

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Могилевский государственный университет продовольствия»

Кафедра прикладной механики и инженерной графики

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Методические указания, задания и примеры решения задач
по разделу «Детали машин» для студентов специальностей
1–49 01 01 Технология хранения и переработки пищевого растительного сырья
1–49 01 02 Технология хранения и переработки животного сырья

Могилев
МГУП
2018

УДК 621.01
ББК 34.41

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры прикладной механики и инженерной графики

Протокол № 10 от 16.05.2018 г.

Составитель
к. т. н., доцент Харкевич В. Г.

Рецензент
ст. преподаватель Евдокимов А. В.

УДК 621.01
ББК 34.41

© Учреждение образования
«Могилевский государственный
университет продовольствия», 2018

Содержание

Введение.....	4
1 Содержание задания, выбор вариантов, порядок выполнения и оформления работ.....	4
2 Задания по разделу «Детали машин».....	5
2.1 Последовательность выполнения расчетной части.....	5
2.2 Условные обозначения.....	6
2.3 Кинематические схемы к расчету привода.....	7
2.4 Числовые данные к кинематическим схемам.....	10
3 Пример кинематического расчета привода.....	14
4 Пример расчета механической передачи.....	19

Введение

Настоящие методические указания, задания и примеры решения задач разработаны для студентов специальностей 1–49 01 01 Технология хранения и переработки пищевого растительного сырья и 1–49 01 02 Технология хранения и переработки животного сырья.

Методические указания предназначены для проведения практических занятий, а также для выполнения расчетно-графических и самостоятельных работ студентами как дневной, так и заочной форм обучения.

Методические указания включают задания и примеры решения по дисциплине «Прикладная механика» по разделу «Детали машин». В данном разделе представлены задания в виде кинематических схем и примеры решения по расчету привода и механических передач.

1 Содержание задания, выбор вариантов, порядок выполнения и оформления работ

В представленном задании каждой схеме рисунка 1 соответствует своя таблица с числовыми данными.

Выбор варианта. Студент выбирает номер схемы из рисунка 1 по предпоследней цифре номера своей зачетной книжки, а номер варианта из соответствующей таблицы – по последней. Например, если номер зачетной книжки оканчивается числом 69, то выбирается из рисунка 1 схема 6, а из таблицы вариант 9. Если одна из указанных цифр 0, то выбирается соответственно схема 10 или вариант 10. *Примечание* – Преподавателем может быть представлена другая методика выбора варианта задания.

Оформление работ должно быть выполнено строго в соответствии с СТП СМК 4.2.3-01-2011 «Общие требования и правила оформления учебных текстовых документов».

При оформлении решения задачи расчет привода и расчет каждой передачи необходимо начинать с нового листа либо страницы. На первой странице кинематического расчета привода должна быть **обязательно** оформлена кинематическая схема с исходными числовыми данными и с основными расчетными параметрами (**текст задания, что требуется выполнить, не переписывать**).

Графический материал в расчетной части должен быть выполнен технически грамотно и аккуратно, а символьные обозначения, представленные в нем, должны соответствовать таковым в расчетах.

Решение задачи необходимо сопровождать краткими пояснениями (какие формулы применяются, откуда получаются или приняты те или иные результаты, табличные данные, коэффициенты и т.д.) и подробно излагать весь ход расчётов. Листы расчетной части должны быть пронумерованы, а на титульном листе должна стоять дата и подпись студента.

Работы, не отвечающие перечисленным требованиям, не рецензируются и возвращаются на доработку.

Работа, представленная на повторную проверку, должна обязательно прилагаться с замечаниями рецензента. Если замечания незначительные, то допускается выполнять работу над ошибками в конце самой работы. Отдельно от работы исправления не рассматриваются.

На экзамене или зачёте необходимо представить зачтённые по данному разделу курса работу, в которой все отмеченные рецензентом замечания должны быть устранены.

Необходимо помнить, что приведенные в методических указаниях решенные задачи не являются примерами оформления, а предназначены только для более полного понимания и представления методики и хода расчета, построения расчетных схем и т.п.

2 Задания по разделу «Детали машин»

2.1 Последовательность выполнения расчетной части

Необходимо выполнить расчет привода в следующей последовательности:

- определить общий КПД привода;
- определить требуемую мощность электродвигателя;
- определить общее оценочное передаточное число привода;
- определить приемлемую частоту вращения и угловую скорость вала электродвигателя;
- выбрать стандартный электродвигатель;
- уточнить общее передаточное число привода и разбить его между отдельными узлами и типами передач согласно схеме;
- определить мощности, угловые скорости и крутящие моменты на валах привода;
- выбрать стандартные редуктор и упругую муфту, обосновать их выбор;
- выполнить расчет передач в соответствии с заданной кинематической схемой:
 - а) ременной передачи по тяговой способности и на долговечность;
 - б) цепной передачи по износостойкости шарниров;
 - в) открытой зубчатой передачи из условия прочности зубьев на изгиб (проектный и проверочный расчеты).

На первой странице кинематического расчета оформить кинематическую схему привода, на которой указать исходные числовые данные и следующие основные расчетные параметры с их числовыми значениями:

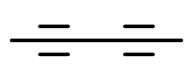
- мощность и синхронную частоту вращения электродвигателя;
- передаточные числа всех передач, входящих в состав привода;
- числа зубьев зубчатых колес, звездочек, диаметры шкивов (при их наличии в приводе);
- обозначить валы и указать для каждого из них его мощность, угловую скорость и крутящий момент.

Расчетные схемы представлены на рисунке 1, а числовые данные приведены в таблицах 1–30.

