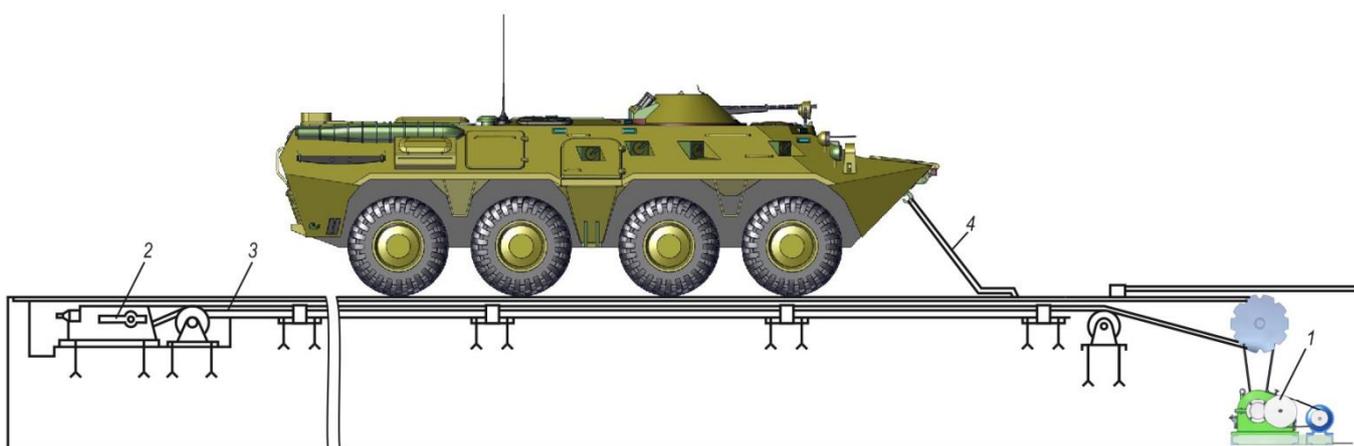


Кравченко А.М.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТЯГОВОГО КОНВЕЙЕРА УЧАСТКА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОЛЕСНЫХ МАШИН ПТОР ВОИНСКОЙ ЧАСТИ

