

$n = 70$ об/мин,

$$n_{тр} = 70 \cdot 2 \cdot 10 = 1400 \text{ об/мин.}$$

По величине $n_{тр}$ с учетом $P_{эд}$ принимаем по [1, с.140, т.П2.2] электродвигатель АИР132S4.

Техническая характеристика принятого электродвигателя представлена в таблице 12.

Таблица 12

Характеристика электродвигателя

Обозначение электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{мах}}{T_{ном}}$	$d_{эд}$, мм
АИР132S4	7,5	1440	2	2,2	38

3.2.3 Определение общего передаточного числа привода и разбивка его по передачам

Общее передаточное число привода определяется по формуле [1, с.51, формула 6.6]

$$u_{общ} = \frac{n_{эд}}{n};$$

$$u_{общ} = \frac{1440}{70} = 20,57.$$

Оставляем передаточное число редуктора $u_{ред} = 10$, тогда передаточное число открытой конической передачи составит

$$u_{окп} = \frac{u_{общ}}{u_{ред}} = \frac{20,57}{10} = 2,057.$$

3.2.4 Силовые и кинематические параметры привода

Расчет элементов привода выполняем по расчетной мощности $P_{эд}$ электродвигателя.

Для каждого из валов элементов привода определяем частоту вращения n , мощность P и вращающий момент T .

Определяем частоты вращения валов привода [1, с. 51]:

$$n_{эд} = 1440 \text{ об/мин};$$

$$n_1 = n_{эд}; n_1 = 1440 \text{ об/мин};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{ред}}; n_2 = \frac{1440}{10} = 144 \text{ об/мин};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{окн}}; n_3 = \frac{144}{2,057} = 70 \text{ об/мин.}$$

Определение мощностей, передаваемых на валы привода [1, с. 52]:

$$P_{эд} = 6,296 \text{ кВт};$$

$$P_1 = P_{эд} \cdot \eta_m; P_1 = 6,296 \cdot 0,99 = 6,223 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{ред}; P_2 = 6,223 \cdot 0,97 = 6,036 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{окн} \cdot \eta_{нк}; P_3 = 6,036 \cdot 0,92 \cdot 0,99 = 5,5 \text{ кВт.}$$

Определение вращающих моментов передаваемых на валы [1, с. 52]:

$$T_i = 9550 \frac{P_i}{n_i};$$

$$T_{эд} = 9550 \cdot \frac{6,296}{1440} = 41,755 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{6,223}{1440} = 41,271 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{6,036}{144} = 400,304 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{5,5}{70} = 750,357 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Результаты расчета представлены в таблице 13.

Таблица 13

Силовые и кинематические параметры привода

Номер вала	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	Крутящий момент, Н·м
Электродвигатель	1440	6,296	41,755
1	1440	6,223	41,271
2	144	6,036	400,304
3	70	5,5	750,357

3.3 Выбор редуктора

Передаточное число редуктора $u_{ред} = 10$.

Расчетный крутящий момент на выходном валу редуктора определяется по формуле (2)

$$T_{ВЫХ.РАСЧ} = T_{ВЫХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР}$$

где $T_{ВЫХ.ТРЕБ.}$ – требуемый крутящий момент на выходном валу редуктора, $T_{ВЫХ.ТРЕБ.} = T_2 = 400,304 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

$K_{УР}$ – коэффициент условия работы, определяемый по формуле (3),

$$K_{УР} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{ПВ} \cdot K_{РЕВ},$$

Из таблиц 1, 2, 3, 4 находим значения: $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,12$; $K_3 = 1,1$; $K_{ПВ} = 1,0$; $K_{РЕВ} = 1$ (передача нереверсивная).

$$K_{УР} = 1,2 \cdot 1,12 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,478$$

$$T_{ВЫХ.РАСЧ.} = 400,304 \cdot 1,478 = 591,649 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Из каталога выбираем стандартный двухступенчатый редуктор из условия (7):

$$T_{ВЫХ.НОМ.} \geq T_{ВЫХ.РАСЧ.},$$

где $T_{ВЫХ.НОМ.}$ – номинальный крутящий момент из таблицы 14 для двухступенчатого цилиндрического редуктора, $T_{ВЫХ.НОМ.} = 630 \text{ Н}\cdot\text{м} \geq T_{ВЫХ.РАСЧ.} = 591,649 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Принимаем редуктор: *Редуктор 1Ц2У-125-10-12Ц У2*.

Выполняем проверку правильности выбора редуктора по консольным радиальным нагрузкам на входном и выходном валах редуктора (10), (11):

$$F_{ВЫХ.НОМ.} = F_{ВЫХ.РАСЧ.}, \quad F_{ВХ.НОМ.} = F_{ВХ.РАСЧ.},$$

где $F_{ВЫХ.НОМ.}$, $F_{ВХ.НОМ.}$ – номинальные радиальные консольные нагрузки из таблицы 14 для двухступенчатого цилиндрического редуктора, для редуктора 1Ц2У-125: $F_{ВЫХ.НОМ.} = 6300 \text{ Н}$, $F_{ВХ.НОМ.} = 750 \text{ Н}$;

$F_{ВЫХ.РАСЧ.}$, $F_{ВХ.РАСЧ.}$ – расчетные радиальные консольные нагрузки на выходном и входном валах редуктора соответственно (8), (9):

$$F_{ВЫХ.РАСЧ.} = F_{ВЫХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР},$$

$$F_{ВЫХ.РАСЧ.} = F_{ВХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР},$$

где $F_{ВЫХ.ТРЕБ.}$, $F_{ВХ.ТРЕБ.}$ – требуемые радиальные консольные нагрузки на выходном и входном валах редуктора соответственно,

$$F_{ВХ.РАСЧ.} = F_{ОП.},$$

где $F_{ОП.}$ – консольная нагрузка от открытой конической передачи,

$F_{ОП.} = 2 \frac{T_2}{d_{m3}}$ (d_{m3} – средний диаметр шестерни открытой конической

передачи, $d_{m3} = 200 \text{ мм}$)

$$F_{ОП.} = 2 \frac{400,304}{0,2} = 4003,04 \text{ Н}.$$

$$F_{ВХ.РАСЧ.} = F_M,$$

где F_M – консольная нагрузка от муфты, выбранной в зависимости от требуемого крутящего момента и диаметров валов, которых она соединяет, $F_M = (0,2...0,5) \cdot 2 \cdot \frac{T_1}{D_0}$ (D_0 – диаметр муфты, $D_0 = 102$ мм),

$$F_M = (0,2...0,5) \cdot 2 \cdot \frac{41,27}{0,102} = 161,9...404,62 \text{ Н.}$$

$$F_{ВЫХ.НОМ.} = 6300 \text{ Н} \geq F_{ВЫХ.РАСЧ.} = 4003,04 \cdot 1,478 = 5916,5 \text{ Н}$$

$$F_{ВХ.НОМ.} = 750 \text{ Н} \geq F_{ВХ.РАСЧ.} = 404,62 \cdot 1,478 = 598,03 \text{ Н}$$

Условия выполнены.

Проверку условия отсутствия перегрева не выполняем, т.к. термическая мощность для данного типа редуктора не лимитируется.

Таблица 14

Технические характеристики цилиндрических одноступенчатых горизонтальных редукторов типа 1Ц2У

Параметры		Типоразмер 1Ц2У					
		1Ц2У 100	1Ц2У 125	1Ц2У 160	1Ц2У 200	1Ц2У 250	
Номинальные передаточные числа, $u_{ред}$		8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40					
Ном. крутящий момент на вых. валу при длительной работе с постоянной нагрузкой, Н·м	непрерывный (Н) ПВ=100%	315	630	1250	2500	5000	
Номинальный крутящий момент на вых. валу при работе редуктора в повторно-кратковременных режимах, Н·м	тяжелый (Т) ПВ=40%	315	630	1600	3150	6300	
	средний (С) ПВ=25%			2000	4000	8000	
	легкий (Л) ПВ=15%			2500	5000	10000	
Допускаемая радиальная консольная нагрузка, приложенная в середине посадочной части вала, Н	входного	500	750	непрерывный (Н) ПВ=100%	1000	2240	3150
				тяжелый (Т) ПВ=40%	1150	2500	3550
				средний (С) ПВ=25%	1280	2800	4000
				легкий (Л) ПВ=15%	1450	3150	4500
	выходного	4500	6300	непрерывный (Н) ПВ=100%	9000	12500	18000
				тяжелый (Т) ПВ=40%	10000	14000	20000
				средний (С) ПВ=25%	11200	16000	22400

Продолжение таблицы 14

	легкий (Л) ПВ=15%			12500	18000	25000
КПД, не менее			0,97			
Масса, кг	с чугунным корпусом	37	55	95	170	310
	с алюминиевым корпусом	21	31,5	57	-	-

Примечания:

– значения допускаемых крутящих моментов и радиальных консольных нагрузок редукторов 1Ц2У-160, 1Ц2У-200, 1Ц2У-250 с передаточными числами 8, 10, 12,5 при легком режиме работы, редукторов 1Ц2У-200 с цилиндрическим концом выходного вала должны быть снижена на 20%;

– номинальная радиальная нагрузка на выходном валу для вариантов сборки 13, 23, 33 и на входном валу – для 31, 32, 33 должна быть уменьшена в два раза;

– при работе редукторов в реверсивном режиме допускаемые крутящие моменты на выходном валу должны быть снижены на 30%;

– термическая мощность не лимитируется.

Габаритные и присоединительные размеры цилиндрических двухступенчатых редукторов типа 1Ц2У приведены на рис. 2 и в табл. 5.

Номинальные вращающие моменты на выходном валу редуктора и радиальные силы на концы входных и выходных валов приведены в табл. 4. Радиальную силу следует считать приложенной в середине посадочной поверхности выходного конца вала.

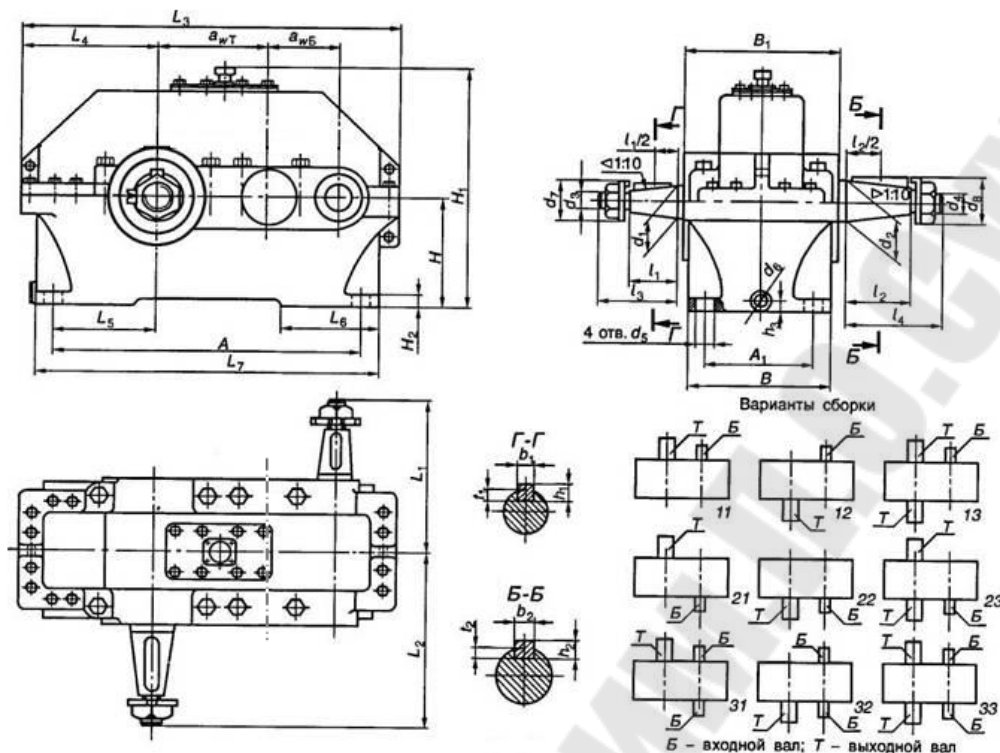


Рис. 6 Габаритные и присоединительные размеры цилиндрических двухступенчатых редукторов типа 1Ц2У