2.2 Условные обозначения

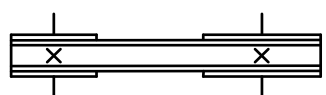
 – электродвигатель

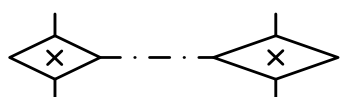
 – упругая муфта

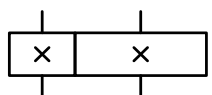
 – одна пара подшипников
(без указания типа)

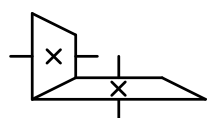
× – неподвижная связь
(шпоночное, шлицевое и т.п. соединение)

Механические передачи

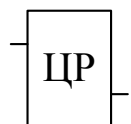
 – ременная передача

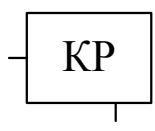
 – цепная передача

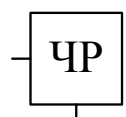
 – зубчатая цилиндрическая передача

 – зубчатая коническая передача

Редукторы

 – цилиндрический редуктор
(одно-, двух-, трехступенчатый)

 – конический одноступенчатый или
коническо-цилиндрический
(двух-, трехступенчатый) редуктор

 – червячный редуктор

2.3 Кинематические схемы к расчету привода

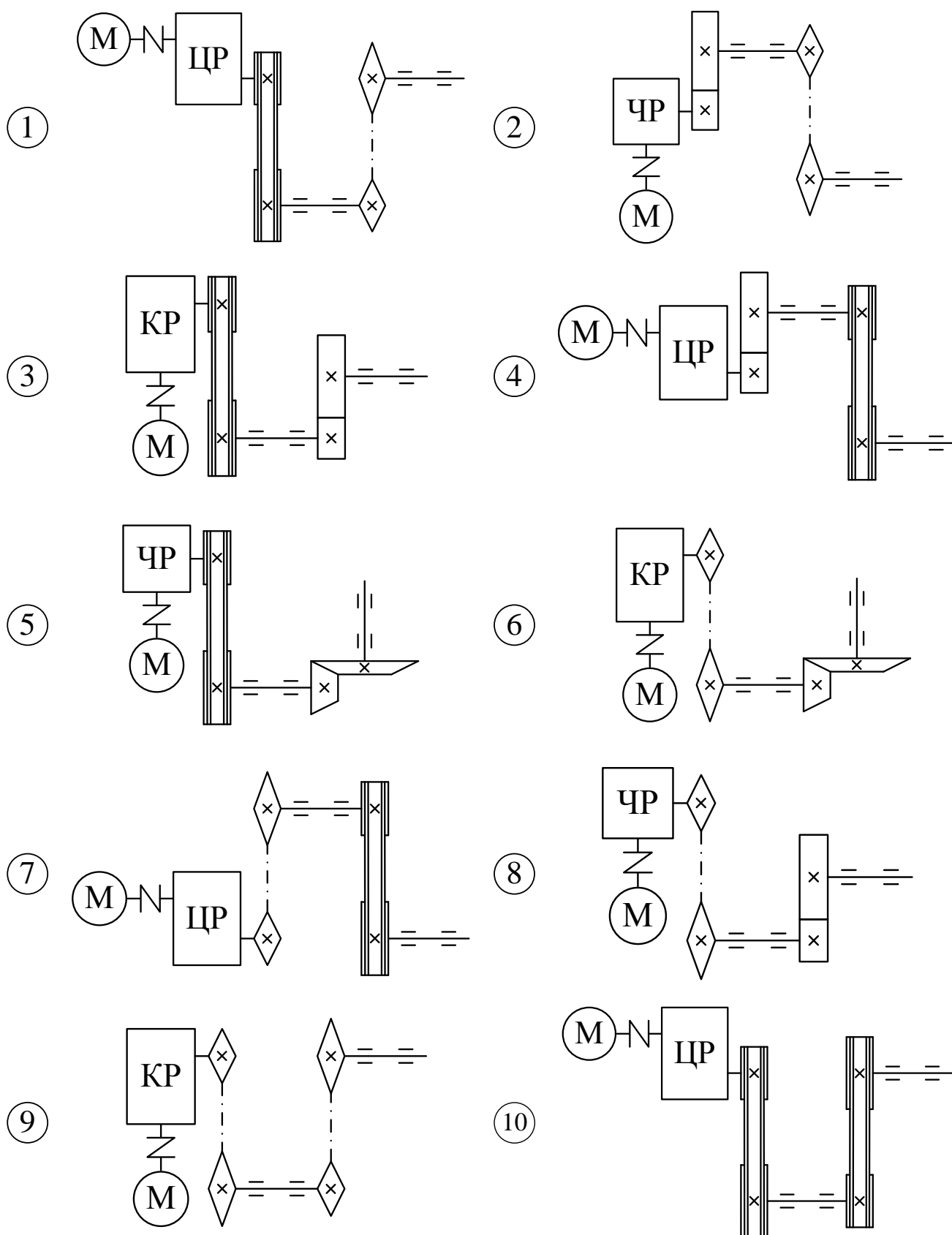


Рисунок 1 – Расчетные схемы, лист 1

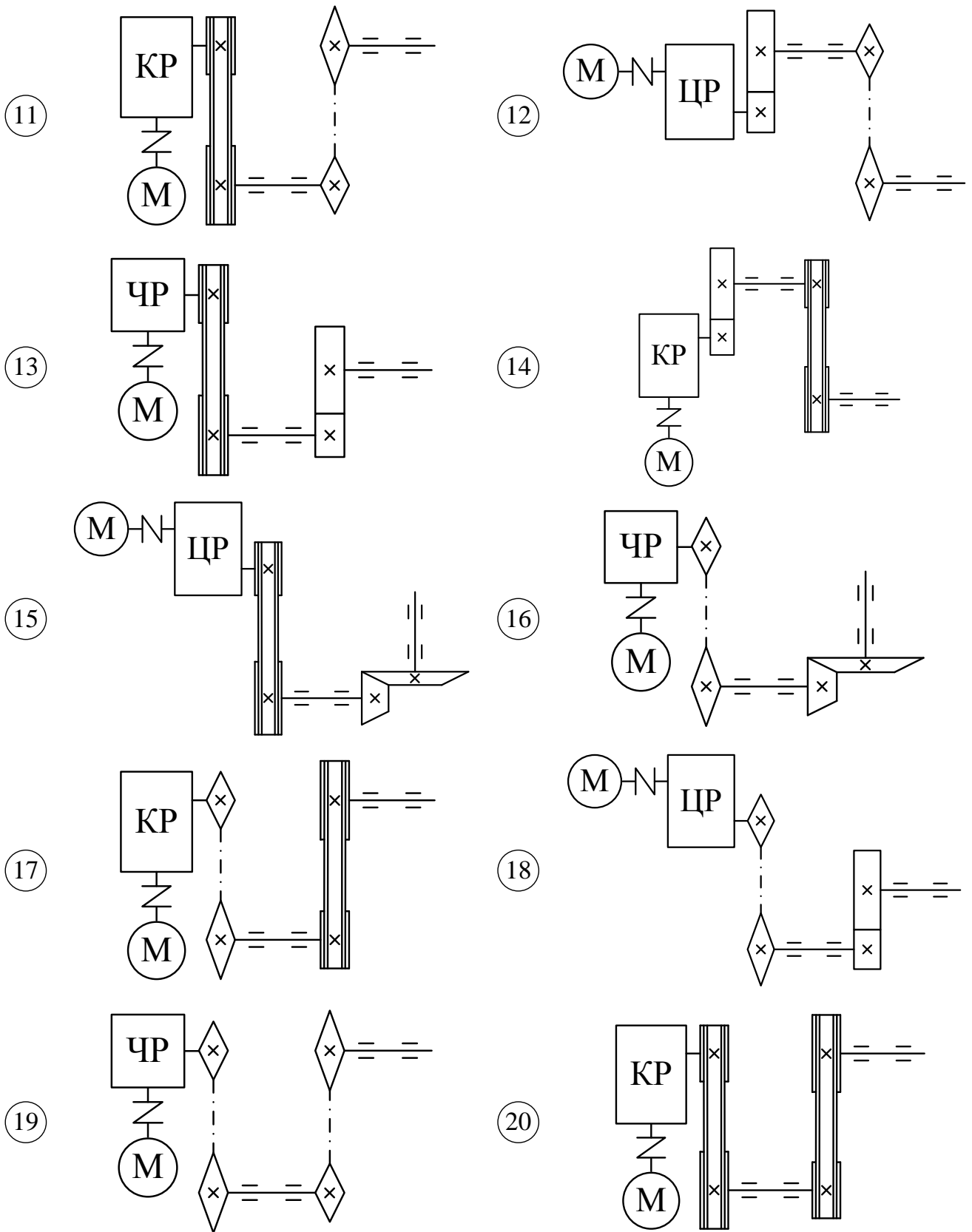


Рисунок 1, лист 2

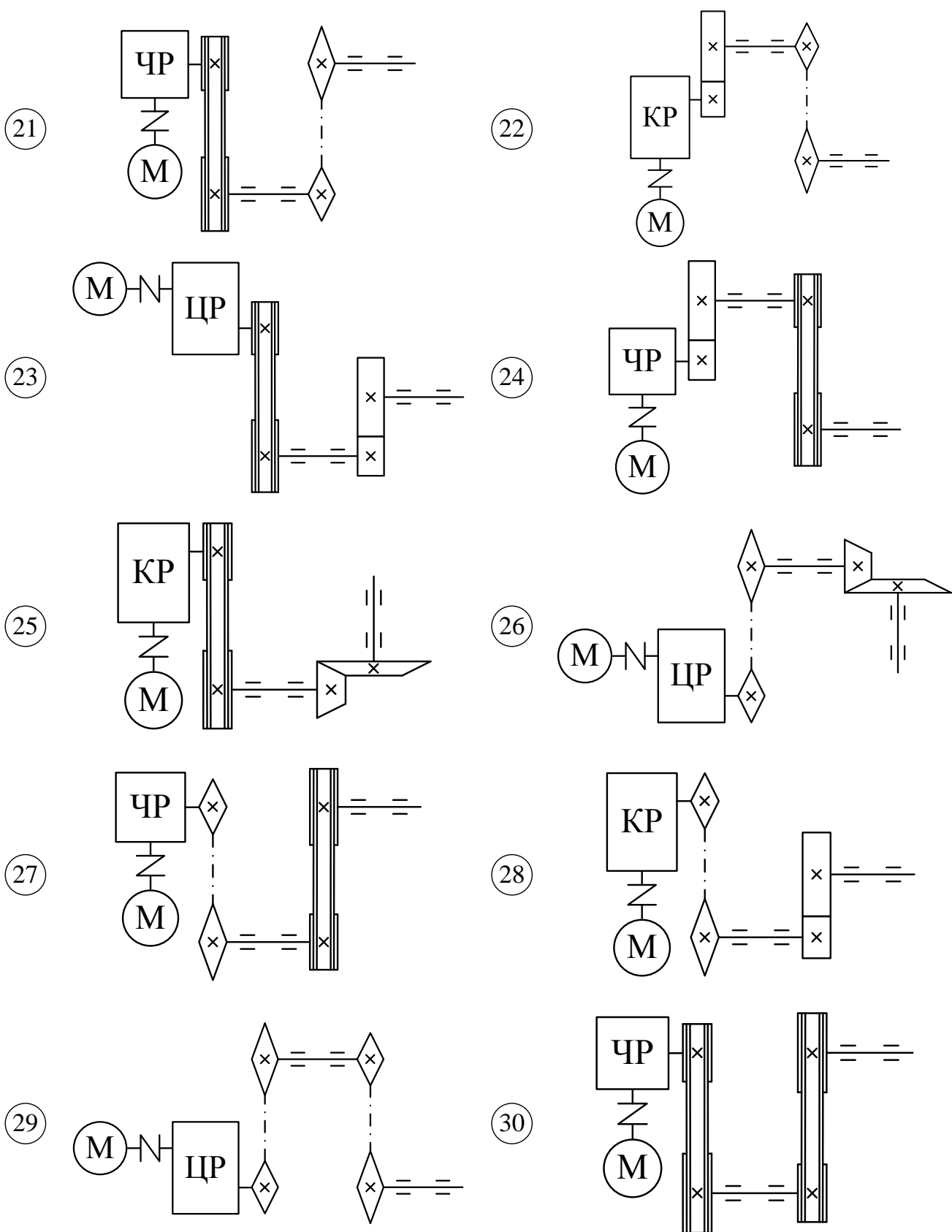


Рисунок 1, лист 3

2.4 Числовые данные к кинематическим схемам

В таблицах 1–30 к рисунку 1 величины N (мощность), ω (угловая скорость) и n (частота вращения) даны для приводного (рабочего) вала (последнего на кинематической схеме).

Таблица 1 – Числовые данные к рисунку 1, схема 1

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	4,0	3,5	2,0	2,5	2,8	1,5	0,7	0,9	1,2	1,9
