

КА

62-8
Э65

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВПО РГУПС)

**ЭНЕРГОКИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА
АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ МЕТОДОМ**

Учебно-методическое пособие
к выполнению курсовой работы

Бр./44399

Бр./44399

ФГБОУ ВПО
«Ростовский государственный
университет путей сообщения»
Научно-техническая библиотека

Ростов-на-Дону
2011

Энергокинематический расчет привода автоматизированным методом : учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы / Г.И. Рассохин, Я.Е. Гладышев, А.Н. Чукарин, Ю.А. Проскорякова ; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2011. – 18 с.: ил. Библиогр. : 8 назв.

Учебно-методическое пособие содержит основные принципы и методику расчета энергетических и кинематических параметров механических приводов. Рассмотрен автоматизированный метод проектирования, применение которого возможно для экспрессных и вариационных расчетов. Приведены примеры реализации метода.

Предназначено для студентов всех форм обучения инженерных специальностей, выполняющих курсовую работу, курсовой проект по дисциплине «Детали машин и основы конструирования».

Одобрено к изданию кафедрой «Основы проектирования машин».

Рецензент д-р техн. наук, проф. Н.И. Бойко (РГУПС)

Учебное издание

Рассохин Геннадий Иванович
Гладышев Ян Евгеньевич
Чукарин Александр Николаевич
Проскорякова Юлия Анатольевна

**ЭНЕРГОКИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА
АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ МЕТОДОМ**

Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы

Редактор Т.И. Исаева
Техническое редактирование и корректура Т.И. Исаевой

Подписано в печать 29.12.2011. Формат 60×84/16
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 1,16.
Уч.-изд. л. 1,11. Тираж 126 экз. Изд. № 80. Заказ № 6689.

Ростовский государственный университет путей сообщения
Ризография РГУПС

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. вм. Ростовского Стрелкового
Полка Народного Ополчения, 2

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

В реальном проектировании электромеханических приводов часто возникают задачи оптимизации их эксплуатационных и конструктивных параметров при сохранении заданных силовых и скоростных характеристик исполнительных механизмов. Например, для летательных аппаратов и автомобилей необходимо минимизировать массу и габаритные размеры привода, для стационарного оборудования сельхозпроизводства более предпочтительны минимальные стоимость и энергоёмкость. Решение таких задач связано с выполнением большого объема экспрессных вариационных вычислений, сопровождающихся перебором множества вариантов кинематических схем и компоновки каждого привода. Традиционные методики здесь непригодны, т. к. они требуют большого объема рутинных вычислений. Это обстоятельство, а также обычно сжатые сроки реального проектирования требуют применения автоматизированного метода энергокинематического расчета электромеханических приводов.

В учебном процессе могут встречаться различные виды заданий, но при этом любое задание должно содержать определенный набор силовых, скоростных и конструктивных параметров исполнительного механизма, на которые должен быть ориентирован расчет. Типы заданий:

- провести экспрессный энергокинематический расчет по одному из вариантов кинематической схемы привода;
- провести расчеты нескольких вариантов привода, отличающихся заранее заданными кинематическими схемами, для одного и того же исполнительного механизма. При этом подобрать конкретные стандартные или нестандартизированные типоразмеры элементов привода (электродвигателей, редукторов, муфт и пр.) для каждого варианта кинематической схемы. Определить значения одного или нескольких параметров оптимизации (материалоемкость, габаритные размеры, энергоёмкость, стоимость) каждого варианта. Сделать выбор оптимального варианта привода;
- руководствуясь заданным набором элементов для компоновки привода, самостоятельно разработать варианты кинематических схем. Набор элементов может включать: электродвигатели асинхронные; муфты упругие втулочно-пальцевые ГОСТ 21424-93; муфты подвижные зубчатые ГОСТ 5006-94; передачи открытые: клиноременные; зубчатые цилиндрические, конические; цепные; редукторы: одноступенчатые и двухступенчатые цилиндрические; одноступенчатые конические, коническо-цилиндрические, червячные. Далее путем многоэтапных расчетов определить кинематическую схему и комплектацию привода, оптимального по одному из критериев: материалоемкости, габаритным размерам, энергоёмкости, стоимости.

2 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА И ВЫВОДА ТЕКСТОВЫХ ПОЯСНЕНИЙ

За основу расчета принята методика, ранее разработанная на кафедре ДМ и ОК РГУПС [1].

2.1 Определение скорости вращения приводного вала исполнительного механизма

Скорость вращения вала исполнительного механизма n_n в задании на курсовое проектирование отсутствует, поэтому его значение находим, используя другие известные параметры.

Варианты расчета:

$$1 \quad n_n = 30 \cdot \omega_n / \pi, \text{ об/мин,}$$

где ω_n , рад/с – угловая скорость вращения вала исполнительного механизма.

$$2 \quad n_n = 60 \cdot 1000 \cdot V / (\pi \cdot D), \text{ об/мин,}$$

где V – скорость поступательного перемещения рабочего органа, м/с; D , мм – характерный диаметр приводного элемента в конструкции исполнительного механизма, преобразующего вращательное движение в поступательное.

3 Вначале определим характерный диаметр приводной звездочки D_n , мм:

$$D_n = p / \sin(180^\circ / Z),$$

где Z – число зубьев приводной звездочки; p – шаг тяговой цепи, мм.