Таблица 15

Габариты и присоединительные размеры цилиндрических двухступенчатых горизонтальных редукторов типа Ц2У (рис. 2), мм

Типоразмер редуктора	a _{WB}	a _{WT}	A	A ₁	B	B ₁	H	H ₁	H ₂		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₇	L ₅
									Чугун. корпус	Алюмин. корпус			не более			
1Ц2У-100	80	100	290	109	145	155	112	224	-	20±3	136	165	390	136	325	85
1Ц2У-125	80	125	335	125	165	175	132	265	-	22±3	145	206	446	160	375	106
1Ц2У-160	100	160	425	140	195	206	170	335	24±4	28±4	170	224	557	200	475	136
1Ц2У-200	125	200	515	165	230	243	212	412	30±4	-	212	280	678	243	580	165
1Ц2У-250	160	250	670	218	280	290	265	515	32±4	-	265	335	829	290	730	212

Продолжение таблицы 15

L ₆	b ₁	b ₂	d _{1,ВХ.}	d _{2,ВЫХ.}	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	h ₁	h ₂	h ₃	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	t ₁	t ₂
90	6	10	20	35	M12x1,25	M20x1,5	15	M24x1,5	32	45	6	8	32	36	58	50	80	3,5	5,0
100	6	14	20	45	M12x1,25	M30x2,0	19	M24x1,5	32	63	6	9	32	36	82	50	110	3,5	5,5
125	8	16	25	55	M16x1,5	M36x3,0	24	M24x1,5	40	75	7	10	32	42	82	60	110	4,0	6,0
160	8	20	30	70	M20x1,5	M48x3,0	24	M24x1,5	45	100	7	12	32	58	105	80	140	4,0	7,5
190	12	25	40	90	M24x2,0	M64x4,0	28	M24x1,5	50	130	8	14	32	82	130	110	170	5,0	9,0

Таблица 16

Габаритные и присоединительные размеры, мм

Тип	m	z	b	L	L ₁ , не менее	k	B	d	d ₁
1Ц2У-160	4	40	20	48	20	19	38	72F7	95F7
1Ц2У-200	5	40	25	55	32	22	50	80F7	105F7
1Ц2У-250	4	56	35	63	16	31	50	120F8	170F7

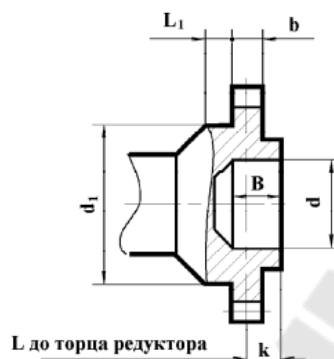


Рис. 7 Размеры концов выходных валов в виде зубчатой полумуфты

— ПОЛЫХ ВАЛОВ



— цилиндрического конца выходного вала

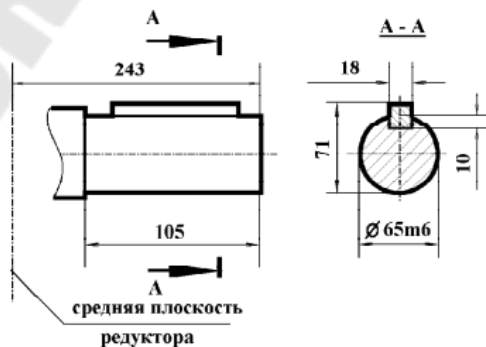


Рис. 8 Размеры концов выходных валов

4. ВЫБОР ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Назначение: редукторы червячные одноступенчатые универсальные предназначены для увеличения крутящего момента и уменьшения частоты вращения в качестве комплектующих в приводах машин, оборудования и механизмов.



Рис.9 Редуктор червячный

Условия применения:

- нагрузка постоянная и переменная, одного направления и реверсивная;
- работа постоянная или с периодическими остановками;
- вращение валов в любую сторону;
- частота вращения входного вала (n_1) не должна превышать 1800 об/мин;
- атмосфера типов I и II по ГОСТ 15150 при запыленности воздуха не более 10 мг/м³;
- климатические исполнения У, Т (для категорий размещения 1...3) и климатические исполнения УХЛ и О (для категории размещения 4) по ГОСТ 15150.

Пример записи условного обозначения:

Редуктор Ч-80М-20-52-1-2-ЦЦ В УЗ ТУ2-056181-79

Редуктор Ч-100М-20-52-1-2-ЦЦ В УЗ ТУ2-056178-83

где Ч - тип;

80, 100 - межосевое расстояние;

40 - номинальное передаточное число;

52 - вариант сборки (см. рис.7);

1 - вариант по расположению червячной пары;

- 2 - вариант по расположению лап;
- ЦЦ - цилиндрическое исполнение конца входного и выходного валов (К - коническое);
- В - с вентилятором;
- УЗ - климатическое исполнение и категория размещения.

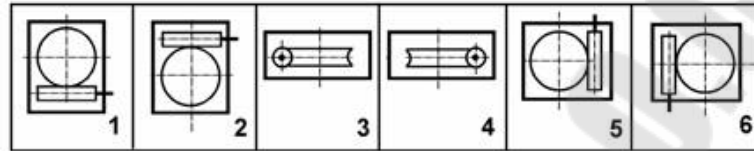


Рис.10 Варианты расположения червячной пары

1-без лап; 2-со стороны червяка; 3-со стороны колеса; 4-боковое расположение лап со стороны противоположной выходному концу червяка; 5,6-боковое расположение лап со стороны выходного конца червяка.

4.1. Исходные данные для выбора редуктора

Кинематическая схема:

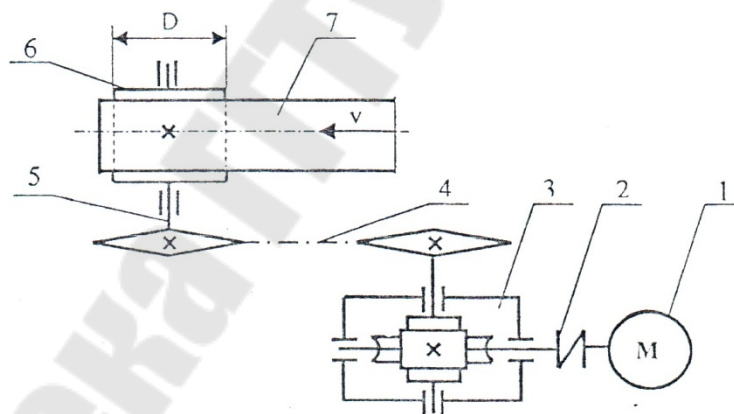


Рис. 11 Кинематическая схема привода ленточного транспортера
 1 – электродвигатель, 2 – муфта, 3 – червячный редуктор,
 4 – открытая цепная передача, 5 – приводной вал, 6 – барабан

Характер нагрузки: работа непрерывная, нереверсивная, толчки средней силы.

Средняя ежесуточная работа - 10 часов.

Количество включений в час - до 18.

Продолжительность включений - ПВ 100 % .

Условия окружающей среды: температура воздуха $\leq 30^{\circ}\text{C}$, условия отвода тепла – естественное охлаждение воздухом окружающей среды.

4.2. Энергетический и кинематический расчеты привода

Энергетический и кинематический расчет привода выполняется в соответствии с рекомендациями [1].

4.2.1 Определение расчетной мощности привода

Расчетная мощность электродвигателя определяется по формуле [1, с.49, формула 6.1]:

$$P_{\text{эд}} = \frac{P}{\eta_{\text{общ}}},$$

где P – мощность на приводном валу конвейера, кВт, $P=2,53$ кВт;

$\eta_{\text{общ}}$ – общий КПД привода.

Для рассматриваемой схемы общий КПД привода определяем по формуле:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_m \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{он}} \cdot \eta_{\text{нк}},$$

где η_m – КПД муфты; $\eta_m = 0,99$ [1, с.140, т.П2.1];

$\eta_{\text{ред}}$ – КПД редуктора; $\eta_{\text{ред}} = 0,87$ по таблице 19;

$\eta_{\text{он}}$ – КПД открытой цепной передачи; $\eta_{\text{он}} = 0,93$ [1, с.140, т.П2.1];

$\eta_{\text{нк}}$ – КПД пары подшипников качения; $\eta_{\text{нк}} = 0,99$ [1, с.140, т.П2.1];

$$\eta_{\text{общ}} = 0,99 \cdot 0,87 \cdot 0,93 \cdot 0,99 = 0,793;$$

$$P_{\text{эд}} = \frac{2,53}{0,793} = 3,19 \text{ кВт.}$$

4.2.2 Выбор электродвигателя

Ориентировочно требуемая частота вращения вала электродвигателя определяется по формуле [1, с.50, формула 6.3]:

$$n_{\text{тр}} = n \cdot u_{\text{он min}} \cdot u_{\text{ред.ср}},$$

где $u_{\text{он min}}$ – наименьшее значение передаточного числа открытой передачи привода; $u_{\text{он min}} = 2$ [1, с.141, т.П2.3]; $u_{\text{ред.ср}}$ – среднее значение передаточного числа редуктора привода;

$u_{\text{ред.ср}} = 20$ [1, с.141, т.П2.3];

n – номинальная частота вращения приводного вала; $n=25$ об/мин,
 $n_{mp} = 25 \cdot 2 \cdot 20 = 1000$ об/мин.

По величине n_{mp} с учетом $P_{эд}$ принимаем по [1, с.140, т.П2.2] электродвигатель АИР100L4.

Техническая характеристика принятого электродвигателя представлена в таблице 17.

Таблица 17

Характеристика электродвигателя

Обозначение электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	$d_{эд}$, мм
АИР100L4	4	1410	2,1	2,4	28

4.2.3 Определение общего передаточного числа привода и разбивка его по передачам

Общее передаточное число привода определяется по формуле [1, с. 51, формула 6.6]

$$u_{общ} = \frac{n_{эд}}{n_e};$$

$$u_{общ} = \frac{1410}{25} = 56,4.$$

Оставляем передаточное число редуктора $u_{ред} = 20$, тогда передаточное число открытой цепной передачи составит

$$u_{оцп} = \frac{u_{общ}}{u_{ред}} = \frac{56,4}{20} = 2,82.$$

4.2.4 Силовые и кинематические параметры привода

Расчет элементов привода выполняем по расчетной мощности $P_{эд}$ электродвигателя.

Для каждого из валов элементов привода определяем частоту вращения n , мощность P и вращающий момент T .

Определяем частоты вращения валов привода [1, с. 51]:

$$n_{эд} = 1410 \text{ об/мин};$$

$$n_1 = n_{эд}; n_1 = 1410 \text{ об/мин};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{ред}}; n_2 = \frac{1410}{20} = 70,5 \text{ об/мин};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{окп}}; n_3 = \frac{70,5}{2,82} = 25 \text{ об/мин}.$$

Определение мощностей, передаваемых на валы привода [1, с. 52]:

$$P_{эд} = 3,19 \text{ кВт};$$

$$P_1 = P_{эд} \cdot \eta_m; P_1 = 3,19 \cdot 0,99 = 3,158 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{ред}; P_2 = 3,158 \cdot 0,87 = 2,748 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{оцп} \cdot \eta_{нк}; P_3 = 2,748 \cdot 0,93 \cdot 0,99 = 2,53 \text{ кВт}.$$

Определение вращающих моментов передаваемых на валы [1, с. 52]:

$$T_i = 9550 \frac{P_i}{n_i};$$

$$T_{эд} = 9550 \cdot \frac{3,19}{1410} = 21,606 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{3,158}{1410} = 21,398 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{2,748}{70,5} = 372,247 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{2,53}{25} = 966,46 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Результаты расчета представлены в таблице 18

Таблица 18

Силовые и кинематические параметры привода

Номер вала	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	Крутящий момент, Н·м
Электродвигатель	1410	3,19	21,606
1	1410	3,158	21,398
2	70,5	2,748	372,247
3	25	2,53	966,46

4.3 Выбор редуктора

Передаточное число редуктора: $u_{ред} = 20$.