ω , рад/с	3,5	3,5	2,0	1,5	1,8	2,7	1,4	2,5	1,6	5,7

Таблица 2 – Числовые данные к рисунку 1, схема 2

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1,0	1,4	2,2	2,5	2,1	0,5	0,4	3,0	1,2	4,0
ω , рад/с	0,8	0,7	1,0	1,2	0,6	0,4	0,8	1,6	1,4	1,8

Таблица 3 – Числовые данные к рисунку 1, схема 3

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	2,5	0,8	3,0	1,5	4,2	3,4	0,9	0,4	1,6	4,5
ω , рад/с	1,0	1,5	2,0	4,5	3,0	2,8	1,2	2,8	1,4	4,0

Таблица 4 – Числовые данные к рисунку 1, схема 4

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1,2	2,5	2,0	2,5	1,5	0,8	0,6	0,4	0,5	0,8
ω , рад/с	$2,2\pi$	2π	$1,8\pi$	$1,6\pi$	$1,4\pi$	$1,2\pi$	π	$0,8\pi$	$0,6\pi$	$0,4\pi$

Таблица 5 – Числовые данные к рисунку 1, схема 5

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1,2	1,0	0,8	0,5	2,0	2,5	3,0	3,5	2,8	4,0
ω , рад/с	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8

Таблица 6 – Числовые данные к рисунку 1, схема 6

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1,6	0,8	0,5	1,8	1,2	4,0	5,0	6,0	4,0	3,0
n , с ⁻¹	1,0	0,5	1,7	0,8	0,4	1,2	1,8	0,4	1,0	1,5

Таблица 7 – Числовые данные к рисунку 1, схема 7

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,2	0,8	0,6	1,0	1,2	0,4	0,3	0,4	0,6	0,9
n , мин ⁻¹	80	10	15	70	60	50	70	20	80	30

Таблица 8 – Числовые данные к рисунку 1, схема 8