Далее определяем параметр n_n по формуле:

$$n_n = 60 \cdot 1000 \cdot V / (\pi \cdot D), \text{ об/мин,}$$

где V – скорость поступательного перемещения рабочего органа, м/с.

$$4 \quad n_n = 60 \cdot 1000 \cdot V / P_n, \text{ об/мин,}$$

где V – скорость осевого перемещения винта, м/с; P_n – ход винта, мм, определяем из обозначения резьбы.

2.2 Определение требуемой скорости вращения вала электродвигателя

Для начала используем средние значения передаточных чисел u_{cp} отдельных передач, чтобы иметь возможность их корректировки как в сторону увеличения, так и уменьшения, при окончательном выборе частоты вращения вала электродвигателя:

$$u_{cpn} = u_{cp1} \cdot u_{cp2} \cdot \dots \cdot u_{cpn}$$

где u_{cp1} ; u_{cp2} ; ...; u_{cpn} – передаточные числа отдельных передач.

В соответствии с параметром u_{cpn} определим необходимую частоту вращения вала электродвигателя:

$$n_{дв} = u_{cpn} \cdot n_n, \text{ об/мин.}$$

В случае червячного редуктора параметр $n_{дв}$ определяется для каждого значения числа заходов червяка Z_1 :

$$n_{дв} = u_{cpn} \cdot n_n = \dots \text{ для } Z_1 = 1;$$

$$n_{дв} = u_{cpn} \cdot n_n = \dots \text{ для } Z_1 = 2;$$

$$n_{дв} = u_{cpn} \cdot n_n = \dots \text{ для } Z_1 = 4.$$

Назначается наиболее возможное значение синхронной частоты двигателя, так как масса двигателей существенно зависит от частоты вращения (чем выше частота, тем меньше масса). Кроме того, повышенная частота вращения валов привода при постоянном значении передаваемой мощности снижает крутящие моменты, от которых зависят диаметры валов и габариты передач. Чем выше частота вращения, тем меньше габариты двигателя, передач и привода в целом.

2.3 Определение требуемой мощности электродвигателя

Мощность электродвигателя зависит от требуемой мощности, развиваемой на приводном валу исполнительного механизма, и потерь мощности в приводе, т. е. от его КПД. Вычислим мощность на валу исполнительного механизма P_n :

Варианты расчета:

$$1 \quad P_n = T_n \cdot \omega_n, \text{ кВт,}$$

где T_n , кН·м – вращающий момент; ω_n – угловая скорость на приводном валу исполнительного механизма.

$$2 \quad P_n = V \cdot F, \text{ кВт,}$$

где V , м/с – линейная скорость тягового органа; F , кН – сила, необходимая для приведения в движение тягового органа.

3 Предварительно определим силу F , необходимую для приведения в движение тягового органа, по формуле:

$$F = 2 \cdot T_n / d_n, \text{ кН,}$$

где d_n , мм – диаметр приводного элемента.

Затем определяем параметр P_n : $P_n = V \cdot F$, кВт.

Далее определяется коэффициент полезного действия (КПД) привода η . В свою очередь он зависит от КПД отдельных конструктивных элементов:

$$\eta = \eta_m \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_i \cdot \eta_{nk}^n,$$

где η_m – КПД муфты; η_i – КПД i -той передачи привода; η_{nk} – КПД одной пары подшипников качения; n – число пар подшипников.

Требуемая мощность электродвигателя:

$$P_{дв} = P_n / \eta, \text{ кВт.} \quad (1)$$

Выбор двигателя проводится в соответствии с ранее назначенной синхронной частотой. При этом его мощность должна быть наиболее близка к параметру $P_{дв}$, но не менее его значения. Далее указываются обозначение и мощность выбранного двигателя. Например: Двигатель 100L2/2850 ГОСТ 19523-81, $P = 5,50$ кВт.

2.4 Корректировка передаточных чисел привода

2.4.1 Расчетное передаточное число привода:

$$u_{рп} = n_{дв} / n_{из}$$

где $n_{дв}$ – частота вращения вала электродвигателя, об/мин.

2.4.2 Параметр корректировки Π_k :

$$\Pi_k = u_{рп} / u_{срп}$$

2.4.3 Принимаем решение о корректировке передаточного числа $u_{срп} = \dots$ (указать редуктор или передачу). Находим новое передаточное число (редуктора или передачи) u_i :

$$u_i = u_{срп} \cdot \Pi_k$$

2.4.4 Если привод включает в себя двухступенчатый цилиндрический редуктор с передаточным числом u_p , следует определить передаточные числа его ступеней:

$$u_p = u_6 \cdot u_7$$

где u_6, u_7 – передаточное число быстроходной и тихоходной ступени соответственно.

Варианты расчета:

- если имеет место развернутая схема передач редуктора:

$$u_r = 0,88 \cdot u_p^{0,5}, \quad u_6 = u_p / u_7$$

- если имеет место соосная схема передач редуктора:

$$u_r = 0,95 \cdot u_p^{0,5}, \quad u_6 = u_p / u_7$$

2.4.5 Расчетные значения передаточных чисел всех передач привода, открытых и в составе редуктора, округляют до двух знаков после запятой и представляют в виде таблицы 1:

Таблица 1

Расчетные значения передаточных чисел

| Наименование передачи | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-----|-------|
| Обозначение | u_1 | u_2 | u_3 | ... | u_i |
| Значение u | | | | | |

Последовательность передач в таблице слева направо соответствует их последовательности на кинематической схеме задания от двигателя к исполнительному механизму.