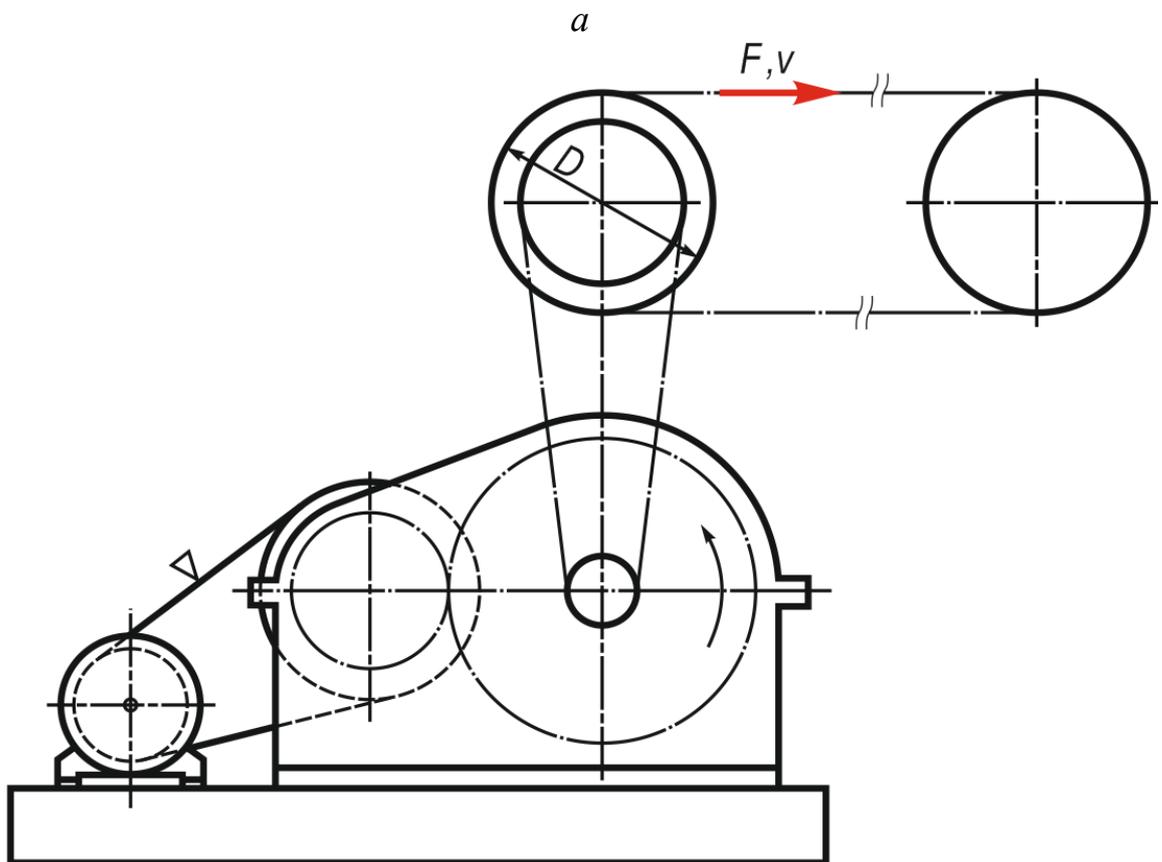
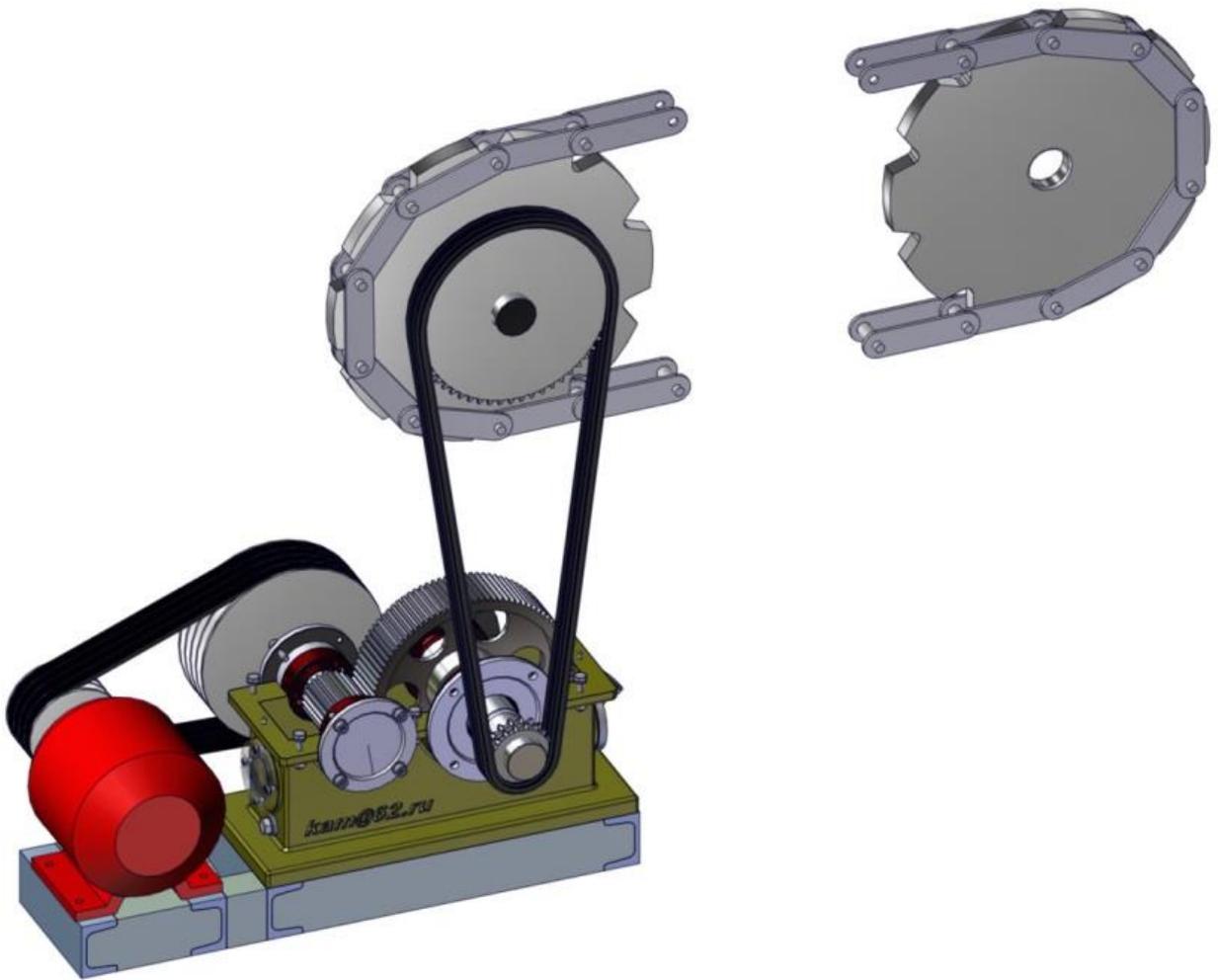
Задача – выполнить кинематический и силовой расчет электромеханического привода тягового конвейера участка поточной линии ТО колесных машин ПТОР воинской части (рисунок 1.1) если заданы:

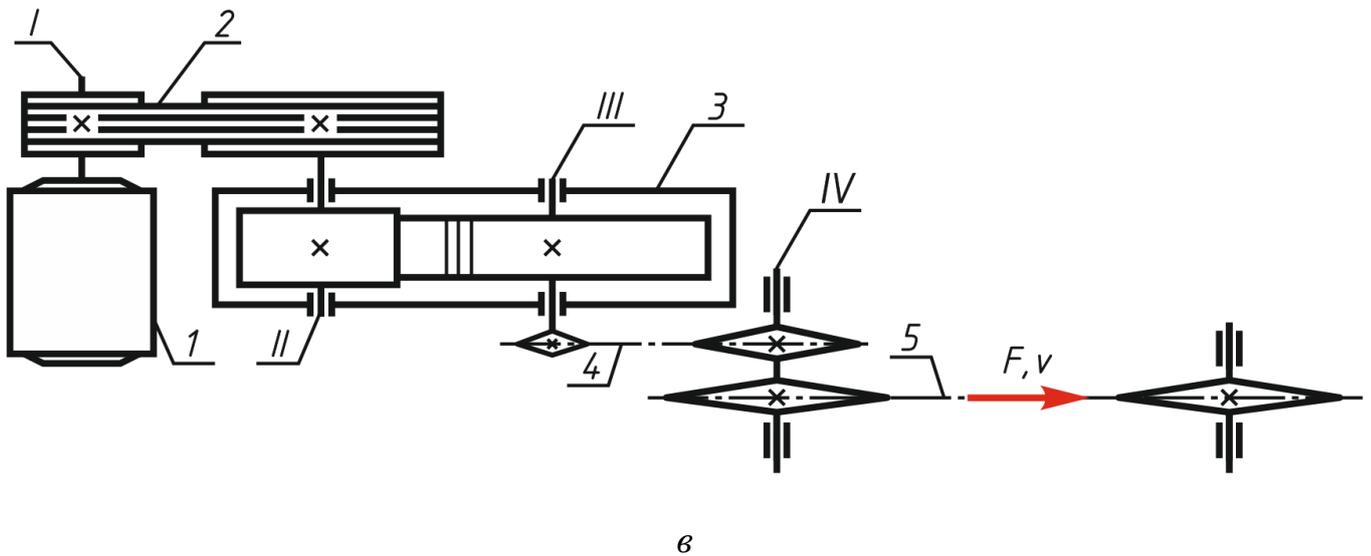
- масса 1 машины (БТР–80) $m=13000$ кг;
- количество одновременно перемещаемых по конвейеру машин $i=4$;
- скорость тяговой цепи (рабочего органа) привода $v=1,4$ м/с;
- диаметр ведущей звездочки рабочего органа тягового конвейера $D=300$ мм.
- состав электромеханического привода и его схема (рисунок 1.2);



1 – электромеханический привод; 2 – натяжное устройство;
3 – тяговая цепь; 4 – буксирное устройство

Рисунок 1.1 – Общий вид компоновки тягового конвейера поточной линии ТО колесных машин ПТОР воинской части





1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – зубчатый редуктор; 4 – цепная передача; 5 – рабочий орган (тяговый цепной конвейер); I, II, III, IV – валы

а – 3D-модель; б – компоновочная схема; в – кинематическая схема;

Рисунок 1.2 – Электромеханический привод тягового цепного конвейера

Решение.

1 Величина тягового усилия на рабочем органе

$$F = i \cdot G \cdot f_k,$$

где i – количество одновременно перемещаемых машин;

f_k – коэффициент трения качения (таблица 1.8 [1]);

G – вес одной машины, Н

Отсюда

$$G = m \cdot g,$$

где g – ускорение свободного падения; $g \approx 10 \text{ м/с}^2$.

