

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СТАНКИ С ЧПУ И ОБОРУДОВАНИЕ ГПС. СТАНКИ-АВТОМАТЫ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

Методические указания
к выполнению практических занятий и РГЗ
по дисциплинам
для студентов направления 15.03.05.
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
очной формы обучения



Севастополь
СевГУ
2018

УДК 621.9.06.(075.8)

Р е ц е н з е н т:

С.М. Братан - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ТМ

Составители: Е.А. Левченко

Станки с ЧПУ и оборудование ГПС. Станки-автоматы и автоматические линии: метод. указания по дисциплинам / Сост. Н.И. Покинтеля, Е.А. Левченко. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 42 с.

Настоящие методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практических работ. В методических указаниях изложена методика выполнения практических работ, рассмотрены вопросы проектирования технологического оборудования. Приведена методика расчета с использованием современных технологий.

УДК 621.9.06.(075.8)

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Технология машиностроения», протокол № 8 от 07 марта 2017 г.

Допущено учебно-методическим отделом Политехнического института СевГУ в качестве методических указаний.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Цель и сроки расчетно-графического задания	4
2. Объем и содержание расчетно-графического задания	4
3. Основные этапы проектирования	5
3.1. Проработка исходных данных задания.....	5
3.2. Проектирование привода главного движения.....	8
3.2.1. Привод главного движения со ступенчатым регулированием.	8
3.2.2. Привод главного движения с бесступенчатым регулированием.....	18
3.2.3. Выбор электродвигателя для привода главного движения	21
3.2.4. Определение нагрузок на привод.....	22
3.2.5. Выбор электромагнитных муфт	23
3.2.6. Состав РГЗ по приводу главного движения	25
3.3. Проектирование привода подачи.....	26
3.3.1. Определение составляющих силы резания	27
3.3.2. Кинематический расчет привода.....	27
3.3.2. Выбор и расчет направляющих	27
3.3.4. Расчет и выбор ШВП.....	28
3.3.5. Расчет редуктора	28
3.3.6. Выбор регулируемого двигателя привода подачи, ДОС и соединительных муфт	28
3.3.7. Структура и содержание РГЗ (по приводу подачи).....	28
Библиографический список.....	30
Приложение А. Нормальные ряды чисел.....	31
Приложение Б. Основные технические характеристики и размеры электродвигателей, применяемых в приводе главного движения.....	32
Приложение В. Основные технические характеристики и размеры бесконтактных электромагнитных муфт.....	40

ВВЕДЕНИЕ

Роль современного станкостроения является определяющей в создании автоматизированного технологического оборудования и гибких производственных комплексов.

Проектирование современных металлорежущих станков – это сложная инженерная задача, которая решается совместными усилиями многих специалистов с привлечением средств вычислительной техники и систем автоматизированного проектирования.

Круг вопросов, решаемых студентами в процессе расчетно-графического задания станков, отражает специфику учебного проекта. Однако принимаемые решения в рамках творческого поиска оптимального варианта проектируемого узла должны быть подчинены главной цели разработке прогрессивной конструкции станка.

1. ЦЕЛЬ И СРОКИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Цель расчетно-графического задания - систематизация и закрепление теоретических знаний студентов, развитие умения принимать самостоятельные технические решения, совершенствование расчетно-графических навыков, а также умения работать с научно-технической и учебно-методической литературой, вычислительной техникой.

Расчетно-графическое задание выполняется студентами направления 15.03.05. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в течение одного семестра в рамках рабочих программ дисциплин «Станки с ЧПУ и оборудование ГПС», «Станки-автоматы и АЛ» и других дисциплин по металлорежущим станкам в соответствии с учебными планами.

2. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Расчетно-графическое задание состоит из графической части в объеме 3 - 3,5 листов формата А1 (594×841 мм) и 30 - 40 страниц (А4) расчетно-пояснительной записки, в начале которой помещают титульный лист, задание на РГЗ и содержание, а в конце – список литературы и приложение. Расчетно-графическое задание предусматривает выбор в соответствии с заданием базового варианта современного станка с ЧПУ, подробное изучение его кинематики, системы управления, а также конструкции, и разработку одного из важнейших узлов этого станка – либо привода главного движения, либо привода подачи.

3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. Проработка исходных данных задания

Задания на расчетно-графическое задание выдаются на кафедре «Технология машиностроения». Для студентов дневного обучения номера вариантов определяются руководителем проекта, а для студентов заочной формы обучения – по двум последним цифрам номера зачетной книжки, либо руководителем проекта.