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	5	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8
ω , рад/с	0,3 π	0,4 π	0,5 π	0,6 π	0,7 π	0,8 π	0,9 π	0,5 π	0,6 π	0,7 π

Таблица 9 – Числовые данные к рисунку 1, схема 9

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,5	1,2	0,8	1,5	0,6	0,4	1,1	1,0	0,9	0,3
ω , рад/с	4,5	5,0	6,0	4,0	6,0	3,0	3,5	7,5	4,5	8,0

Таблица 10 – Числовые данные к рисунку 1, схема 10

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,5	1,2	1,5	0,7	1,1	0,8	0,6	1,3	1,4	0,7
ω , рад/с	5,0	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0	6,0	5,0	7,0	8,0

Таблица 11 – Числовые данные к рисунку 1, схема 11

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6
ω , рад/с	2 π	2,2 π	2,4 π	2,6 π	2,8 π	3 π	3,2 π	3,4 π	3,6 π	3,8 π

Таблица 12 – Числовые данные к рисунку 1, схема 12

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1,2	1,1	1,0	0,6	0,5	0,7	0,8	0,6	1,4	1,8
ω , рад/с	2,0	1,0	3,0	2,0	6,0	9,0	10,0	8,0	6,0	8,0

Таблица 13 – Числовые данные к рисунку 1, схема 13

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,4	0,8	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5	0,6	0,6	0,3
ω , рад/с	1,2	1,0	0,7	1,0	0,8	1,0	0,6	1,0	1,5	0,9

Таблица 14 – Числовые данные к рисунку 1, схема 14

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1,5	1,0	1,2	0,4	0,6	0,9	1,0	1,1	1,2	0,7
ω , рад/с	1,0	1,0	3,5	8,0	3,0	8,0	6,0	4,5	1,5	10,0