Расчетный крутящий момент на выходном валу редуктора определяем по формуле (2):

$$T_{\text{ВЫХ.РАСЧ}} = T_{\text{ВЫХ.ТРЕБ.}} \cdot K_{\text{УР}}$$

где $T_{\text{ВЫХ.ТРЕБ.}}$ – требуемый крутящий момент на выходном валу редуктора, $T_{\text{ВЫХ.ТРЕБ.}} = T_2 = 372,247 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

$K_{\text{УР}}$ – коэффициент условия работы, определяемый по формуле (4),

$$K_{\text{УР}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{\text{ПВ}} \cdot K_{\text{РЕВ}} \cdot K_{\text{Ч}}$$

Из таблиц 1, 2, 3, 4 находим значения: $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,12$; $K_3 = 1,1$; $K_{\text{ПВ}} = 1,0$; $K_{\text{РЕВ}} = 1$ (передача нереверсивная); $K_{\text{Ч}} = 1$ (червяк расположен под колесом).

$$K_{\text{УР}} = 1,2 \cdot 1,12 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,478$$

$$T_{\text{ВЫХ.РАСЧ.}} = 372,247 \cdot 1,478 = 550,181 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Из каталога выбираем стандартный червячный редуктор из условия (7):

$$T_{\text{ВЫХ.НОМ.}} \geq T_{\text{ВЫХ.РАСЧ.}}$$

где $T_{\text{ВЫХ.НОМ.}}$ – номинальный крутящий момент из таблицы 19 червячного редуктора (частота вращения входного вала до 1500 об/мин, передаточное число 20), $T_{\text{ВЫХ.НОМ.}} = 650 \text{ Н}\cdot\text{м} \geq T_{\text{ВЫХ.РАСЧ.}} = 550,181 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Принимаем редуктор: *Редуктор Ч-125М-20-52-1-2-ЦЦ В УЗ ТУ2–056178-83*.

Выполняем проверку правильности выбора редуктора по консольным радиальным нагрузкам на входном и выходном валах редуктора (10), (11):

$$F_{\text{ВЫХ.НОМ.}} \geq F_{\text{ВЫХ.РАСЧ.}}$$

$$F_{\text{ВХ.НОМ.}} \geq F_{\text{ВХ.РАСЧ.}}$$

где $F_{\text{ВЫХ.НОМ.}}$, $F_{\text{ВХ.НОМ.}}$ – номинальные радиальные консольные нагрузки из таблицы 20, для редуктора Ч-125: $F_{\text{ВЫХ.НОМ.}} = 8000 \text{ Н}$, $F_{\text{ВХ.НОМ.}} = 1200 \text{ Н}$;

$F_{\text{ВЫХ.РАСЧ.}}$, $F_{\text{ВХ.РАСЧ.}}$ – расчетные радиальные консольные нагрузки на выходном и входном валах редуктора соответственно (8), (9):

$$F_{\text{ВЫХ.РАСЧ.}} = F_{\text{ВЫХ.ТРЕБ.}} \cdot K_{\text{УР}}$$

$$F_{\text{ВХ.РАСЧ.}} = F_{\text{ВХ.ТРЕБ.}} \cdot K_{\text{УР}}$$

где $F_{\text{ВЫХ.ТРЕБ.}}$, $F_{\text{ВХ.ТРЕБ.}}$ – требуемые радиальные консольные нагрузки на выходном и входном валах редуктора соответственно,

$$F_{\text{ВЫХ.ТРЕБ.}} = F_{\text{ОП}}$$

где $F_{\text{ОП}}$ – консольная нагрузка от открытой цепной передачи, $F_{\text{ОП}} = 5048,24 \text{ Н}$.

$$F_{\text{ВХ.РАСЧ.}} = F_{\text{М}}$$

где F_M – консольная нагрузка от муфты, выбранной в зависимости от требуемого крутящего момента и диаметров валов, которых она соединяет, $F_M = (0,2...0,5) \cdot 2 \cdot \frac{T_1}{D_0}$ (D_0 – диаметр муфты, $D_0 = 102$ мм),

$$F_M = (0,2...0,5) \cdot 2 \cdot \frac{21,398}{0,102} = 83,9...209,7 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{ВЫХ.НОМ.}} = 8000 \text{ Н} \geq F_{\text{ВЫХ.РАСЧ.}} = 5048,24 \cdot 1,478 = 7461,3 \text{ Н}$$

$$F_{\text{ВХ.НОМ.}} = 1200 \text{ Н} \geq F_{\text{ВХ.РАСЧ.}} = 209,7 \cdot 1,478 = 310 \text{ Н}$$

Условия выполнены.

Проверку условия отсутствия перегрева не выполняем, т.к. термическая мощность для данного типа редуктора не лимитируется.

Таблица 19

Технические характеристики редукторов Ч-40М...160М

$u_{ред}$	n_1	n_2	Ч-40М			Ч-50М			Ч-63М			Ч-80М			Ч-100М			Ч-125М			Ч-160М		
			P_1	T_2	η	P_1	T_2	η	P_1	T_2	η	P_1	T_2	η	P_1	T_2	η	P_1	T_2	η	P_1	T_2	η
	об/мин	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м	кВт	Н·м
6,3	1500	238	0.75	28	0.92	1.5	56	0.92	2.8	104	0.93	5.6	211	0.94	10.1	385	0.95	17.0	646	0.95	32.3	1243	0.96
	1000	158,5	0.54	30	0.91	1.2	66	0.91	1.9	108	0.93	4.4	249	0.94	8.1	459	0.94	13.0	746	0.95	25.0	1441	0.96
	750	119	0.43	31	0.9	1.0	71	0.9	1.6	114	0.92	3.7	278	0.93	6.8	512	0.94	11.2	845	0.94	20.9	1590	0.95
8,0	1500	187,5	0.63	28	0.87	1.3	56	0.88	2.3	105	0.89	4.6	212	0.91	8.3	387	0.92	13.7	650	0.93	26.1	1250	0.94
	1000	125	0.46	30	0.86	1.0	66	0.87	1.6	109	0.87	3.6	250	0.9	6.7	462	0.91	10.7	750	0.92	20.4	1450	0.93
	750	93,75	0.36	31	0.85	0.8	71	0.86	1.3	115	0.86	3.1	280	0.89	5.6	515	0.9	9.2	850	0.91	17.3	1600	0.91
10,0	1500	150	0.52	28	0.85	0.9	51	0.87	1.8	100	0.88	3.3	190	0.9	6.5	375	0.91	10.8	630	0.92	19.4	1150	0.93
	1000	100	0.38	30	0.83	0.7	60	0.85	1.3	104	0.86	2.6	224	0.89	5.2	450	0.9	8.3	725	0.91	15.0	1320	0.92
	750	75	0.29	31	0.83	0.6	65	0.85	1.0	110	0.86	2.2	250	0.88	4.4	500	0.89	7.2	825	0.9	12.9	1500	0.91
12,5	1500	120	0.39	26	0.83	0.8	52	0.86	1.3	93	0.88	2.8	195	0.89	5.4	387	0.9	8.7	630	0.91	15.7	1150	0.92
	1000	80	0.28	27	0.82	0.6	61	0.84	1.0	100	0.85	2.2	230	0.87	4.3	462	0.9	6.8	725	0.9	12.0	1320	0.92
	750	60	0.22	28	0.81	0.5	66	0.83	0.8	105	0.85	1.8	250	0.86	3.7	510	0.88	5.8	825	0.89	10.5	1500	0.9
16,0	1500	93,75	0.36	30	0.81	0.7	56	0.83	1.4	120	0.84	2.5	218	0.86	4.3	387	0.88	7.5	670	0.88	15.3	1400	0.9
	1000	62,5	0.26	31	0.79	0.5	65	0.81	1.0	122	0.81	1.9	250	0.85	3.4	458	0.86	5.7	750	0.86	11.9	1600	0.88
	750	46,88	0.20	31	0.77	0.4	71	0.8	0.8	125	0.8	1.7	280	0.83	2.9	515	0.85	4.9	850	0.86	10.2	1800	0.87
20,0	1500	75	0.31	30	0.76	0.5	52	0.81	1.0	110	0.83	1.8	195	0.84	3.4	375	0.86	5.9	650	0.87	10.4	1150	0.87
	1000	50	0.22	31	0.74	0.4	60	0.78	0.8	116	0.8	1.5	224	0.81	2.7	437	0.84	4.6	750	0.85	8.1	1320	0.85
	750	37,5	0.17	31	0.72	0.3	65	0.77	0.6	120	0.79	1.2	243	0.79	2.4	487	0.81	3.9	825	0.84	7.1	1500	0.84
25,0	1500	60	0.24	28	0.73	0.4	51	0.76	0.8	100	0.81	1.5	195	0.83	2.8	375	0.85	4.6	615	0.85	8.2	1120	0.86
	1000	40	0.17	29	0.71	0.3	59	0.73	0.6	105	0.77	1.2	224	0.79	2.2	437	0.83	3.5	700	0.83	6.6	1320	0.84

Продолжение таблицы 19

31,5	750	30	0.13	29	0.7	0.3	64	0.72	0.5	110	0.76	1.0	243	0.78	1.9	475	0.8	3.0	775	0.82	5.4	1400	0.83
	1500	47,6	0.26	36	0.7	0.4	58	0.73	0.9	130	0.74	1.6	250	0.78	2.6	412	0.79	5.0	800	0.8	9.6	1600	0.83
	1000	31,7	0.18	37	0.67	0.3	67	0.69	0.7	137	0.69	1.2	280	0.75	2.1	475	0.75	3.9	900	0.77	7.5	1800	0.8
	750	23,8	0.14	37	0.65	0.3	71	0.68	0.5	138	0.68	1.0	300	0.72	1.7	515	0.74	3.3	1000	0.75	6.3	2000	0.79
40,0	1500	37,5	0.21	33	0.63	0.3	56	0.69	0.7	120	0.73	1.1	195	0.73	2.0	387	0.75	3.5	690	0.78	6.2	1250	0.79
	1000	25	0.15	34	0.6	0.3	65	0.66	0.5	122	0.68	0.8	218	0.71	1.6	437	0.72	2.7	775	0.74	5.0	1450	0.76
	750	18,75	0.12	34	0.58	0.2	68	0.65	0.4	124	0.67	0.7	230	0.67	1.3	475	0.7	2.3	850	0.72	4.3	1600	0.73
50,0	1500	30	0.16	31	0.6	0.3	54	0.62	0.6	120	0.68	0.9	206	0.71	1.6	387	0.74	2.7	650	0.75	5.0	1180	0.75
	1000	20	0.12	32	0.57	0.2	60	0.61	0.4	125	0.64	0.7	230	0.66	1.3	437	0.71	2.1	725	0.72	3.8	1320	0.73
	750	15	0.09	32	0.54	0.2	65	0.61	0.3	130	0.64	0.6	243	0.65	1.1	475	0.69	1.8	800	0.7	3.2	1450	0.71
63,0	1500	23,8	0.11	26	0.58	0.2	52	0.6	0.4	95	0.62	0.7	190	0.64	1.2	315	0.66	2.1	615	0.72	3.7	1090	0.74
	1000	15,87	0.09	28	0.54	0.2	56	0.57	0.3	100	0.61	0.6	212	0.62	0.9	345	0.63	1.7	700	0.69	2.9	1250	0.71
	750	11,9	0.07	28	0.52	0.1	61	0.58	0.2	102	0.6	0.5	224	0.6	0.8	375	0.6	1.4	750	0.66	2.4	1320	0.69
80,0	1500	18,75	-	-	-	0.2	51	0.58	0.3	83	0.6	0.6	175	0.6	0.9	300	0.64	1.6	530	0.67	3.1	1090	0.69
	1000	12,5	-	-	-	0.1	56	0.57	0.2	85	0.57	0.4	190	0.58	0.7	335	0.6	1.2	600	0.64	2.4	1250	0.67
	750	9,37	-	-	-	0.1	57	0.55	0.2	90	0.56	0.4	200	0.57	0.6	350	0.58	1.0	650	0.62	2.0	1320	0.64