2.4.6 Фактическое значение передаточного числа привода:

$$u_{фп} = u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_i$$

2.4.7 Определим отклонение $\Delta\delta$ нормативной скорости вращения приводного вала исполнительного механизма от фактического значения этой скорости путем сравнения соответствующих передаточных чисел:

$$\Delta\delta = 100 \cdot |u_{рп} - u_{фп}| / u_{рп}, \%$$

Сравнить отклонение $\Delta\delta$ с допускаемым отклонением скоростного параметра $\Delta\omega$ или ΔV , указанным в задании на проектирование, и сделать вывод о соблюдении этого норматива. Если параметр ΔV или $\Delta\omega$ окажется меньше отклонения $\Delta\delta$, следует скорректировать передаточное число одного из элементов привода на величину $\Delta\delta$ в нужную сторону (увеличить или уменьшить).

2.5 Определение кинематических и силовых параметров на валах привода

2.5.1 Частоты вращения валов, n , об/мин:

- во всех случаях $n_1 = n_{дв}$, т. к. первый вал является валом двигателя;

- если на валу двигателя закреплена муфта:

$$n_{II} = n_1; \quad n_{III} = n_1 / u_2; \quad n_{IV} = n_1 / u_3 \text{ и т. д.};$$

- если на валу двигателя закреплена шестерня, звездочка или шкив:

$$n_{II} = n_1 / u_1; \quad n_{III} = n_1 / u_2; \quad n_{IV} = n_1 / u_3 \text{ и т. д.},$$

где $n_{дв}$ – частота вращения вала двигателя; $n_1, n_{II}, n_{III}, n_{IV}$ – частоты вращения валов в последовательности от двигателя к исполнительному механизму; u_1, u_2, u_3 – передаточные числа передач, в том числе в конструкции редуктора, в последовательности от двигателя к исполнительному механизму.

2.5.2 Угловые скорости ω , валов:

$$\omega_1 = \pi \cdot n_1 / 30; \quad \omega_{II} = \pi \cdot n_{II} / 30; \quad \omega_{III} = \pi \cdot n_{III} / 30; \quad \omega_{IV} = \pi \cdot n_{IV} / 30 \text{ рад/с},$$

где $\omega_1, \omega_{II}, \omega_{III}, \omega_{IV} \dots$ – угловые скорости вращения валов в последовательности от двигателя к исполнительному механизму.

2.5.3 В таблице 2 должны быть указаны конструктивные элементы привода (подшипники, муфты, передачи), влияющие на потери мощности на каждом участке между валами.

Таблица 2

| Номера валов, обозначающие участок потерь мощности | Наименования конструктивных элементов, влияющих на потери мощности |
|--|--|
| I–II | |
| II–III | |
| III–IV и т. д. | |

2.5.4 Мощности, P , кВт, подводимые к каждому валу:

$$P_I = P_{дв}, \quad P_{II} = P_I \cdot \eta_{I-II}, \quad P_{III} = P_{II} \cdot \eta_{II-III},$$

$$P_{IV} = P_{III} \cdot \eta_{III-IV}, \quad P_V = P_{IV} \cdot \eta_{IV-V},$$

где $P_I, P_{II}, P_{III}, P_{IV}, P_V$ – мощность, подводимая к первому, второму, третьему и т. д. валу соответственно; $P_{дв}$ – требуемая (расчитанная по формуле (1)) мощность двигателя; η_{I-II} – произведение КПД элементов, расположенных от первого до второго вала, η_{II-III} – произведение КПД элементов, расположенных от второго до третьего вала и т. д. Значения КПД конструктивных элементов соответствуют ранее принятым в подразделе 2.3.

2.5.5 Вращающие моменты T_i на валах:

$$T_I = 1000 \cdot P_I / \omega_I, \quad T_{II} = 1000 \cdot P_{II} / \omega_{II}, \quad T_{III} = 1000 \cdot P_{III} / \omega_{III} \text{ и т. д.}$$

Если планируемый срок эксплуатации привода в часах L_h в задании на проектирование отсутствует, его определяют по формуле:

$$L_h = 2817 \cdot L_T, \text{ ч.}$$

где L_T – срок службы привода в годах, в соответствии с заданием.

2.5.6 Число циклов нагружения $N_{НИЗ}$ валов привода в течение срока эксплуатации:

$$N_{НИЗ} = L_h \cdot 60 \cdot n_I, \quad N_{НИП} = L_h \cdot 60 \cdot n_{II}, \quad N_{НИШ} = L_h \cdot 60 \cdot n_{III} \text{ и т. д.}$$

Результаты расчетов по разделу 3 сводим в таблицу 3.

Таблица 3

Основные кинематические и силовые параметры привода

| Номер вала | n_i , об/мин | ω_i , 1/с | T_i , Н·м | P_i , кВт | $N_{НИЗ}$ |
|------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------|-----------|
| I | | | | | |
| II | | | | | |
| III | | | | | |
| и т. д. | | | | | |

(В таблице i – номер вала.)