Первой важной характеристикой станка является его компоновка, которая представляется в виде блочной структуры, состоящей из одного стационарного и несколько подвижных блоков, разделенных линейными и круговыми направляющими. Каждый блок выполняет движение только по одной координате. Запись компоновок в задании выполнено в виде компоновочных формул, в которых блоки компоновки обозначены в соответствии с их координатными движениями, а порядок записи блоков в компоновочной формуле показывает последовательность их сопряжения, причем крайним слева записан блок, несущий заготовку, а крайним справа – блок, несущий инструмент. Для обозначения блоков компоновки использована система координат, рекомендованная международным стандартом **ISO R841**. Особенностью этой системы координат является то, что ее ось **Z** располагают всегда параллельно оси главного шпинделя, независимо от пространственного расположения шпинделя. Для ориентации оси **Z** в пространстве у главного шпиндельного блока введены индексы: **h** – горизонтальный, **v** – вертикальный, **h/v** – поворотный. Положительное направление оси **Z** – от заготовки к инструменту. Ось **X** располагают всегда горизонтально, а положение оси **Y** должно быть таким, чтобы система координат была бы правой. Начало системы координат принимают произвольно.

На рис. 1 представлены две наиболее часто применяемые системы координат – при вертикальном (см. рис. 1, а) и горизонтальном (см. рис 1, б) расположении главного шпинделя.

Прямолинейные движения блоков вдоль осей координат обозначены так же, как и соответствующие оси, то есть **X**, **Y**, **Z**. Дополнительные движения, параллельные осям **X**, **Y**, **Z**, обозначают соответственно **U**, **V** и **W** (вторичные) или **P**, **Q** и **R** (третьей очереди).

Вращательные движения вокруг осей **X**, **Y**, **Z**, обозначены соответственно **A**, **B** и **C**, а дополнительные вращательные движения – **D** и **E**.

Стационарный (всегда неподвижный) блок обозначен буквой **O**.

При дублировании координатных перемещений в качестве первичных движений приняты движения блоков, расположенных ближе к шпинделю. В соответствии с этим вращение главного шпинделя всегда обозначено буквой **C**.

Блоки, выполняющие формообразующие (рабочие) движения, обозначены прописными (заглавными) буквами, а выполняющие установочные и другие вспомогательные движения – строчными.

Расположение стационарного блока **O** в структурной формуле показывает состав блоков, перемещающих заготовку и инструмент. Блоки, расположенные справа (**ZC_V**) от блока **O**, передвигают заготовку, а расположенные слева (**XYW**) – инструмент.

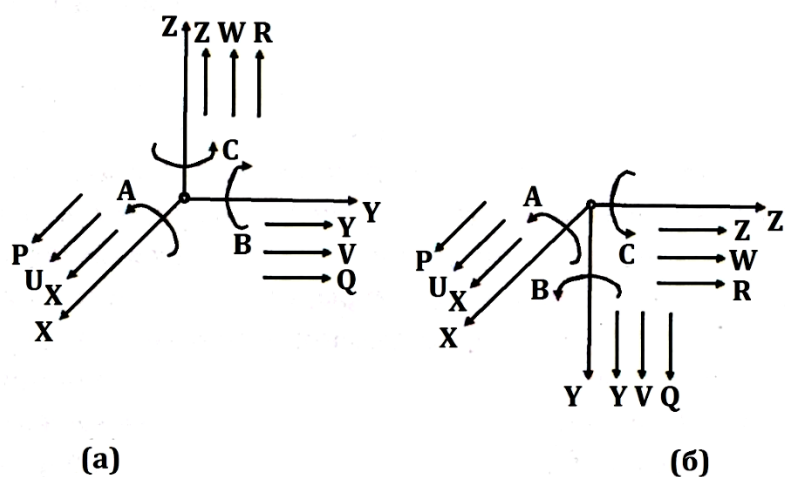


Рис. 1. Системы координат – при вертикальном (а) и горизонтальном (б) расположении главного шпинделя

В качестве примера на рис. 2 представлена компоновочная схема вертикально-фрезерного станка, имеющего следующую формулу компоновки – **ZC_VOXYW**.

При проработке исходных данных студент по заданной компоновочной формуле строит компоновочную схему станка, а затем выбирает наиболее близкий для своего варианта известный прототип или аналог станка, удовлетворяющий условиям по технологическому назначению, размерам обработки, системе управления, точности и производительности.

Станок-прототип может быть как отечественного, так и зарубежного производства, серийный или специальный.

Для получения характеристик всего станка необходимо использовать приведенные в задании сведения, как для проектируемого привода, так и для второго основного привода, или же использовать характеристики станка-прототипа с учетом коэффициента подобия, полученного из соотношения мощностей приводов прототипа и рекомендуемого в задании.