Таблица 1.8 [1] – Значения коэффициента трения качения

Вид движителя	Тип покрытия	f_k
Колесный	асфальтобетон	0,01
	бетон, мелкая брусчатка	0,015
	гравийное укатанное	0,02
	щебеночное	0,025
	грунтовое укатанное	0,05
	грунтовое размокшее	0,1
	пашня	0,15–0,35
Гусеничный	пашня	0,07–0,15
	укатанный снег	0,15
	рыхлый снег	0,30
Стальное колесо по рельсу		0,001–0,002

Для условий производственного помещения ПТОР по таблице 1.8 [1] принимаем $f_k=0,01$. Тогда тяговое усилие на рабочем органе

$$F=4 \cdot 13000 \cdot 10 \cdot 0,01=5200 \text{ Н.}$$

2 Требуемая мощность на ведущем звене (звездочке) рабочего органа конвейера (вал IV)

$$P_{IV\text{треб}}=F \cdot v=5200 \cdot 1,4=7280 \text{ Вт.}$$

3 Требуемая частота вращения ведущего звена (звездочки) рабочего органа конвейера (вала IV)

$$n_{IV\text{треб}}=\frac{60 \cdot v \cdot 1000}{\pi D}=\frac{60 \cdot 1,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 300}=89,17 \text{ мин}^{-1}.$$

4 Требуемая мощность электродвигателя

$$P_{\text{ЭДВтреб}}=P_{IV}/\eta_{\text{общ}},$$

где $\eta_{общ}$ – общий КПД привода

$$\eta_{общ} = \eta_{рем} \cdot \eta_{зуб} \cdot \eta_{цеп}$$

где $\eta_{рем}$, $\eta_{зуб}$, $\eta_{цеп}$ – КПД клиноременной, цилиндрической зубчатой и цепной передач соответственно (таблица 1.1 [1]).

Принимаем $\eta_{рем}=0,95$; $\eta_{зуб}=0,98$; $\eta_{цеп}=0,94$, тогда

$$\eta_{общ} = 0,95 \cdot 0,98 \cdot 0,94 = 0,88.$$

Отсюда

$$P_{ЭДвтрреб} = 7280 / 0,88 = 8270 \text{ Вт.}$$

Таблица 1.1 [1] – Значения КПД для основных видов передач и их элементов

Тип редуктора или передачи	η
Цилиндрический и конический одноступенчатые	0,98
Цилиндрический и коническо-цилиндрический двухступенчатые	0,96
Трехступенчатые цилиндрический и коническо-цилиндрический	0,96
Планетарный одноступенчатый	0,97
Планетарный двухступенчатый	0,95
Червячный одноступенчатый	0,8
Червячный двухступенчатый	0,6
Червячно-цилиндрический и цилиндрическо-червячный двухступенчатый	0,77
Ременная передача	0,95
Цепная передача	0,94
Муфта соединительная	0,99
Подшипники качения (одна пара)	0,995
Волновой редуктор	0,9

5 Требуемая частота вращения вала электродвигателя (вала I)

$$n_{дв\ трреб} = u_{рем} \cdot u_{зуб} \cdot u_{цеп} \cdot n_{IV}, \quad (1.1)$$

где $u_{рем}$, $u_{зуб}$, $u_{цеп}$ – передаточные числа ременной, зубчатой и цепной передач соответственно.

По таблице 1.2 [1] передаточные числа передач, входящих в состав привода $u_{рем}=2-8$, $u_{зуб}=2,5-6,3$, $u_{цеп}=1,5-7$.

Таблица 1.2 [1] – Рациональные значения передаточных чисел основных видов механических передач

Вид передачи	Значения передаточных чисел	
	Рекомендуемые	Предельные
Цилиндрическая:		
прямозубая	2,5–4	6,3
косозубая	2,5–5	6,3
шевронная	3,15–5	8
Коническая:		
прямозубая	2–3,15	3,15
косозубая и с криволинейным зубом	2–4	5
Цепная	1,5–4	7
Ременная	2–4	8
Червячная	10–50	80

Подставляя в (1.1) весь диапазон передаточных чисел передач вычисляем диапазон возможных частот вращения вала электродвигателя (вала I)

$$n_{дв. треб} = (2 \dots 8) \cdot (2,5 \dots 6,3) (1,5 \dots 7) \cdot 89,17 = 668,775 \dots 31459,18 \text{ мин}^{-1}.$$

6 Выбор электродвигателя

Из полученного интервала значений частоты вращения по таблице 1.6 [1] выбираем электродвигатель с мощностью $P_{дв} \geq P_{тр}$ и частотой вращения $n_{дв}$.