3 МЕТОДИКА ОТДЕЛЬНОГО ЭТАПА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА

Перед входом в программу открыть файл «Таблица Исходные данные.doc». Заполнить исходные данные задания на проектирование в табличном виде, согласовать с преподавателем, сохранить и закрыть файл «Таблица Исходные данные.doc». Если какой-либо параметр в задании отсутствует, в таблице ставится прочерк. Словесные данные вводить строчными буквами с начала строки. Таблица 4 содержит пример формирования таких данных о приводе, кинематическая схема которого изображена на рисунке 1.

Далее открыть файл (рис. 2) и в открывшемся окне нажать кнопку «Проект». В результате исходные данные из ранее заполненной таблицы импортируются в программу. Появившаяся анимация (рис. 3) свидетельствует о том, что началась работа программы. Дальнейший расчет реализуется в диалоговом режиме. Результаты работы программы в виде документа Word, имеющего название «Кинематический расчет.doc», выводятся на экран монитора.

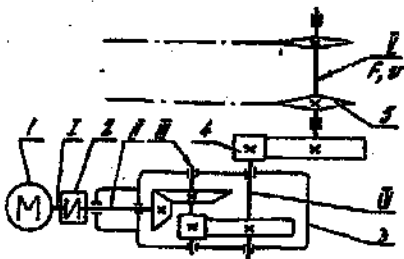


Рис. 1. Кинематическая схема привода:
1 – электродвигатель; 2 – муфта упругая; 3 – редуктор коническо-цилиндрический; 4 – передача зубчатая; 5 – приводной вал исполнительного механизма

Таблица 4

Исходные данные

| № | Показатель | Значение |
|----|--|--------------------------|
| 1 | Угловая скорость приводного вала ω , рад/с | - |
| 2 | Скорость перемещения рабочего органа V , м/с | 0,4 |
| 3 | Характерный диаметр приводного элемента, преобразующего вращательное движение в поступательное, D , мм | - |
| 4 | Шаг тяговой цепи p , мм | 90 |
| 5 | Число зубьев приводной звездочки, Z | 14 |
| 6 | Ход винта P_s , мм | - |
| 7 | Вращающий момент на приводном валу T , кН·м | - |
| 8 | Мощность на приводном валу P_s , кВт | - |
| 9 | Сила, необходимая для перемещения грузов, F , кН | 20 |
| 10 | Характерный диаметр ролика или звездочки D_1 , мм | - |
| 11 | Планируемый срок службы привода в часах, L_h | - |
| 12 | Планируемый срок службы привода в годах, L_T | 6 |
| 13 | Коэффициент сменности, $K_{см}$ | - |
| 14 | Коэффициент использования привода в течение суток, $K_{сут}$ | - |
| 15 | Коэффициент использования привода в течение смены, $K_{св}$ | - |
| 16 | Допускаемое отклонение заданного скоростного параметра исполнительного механизма, % | 5 |
| 17 | Вид открытой передачи | цилиндрическая |
| 18 | Передаточное число открытой передачи | - |
| 19 | Вид редуктора | коническо-цилиндрической |
| 20 | Передаточное число редуктора | - |
| 21 | Количество элементов, на которых теряется мощность (все подшипники – один элемент) | 5 |
| 22 | Количество ступеней редуктора | 2 |
| 23 | Схема расположения валов редуктора | развернутая |
| 24 | Количество валов, включая вал электродвигателя и входной вал исполнительного механизма | 5 |
| 25 | Наличие муфты на валу электродвигателя | да |
| 26 | Наличие муфты на входном валу исполнительного механизма | нет |



Рис. 2. Логотип файла импортирования



Рис. 3. Анимация работы программы

4 ПРИМЕРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА, ВКЛЮЧАЯ ДИАЛогоВЫЕ ОКНА И ТЕКСТОВУЮ ЧАСТЬ НА ЭКРАНЕ МОНИТОРА

4.1 Энергокинематический расчет привода к смесителю для приготовления мастика

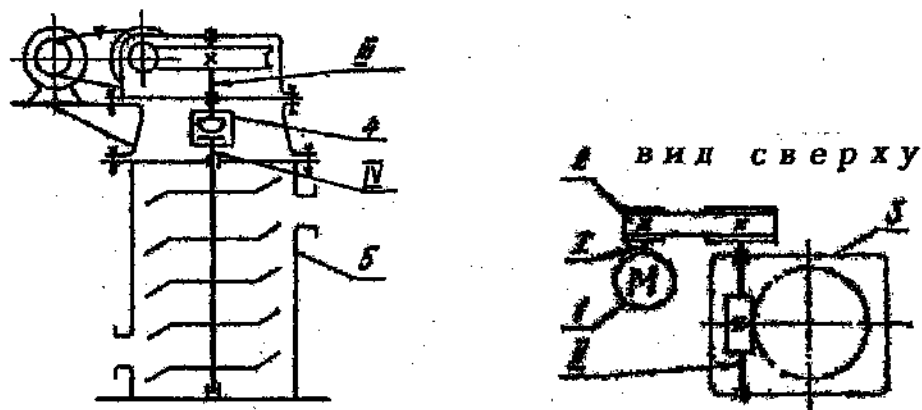


Рис. 4. Кинематическая схема:

1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – редуктор червячный; 4 – муфта компенсирующая; 5 – смеситель