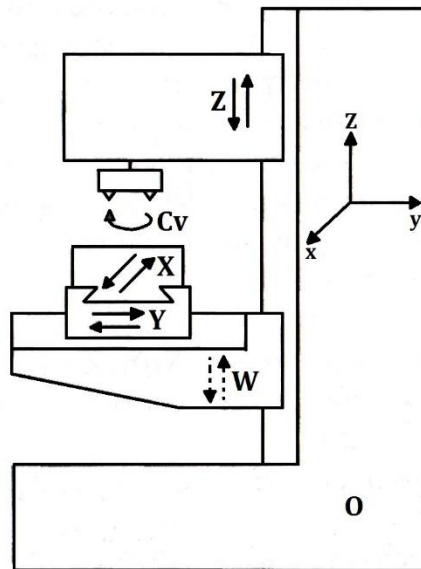


Рис. 2. Компоновочная схема вертикально-фрезерный станка

Необходимо заметить, что в задании приведены, как правило, предельные значения характеристик проектируемого узла – мощность резания N_v и подачи N_s , скорость резания V_p , рабочие S и ускоренные S_{xx} подачи, а также диапазоны изменения частоты вращения R_n шпинделя главного движения и подачи R_s какого-либо исполнительного органа. Для расчета кинематических характеристик необходимо также уточнить размерные характеристики станка, которые в задании даны как предельные размеры заготовок, инструментов и т.п.

Для станков токарной группы основным размерным параметром является максимальный диаметр D_{3max} обрабатываемых заготовок. Расчетный минимальный диаметр D_{3min} обрабатываемых заготовок рекомендуется принимать из соотношения:

$$D_{3min} = 0,25D_{3max}. \quad (1)$$

Для станков сверлильно-расточной группы основными являются условные максимальные диаметры сверления D_{Cmax} и расточки D_{Pmax} отверстий. Наименьшие расчетные диаметры обработки рекомендуется принимать из соотношения:

$$D_{Cmin} = 0,2D_{Cmax}, \quad (2)$$

$$D_{Pmin} = 0,25D_{Pmax}. \quad (3)$$

Для фрезерных станков наименьший расчетный диаметр фрезы $D_{\Phi min}$ рекомендуется определять из соотношения:

$$D_{\Phi min} = (0,15 \dots 0,2)D_{\Phi max}, \quad (4)$$

Указанные выше рекомендации можно использовать и для тех вариантов заданий, в которых размерные характеристики заданы в виде диапазона.

При определении параметров приводных двигателей необходимо задать вероятный режим работы станка. Если данные о цикле неизвестны, то время цикла $t_{ц}$ работы станка можно определить по выражению:

$$t_{ц} = t_p + t_n + t_{\epsilon}, \quad (5)$$

где t_p – время рабочего перехода;

t_n – время паузы между переходами;

t_{ϵ} – вспомогательное время, которое ориентировочно можно рассчитать по формуле

$$t_{\epsilon} = \frac{1,5L_{\max}}{S_{XX}} \text{ с}, \quad (6)$$

где $L_{\max}$ – наибольший ход подачи, мм;

S_{XX} – величина быстрой холостой подачи рабочего органа, мм/с.

3.2. Проектирование привода главного движения

3.2.1. Привод главного движения со ступенчатым регулированием

Главный привод со ступенчатым регулированием частоты n вращения шпинделя позволяет получать ряд частот, построенный по закону геометрического ряда со знаменателем ϕ . Привод в большинстве случаев не обеспечивает оптимальное регулирование скорости резания V , но является простым, компактным, долговечным и имеет высокий КПД.

Основные зависимости геометрического ряда:

- члены ряда

$$n_1 = n_{\min}; n_2 = n_1\phi; \dots n_z = n_{\max} = n_1\phi^{z-1},$$

где Z – число ступеней регулирования частоты вращения шпинделя;

- диапазон регулирования частоты вращения шпинделя

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_1\phi^{z-1}}{n_1} = \phi^{z-1}, \quad (7)$$

где $n_{\max} = \frac{60 \cdot 10^3 V_{\max}}{\pi D_{\min}}$, $n_{\min} = \frac{n_{\max}}{R_n}$, n – мин⁻¹, V – м/с, D – мм;

- число ступеней регулирования

$$Z = \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} + 1. \quad (8)$$

Рекомендуется в курсовом проекте применять следующие стандартные значения знаменателя геометрического ряда – $\varphi = 1,26; 1,41; 1,58$.

Наиболее предпочтительным для универсальных станков является $\varphi = 1,26$

3.2.1.1 Привод с последовательным соединением групп передач

При последовательном соединении групп передач $a, b, \dots, m$, каждая из которых состоит соответственно из числа передач $P_a, P_b, \dots, P_m$, общее число ступеней регулирования частоты вращения шпинделя при использовании односкоростного приводного двигателя определяется по выражению:

$$Z = P_a \cdot P_b \cdot \dots \cdot P_m, \quad (9)$$

где m – число групп передач в приводе.