При подборе двигателя допускается перегруз до 8 % при постоянной (до 12 % при переменной) нагрузке – мощность выбранного электродвигателя может быть уменьшена на 8 (12) % по сравнению с расчетной. Определяем минимально возможную мощность электродвигателя с учетом перегруза в 8 %

$$P_{\partial\partial} = P_{mp} - P_{mp}/100 \cdot 8 = 8270 - 8270/100 \cdot 8 = 8600 \text{ Вт.}$$

Ближайший в меньшую сторону электродвигатель имеет мощность $P_{\partial\partial} = 7500$ Вт, что недопустимо по условию превышения перегруза, поэтому выбираем электродвигатель мощностью $P_{\partial\partial} = 11$ кВт.

По требуемой мощности и диапазону частоты вращения $n_{\partial\partial.тр\partial\partial}$ можно выбрать несколько типоразмеров двигателя. Поэтому следует сравнить размеры двигателей. Обозначения двигателей содержат цифровое и буквенное обозначение. Например, для мощности $P_{\partial\partial} = 11$ кВт можно выбрать электродвигатели:

160M8 ($n_{\partial\partial} = 730 \text{ мин}^{-1}$);

160S6 ($n_{\partial\partial} = 975 \text{ мин}^{-1}$);

132M4 ($n_{\partial\partial} = 1460 \text{ мин}^{-1}$);

132M2 ($n_{\partial\partial} = 2900 \text{ мин}^{-1}$).

Цифрами обозначен размер h – высота от опорной поверхности до оси вала электродвигателя (рисунок 1.3). Эти цифры характеризуют и другие размеры электродвигателя. Рекомендуется выбирать электродвигатель с меньшим числом в обозначении (с меньшей высотой h).

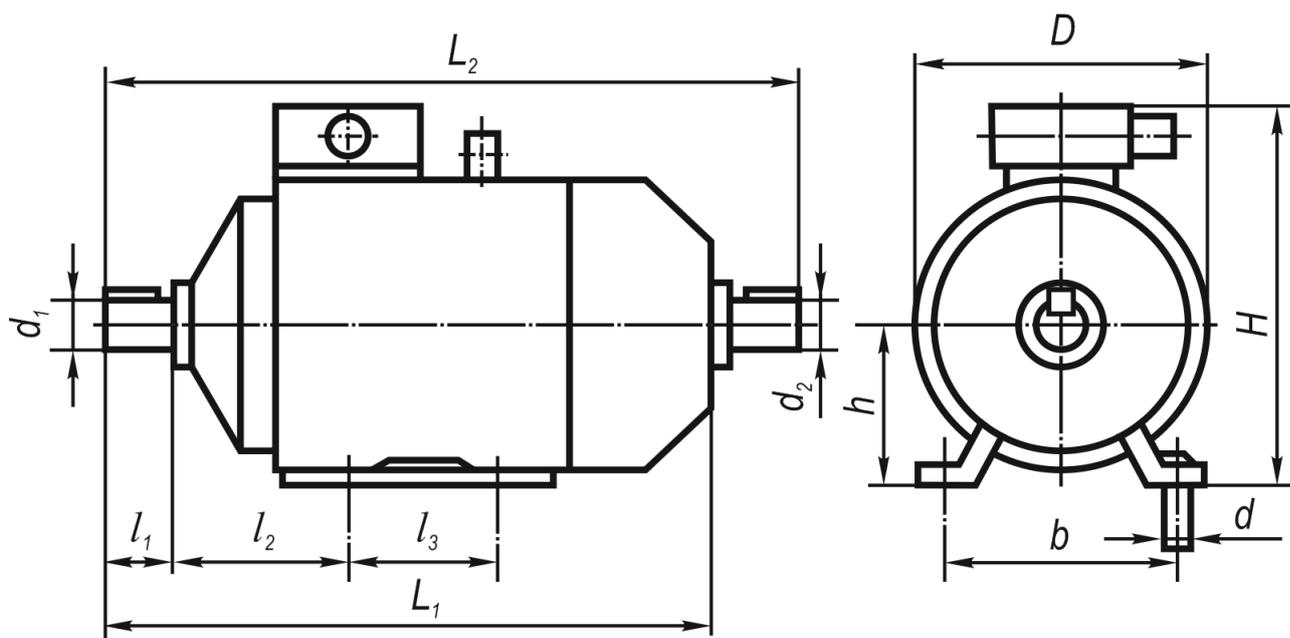


Рисунок 1.3 – Основные габаритные размеры электродвигателей

Окончательно выбираем электродвигатель 4A132S6 с мощностью $P_{\text{дв}}=11$ кВт и частотой вращения $n_{\text{дв}}=975$ мин⁻¹.