Технические характеристики редукторов Ч-200М...500М

и _{ред}	n ₁	n ₂	Ч-200М			Ч-250М			Ч-320М			Ч-400М			Ч-500М		
			P ₁	T ₂	η	P ₁	T ₂	η	P ₁	T ₂	η	P ₁	T ₂	η	P ₁	T ₂	η
	кВт	Н·м	кВт	Н·м		кВт	Н·м		кВт	Н·м		кВт	Н·м				
6,3	1500	238	45.0	1706	0.95	67.5	2627	0.97	98.4	3809	0.97	137.8	5332	0.97	185.4	7176	0.97
	1000	158,5	34.8	1978	0.95	52.8	3047	0.96	76.9	4418	0.96	106.6	6186	0.97	145.3	8351	0.97
	750	119	28.8	2183	0.95	43.7	3362	0.96	63.6	4876	0.96	89.1	6826	0.96	120.3	9214	0.96
8,0	1500	187,5	43.3	2063	0.94	65.6	3176	0.95	95.7	4606	0.95	132.6	6448	0.96	179.0	8705	0.96
	1000	125	33.9	2393	0.93	51.3	3684	0.94	74.8	5342	0.94	103.6	7479	0.95	138.4	10097	0.96
	750	93,75	28.3	2640	0.92	42.5	4066	0.94	61.9	5895	0.94	86.6	8253	0.94	115.7	11142	0.95
10,0	1500	150	32.2	1898	0.93	48.8	2922	0.94	71.2	4237	0.94	98.6	5932	0.95	133.1	8008	0.95
	1000	100	24.9	2178	0.92	37.8	3354	0.93	55.1	4863	0.93	76.3	6809	0.94	102.9	9192	0.94
	750	75	21.5	2475	0.91	32.5	3812	0.92	47.4	5527	0.92	65.7	7737	0.93	88.7	10445	0.93
12,5	1500	120	26.1	1850	0.92	39.5	2912	0.93	57.6	4147	0.93	79.7	5882	0.94	106.5	7918	0.95
	1000	80	20.2	2150	0.91	30.5	3256	0.92	44.5	4765	0.92	61.7	6759	0.93	83.2	9090	0.93
	750	60	17.4	2470	0.90	26.3	3750	0.91	38.4	5487	0.91	53.1	7687	0.92	71.7	10140	0.92
16,0	1500	93,75	25.1	2310	0.91	38.0	3557	0.92	55.3	5158	0.92	76.6	7222	0.93	102.4	9749	0.94
	1000	62,5	19.3	2640	0.90	29.2	4066	0.91	42.6	5895	0.91	59.0	8253	0.92	78.8	11142	0.93
	750	46,88	16.5	2970	0.89	24.9	4574	0.90	36.4	6632	0.90	50.3	9285	0.91	67.2	12534	0.92
20,0	1500	75	16.5	1910	0.91	25.2	2920	0.91	36.8	4290	0.91	50.9	5952	0.92	68.0	8100	0.93
	1000	50	12.9	2190	0.89	19.5	3385	0.90	28.1	4885	0.91	39.4	6859	0.91	52.6	9202	0.92
	750	37,5	11.0	2480	0.88	16.8	3862	0.89	24.2	5587	0.90	33.9	7789	0.90	45.3	10645	0.91
25,0	1500	60	13.0	1848	0.90	20.1	2846	0.89	28.6	4127	0.91	40.1	5777	0.91	53.5	7799	0.92
	1000	40	10.4	2178	0.88	15.8	3354	0.89	23.0	4863	0.89	31.9	6809	0.90	42.5	9192	0.91
	750	30	8.5	2310	0.86	12.8	3557	0.87	18.5	5158	0.88	25.6	7222	0.89	34.2	9749	0.90

Продолжение таблицы 19

31,5	1500	47,6	15,2	2640	0,87	22,8	4066	0,89	32,8	5895	0,90	45,5	8253	0,91	61,4	11142	0,91
	1000	31,7	11,7	2970	0,85	17,5	4574	0,87	25,2	6632	0,88	34,5	9285	0,90	46,5	12534	0,90
	750	23,8	10,0	3300	0,83	14,9	5082	0,85	21,5	7369	0,86	29,7	10316	0,87	39,7	13927	0,88
40,0	1500	37,5	9,6	2063	0,85	14,3	3176	0,87	20,7	4606	0,88	28,6	6448	0,89	38,2	8705	0,90
	1000	25	7,6	2393	0,83	11,4	3684	0,85	16,4	5342	0,86	22,6	7479	0,87	29,9	10097	0,89
	750	18,75	6,4	2640	0,81	9,6	4066	0,83	13,9	5895	0,84	19,2	8253	0,85	25,0	11142	0,88
50,0	1500	30	7,4	1947	0,83	11,1	2998	0,85	16,0	4348	0,86	22,1	6087	0,87	29,5	8217	0,88
	1000	20	5,7	2178	0,81	8,6	3354	0,82	12,3	4863	0,83	16,9	6809	0,85	22,5	9192	0,86
	750	15	4,7	2393	0,80	7,1	3684	0,81	10,3	5342	0,82	14,2	7479	0,83	18,8	10097	0,85
63,0	1500	23,8	5,5	1799	0,82	8,3	2770	0,83	11,8	4016	0,85	16,4	5622	0,86	21,9	7590	0,87
	1000	15,87	4,4	2063	0,79	6,6	3176	0,80	9,4	4606	0,82	13,0	6448	0,83	17,3	8705	0,84
	750	11,9	3,7	2178	0,73	5,4	3354	0,78	7,6	4863	0,80	10,5	6809	0,81	14,1	9192	0,82
80,0	1500	18,75	4,8	1799	0,74	6,9	2770	0,79	9,6	4016	0,83	13,2	5622	0,84	17,4	7590	0,86
	1000	12,5	3,8	2063	0,72	5,5	3176	0,75	7,8	4606	0,78	10,6	6448	0,80	13,8	8705	0,83
	750	9,37	3,1	2178	0,70	4,5	3354	0,73	6,3	4863	0,76	8,6	6809	0,78	11,2	9192	0,81

*Технические характеристики на другие типоразмеры редуктора представлены в [4].

Примечания:

- редукторы с $u_{ред} \geq 50$ целесообразно применять при переменных режимах работы;
- редукторы типа Ч имеют воздушное охлаждение. На червячном валу установлен вентилятор для охлаждения корпуса редуктора;
- для исполнения по варианту расположения червячной пары 2 допустимый крутящий момент должен быть снижен на 20%;
- в непрерывном режиме работы редукторы с передаточным числом больше 50 применять не рекомендуется.

Габаритные и присоединительные размеры червячных редукторов типа приведены на рис. 7, 8, 9 и в табл. 21,22,23.

Номинальные вращающие моменты на выходном валу редуктора и радиальные силы на концы входных и выходных валов приведены в табл. 20.

Таблица 20

Допускаемые радиальные консольные нагрузки

Показатель	Ч-40М	Ч-50М	Ч-63М	Ч-80М	Ч-100М	Ч-125М	Ч-160М	Ч-200М	Ч-250М	Ч-320М	Ч-400М	Ч-500М
$F_{ВХ.НОМ}, Н$	300	400	500	800	1000	1400	1900	2300	3200	4000	5000	5500
$F_{ВЫХ.НОМ}, Н$	1500	1900	2850	4000	5000	7000	10000	13500	16000	22000	27000	36000

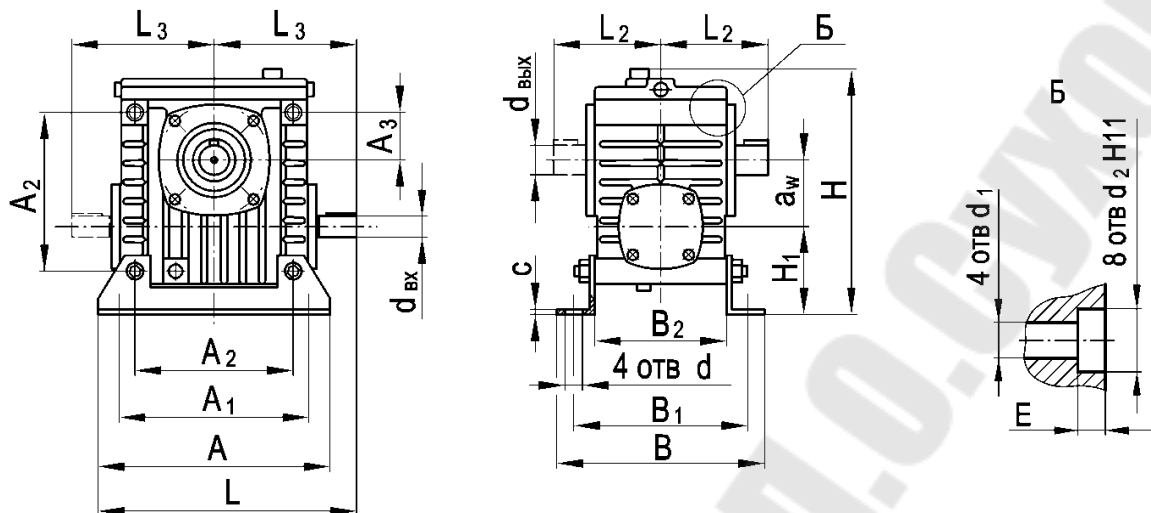


Рис. 12 Редукторы на лапах Ч-40М, -63М, -80М

Таблица 21

Габаритные и присоединительные размеры редукторов Ч-40М, -63М, -80М

Типоразмер	a_w	A	A_1	A_2	A_3	B	B_1	B_2	L	L_{1max}	L_2	L_3	L_4	H	H_1	c	d	d_1	d_2	E	$d_{ВХ}$	$d_{ВЫХ}$
Ч-40М	40	180	150	105	30	164	140	100	190	561	90	100	143	180	72	4	13	10,5	16	8	16	18
Ч-63М	63	220	180	150	45	197	165	125	245	624	100	135	190	232	82	5	13	10,5	16	8	22	28
Ч-80М	80	260	225	180	50	212	185	140	290	688	125	160	230	267	92	5	15	12,5	18	8	25	35