Под группой передач понимается совокупность кинематических звеньев, обеспечивающих передачу движения между соседними валами.

Для получения геометрического ряда частот вращения шпинделя со знаменателем φ (без пропусков и повторений) необходимо, чтобы и передаточные отношения в группах передач подчинялись закону геометрической прогрессии со знаменателем ряда φ_p , равным

$$\varphi_p = R_{m-1} \varphi = \varphi^X, \quad (10)$$

где φ_p – знаменатель ряда передаточных отношений в рассматриваемой группе передач; R_{m-1} – диапазон регулирования совокупности групп передач, кинематически включаемых ранее рассматриваемой группы; X – характеристика группы, показывающая соотношение между знаменателем φ ряда частот вращения шпинделя и знаменателем φ_p ряда передаточных отношений в рассматриваемой группе передач и характеризующая кинематический порядок включения группы.

Диапазон регулирования группы передач определяется по выражению

$$R_p = \varphi_p^{(P-1)} = \varphi^{(P-1)X}, \quad (11)$$

где P – число передач (кинематических звеньев) в рассматриваемой группе передач.

В порядке кинематического включения различают основную группу передач с числом отдельных передач P_0 , которая обеспечивает начальный ряд частот вращения со знаменателем $\varphi_p = \varphi_0 = \varphi$. Для нее характеристика $X = X_0 = 1$, а диапазон регулирования $R_p = R_n = \varphi^{(P_0-1)}$. На структурной сетке

привода изображается лучами, выходящими из одной точки и расходящимися на один интервал сетки.

Остальные группы называются множительными (переборными) и служат для расширения (размножения) начального ряда частот вращения до требуемого диапазона R_n и числа ступеней Z .

Первая переборная группа с числом передач P_1 имеет характеристику, равную числу передач основной группы $X_1 = P_o$, знаменатель ряда передаточных отношений $\varphi_1 = \varphi^{P_o}$, и диапазон регулирования

$$R_1 = \varphi_1^{(P_1-1)} = \varphi^{P_o(P_1-1)}.$$

Вторая переборная группа с числом передач P_2 будет иметь характеристику, равную произведению чисел передач основной и первой переборной групп $X_2 = P_o \cdot P_1$, знаменатель ряда передаточных отношений равен $\varphi_2 = \varphi^{P_o P_1}$, и диапазон регулирования $R_2 = \varphi_2^{(P_2-1)} = \varphi^{P_o(P_1-1)}$.

Аналогично определяются характеристики остальных групп.

Последовательность конструктивного расположения групп передач в приводе и порядок их кинематического включения могут быть различными. Конструктивный и кинематический вариант привода отображаются с помощью структурных формул, в которых каждый сомножитель показывает число передач, составляющих группу, порядок записи сомножителей в формуле соответствует расположению групп передач от двигателя к шпинделю, а индексы у сомножителей обозначают характеристику группы (порядок их кинематического включения).

Общее число конструктивных и кинематических вариантов привода, содержащего m групп передач, равно

$$K = K_{\text{контр.}} \cdot K_{\text{кин.}} = \frac{(m!)^2}{q!}, \quad (12)$$

где q – число групп с одинаковым числом передач.

Для наглядности кинематических расчетов используются структурные сетки и графики частот вращения, которые строят в логарифмических координатах с расстоянием (интервалом) между соседними вертикальными линиями, равным $\lg \varphi$. Число вертикальных линий равно числу ступеней регулирования Z привода, а число горизонтальных линий на единицу больше числа групп передач. Расстояние между горизонтальными линиями выбирается произвольно.

Структурные сетки строятся симметричными и однозначно отображают структурную формулу привода. Они не показывают абсолютные значения частот вращения и передаточных отношений кинематических звеньев привода, а лишь отражают соотношения между ними. Одиночные передачи на структурных сетках не изображаются.

Графики частот вращения отражают абсолютные значения частот вращения всех валов привода, включая валы одиночных передач, необходимых для его компоновки, а также передаточные отношения всех кинематических звеньев. Частоты вращения шпинделя округляются до стандартных ближайших значений, представленных в приложении А. Построение графика начинают с кинематической цепи, обеспечивающей снижение принятой частоты вращения электродвигателя n , до $n_1 = n_{\min}$ на шпинделе. Дальнейшее построение выполняется с использованием выбранной рациональной структурной сетки. При определении передаточных отношений учитываются ограничения на их минимальные и максимальные значения. Для прямозубых передач в приводе главного движения обычно принимают $i_{\min} \geq 1/4$, $i_{\max} \leq 2$. Это условие ограничивает допустимый диапазон регулирования группы передач, который с учетом вышеуказанного будет равен:

$$R_p = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \varphi^{(P_M-1)X_M} \leq 8. \quad (13)$$

В качестве примера рассмотрим получение структурных формул, структурных сеток и графиков частот вращения для привода с числом ступеней регулирования $Z = 6$.