Таблица 15 – Числовые данные к рисунку 1, схема 15

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1,0	1,1	0,6	0,4	0,8	0,7	1,0	1,2	0,9	0,5
n , с ⁻¹	1,2	1,5	0,4	0,6	1,6	1,4	1,8	0,9	0,2	1,8

Таблица 16 – Числовые данные к рисунку 1, схема 16

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
ω , рад/с	0,5 π	0,55 π	0,6 π	0,65 π	0,7 π	0,75 π	0,8 π	0,85 π	0,9 π	0,95 π

Таблица 17 – Числовые данные к рисунку 1, схема 17

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ω , рад/с	1,5 π	1,7 π	1,9 π	2,1 π	2,3 π	2,5 π	2,7 π	2,9 π	3,1 π	3,3 π

Таблица 18 – Числовые данные к рисунку 1, схема 18

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,4	0,4	0,3	0,25	0,4	0,3	0,5	0,2	0,6	0,5
n , мин ⁻¹	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

Таблица 19 – Числовые данные к рисунку 1, схема 19

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,8	0,3	0,5	0,3	0,1	0,4	0,3	0,2	0,6	0,8
n , мин ⁻¹	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Таблица 20 – Числовые данные к рисунку 1, схема 20

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,6	1,8	1,6	1,0	0,8	1,8	1,5	1,8	2,0	1,2
n , мин ⁻¹	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85

Таблица 21 – Числовые данные к рисунку 1, схема 21

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
n , с ⁻¹	0,2	0,3	0,4	0,25	0,16	0,12	0,33	0,2	0,15	0,1

Таблица 22 – Числовые данные к рисунку 1, схема 22

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
ω , рад/с	4	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1

Таблица 23 – Числовые данные к рисунку 1, схема 23

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ω , рад/с	1,4 π	1,6 π	1,8 π	2 π	2,2 π	2,4 π	2,6 π	2,8 π	3 π	3,2 π

Таблица 24 – Числовые данные к рисунку 1, схема 24

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13
ω , рад/с	0,3 π	0,5 π	0,7 π	0,3 π	0,5 π	0,7 π	0,3 π	0,5 π	0,7 π	0,3 π

Таблица 25 – Числовые данные к рисунку 1, схема 25

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5
ω , рад/с	3 π	2,9 π	2,8 π	2,7 π	2,6 π	2,5 π	2,4 π	2,3 π	2,2 π	2,1 π

Таблица 26 – Числовые данные к рисунку 1, схема 26

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	3,0	2,0	1,0	4,0	3,5	2,5	1,5	0,5	0,8	1,2
ω , рад/с	0,8	1,5	8,5	1,7	1,0	3,6	5,4	1,2	2,0	6,8

Таблица 27 – Числовые данные к рисунку 1, схема 27

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,4	0,2	0,6	0,4	1,0	1,5	0,6	0,5	0,6	1,2
n , мин ⁻¹	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23

Таблица 28 – Числовые данные к рисунку 1, схема 28

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	0,3	0,2	0,4	0,6	1,2	0,5	0,4	0,5	0,8	1,0
n , мин ⁻¹	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20

Таблица 29 – Числовые данные к рисунку 1, схема 29

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2
ω , рад/с	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5

Таблица 30 – Числовые данные к рисунку 1, схема 30

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N , кВт	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
ω , рад/с	2,5	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9	0,7

3 Пример кинематического расчета привода

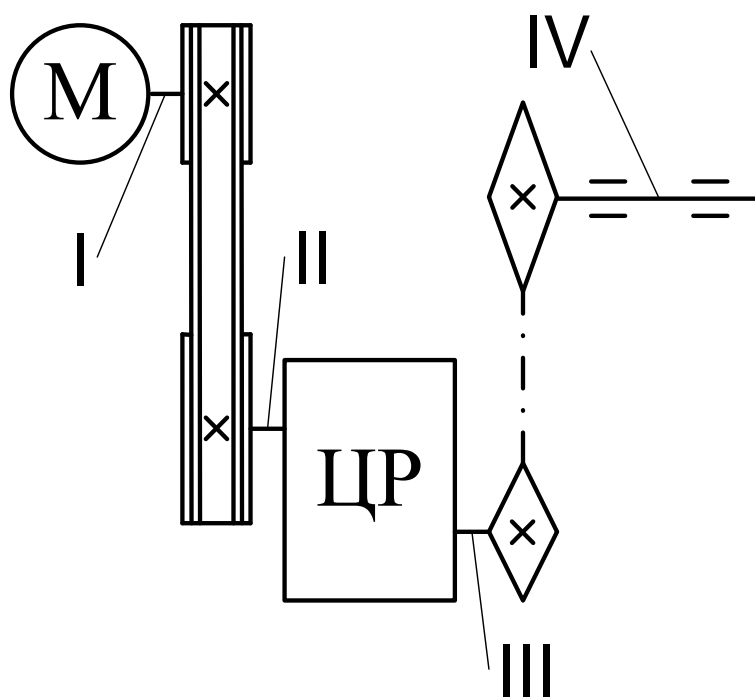


Рисунок 2 – Кинематическая схема привода

Дано:

$N_p = 3,3$ кВт – мощность на приводном валу привода;

$\omega_p = 3$ рад/с – угловая скорость на приводном валу привода.

Электродвигатель:

– мощность, кВт – 4;

– асинхронная частота вращения, мин^{-1} – 1425.

Редуктор:

– передаточное отношение $u_{\text{ред}} = 10$.