4.1.1 Исходные данные для расчёта энергокинематических показателей привода

| № | Показатель | Значение |
|----|--|---------------|
| 1 | Угловая скорость ω , рад/с | 3,0 |
| 2 | Мощность на валу исполнительного механизма, кВт | 3,6 |
| 3 | Название открытой передачи | клиноременная |
| 4 | Передаточное число открытой передачи | 3,5 |
| 5 | Название редуктора | червячный |
| 6 | Количество элементов схемы, на которых теряется мощность | 4 |
| 7 | Количество ступеней редуктора | 1 |
| 8 | Тип схемы редуктора | - |
| 9 | Количество валов | 4 |
| 10 | Наличие муфты на валу электродвигателя | нет |
| 11 | Наличие муфты на входном валу исполнительного механизма | да |
| 12 | Планируемый срок службы привода в годах | 5 |
| 13 | Допускаемое отклонение скорости, % | 5 |

4.1.2 Определение скорости вращения входного вала исполнительного механизма

$$n_n = 30 \cdot \omega_n / \pi,$$

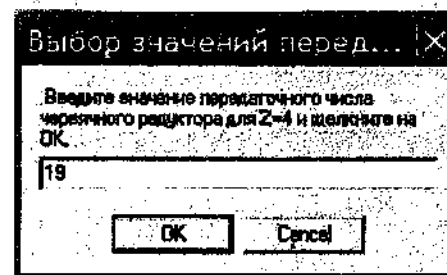
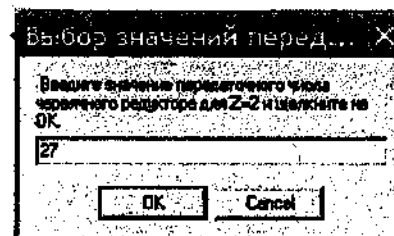
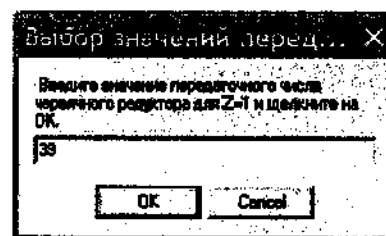
где ω_n – угловая скорость исполнительного механизма;

$$n_n = (30 \cdot 3,0) / 3,14 = 28,66 \text{ об/мин.}$$

4.1.3 Выбор электродвигателя и определение передаточных чисел привода

4.1.3.1 Определение требуемой скорости вращения вала электродвигателя

Передаточное число привода в целом: $u_{срл} = u_{ср1} \cdot u_{ср2}$, где $u_{ср1} = 3,5$ из табл. 1 настоящего пособия.



Рассматриваем все передаточные числа в зависимости от числа заходов червяка Z_1 :

$$Z_1 = 1, u_{ср2} = 39, u_{срл} = 3,5 \cdot 39 = 136,5;$$

$$Z_1 = 2, u_{ср2} = 27, u_{срл} = 3,5 \cdot 27 = 94,5;$$

$$Z_1 = 4, u_{ср2} = 19, u_{срл} = 3,5 \cdot 19 = 66,5.$$

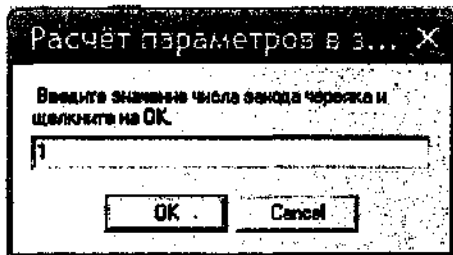
Необходимая частота вращения вала электродвигателя:

$$n_{дв} = u_{срл} \cdot n_n;$$

$$n_{дв} = 136,5 \cdot 28,66 = 3912,09 \text{ об/мин (для } Z_1 = 1);$$

$$n_{дв} = 94,5 \cdot 28,66 = 2708,37 \text{ об/мин (для } Z_1 = 2);$$

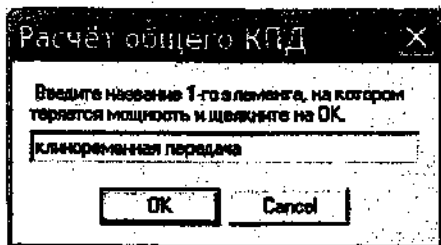
$$n_{дв} = 66,5 \cdot 28,66 = 1905,9 \text{ об/мин (для } Z_1 = 4).$$



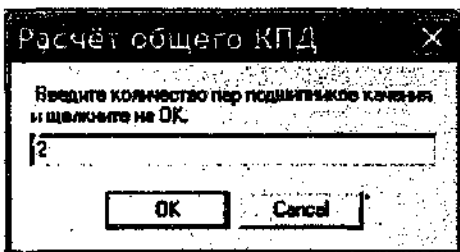
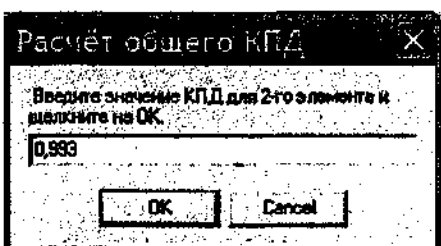
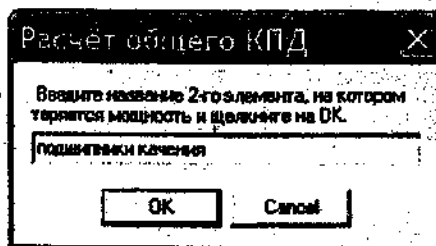
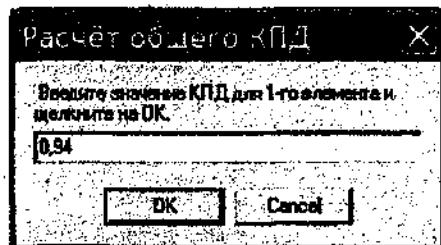
Принимаем значение $n_{дв} = 3912,09$ об/мин, соответствующее передаточному числу червячного редуктора $u_{чр2} = 39$ при заходе червяка $Z_1 = 1$ и передаточному числу привода $u_{прв} = 136,5$.