Возможные варианты структурных формул:

$$Z = 6 = 3_1 \cdot 2_3;$$

$$Z = 6 = 3_2 \cdot 2_1;$$

$$Z = 6 = 2_1 \cdot 3_2;$$

$$Z = 6 = 2_3 \cdot 3_1.$$

Из всех полученных возможных вариантов структур рассматриваемого привода выбирается наиболее рациональный.

Сравнение структур рекомендуется выполнять в следующей последовательности: анализируется диапазон регулирования R_p каждой из групп передач, который не должен превышать указанного выше допустимого значения, то есть $R_{p \text{ доп}} \leq 8$.

На структурной сетке диапазон регулирования R_p характеризуется размахом крайних лучей, выходящих из одной точки рассматриваемой группы передач (рис. 3), и максимально допустимое число интервалов, охватываемых этими крайними лучами, зависит от значения знаменателя φ . На основании формулы (13) для рекомендуемых в курсовом проекте значений знаменателя ряда φ получим максимально допустимые интервалы $[(P-1)X]_{\text{доп}}$.

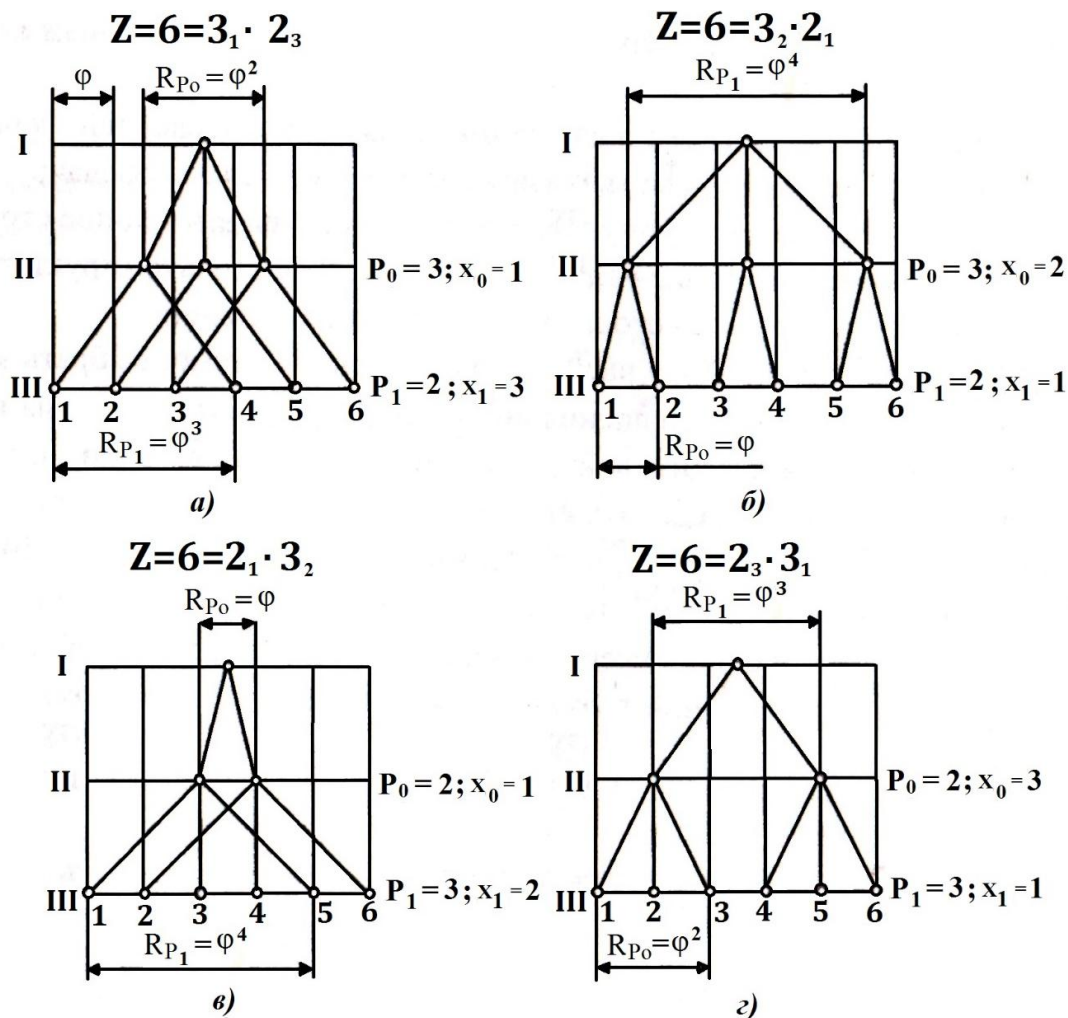


Рис. 3. Структурные сетки, соответствующие приведенным выше структурным формулам

Таблица 3.1 – Максимально допустимые интервалы $[(P-1)X]_{\text{доп}}$

φ	1,26	1,41	1,58
$[(P-1)X]_{\text{доп.}}$ (максимально допустимое число интервалов)	9	6	4