Клиноременная передача:

– диаметр ведущего шкива $d_1 = 125$ мм;

– диаметр ведомого шкива $d_2 = 280$ мм;

– передаточное отношение $u_{\text{рп}} = 2,34$ (действительное $u_{\text{рп}} = 2,27$)

Цепная передача:

– диаметр ведущей звездочки $D_1 = 328,2$ мм;

– диаметр ведомой звездочки $D_2 = 703,7$ мм;

– передаточное отношение $u_{\text{цп}} = 2,1$.

Таблица 31 – Результат кинематического расчёта привода

	I вал	II вал	III вал	IV вал
N , кВт	3,93	3,73	3,62	3,3
ω , рад/с	149,15	63,74	6,37	3
n , мин^{-1}	1425	608,98	60,86	28,66
T , Н·м	26,35	58,52	568,29	1100

3.1 В соответствии с заданной кинематической схемой определяем коэффициент полезного действия привода:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4. \quad (1)$$

Значения КПД передач и редуктора выбираем по таблице 1.1 [1],

где $\eta_1 = 0,92$ – КПД цепной передачи;

$\eta_2 = 0,97$ – КПД цилиндрического редуктора;

$\eta_3 = 0,95$ – КПД ременной передачи;

$\eta_4 = 0,99$ – КПД пары подшипников качения.

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 = 0,92 \cdot 0,97 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,839.$$

3.2 Требуемая мощность электродвигателя

Требуемую расчетную мощность электродвигателя определим по формуле:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{р}}}{\eta}, \quad (2)$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{3,3}{0,839} = 3,93 \text{ кВт.}$$

3.3 Общее передаточное отношение привода

Предварительно определяем *min* и *max* значение пределов рекомендуемых средних передаточных отношений для цилиндрического редуктора, цепной передачи и ременной передачи (таблица (1.2.2 [2])).

$$u_{min}^{max} = u_{цп} \cdot u_{рп} \cdot u_{цр} = (2 \dots 6) \cdot (2 \dots 5) \cdot (2 \dots 40) = (8 \dots 1200),$$

где $u_{цп} = (2 \dots 6)$ – минимальный и максимальный предел передаточного отношения цепной передачи;

$u_{рп} = (2 \dots 5)$ – минимальный и максимальный предел передаточного отношения клиноременной передачи;

$u_{цр} = (2 \dots 40)$ – минимальный и максимальный предел передаточного отношения цилиндрического (одно-, двухступенчатого) редуктора.

3.4 Частота вращения вала электродвигателя

Определяем частоту вращения вала электродвигателя:

$$n_0 = \frac{30 \cdot \omega_p}{\pi}, \quad (3)$$

$$n_0 = \frac{30 \cdot 3}{3,14} = 28,66 \text{ мин}^{-1}.$$

Находим диапазон приемлемых частот вращения вала электродвигателя:

$$n_{дв_{min}}^{max} = n_0 \cdot u_{min}^{max}, \quad (4)$$

$$n_{эл_{min}}^{max} = 29 \cdot (8 \dots 1200) = (232 \dots 34800) \text{ мин}^{-1}.$$

3.5 Выбор электродвигателя

По рассчитанным значениям мощности и максимальным и минимальным значениям частоты вращения вала электродвигателя выбираем электродвигатель [1]:

Тип АИР100L4У3;

Мощность $N_{дв} = 4 \text{ кВт}$;

Асинхронная частота вращения вала $n_{дв} = 1425 \text{ мин}^{-1}$.

3.6 Действительное передаточное отношение привода:

$$u_o = \frac{n_{дв}}{n}, \quad (5)$$

$$u_o = \frac{1425}{29} = 49,14.$$

3.7 Определим передаточное отношение цепной передачи, принимая предварительно стандартное передаточное отношение редуктора $u_{цр} = 10$, а клиноременной передачи $u_{рп} = 2,34$.

$$u_{\text{цп}} = \frac{u_o}{u_{\text{ред}} \cdot u_{\text{рп}}}, \quad (6)$$

$$u_{\text{цп}} = \frac{49,14}{10 \cdot 2,34} = 2,1.$$

Так как полученное число входит в диапазон приемлемых передаточных отношений цепной передачи, то оставляем передаточные отношения без изменений.

3.8 Для определения кинематических и энергетических характеристик на валах привода пронумеруем их от I до IV (см. рисунок 2– Кинематическая схема привода).

I вал (вал электродвигателя):

$$\begin{aligned} N_I &= 3,93 \text{ кВт}; \\ n_I &= n_{\text{дв}} = 1425 \text{ мин}^{-1}; \\ \omega_I = \omega_{\text{дв}} &= \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1425}{30} = 149,15 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \\ T_i &= \frac{N_i}{\omega_i}, \end{aligned} \quad (7)$$

где T_i – крутящий момент на валах привода, $H \cdot м$

$$T_I = \frac{N_I}{\omega_I} = \frac{3,93 \cdot 10^3}{149,15} = 26,35 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

II вал (быстроходный вал цилиндрического редуктора). Вращение на этот вал передается при помощи ременной передачи:

$$N_{II} = N_I \cdot \eta_{\text{рп}}, \quad (8)$$

$$N_{II} = 3,93 \cdot 0,95 = 3,73 \text{ кВт}.$$

$$\omega_{II} = \frac{\omega_{II}}{u_{\text{рп}}}, \quad (9)$$

$$\omega_{II} = \frac{149,15}{2,34} = 63,74 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

$$n_{II} = \frac{30 \cdot \omega_{II}}{\pi}, \quad (10)$$

$$n_{II} = \frac{30 \cdot 63,74}{3,14} = 608,98 \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_{II} = \frac{3,73 \cdot 10^3}{63,74} = 58,52 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