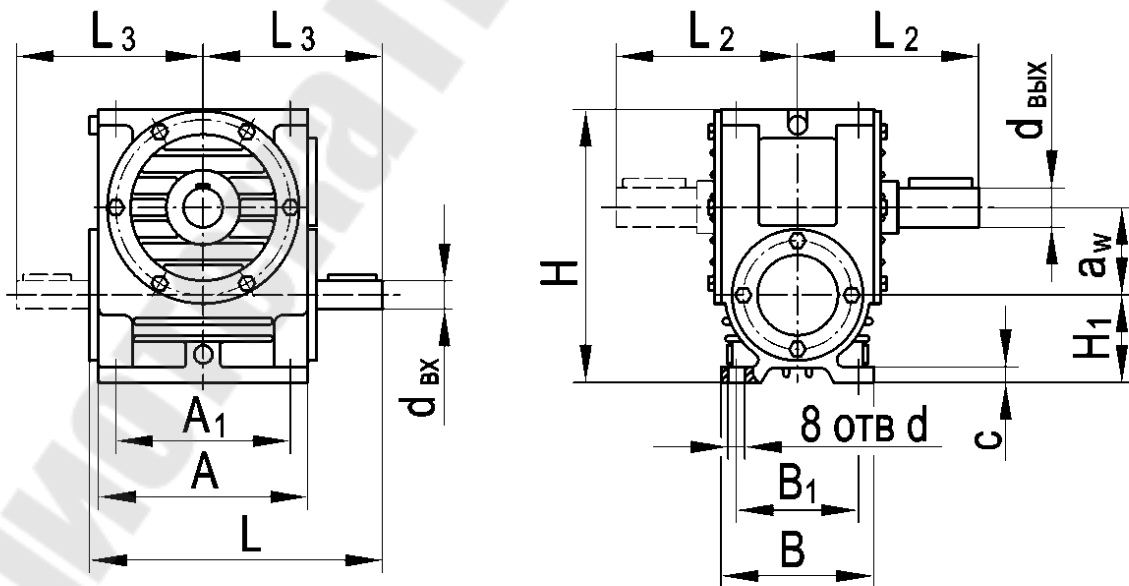


Рис. 13 Редукторы на лапах Ч-50М, -100М, -125М, -160М

Таблица 22

Габаритные и присоединительные размеры редукторов Ч-50М,-
100М, -125М,-160М

Типо- размер	a_w	A	A_1	B	B_1	L	L_{1max} x	L_2	L_3	L_4	H	H_1	c	d	d_{BX}	$d_{ВЫ}$ x
Ч-50М	50	135	110	135	110	20	540	110	115	165	174	40	12	10	16	25
Ч-100М	100	240	200	175	140	37	758	225	225	285	312	100	18	19	32	45
Ч-125М	125	275	230	230	190	43	103	230	261	346	396	111	22	19	32	55
Ч-160М	160	350	300	280	230	55	113	280	345	460	500	140	30	22	40	70

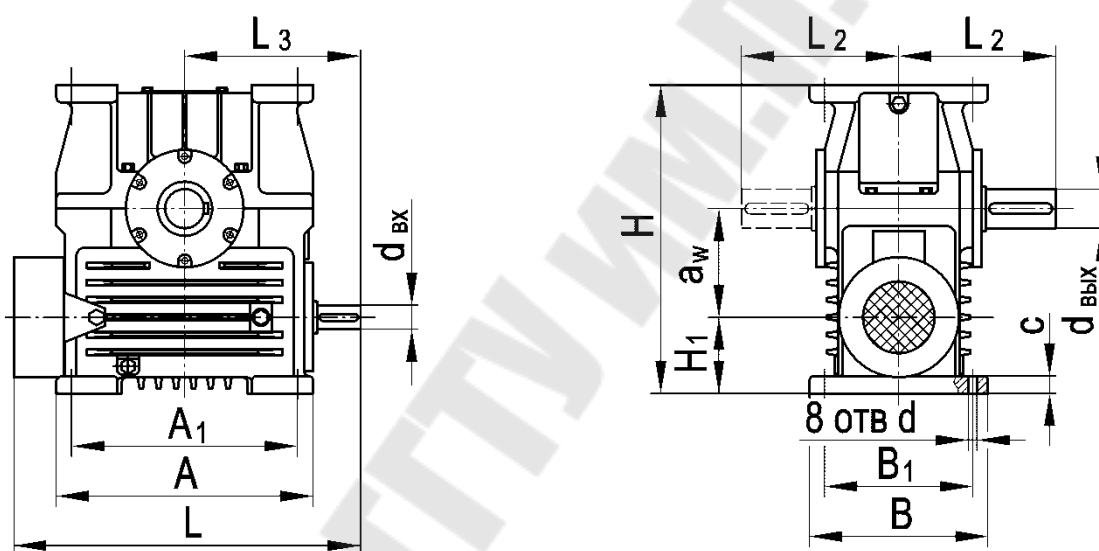


Рис. 14 Редукторы на лапах Ч-200М, -250М, -320М,-400М, -500М

Таблица 23

Габаритные и присоединительные размеры редукторов Ч-200М, -
250М, -320М,-400М, -500М

Типораз- мер	a_w	A	A_1	B	B_1	L	L_{1max}	L_2	L_3	H	H_1	c	d	d_{BX}	$d_{ВЫ}$
Ч-200М	200	475	420	330	275	674	1110	340	355	595	160	32	24	45	80
Ч-250М	250	590	520	410	340	825	1300	365	415	710	175	40	28	55	90
Ч-320М	320	695	560	485	405	1045	1665	460	520	890	215	65	34	70	120
Ч-400М	400	940	840	600	500	1270	1785	580	575	1100	260	70	39	90	160
Ч-500М	500	1160	1020	700	600	1394	1945	635	795	1288	265	90	45	100	180

5.ВЫБОР КОНИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Конические редуктора применяются для передачи движения и крутящего момента под углом 90° . В редукторах конические колеса могут выполняться с прямыми, тангенциальными и круговыми зубьями. Редуктора с прямозубыми колесами применяются при окружных скоростях до 3 м/с, с тангенциальными зубьями до 12м/с, с круговыми зубьями – до 12 м/с. При повышении окружной скорости передачи, необходимо более точное изготовление колес.

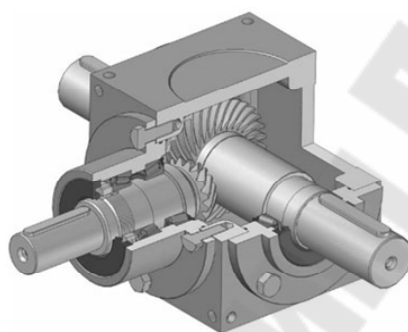


Рис.15 Конический редуктор

Конический редуктор выбирают по отношению $\frac{P}{n_{\tau}}$. Это соотношение рассчитывается по поверхностной прочности зубьев и по напряжениям изгиба зубьев шестерни при передаче равномерной реверсивно действующей нагрузки.

Редукторы выполняются двух типов: узкого и широкого. Отличаются друг от друга шириной колес, узкий тип применяют для передаточных чисел от 3 до 5, а широкий тип от 1 до 2, 5.

5.1. Исходные данные для выбора редуктора

Кинематическая схема:

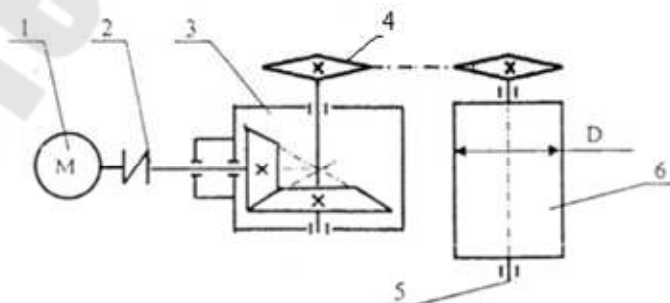


Рис. 16 Кинематическая схема привода ленточного транспортера

1 – электродвигатель, 2 – муфта, 3 – конический редуктор,
4 – открытая цепная передача, 5 – приводной вал, 6 – барабан

Частота вращения приводного вала $n=50$ об/мин
Мощность приводного вала $P=3,5$ кВт
Срок службы привода $t=20000$ час

5.2. Энергетический и кинематический расчет привода

Энергетический и кинематический расчет привода выполняется в соответствии с рекомендациями [1] в следующей последовательности:

5.2.1. Определение расчетной мощности привода.

Расчетная мощность привода определяется по формуле 6.1. стр.49 [1]:

$$P_{эд} = \frac{P}{\eta_{общ}}$$

где P – мощность на приводном валу, кВт;

$\eta_{общ}$ – общий КПД привода:

$$\eta_{общ} = \eta_m \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{пп}$$

где $\eta_{ред}$ – КПД конического редуктора, принимаем по рекомендации стр.8 для конических одноступенчатых редукторов;

η_m – КПД муфты, принимаем по рекомендации ([1] с.140, т.П2.1.);

$\eta_{оп}$ – КПД открытой передачи (в данном случае цепной) по рекомендации ([1] с.140, т.П2.1.);

$\eta_{пп}$ – КПД пары подшипников ([1] с.140, т.П2.1.),

$$\eta_{общ} = 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,995 = 0,888$$

$$P_{эд} = \frac{3,5}{0,888} = 3,94 \text{ кВт.}$$

5.2.2. Выбор электродвигателя

Электродвигатель выбирается исходя из двух условий:

$$n_{эд.табл} \approx n_{эд.тр}$$

$$P_{эд.табл} \geq P_{эд.тр}$$

Определим требуемую частоту вращения электродвигателя:

$$n_{эд.тр} = n \cdot u_{общ}$$

где $u_{общ}$ – общее передаточное число привода ([1] с.141, т.П2.3.)

$$u_{общ} = u_{ред} \cdot u_{оп} = 4 \cdot 2 = 8,$$

$$n_{эд.тр} = 50 \cdot 8 = 400 \text{ об / мин.}$$

По таблице П.2.2 с.140 [1] выбираем электродвигатель по частоте вращения $n_{эд табл}=750$ об/мин, мощность $P_{эд табл}=4.0$ кВт, что соответствует двигателю АИР132S8. Характеристики электродвигателя приведены в таблице 24.

Таблица 24

Характеристика электродвигателя

Обозначение электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	$d_{эд}$, мм
АИР132S8	4,0	719,25	1,8	2,2	38

5.2.3. Определение общего передаточного числа привода

$$u_{общ} = \frac{n_{эд}}{n} = \frac{719,25}{50} = 14,38;$$

$$u_{оп} = \frac{u_{общ}}{u_{ред}} = \frac{14,38}{4} = 3,59.$$

5.2.4 Силовые и кинематические параметры привода

Определение частот вращения валов привода:

$$n_{эд} = 719,25 \text{ об/мин};$$

$$n_1 = n_{эд}; n_1 = 719,25 \text{ об/мин};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{ред}}; n_2 = \frac{719,25}{4} = 179,81 \text{ об/мин};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{оп}}; n_3 = \frac{179,81}{3,59} = 50,08 \text{ об/мин}.$$

Определение мощностей, передаваемых на валы привода:

$$P_{эд} = 3,94 \text{ кВт};$$

$$P_1 = P_{эд} \cdot \eta_m; P_1 = 3,94 \cdot 0,99 = 3,9 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{ред}; P_2 = 3,9 \cdot 0,98 = 3,82 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{ин}; P_3 = 3,828 \cdot 0,92 \cdot 0,99 = 3,49 \text{ кВт}.$$

Определение моментов, передаваемых на валы привода:

$$T_i = 9550 \frac{P_i}{n_i};$$

$$T_{\text{эд}} = 9550 \cdot \frac{3,94}{719,25} = 52,31 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{3,9}{719,25} = 51,78 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{3,82}{179,81} = 202,88 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{3,49}{50,08} = 665,52 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Таблица 25

Силовые и кинематические параметры привода

Номер вала	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	Крутящий момент, Н·м
Электродвигатель	719,25	3,94	52,31
1	719,25	3,9	51,78
2	179,81	3,82	202,88
3	50,08	3,49	665,52

5.3 Выбор редуктора

Конический редуктор выбираем по наибольшему крутящему моменту на тихоходном валу. Определим соотношение $\left(\frac{P}{n_\tau}\right)_p$

по поверхностной прочности зубьев:

$$\left(\frac{P}{n_\tau}\right)_p = \frac{T_2 \cdot K_1}{9740 \cdot K_2} = \frac{202,88 \cdot 1}{976 \cdot 1,2} = 0,0173$$

где T_2 - момент на тихоходном валу редуктора, Н м;

K_1 - коэффициент, учитывающий характер нагрузки (табл. 26);

K_2 - коэффициент, учитывающий продолжительность работы редуктора, определяемый по графику (рис. 17).