Варианты структур, не удовлетворяющие данному ограничению, к дальнейшему рассмотрению не рекомендуются. При выполнении этого ограничения всеми структурами предпочтение отдается структурам с меньшими значениями R_p ;

- группы с большим числом передач рационально располагать ближе к приводному двигателю;
- в кинематическом порядке включения в качестве последней переборной группы целесообразно принимать группу с меньшим числом передач;
- последнюю переборную группу рекомендуется размещать в конце структуры.

Всем изложенным выше условиям удовлетворяет только структура, представленная на рис 3, а), которая и является рациональной.

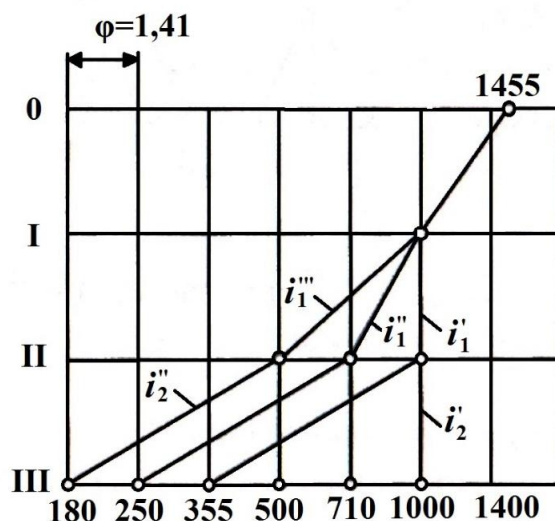


Рис. 4. Один из вариантов графика частот вращений

Для построения графика частот вращений необходимо: выбрать значение знаменателя ряда частоты вращения шпинделя ϕ или выходного вала привода; рассчитать требуемые частоты вращения шпинделя $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$; выбрать приводной двигатель (определить его частоту вращения n и мощность N). Допустим $\phi = 1,41$; $n_1 = 180 \text{ мин}^{-1}$; $n_2 = 250 \text{ мин}^{-1}$; $n_3 = 355 \text{ мин}^{-1}$; $n_4 = 500 \text{ мин}^{-1}$; $n_5 = 710 \text{ мин}^{-1}$; $n_6 = 1000 \text{ мин}^{-1}$ (стандартные частоты вращения шпинделя при $\phi = 1,41$ в соответствии с приложением А); $n = 1455 \text{ мин}^{-1}$; $P = 7,5 \text{ кВт}$. Построение графика частот вращений выполняется в последовательности, изложенной выше.

$$i_o = \frac{1000}{1455} = 0,69;$$

$$i_1' = 1; i_1'' = \frac{1}{1,41} = 0,71;$$

$$i_1''' = \frac{1}{1,41^2} = 0,5;$$

$$i_2' = 1; i_2'' = \frac{1}{1,41^3} = 0,36;$$

Для получения геометрического ряда частот вращения можно применять электродвигатели с удваивающейся частотой вращения, на которые и ориентирован выбор стандартных значений ϕ . При этом должно выполняться условие, что $\phi = \sqrt{2}$. Этому условию удовлетворяют только следующие из рекомендуемых в РГЗ стандартные значения ϕ : $\phi = 1,26; 1,41$. Для них соответственно $y = 2; 3$.

При использовании электродвигателей с удваивающейся частотой вращения его рассматривают как электрогруппу с числом передач P_{Σ} , характеристикой X_{Σ} и знаменателем ряда $\phi_{\Sigma} = 2$. Тогда структурная формула привода будет иметь вид

$$Z = P_{\Sigma(X_{\Sigma})} \cdot P_{A(X_A)} \cdot \dots \cdot P_{M(X_M)}, \quad (14)$$

где $X_A, \dots, X_M$ – характеристика групп передач.