III вал (тихоходный вал цилиндрического редуктора). Вращение на этот вал передается при помощи самого редуктора:

$$N_{III} = N_{II} \cdot \eta_{ур}, \quad (11)$$

$$N_{III} = 3,73 \cdot 0,97 = 3,62 \text{ кВт}.$$

$$\omega_{III} = \frac{\omega_{II}}{u_{ур}}, \quad (12)$$

$$\omega_{III} = \frac{63,74}{10} = 6,37 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

$$n_{III} = \frac{30 \cdot \omega_{III}}{\pi}, \quad (13)$$

$$n_{III} = \frac{30 \cdot 6,37}{3,14} = 60,86 \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_{III} = \frac{3,62 \cdot 10^3}{6,37} = 568,29 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

IV вал (приводной вал). Вращение на этот вал передается при помощи цепной передачи, кроме того, вал опирается на пару подшипников качения:

$$N_{IV} = N_{III} \cdot \eta_{цп} \cdot \eta_{подш}, \quad (14)$$

$$N_{IV} = 3,62 \cdot 0,92 \cdot 0,99 = 3,3 \text{ кВт}.$$

$$\omega_{IV} = \frac{\omega_{III}}{u_{цп}}, \quad (15)$$

$$\omega_{IV} = \frac{6,37}{2,1} = 3 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

$$n_{IV} = \frac{30 \cdot \omega_{IV}}{\pi}, \quad (16)$$

$$n_{IV} = \frac{30 \cdot 3}{3,14} = 28,66 \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_{IV} = \frac{3,3 \cdot 10^3}{2} = 1100 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3.9 Выбор редуктора

Цилиндрический редуктор выбираем из справочной литературы по передаточному отношению (должно быть стандартным и равным ранее принятому) $u_{ур} = 10$ и крутящему моменту на тихоходном валу (табличное значение должно быть равным или больше расчетного) $T_{III} = 568,29 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Принимаем цилиндрический двухступенчатый редуктор Ц2У-160-10 ГОСТ 25301-82 (с. 486 [3]), у которого номинальный крутящий момент на выходном валу $T_{вых} = 1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$, а номинальное передаточное число 10.

4 Пример расчета механической передачи

4.1 Расчёт клиноременной передачи по тяговой способности

Исходными данными для расчёта клиноременной передачи являются: передаточное отношение, мощность, крутящий момент и частота вращения ведущего вала (входной). Для рассматриваемой схемы (см. рисунок 2) ведущим является I вал.

С учётом этого исходные данные имеют следующие значения:

$$\begin{aligned} N_I &= 3,93 \text{ кВт}; \\ n_I &= 1425 \text{ мин}^{-1}; \\ T_I &= 26,35 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ u_{\text{рп}} &= 2,34. \end{aligned}$$

Расчётный передаваемый крутящий момент:

$$T_p = T_I \cdot C_p, \quad (17)$$

$$T_p = 26,35 \cdot 1 = 26,35 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где C_p – коэффициент режима работы передачи. Принимаем $C_p = 1$ [2]. В зависимости от величины T_p по таблице 2.2.1 [2] принимаем два сечения ремня: А (А) – нормальное сечение и В (Б) – нормальное сечение. Так как принимаемый на данном этапе расчета тип ремня является предварительным, а окончательно определяется лишь в заключительной стадии расчета, то удобнее весь расчет передачи представить в табличной форме (см. таблицу 32).

Таблица 32 – Расчет клиноременной передачи

Определяемая величина и расчетные формулы	Сечение ремня	
	А(А)	В(Б)
Диаметр ведущего шкива $d_{1\text{min}}$, мм по таблице 2.2.1 [2]	90	125
Диаметр ведомого шкива $d_2 = d_{1\text{min}} \cdot u_{\text{рп}}$, мм	210,6	292,5
Стандартное значение диаметра ведомого шкива d_2 , мм по таблице 2.2.4 [2]	200	280
Действительное передаточное отношение передачи: $u_d = \frac{d_2}{(1 - \varepsilon)d_1},$ где ε – коэффициент упругого скольжения ремня $\varepsilon = 0,01 \dots 0,02$ (с. 16 [2]) Принимаем $\varepsilon = 0,015$	2,26	2,27

Продолжение таблицы 32

Определяемая величина и расчетные формулы	Сечение ремня	
	А(А)	В(Б)
<p>Скорость ремня:</p> $v_p = \frac{\pi d_{imin} \cdot n_i}{60 \cdot 10^3} = \frac{d_{imin} \cdot \omega_I}{2 \cdot 10^3}, \frac{м}{с}$ <p>Данные скорости не выходят за пределы рекомендуемых скоростей для рассматриваемых сечений</p>	6,71	9,32
<p>Минимальное межосевое расстояние</p> $a_{min} = 0,55(d_{1min} + d_2) + H_p, \text{ мм}$	167,5	233,75
<p>Оптимальное межосевое расстояние (выбираем исходя из диаметра меньшего шкива и передаточного числа)</p> $a' = 2,6 \cdot d_1, \text{ мм}$	234	325
<p>Расчетная длина ремня</p> $L_p = 2 \cdot a' + \frac{\pi \cdot (d_{1min} + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_{1min})^2}{4 \cdot a'}, \text{ мм}$ <p>Стандартная длина ремня L, мм по таблице 2.2.6 [2]</p>	936,23	1304,33
<p>Уточненное межосевое расстояние по принятой стандартной длине ремня</p> $a = a' + 0,5(L - L_p), \text{ мм}$ <p>Межосевое расстояние при монтаже ременной передачи</p> $a_{min} = a - 0,015 \cdot L, \text{ мм}$ <p>Межосевое расстояние для компенсации вытяжки ремня</p> $a_{max} = a + 0,03 \cdot L, \text{ мм}$	265,885	372,835
<p>Угол обхвата на меньшем шкиве:</p> $\alpha_1 = 180^\circ - \frac{d_1 - d_{1min}}{a} \cdot 57^\circ, \dots^\circ$	156,42°	156,3°