по изгибу зубьев:

$$\left(\frac{P}{n_\tau}\right)_p = \frac{T_2 \cdot K_1}{9740 \cdot K_2} = \frac{202,88 \cdot 1}{976 \cdot 1,1} = 0,0189$$

При этом должно выполняться условие:

$$\left(\frac{P}{n_{\tau}}\right)_p \leq \frac{P}{n_{\tau}},$$

где $\frac{P}{n_{\tau}}$ – значение, взятое по таблице 27 или 28.

Значение коэффициента K_2 определяется по поверхностной прочности и по прочности зубьев на изгиб в зависимости от общего срока службы редуктора t . Если значение t выходит за пределы графика, то в расчет принимается соответствующее предельное значение K_2 .

При известных значениях K_1 и K_2 определяется $\left(\frac{P}{n_{\tau}}\right)_p$, учитывая

передаточное число $u=4$ и частоту вращения тихоходного вала $n_2=179,81$ об/мин по таблицы 27 или 28 находим значения, близкие к расчетным:

по поверхностной прочности

$$\left(\frac{P}{n_{\tau}}\right)_p = 0,029$$

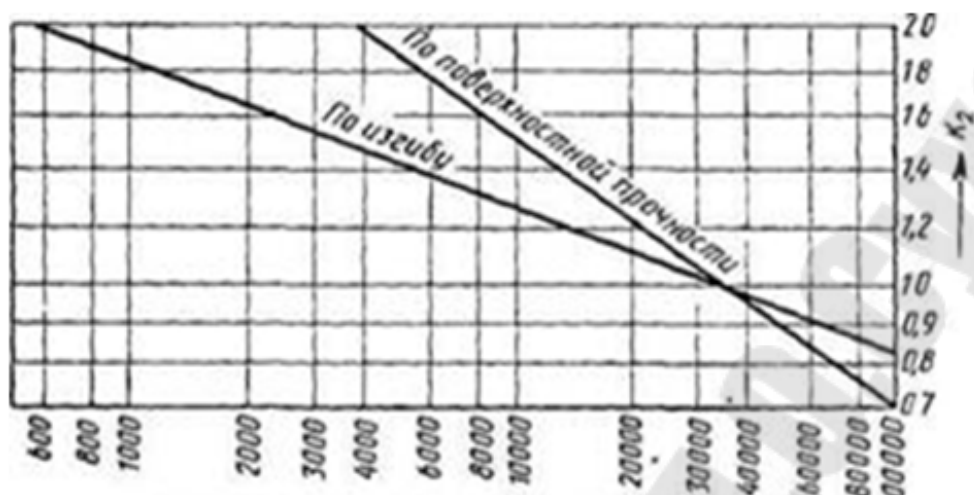
по изгибу зубьев

$$\left(\frac{P}{n_{\tau}}\right)_p = 0,041$$

Расчетные значения $\left(\frac{P}{n_{\tau}}\right)_p$ как по поверхностной прочности

зубьев, так и по изгибу должны быть ниже допускаемых.

Эти значения соответствуют коническому редуктору узкого типа с $R_e = 220$ мм (таблица 27). По таблице 29 определяем габаритные размеры конического редуктора.



Продолжительность работы редуктора T , ч

Рис.17 График для определения коэффициента продолжительности работы редуктора

Таблица 26

Значение коэффициента K в зависимости от нагрузки

Нагрузка	K
Спокойная	1,00
С умеренными толчками	1,25
С сильными толчками	1,75

Таблица 27

Редукторы конические узкого типа

Re, мм	n, об/мин	u=3,15		u=4		u=5	
		P/n _г					
		по поверхностной прочности	по изгибу зубьев	по поверхностной прочности	по изгибу зубьев	по поверхностной прочности	по изгибу зубьев
220	250	0,046	0,065	0,029	0,041	0,021	0,029
	400	0,04	0,056	0,026	0,037	0,018	0,026
	500	0,037	0,051	0,024	0,033	0,016	0,024
250	200	0,096	0,131	0,058	0,104	0,054	0,082
	300	0,085	0,115	0,06	0,091	0,047	0,073
	400	0,077	0,104	0,054	0,083	0,043	0,066
300	150	0,186	0,272	0,133	0,202	0,099	0,14
	250	0,162	0,242	0,118	0,178	0,088	0,123
	300	0,147	0,217	0,107	0,162	0,079	0,112
400	125	0,376	0,507	0,294	0,423	0,239	0,349
	200	0,307	0,445	0,249	0,372	0,21	0,307
	250	0,276	0,404	0,235	0,338	0,191	0,279

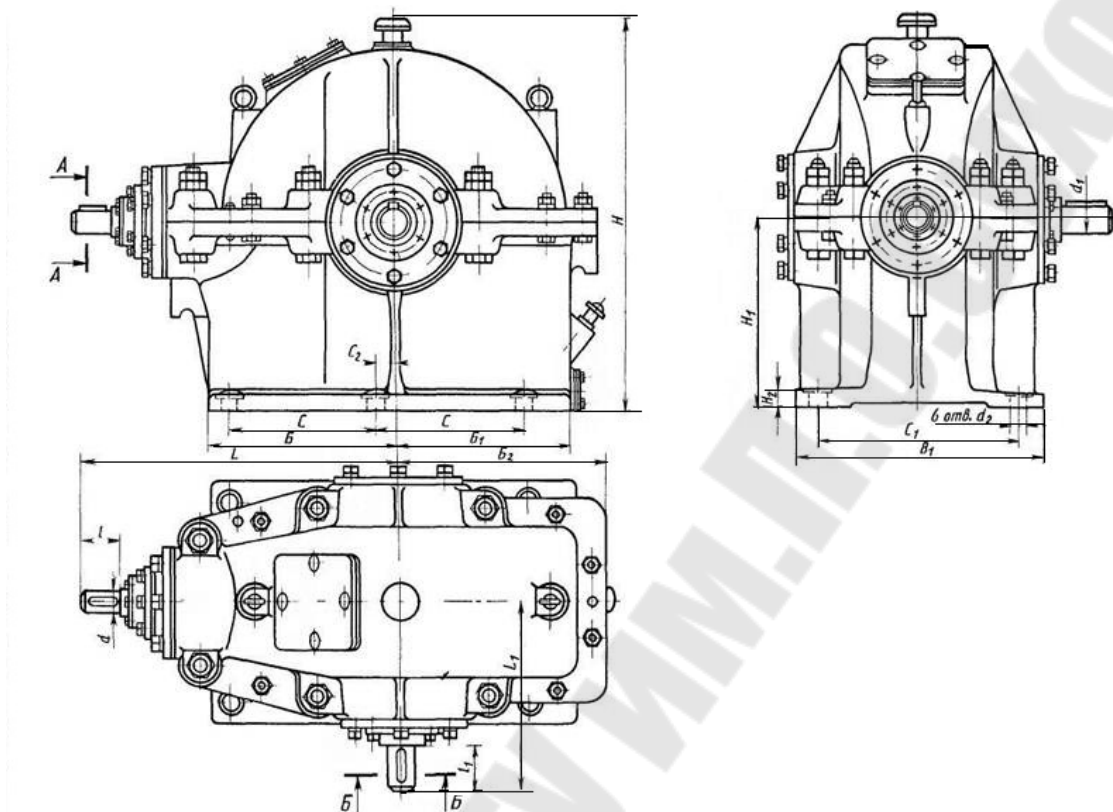


Рис.18 Редуктор конический одноступенчатый узкого типа

Таблица 28

Редукторы конические широкого типа

Re, мм	п,об/мин	u=1		u=1,6		u=2,5	
		P/n _т					
		по поверхностной прочности	по изгибу зубьев	по поверхностной прочности	по изгибу зубьев	по поверхностной прочности	по изгибу зубьев
150	400	0,025	0,046	0,025	0,042	0,019	0,029
	600	0,024	0,044	0,024	0,04	0,018	0,029
	800	0,023	0,042	0,023	0,038	0,018	0,026
	1000	0,021	0,04	0,021	0,036	0	0
200	300	0,059	0,105	0,063	0,098	0,05	0,073
	500	0,057	0,096	0,06	0,093	0,048	0,07
	600	0,054	0,09	0,057	0,089	0,046	0,066
	800	0,051	0,21	0,054	0,085	0	0
250	250	0,123	0,201	0,138	0,21	0,109	0,146
	400	0,118	0,191	0,132	0,201	0,104	0,139
	500	0,112	0,182	0,125	0,191	0,099	0,132
	800	0,106		0,119	0,182	0	0

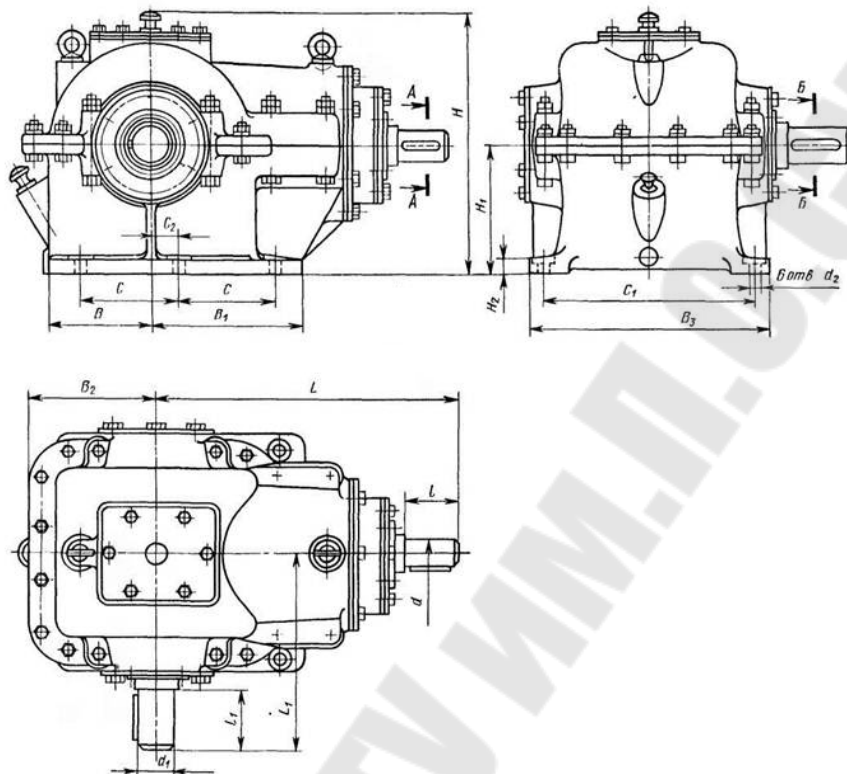


Рис.19 Редуктор конический одноступенчатый широкого типа

Таблица 29

Габаритные размеры конических редукторов узкого типа

R_e	B	B_1	B_2	B_1	H	H_1	H_2	l	l_1	d	d_1	d_2
200	305	215	260	400	545	250	25	580	320	40	50	23
250	350	270	330	440	648	300	25	680	370	50	60	23
300	450	330	390	500	758	350	30	810	430	60	80	27
400	605	435	500	600	993	480	35	1060	520	80	100	34
L_B	l	l_1	C	C_1	C_2	B	B_1	t	t_1	t_2	t_3	
80	80	200	330	50	12	12	16	3505	43,5	45	55	
80	110	250	370	50	16	16	18	45	55	54,5	65	
110	140	320	420	60	18	18	24	54,5	65,5	73	87	
140	170	450	520	85	24	24	28	73	87	92	108	

Таблица 30

Габаритные размеры конических редукторов широкого типа

R_e	B	B_1	B_2	B_1	H	H_1	H_2	l	l_1	d	d_1	d_2
150	165	260	210	480	460	250	25	580	360	50	50	23
200	220	340	275	580	570	300	25	710	450	60	60	23
250	275	450	330	700	380	350	30	310	540	80	80	27
300	330	500	400	850	800	420	35	1050	640	100	100	34
L_B	l	l_1	C	C_1	C_2	B	B_1	t	t_1	t_2	t_3	
1250	80	80	160	400	50	16	16	45	55	45	55	
200	110	110	230	500	60	18	18	51,5	65,5	51,5	65,5	
250	140	140	300	630	85	24	24	73	87	73	87	
300	170	170	350	760	85	28	28	92	108	92	108	

6. ВЫБОР КОНИЧЕСКО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Коническо-цилиндрические редукторы общемашиностроительного назначения применяются в приводах различных машин и механизмов для изменения крутящих моментов и частоты вращения. Типоразмеры коническо-цилиндрических редукторов КЦ1-200МРЗ, КЦ1-250МРЗ, КЦ1-300МРЗ, КЦ1-400, КЦ1-500. Условия эксплуатации до 24 часов в сутки, работа в непрерывном режиме или при переменных нагрузках с периодическими остановками, нагрузка реверсивная и нереверсивная, неагрессивная среда, климатическое исполнение У1, У2, У3, УХЛ-4, Т1, Т2, Т3, Т4.