4.1.3.2 Определение требуемой мощности электродвигателя

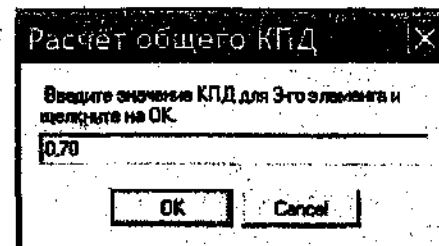
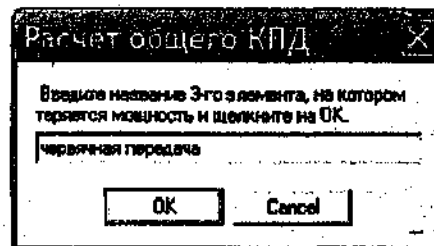
Мощность на валу исполнительного механизма: $P_n = 3,6$ кВт.



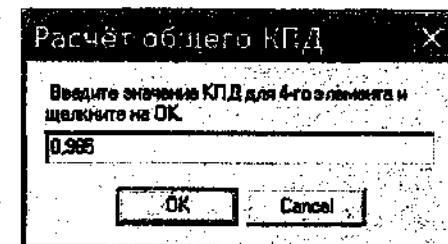
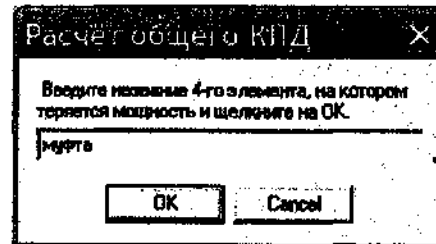
$\eta_1 = 0,94$ – КПД клиноременной передачи;



$\eta_2 = 0,993$ – КПД подшипников качения;



$\eta_3 = 0,7$ – КПД червячного редуктора;



$\eta_4 = 0,985$ – КПД муфты; $n = 2$ – количество пар подшипников качения.

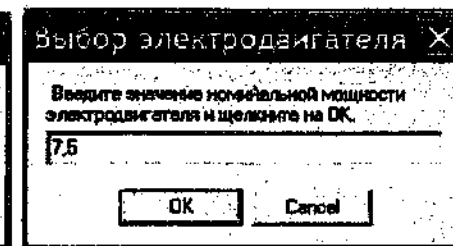
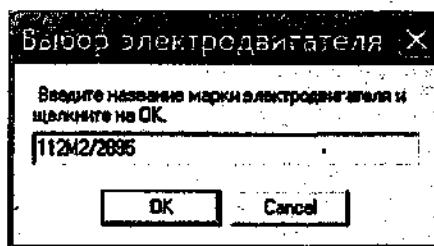
$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2^n \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 = 0,94 \cdot 0,993^2 \cdot 0,7 \cdot 0,985 = 0,639.$$

Тогда требуемая мощность электродвигателя будет равна:

$$P_{дв} = P_n / \eta,$$

где P_n – мощность на валу исполнительного механизма; η – коэффициент полезного действия (КПД) привода.

$$P_{дв} = 3,6 / 0,639 = 5,634 \text{ кВт.}$$



Выбираем марку электродвигателя: 112M2/2895 УЗ ГОСТ 19523-81. Частота вращения $n_{дв} = 2895$ об/мин, мощность $P = 7,5$ кВт.

4.1.3.3 Корректировка передаточных чисел привода

$$u_{прв} = n_{дв} / n_{нв}$$

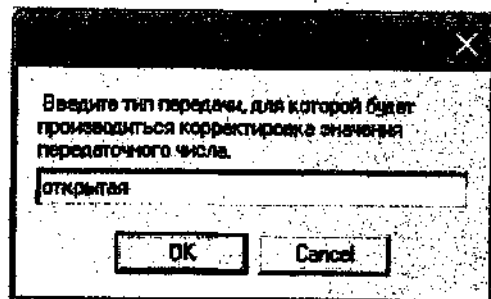
где $n_{дв}$ – частота вращения вала электродвигателя, об/мин;

$$u_{рп} = 2895/28,66 = 101.$$

Определим параметр корректировки Π_k :

$$\Pi_k = u_{рп} / u_{срп};$$

$$\Pi_k = 101/136,5 = 0,74.$$



Принимаем решение о корректировке передаточного числа – $u_{срп} = 3,5$ – клиноременной передачи. Новое передаточное число передачи:

$$u_1 = u_{срп} \cdot \Pi_k = 3,5 \cdot 0,74 = 2,59.$$

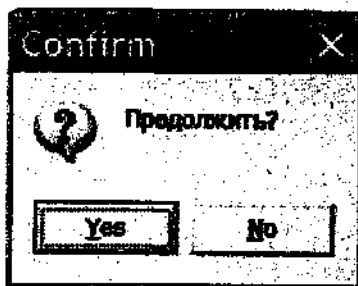
Фактическое значение передаточного числа привода

$$u_{фак} = u_1 \cdot u_2 = 2,59 \cdot 39 = 101.$$

Отклонение нормативной скорости вращения приводного вала исполнительного механизма от фактического значения:

$$\Delta\delta = 100 \cdot |u_{рп} - u_{фак}| / u_{рп}.$$

$$\Delta\delta = 100 \cdot |101 - 101| / 101 = 0\%.$$



Если будет нажата кнопка «No», то программа возвращается к предыдущему окну и пользователь принимает решение о корректировке передаточного числа редуктора. В этом случае он вводит в окно слово «закрытая».

В рассматриваемом случае величина отклонения $\Delta\delta = 0\%$, а допустимое отклонение угловой скорости $\Delta\omega = 5\%$. Следовательно, отклонение нормативной скорости вращения выходного вала привода находится в пределах допустимого отклонения.

4.1.4 Определение кинематических и силовых параметров привода

$$n_I = 2895,00 \text{ об/мин};$$

$$n_{II} = n_I / u_1;$$

$$n_{II} = 2895,00 / 2,59 = 1117,80 \text{ об/мин};$$

$$n_{III} = n_{II} / u_2;$$

$$n_{III} = 1117,80 / 39 = 28,66 \text{ об/мин};$$

$$n_{IV} = n_{III} = 28,66 \text{ об/мин}.$$

Расчет угловых скоростей

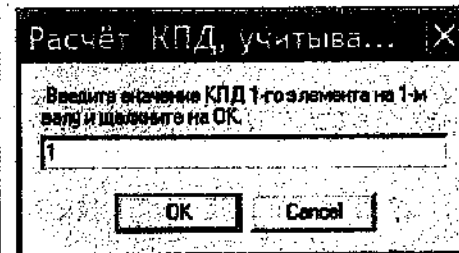
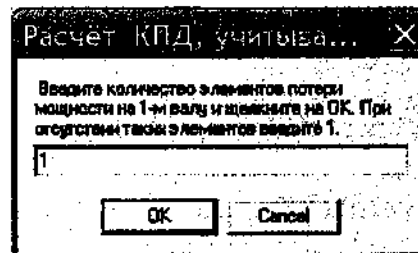
$$\omega_I = \pi \cdot n_I / 30 = (3,14 \cdot 2895,00) / 30 = 303,01 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{II} = \pi \cdot n_{II} / 30 = (3,14 \cdot 1117,80) / 30 = 116,99 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{III} = \pi \cdot n_{III} / 30 = (3,14 \cdot 28,66) / 30 = 3,00 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{IV} = \pi \cdot n_{IV} / 30 = (3,14 \cdot 28,66) / 30 = 3,00 \text{ рад/с}.$$

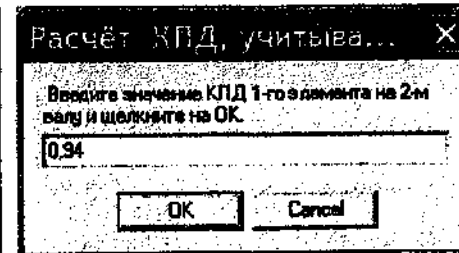
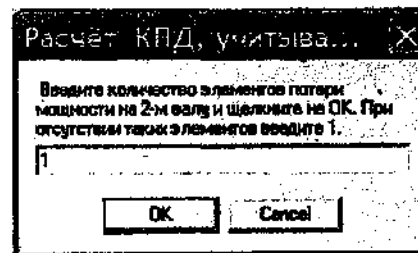
Расчет потерь мощности



$$\eta_I = 1,000 = 1,000;$$

$$P_I = P_{дв} \cdot \eta_I = 5,634 \cdot 1,000 = 5,634 \text{ кВт};$$

$$T_I = 1000 \cdot P_I / \omega_I = (1000 \cdot 5,634) / 303,01 = 18,59 \text{ Н·м}.$$



$$\eta_{II} = 0,940 = 0,940;$$

$$P_{II} = P_I \cdot \eta_{II} = 5,634 \cdot 0,940 = 5,296 \text{ кВт};$$

$$T_{II} = 1000 \cdot P_{II} / \omega_{II} = (1000 \cdot 5,296) / 116,99 = 45,26 \text{ Н·м}.$$

Расчёт КПД, учитываяа... X

Введите количество элементов потери мощности на 3-м валу и щелкните на ОК. При отсутствии таких элементов введите 1.

2

OK Cancel

Расчёт КПД, учитываяа... X

Введите значение КПД 1-го элемента на 3-м валу и щелкните на ОК.

0,70

OK Cancel

Расчёт КПД, учитываяа... X

Введите значение КПД 2-го элемента на 3-м валу и щелкните на ОК.

0,993

OK Cancel

Расчёт КПД, учитываяа... X

Введите количество пар подшипников качения на 3-м валу и щелкните на ОК.