Характеристику электрогруппы X_{Σ} (для получения геометрического ряда) можно получить из выражения:

$$\phi_{\Sigma} = \phi^{X_{\Sigma}} = 2. \quad (15)$$

Тогда

$$X_{\Sigma} = \frac{\lg 2}{\lg \phi}. \quad (16)$$

Таким образом, значение X_{Σ} будет зависеть от выбранного ϕ и может быть равно: при $\phi = 1,26$ $X_{\Sigma} = 3$ и P_{Σ} является первой переборной группой; при $\phi = 1,41$ $X_{\Sigma} = 2$ и P_{Σ} является также первой переборной группой.

В тоже время если электрогруппа не является основной (в подавляющем большинстве случаев), то

$$X_{\Sigma} = P_0 \cdot P_1 \cdot \dots \cdot P_n. \quad (17)$$

Например, при двухскоростном электродвигателе, знаменателе ряда $\phi = 1,41$ ($X_{\Sigma} = 2$) и конструктивном варианте привода $Z = P_{\Sigma} \cdot P_A \cdot P_B = 12 = 2 \cdot 3 \cdot 2$, с учетом выражения (16) можно получить только один вариант структурной формулы, которая будет иметь вид

$$Z = 12 = 2_2 \cdot 3_4 \cdot 2_1.$$

Если $\phi = 1,26$ ($X_{\Sigma} = 3$), то при том же конструктивном варианте получим следующую структурную формулу привода:

$$Z = 12 = 2_3 \cdot 3_1 \cdot 2_6.$$

Структурная сетка такого привода представлена на рис. 5.

3.2.1.2 Привод со сложенной структурой

При больших диапазонах регулирования частот вращения шпинделя в приводе главного движения часто используются сложенные структуры, которые представляют собой сумму двух или более множительных структур. Обычно одна из структур, имеющая наиболее короткую кинематическую цепь, используется для высоких частот вращения, а другие – для более низких.

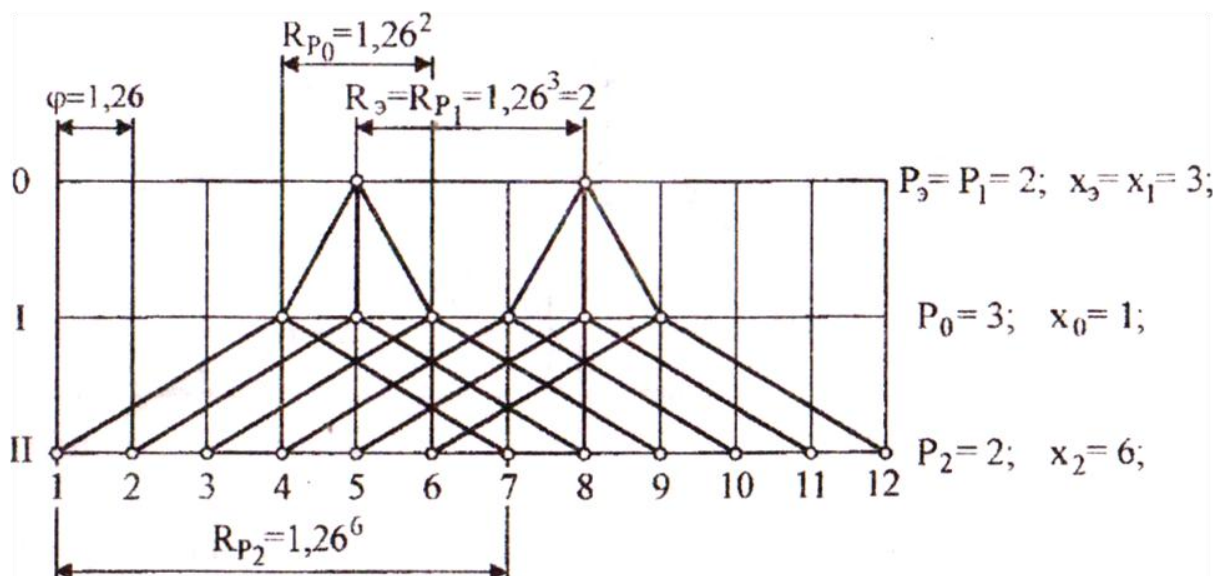


Рис. 5. Структурная сетка привода с двухскоростным электродвигателем

В этом случае общее число ступеней регулирования Z привода равно сумме числа ступеней регулирования всех составляющих множительных структур, то есть

$$Z = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n, \quad (18)$$

где Z_n – число ступеней регулирования составляющих структур.

Обычно у структур $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ есть общая часть Z^0 , тогда

$$Z_1 = Z^0 \cdot Z'; Z_2 = Z^0 \cdot Z'' \text{ и т.д.} \quad (19)$$

Например, при двух составляющих структурах

$$Z = Z_1 + Z_2 = Z^0 \cdot Z' + Z^0 \cdot Z'' = Z^0(Z' + Z''). \quad (20)$$

Структура Z^0 называется основной и используется для получения всех ступеней регулирования. Структуры Z' и Z'' называются дополнительными и используются каждая для получения только части ступеней регулирования (например, одна – для высоких, а другая для низких частот).