Рис.20 Редуктор коническо-цилиндрический

Пример условного обозначения:
Редуктор КЦ1-200-МРЗ-и-М-У1,
 где КЦ1- редуктор коническо-цилиндрический двухступенчатый,
 200- межосевое расстояние, мм,
 МРЗ- наименование завода изготовителя,
 и- передаточное число редуктора,
 М- конец выходного вала в виде части зубчатой муфты,
 У1-климатическое исполнение и категория размещения.

6.1. Исходные данные для выбора редуктора

Кинематическая схема

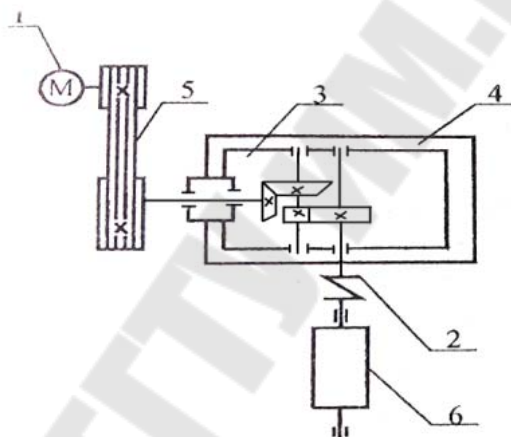


Рис. 21 – Кинематическая схема привода ленточного конвейера
 1 – электродвигатель, 2 – муфта, 3 – коническо-цилиндрический редуктор, 4 – рама, 5 – открытая клиноременная передача, 6 – барабан

Частота вращения приводного вала $n=30$ об\мин

Мощность приводного вала $P=5$ кВт

Срок службы привода $t=20000$ час

6.2. Энергетический и кинематический расчет привода

Энергетический и кинематический расчет привода выполняется в соответствии с рекомендациями [1] в следующей последовательности:

6.2.1 Определение расчетной мощности привода

Расчетная мощность привода определяется по формуле 6.1. стр.49 [1]:

$$P_{эд} = \frac{P}{\eta_{общ}},$$

где P - мощность на приводном валу, кВт;

$\eta_{общ}$ - общий кпд привода:

$$\eta_{общ} = \eta_m \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{нк},$$

где $\eta_{ред}$ - кпд конического-цилиндрического редуктора, принимаем по рекомендации стр.8 для коническо-цилиндрических редукторов,

η_m - кпд муфты, принимаем по рекомендации ([1] с.140, т.П2.1.)

$\eta_{оп}$ - кпд открытой передачи (в данном случае ременной) по рекомендации ([1] с.140, т.П2.1.)

$\eta_{нк}$ -кпд пары подшипников ([1] с.140, т.П2.1.)

$$\eta_{общ} = 0,93 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,995 = 0,888;$$

$$P_{эд} = \frac{5}{0,888} = 5,63 \text{ кВт.}$$

6.2.2 Выбор электродвигателя

Электродвигатель выбирается исходя из двух условий:

$$n_{эд.табл} \approx n_{эд.тр},$$

$$P_{эд.табл} \geq P_{эд.тр}.$$

Определим требуемую частоту вращения электродвигателя:

$$n_{эд.тр} = n \cdot u_{общ},$$

где $u_{общ}$ – общее передаточное число привода ([1] с.141, т.П2.3.)

$$u_{общ} = u_{ред} \cdot u_{оп} = 10 \cdot 2 = 20,$$

$$n_{эд.тр} = 30 \cdot 20 = 600 \text{ об / мин.}$$

По таблице П.2.2 с.140 [1] выбираем электродвигатель по частоте вращения $n_{эд табл} = 750$ об/мин, мощность $P_{эд табл} = 5,5$ кВт, что соответствует двигателю АИР132М8. Для предотвращения выхода двигателя из строя, его перегрузка не должна превышать 5%:

$$\Delta P = \frac{P_{эд} - P_{ном}}{P_{ном}} \cdot 100\% = \frac{5,63 - 5,0}{5,0} \cdot 100\% = 12,6\%,$$

что превышает 5%, следовательно принимаем электродвигатель АИР 160S8 с мощностью $P_{ном} = 7,5$ кВт. Характеристики электродвигателя приведены в таблице 31.

Характеристика электродвигателя

Обозначение электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	$d_{эд}$, мм
АИР160S8	7,5	731	1,4	2,2	48

6.2.3 Определение общего передаточного числа привода

$$u_{общ} = \frac{n_{эд}}{n} = \frac{731}{30} = 24,36;$$

$$u_{он} = \frac{u_{общ}}{u_{ред}} = \frac{24,36}{10} = 2,436.$$

6.2.4 Силовые и кинематические параметры приводы

Определение частот вращения валов привода:

$$n_{эд} = 731 \text{ об/мин};$$

$$n_1 = \frac{n_{эд}}{u_{он}}; n_1 = \frac{731}{2,436} = 300,82 \text{ об/мин};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{ред}}; n_2 = \frac{300,82}{10} = 30,082 \text{ об/мин};$$

$$n_3 = n_2; n_3 = 30,082 \text{ об/мин}.$$

Определение мощностей, передаваемых на валы привода:

$$P_{эд} = 5,63 \text{ кВт};$$

$$P_1 = P_{эд} \cdot \eta_{он}; P_1 = 5,63 \cdot 0,93 = 5,23 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{ред}; P_2 = 5,23 \cdot 0,97 = 5,07 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_m \cdot \eta_{тп}; P_3 = 5,07 \cdot 0,99 \cdot 0,995 = 5,002 \text{ кВт}.$$

Определение моментов, передаваемых на валы привода:

$$T_i = 9550 \frac{P_i}{n_i};$$

$$T_{эд} = 9550 \cdot \frac{5,63}{731} = 73,55 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{5,23}{300,82} = 166,03 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{5,07}{30,08} = 1609,65 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{5,002}{30,08} = 1588,07 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Таблица 32

Силовые и кинематические параметры привода

Номер вала	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	Крутящий момент, Н·м
Электродвигатель	731	5,63	73,55
1	300,82	5,23	166,03
2	30,08	5,07	1609,65
3	30,08	5,002	1588,07

6.3. Выбор редуктора

Определение коэффициента условий работы определяется по формуле (2):

$$K_{ур} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{ПВ} \cdot K_{РЕВ},$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий динамические характеристики двигателя; $K_1=1,2$ (по таблице 1);

K_2 – коэффициент, учитывающий продолжительность работы в сутки; $K_2=1,12$ (по таблице 2);

K_3 – коэффициент, учитывающий количество пусков в час; $K_3=1,1$ (по таблице 3);

$K_{ПВ}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность включения (ПВ); $K_{ПВ}=1,0$ (по таблице 4);

$K_{РЕВ}$ – коэффициент, учитывающий реверсивность редуктора; $K_{РЕВ}=1$ (передача неревверсивная).

$$K_{ур} = 1,2 \cdot 1,12 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,478.$$

Исходя из расчетного значения T_2 принимаем двухступенчатый коническо-цилиндрический редуктор *КЦ1-400МР3* (таблица 33).

Номинальный крутящий момент для выбранного редуктора $T_{ном}=5300 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Так как $T_2 \cdot K_{ур} = 1609,65 \cdot 1,478 = 2379,06 \text{ Н}\cdot\text{м} < T_{ном}$, то редуктор выбран верно.

Выполняем проверку правильности выбора редуктора по консольным радиальным нагрузкам на входном и выходном валах редуктора (10), (11):

$$F_{ВЫХ.НОМ} \geq F_{ВЫХ.РАСЧ.}$$

$$F_{ВХ.НОМ} \geq F_{ВХ.РАСЧ.}$$

где $F_{ВЫХ.НОМ}$, $F_{ВХ.НОМ}$ – номинальные радиальные консольные нагрузки из таблицы 33 двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора, для редуктора КЦ1-400МРЗ: $F_{ВЫХ.НОМ.} = 18000 \text{ Н}$, $F_{ВХ.НОМ.} = 1000 \text{ Н}$;

Расчетные радиальные консольные нагрузки на выходном $F_{ВЫХ.РАСЧ}$ и входном валах $F_{ВХ.РАСЧ}$ редуктора (8), (9):

$$F_{ВЫХ.РАСЧ.} = F_{ВЫХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР},$$

$$F_{ВХ.РАСЧ.} = F_{ВХ.ТРЕБ.} \cdot K_{УР},$$

где $F_{ВЫХ.ТРЕБ.}$, $F_{ВХ.ТРЕБ.}$ – требуемые радиальные консольные нагрузки на выходном и входном валах редуктора соответственно,

$$F_{ВЫХ.ТРЕБ.} = F_M,$$

где F_M – консольная нагрузка от муфты,

$$F_M = (0,2 \dots 0,5) \cdot 2 \cdot \frac{T_2}{D_0} \quad (D_0 - \text{диаметр муфты, } D_0 = 280 \text{ мм}),$$

$$F_M = (0,2 \dots 0,5) \cdot 2 \cdot \frac{1609,65}{0,28} = 2299,5 \dots 5748,75 \text{ Н.}$$

$$F_{ВХ.РАСЧ.} = F_{ОП},$$

где $F_{ОП}$ – консольная нагрузка от открытой клиноременной передачи, $F_{ОП} = 695 \text{ Н}$

$$F_{ВЫХ.НОМ.} = 18000 \text{ Н} \geq F_{ВЫХ.РАСЧ.} = 5748,75 \cdot 1,478 = 8796,655 \text{ Н}$$

$$F_{ВХ.НОМ.} = 1000 \text{ Н} \geq F_{ВХ.РАСЧ.} = 695 \cdot 1,478 = 997,65 \text{ Н}$$

Условия выполнены.

Проверку условия отсутствия перегрева не выполняем, т.к. термическая мощность для данного типа редуктора не лимитируется.