Продолжение таблицы 32

Определяемая величина и расчетные формулы	Сечение ремня	
	А(А)	В(Б)
<p>Расчетное число ремней передачи</p> $Z = \frac{N_I \cdot C_p}{N_o \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_k}$ <p>где N_o – мощность, передаваемая одним ремнём; C_k – коэффициент, учитывающий число ремней в передаче; C_L – коэффициент, учитывающий длину ремня; C_α – коэффициент, учитывающий угол обхвата</p>	5,72 1,03 1 0,86 0,93	2,63 2,14 1 0,90 0,93
<p>Принятое число ремней передачи Допускаемое число ремней по таблице 2.2.1 [2]</p>	6 5	3 6
<p>Окружное усилие:</p> $F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_I}{d_1}, \text{ Н}$	-	421,6
<p>Предварительное натяжение ремня:</p> $F_o = \frac{0,5 \cdot F_t}{\varphi}, \text{ Н}$ <p>где $\varphi = 0,45 - 0,55$ – коэффициент тяги</p>	-	421,6
<p>Сила, нагружающая валы передачи:</p> $F = 2 \cdot F_o \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right), \text{ Н}$	-	825,23

4.2 Расчет ремней на долговечность:

$$L_h = \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{max}}\right)^m \frac{10^7 \cdot C_n \cdot C_u}{2 \cdot 3600 \cdot v}, \text{ ч} \quad (18)$$

где σ_y – предел выносливости для клиновых ремней – 9 МПа (с.151 [6]);

$m = 8$ – для клиновых ремней (с.151 [6]);

C_n – коэффициент, учитывающий непостоянность нагрузки, принимаем $C_n = 1$ (при постоянной нагрузке, с.151 [6]);

C_u – коэффициент, учитывающий влияние передаточного числа, $C_u = 1,734$;

σ_{max} – наибольшее напряжение в ведущей ветви в месте набегания на малый шкив, МПа.

$$\sigma_{max} = \sigma_0 + \frac{\sigma_t}{2} + \sigma_F + \sigma_v, \quad (19)$$

где σ_0 – напряжение от предварительного натяжения, $\sigma_0 = 1,2$ МПа по таблице 8.10 [6];

σ_t – полезное напряжение, МПа

$$\sigma_t = [\sigma_t]_0 \cdot C_\alpha \cdot C_v \cdot C_p, \quad (20)$$

где $[\sigma_t]_0$ – допускаемое полезное напряжение для клиновых ремней, по таблице 8.10 [6] принимаем $[\sigma_t]_0 = 1,35$ МПа;

C_α – коэффициент, учитывающий влияние угла обхвата α_1 ,

$$C_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180^\circ - \alpha_1) = 1 - 0,003 \cdot (180 - 156,3) = 0,9289;$$

C_v – коэффициент, учитывающий влияние скорости ремня v_p ,

$$C_v = 1,05 - 0,0005 \cdot v_p^2 = 1,05 - 0,0005 \cdot 9,32^2 = 1,00657;$$

$C_p = 1$ – коэффициент, учитывающий режим работы передачи (таблица 8.7 [6])

$$\sigma_t = 1,35 \cdot 0,9289 \cdot 1,00657 \cdot 1 = 1,262;$$

σ_F – напряжение изгиба ремня на малом шкиве, МПа

$$\sigma_F = E \cdot \frac{\delta}{d_{min}}, \quad (21)$$

где $E = (40 \dots 100)$ МПа – модуль продольной упругости;

δ – толщина ремня, $\delta = 11$ мм [6]

$$\sigma_F = 60 \cdot \frac{11}{125} = 5,28 \text{ МПа};$$

σ_v – напряжение от центробежной силы, МПа

$$\sigma_v = \rho \cdot v_p^2 \cdot 10^{-6}, \quad (22)$$

где ρ – плотность ремня (1200...1500), принимаем 1350 кг/м² (с.145 [6])

$$\sigma_v = 1350 \cdot 9,32^2 \cdot 10^{-6} = 0,1173 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{max} = 1,2 + \frac{1,262}{2} + 5,28 + 0,1173 = 7,2283 \text{ МПа.}$$

ν – число пробегов в секунду, с⁻¹

$$\nu = \frac{v_p}{L} = \frac{9,32}{1,4} = 6,6571.$$

$$L_h = \left(\frac{9}{7,2283} \right)^8 \frac{10^7 \cdot 1 \cdot 1,734}{2 \cdot 3600 \cdot 6,6571} = 2089,69 \text{ ч.}$$

Для клиновых ремней общего назначения рекомендуется $L_h = (1000 \dots 5000)$ ч.

Окончательно принимаем к установке 3 ремня сечения В(Б).

Для заметок

Учебное издание

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Методические указания

Составитель

Харкевич Виталий Геннадьевич

Редактор *А. А. Щербакова*

Технический редактор *К. А. Денисова*

Подписано в печать 17.09.2018. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Ризография.

Уч.-изд. л. 0,5. Усл. печ. л. 1,4.

Тираж 66 экз. Заказ 134.

Учреждение образования

«Могилевский государственный университет продовольствия».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/272 от 04.04.2014.

Пр-т Шмидта, 3, 212027, Могилев.

Отпечатано в учреждении образования

«Могилевский государственный университет продовольствия».

Пр-т Шмидта, 3, 212027, Могилев.