7 Передаточное число привода

$$u=n_I/n_{IV}=975/89,17=10,93.$$

Принимаем передаточное число клиноременной передачи $u_{\text{рем}}=2$, цепной – $u_{\text{цеп}}=2$. Тогда передаточное число цилиндрической зубчатой передачи

$$u_{\text{зуб}}=u/(u_{\text{рем}} \cdot u_{\text{цеп}})=10,93/(2 \cdot 2)=2,73.$$

8 Мощности на валах привода

$$P_I=P_{\text{ЭДВ}}=11000 \text{ Вт};$$

$$P_{II}=P_I \cdot \eta_{\text{рем}}=11000 \cdot 0,95=10450 \text{ Вт};$$

$$P_{III}=P_{II} \cdot \eta_{\text{зуб}}=10450 \cdot 0,98=10241 \text{ Вт};$$

$$P_{IV}=P_{III} \cdot \eta_{\text{цеп}}=10241 \cdot 0,94=9626,54 \text{ Вт}.$$

9 Частоты вращения валов привода

$$n_I=n_{\text{дв}}=975 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{II}=n_I/u_{\text{рем}}=975/2=487,5 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{III}=n_{II}/u_{\text{зуб}}=487,5/2,73=178,57 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{IV}=n_{III}/u_{\text{цеп}}=178,57/2=89,17 \text{ мин}^{-1};$$

10 Угловые скорости валов привода

$$\omega_I = \pi n_I / 30 = 3,14 \cdot 975 / 30 = 102,05 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{II} = \pi n_{II} / 30 = 3,14 \cdot 487,5 / 30 = 51,03 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{III} = \pi n_{III} / 30 = 3,14 \cdot 178,57 / 30 = 18,67 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{IV} = \pi n_{IV} / 30 = 3,14 \cdot 89,29 / 30 = 9,33 \text{ с}^{-1}.$$

11 Вращающие моменты на валах привода

$$T_I = P_I / \omega_I = 11000 / 102,05 = 107,79 \text{ Нм};$$

$$T_{II} = P_{II} / \omega_{II} = 10450 / 51,03 = 204,8 \text{ Нм};$$

$$T_{III} = P_{III} / \omega_{III} = 10241 / 18,69 = 548,63 \text{ Нм};$$

$$T_{IV} = P_{IV} / \omega_{IV} = 9626,54 / 9,33 = 1031,42 \text{ Нм}.$$

Результаты кинематического и силового расчета привода сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты кинематического и силового расчета привода

Вал	Передаточное отношение передач	Мощность P , Вт	Частота вращения n , мин ⁻¹	Угловая скорость ω , с ⁻¹	Вращающий момент T , Нм
I	$u_{рем} = 2$	11000	975	102,05	107,79
II		10450	487,5	51,03	204,8
III	$u_{зуб} = 2,73$	10241	178,57	18,67	548,63
IV		$u_{цеп} = 2$	9626,54	89,17	9,33

Литература

- 1 Кравченко А. М. Детали машин: справочник. – Рязань: РВВДКУ, 2013.
- 2 Дунаев П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб, пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 11-е изд., стер. - М: Издательский центр «Академия», 2008.
- 3 Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие / С. А. Чернавский, К. Н. Боков, И. М. Чернин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2011.
- 4 Курмаз Л. В. Конструирование узлов и деталей машин: Справочное учебно-методическое пособие /Л. В. Курмаз, О. Л. Курмаз. – М.: Высш. шк., 2007.
- 5 Курмаз Л. В. Детали машин. Проектирование: Справочное учебно-методическое пособие /Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. – 2-е изд., испр.: М.: Высш. шк., 2005.
- 6 Чернилевский Д. В. Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования: Учебное пособие для студентов вузов. 3-е изд., исправл. - М.: Машиностроение, 2003.