Основные технические характеристики редукторов КЦ1-200

Наименование технических характеристик	КЦ1-200				
	Передаточные числа	6,3	10	14	20
Допускаемая консольная нагрузка на тихоходном валу, Н	5100	5600		6150	6500
Допускаемая консольная нагрузка на быстроходном валу, Н	600		900	1200	1400
Номинальный крутящий момент на тихоходном валу, Н.м	520	900			560
Масса, кг	185				

Таблица 34

Основные технические характеристики редукторов КЦ1-250

Наименование технических характеристик	КЦ1-250				
	6,3	10	14	20	28
Передаточные числа	6,3	10	14	20	28
Допускаемая консольная нагрузка на тихоходном валу, Н	8400	9350		8400	7900
Допускаемая консольная нагрузка на быстроходном валу, Н	1080	950	800	600	480
Номинальный крутящий момент на тихоходном валу, Н.м	1150	1400		1150	1000
Масса, кг	320				

Таблица 35

Основные технические характеристики редукторов КЦ1-300

Наименование технических характеристик	КЦ1-300				
	Передаточные числа	6,3	10	14	20
Допускаемая консольная нагрузка на тихоходном валу, Н	8290	10300	11700	11180	10150
Допускаемая консольная нагрузка на быстроходном валу, Н	1050		1000	800	600
Номинальный крутящий момент на тихоходном валу, Н.м	1100	1700	2200	2000	1650
Масса, кг	405				

Таблица 36

Основные технические характеристики редукторов КЦ1-400

Наименование технических характеристик	КЦ1-400				
	Передаточные числа	6,3	10	14	20
Допускаемая консольная нагрузка на тихоходном валу, Н	21000	18000		20000	21200
Допускаемая консольная нагрузка на быстроходном валу, Н	1000		2200	3300	4000
Номинальный крутящий момент на тихоходном валу, Н.м	3300	5000		4500	3800
Масса, кг	980				

Таблица 37

Основные технические характеристики редукторов КЦ1-500

Наименование технических характеристик	КЦ1-500				
	Передаточные числа	6,3	10	14	20
Допускаемая консольная нагрузка на тихоходном валу, Н	30000	25000		28000	30000
Допускаемая консольная нагрузка на быстроходном валу, Н	8000		10000	13200	15500
Номинальный крутящий момент на тихоходном валу, Н.м	5700	9000		8250	7100
Масса, кг	1740				

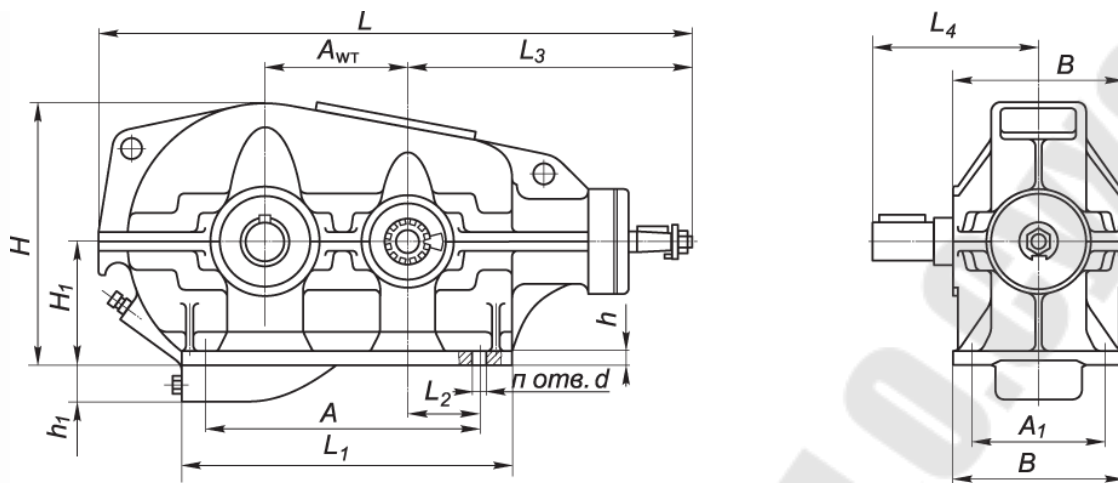


Рис.22 Эскиз коническо-цилиндрического редуктора КЦ1

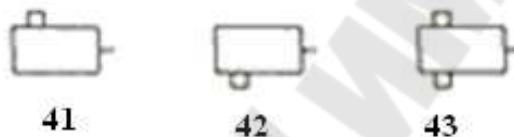


Рис. 23 Варианты сборки коническо-цилиндрического редуктора

Таблица 38

Габаритные и присоединительные размеры редукторов КЦ1

Редуктор	$A_{врт}$	A	A_1	B	H	H_1	h	h_1	L	L_1	L_2	L_3	L_4	d	n
КЦ1-200	200	375	250	300	435	225	20	-	900	480	85	460	247	17	4
КЦ1-250	250	480	325	375	515	265	25	-	1170	600	120	625	320	22	4
КЦ1-300	300	545	350	450	607	315	25	-	1275	680	120	625	385	22	6
КЦ1-400	400	810	450	526	705	320	35	95	1705	930	212	848	452	26	8
КЦ1-500	500	990	550	630	877	400	40	100	2085	1160	250	1030	544	33	8

Таблица 39

Присоединительные размеры быстроходных валов редукторов КЦ1

Редуктор	Быстроходный вал (конический)					
	d	d ₁	l	l ₁	b	t
КЦ1-200	40	M24x2,0	110	82	10	20,9
КЦ1-250	50	M36x3,0	110	82	12	26
КЦ1-300	50	M36x3,0	110	82	12	26
КЦ1-400	60	M42x3,0	140	105	16	31,4
КЦ1-500	90	M64x4,0	170	130	22	46,8

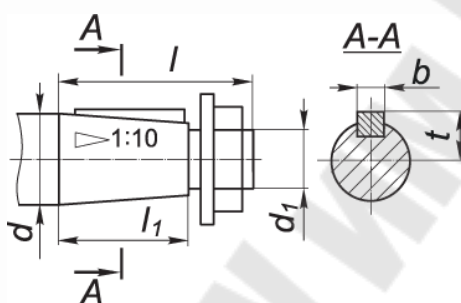


Рис.24 Эскиз быстроходного вала (конический)

Таблица 40

Присоединительные размеры тихоходных валов редукторов КЦ1

Редуктор	Тихоходный вал (цилиндрический)			
	d ₂	l ₂	b ₁	t ₁
КЦ1-200	45	80	14	48,5
КЦ1-250	55	110	16	59
КЦ1-300	70	140	20	74,5
КЦ1-400	90	170	25	95
КЦ1-500	110	210	28	116

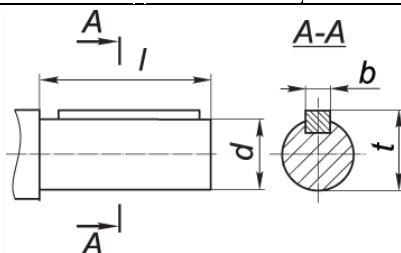


Рис.25 Эскиз тихоходного вала (цилиндрический)

Таблица 41

Присоединительные размеры тихоходного вала в виде зубчатой полумуфты

Редуктор	b	d	d ₁	L	l	l ₁	Зацепление	
							m	z
КЦ1-200	20	126	80	219	14	45	3	40
КЦ1-250	25	150	90	267	14	48	3	48
КЦ1-300	25	174	110	325	14	55	3	56
КЦ1-400	35	232	140	370	14	60	4	56
КЦ1-500	35	232	140	422	14	60	4	56

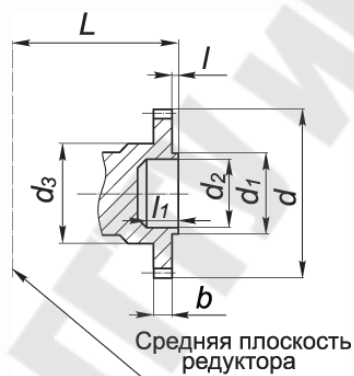


Рис.26 Эскиз тихоходного конца вала в виде полумуфты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка привода с одноступенчатым редуктором: прак. рук. и задания к курсовому проектированию по курсам «Детали машин», «Прикладная механика», «Механика» для студентов техн. специальностей днев. и заоч. форм обучения /авт.-сост: Н.В. Акулов, Э.Я. Коновалов.- Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2005.- 151 с.
2. Выбор редуктора: метод. указания к курсовому проекту по дисциплинам «Прикладная механика» и «Механика» для студентов немашиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения /Э.Я. Коновалов, В.Н. Полейчук, В.М.Ткачев.- Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2009.- 47с.
3. Выбор коническо-цилиндрического редуктора: метод. указания к курсовому проекту по дисциплинам «Механика» и «Прикладная механика» для студентов немашиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения/Э.Я. Коновалов, В.Н. Полейчук, В.М.Ткачев.- Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010.- 45с.
4. Выбор червячного редуктора: метод. указания к курсовому проекту по дисциплинам «Механика» и «Прикладная механика» для студентов немашиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения /Э.Я. Коновалов, В.Н. Полейчук, В.М.Ткачев.- Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010.-26 с.
5. Санюкевич, Ф.М. Детали машин. Курсовое проектирование: учебное пособие для вузов / Санюкевич Ф.М. - Брест: БГТУ, 2004.- 488 с.
6. ГОСТ 25301-95 Редукторы цилиндрические. Параметры.
7. ГОСТ 24266-94 Концы валов редукторов и мотор-редукторов. Основные размеры, допускаемые крутящие моменты.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Методика выбора редуктора.....	3
1.1. Общие положения.....	3
1.2. Порядок выбора редуктора.....	4
2. Выбор одноступенчатого цилиндрического редуктора	11
2.1 Исходные данные для выбора редуктора.....	13
2.2 Энергетический и кинематический расчеты привода.....	13
2.2.1 Определение расчетной мощности привода.....	13
2.2.2 Выбор электродвигателя.....	14
2.2.3 Определение общего передаточного числа привода и раз- бивка его по передачам.....	14
2.2.4 Силовые и кинематические параметры привода.....	15
2.3 Выбор редуктора.....	16
3. Выбор двухступенчатого цилиндрического редуктора.....	21
3.1 Исходные данные для выбора редуктора.....	22
3.2 Энергетический и кинематический расчеты привода.....	23
3.2.1 Определение расчетной мощности привода.....	23
3.2.2 Выбор электродвигателя.....	23
3.2.3 Определение общего передаточного числа привода и раз- бивка его по передачам.....	24
3.2.4 Силовые и кинематические параметры привода.....	24
3.3 Выбор редуктора.....	25
4. Выбор червячного редуктора.....	31
4.1 Исходные данные для выбора редуктора.....	32
4.2 Энергетический и кинематический расчеты привода.....	33
4.2.1 Определение расчетной мощности привода.....	33
4.2.2 Выбор электродвигателя.....	33
4.2.3 Определение общего передаточного числа привода и раз- бивка его по передачам.....	34
4.2.4 Силовые и кинематические параметры привода.....	34
4.3 Выбор редуктора.....	35
5. Выбор конического редуктора.....	42
5.1 Исходные данные для выбора редуктора.....	42

5.2 Энергетический и кинематический расчеты привода.....	43
5.2.1 Определение расчетной мощности привода.....	43
5.2.2 Выбор электродвигателя.....	43
5.2.3 Определение общего передаточного числа привода и разбивка его по передачам.....	44
5.2.4 Силовые и кинематические параметры привода.....	44
5.3 Выбор редуктора.....	45
6. Выбор коническо-цилиндрического редуктора.....	50
6.1 Исходные данные для выбора редуктора.....	51
6.2 Энергетический и кинематический расчеты привода.....	51
6.2.1 Определение расчетной мощности привода.....	51
6.2.2 Выбор электродвигателя.....	52
6.2.3 Определение общего передаточного числа привода и разбивка его по передачам.....	53
6.2.4 Силовые и кинематические параметры привода.....	53
6.3 Выбор редуктора.....	54
Список литературы.....	64

МЕХАНИКА. ЧАСТЬ 1

Учебное пособие
по одноименному курсу
для студентов специальностей:
1-43 01 03 «Электроснабжение»
1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»
дневной и заочной форм обучения

составители:

Иноземцева Наталья Владимировна

Прач Светлана Игоревна

Прядко Наталья Владимировна

Подписано к размещению в электронную библиотеку

ГГТУ им. П.О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа .15.

Рег. №

<http://www/gstu.by>

МЕХАНИКА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсовому проектированию
для студентов специальностей
1-43 01 03 «Электроснабжение»
и 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»
дневной и заочной форм обучения**

Часть 1

**Составители: Иноземцева Наталья Владимировна
Прач Светлана Игоревна
Прядко Наталья Владимировна**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 01.06.16.

Рег. № 54Е.

<http://www.gstu.by>