1

OK Cancel

$$\eta_{III} = 0,700 \cdot 0,993^1 = 0,695; P_{III} = P_{II} \cdot \eta_{III} = 5,296 \cdot 0,695 = 3,681 \text{ кВт};$$

$$T_{III} = 1000 \cdot P_{III} / \omega_{III} = (1000 \cdot 3,681) / 3,00 = 1227 \text{ Н·м.}$$

Расчёт КПД, учитываяа... X

Введите количество элементов потери мощности на 4-м валу и щелкните на ОК. При отсутствии таких элементов введите 1.

2

OK Cancel

Расчёт КПД, учитываяа... X

Введите значение КПД 1-го элемента на 4-м валу и щелкните на ОК.

0,993

OK Cancel

Расчёт КПД, учитываяа... X

Введите количество пар подшипников качения на 4-м валу и щелкните на ОК.

1

OK Cancel

Расчёт КПД, учитываяа... X

Введите значение КПД 2-го элемента на 4-м валу и щелкните на ОК.

0,985

OK Cancel

$$P_{IV} = 0,993^1 \cdot 0,985 = 0,978; P_{IV} = P_{III} \cdot \eta_{IV} = 3,681 \cdot 0,978 = 3,6 \text{ кВт};$$

$$T_{IV} = 1000 \cdot P_{IV} / \omega_{IV} = (1000 \cdot 3,6) / 3,00 = 1200,00 \text{ Н·м.}$$

Планируемый срок службы привода в часах

$L_r = 5$ – срок службы привода в годах, в соответствии с заданием;

$$L_h = 2817 \cdot L_r = 2817 \cdot 5 = 14\,085 \text{ часов.}$$

Расчет числа циклов нагружения валов привода

$$N_{HEI} = L_h \cdot 60 \cdot n_1 = 14085 \cdot 60 \cdot 2\,895,00 = 2\,446\,564\,500;$$

$$N_{HEII} = L_h \cdot 60 \cdot n_{II} = 14085 \cdot 60 \cdot 1117,80 = 944\,619\,498;$$

$$N_{HEIII} = L_h \cdot 60 \cdot n_{III} = 14085 \cdot 60 \cdot 28,66 = 24\,221\,013;$$

$$N_{HEIV} = L_h \cdot 60 \cdot n_{IV} = 14085 \cdot 60 \cdot 28,66 = 24\,221\,013.$$

Таблица 5

Основные кинематические и силовые параметры привода

| Порядковый номер вала | n_i об/мин | ω_i рад/с | T_i Н·м | P_i кВт | N_{HEi} |
|-----------------------|--------------|------------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 2895,00 | 303,01 | 18,59 | 5,634 | 2446564500 |
| 2 | 1117,80 | 116,99 | 45,26 | 5,296 | 944619498 |
| 3 | 28,66 | 3,00 | 1227,0 | 3,681 | 24221013 |
| 4 | 28,66 | 3,00 | 1200,0 | 3,600 | 24221013 |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Елманов, И.М. Выбор электродвигателя и расчет основных кинематических и силовых параметров привода / И.М. Елманов, Э.С. Бутов, Н.Д. Игнатов : методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Детали машин и основы конструирования». Ч. 1. – Ростов н/Д : Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2003. – 24 с.

2 Чернилевский, Д.В. Курсовое проектирование деталей машин и механизмов / Д.В. Чернилевский. – М. : Высшая школа, 2005. – 425 с.

3 Расчет и проектирование деталей машин / А.А. Андросов [и др.] ; под ред. А.А. Андросова. – Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 285 с.

4 Курмаз, Л.В. Детали машин Проектирование / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда. – М. : Высшая школа, 2004. – 309 с.

5 Детали машин / В.А. Вагнер [и др.] ; под ред. В.А. Вагнера. – Барнаул : Алтай, 2007. – 477 с.

6 Майба, И.А. Автоматизация инженерно-графических работ. Ч. 2. Автоматизированный расчет и проектирование механического оборудования в среде АРМ WinMachine / И.А. Майба – Ростов н/Д : Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2001. – 132 с.

7 Детали машин [Электронный ресурс] / Н.М. Башкирова [и др.] – Ростов н/Д : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2002. – 1 электрон. опт. диск (CD).

8 Рассохин, Г.И. Автоматизированный расчет энергокинематических параметров электромеханических приводов [Электронный ресурс] / Г.И. Рассохин, Я.Е. Гладышев – Ростов н/Д : Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD).

ФГБОУ ВПО
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
Научно-техническая библиотека

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВодОВ | 3 |
| 2 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА И ВЫВОДА ТЕКСТОВЫХ ПОЯСНЕНИЙ | 4 |
| 2.1 Определение скорости вращения приводного вала исполнительного механизма | 4 |
| 2.2 Определение требуемой скорости вращения вала электродвигателя | 4 |
| 2.3 Определение требуемой мощности электродвигателя | 5 |
| 2.4 Корректировка передаточных чисел привода | 6 |
| 2.5 Определение кинематических и силовых параметров на валах привода | 7 |
| 3 МЕТОДИКА ОТДЕЛЬНОГО ЭТАПА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА | 8 |
| 4 ПРИМЕРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА, ВКЛЮЧАЯ ДИАЛОГОВЫЕ ОКНА И ТЕКСТОВУЮ ЧАСТЬ НА ЭКРАНЕ МОНИТОРА | 10 |
| 4.1 Энергокинематический расчет привода к смесителю для приготовления мастики | 10 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 17 |