Число дополнительных структур может быть любым, однако в станках используется не более двух.

Основная и дополнительные структуры состоят из ряда последовательно соединенных групп передач. Следовательно,

$$Z^0 = P_a^0 \cdot P_b^0 \cdot \dots \cdot P_m^0; Z' = P'_a \cdot P'_b \cdot \dots \cdot P'_m; Z'' = P''_a \cdot P''_b \cdot \dots \cdot P''_m. \quad (21)$$

Для объединения составляющих структур в одну – сложенную вводят соединительные звенья (зубчатые передачи или муфты).

В качестве примера на рис. 6 представлена кинематическая схема одного из вариантов сложного привода.

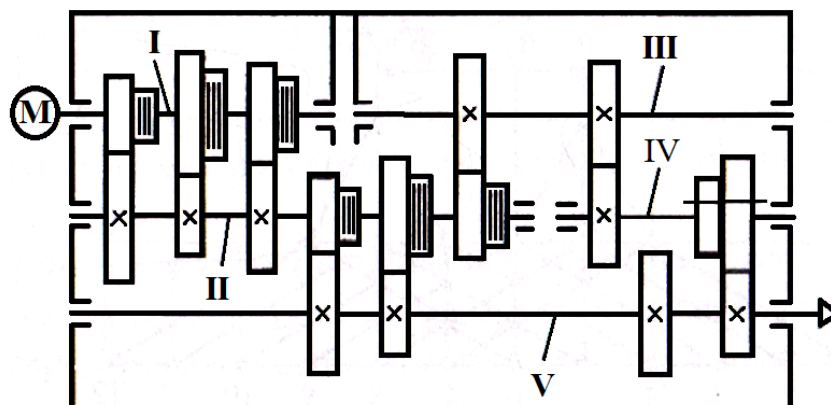


Рис. 6. Кинематическая схема сложного привода

В рассматриваемом приводе имеется две множительные структуры, передающие вращение шпинделю. У обеих структур есть общая часть – три зубчатые передачи, передающие движения с вала I на вал II. Таким образом, весь привод можно разбить на три составляющих – основную структуру Z^0 , являющуюся общей для всех структур, и две дополнительные структуры Z' и Z'' , соединенные параллельно. Схему соединения этих структур можно представить следующим образом (рис. 7).

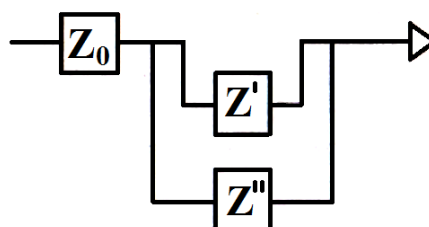


Рис. 7. Схема соединения множительных структур привода

Общее число ступеней регулирования такого привода определяется по выражению

$$Z = Z^0(Z' + Z'') = 3 \cdot (2 + 1 \cdot 1 \cdot 2) = 12.$$

Для получения структурной формулы привода необходимо определить характеристики групп передач. В сложной структуре кинематический порядок включения передач должен начинаться в основной структуре, а затем переходить в дополнительные. Тогда характеристики групп передач основной структуры можно определить так же, как и в обычной множительной структуре. Характеристики групп передач дополнительных структур определяются следующим образом. Если имеется одна дополни-

тельная структура, то характеристика любой ее группы равна произведению чисел передач предшествующих ей групп и чисел передач основной структуры. Если имеются две дополнительные структуры, соединенные параллельно, то характеристики первой и второй дополнительных структур определяются так же, как и при одной дополнительной структуре.

В рассматриваемом примере в основной структуре имеется только одна группа передач, и она будет являться основной, то есть ее характеристика равна $X_0 = 1$. Тогда для основной структуры можно записать

$$P^0_0 = 3; X^0_0 = 1.$$

В первой и второй дополнительных структурах имеется также по одной группе передач (одиночные передачи не учитываются, так как не изменяют число ступеней регулирования) и они будут относиться к первой переборной группе с характеристиками $X'_1 = X''_1 = P^0_0 = 3$. Таким образом,

$$\begin{aligned} P'_1 &= 2; X'_1 = 3, \\ P''_1 &= 2; X''_1 = 3. \end{aligned}$$

В результате структурная формула рассматриваемого привода со сложной структурой будет иметь вид

$$Z = 12 = 3_1 \cdot (2_3 + 1 \cdot 1 \cdot 2_3).$$

Структурная сетка этого привода представлена на рис. 8.

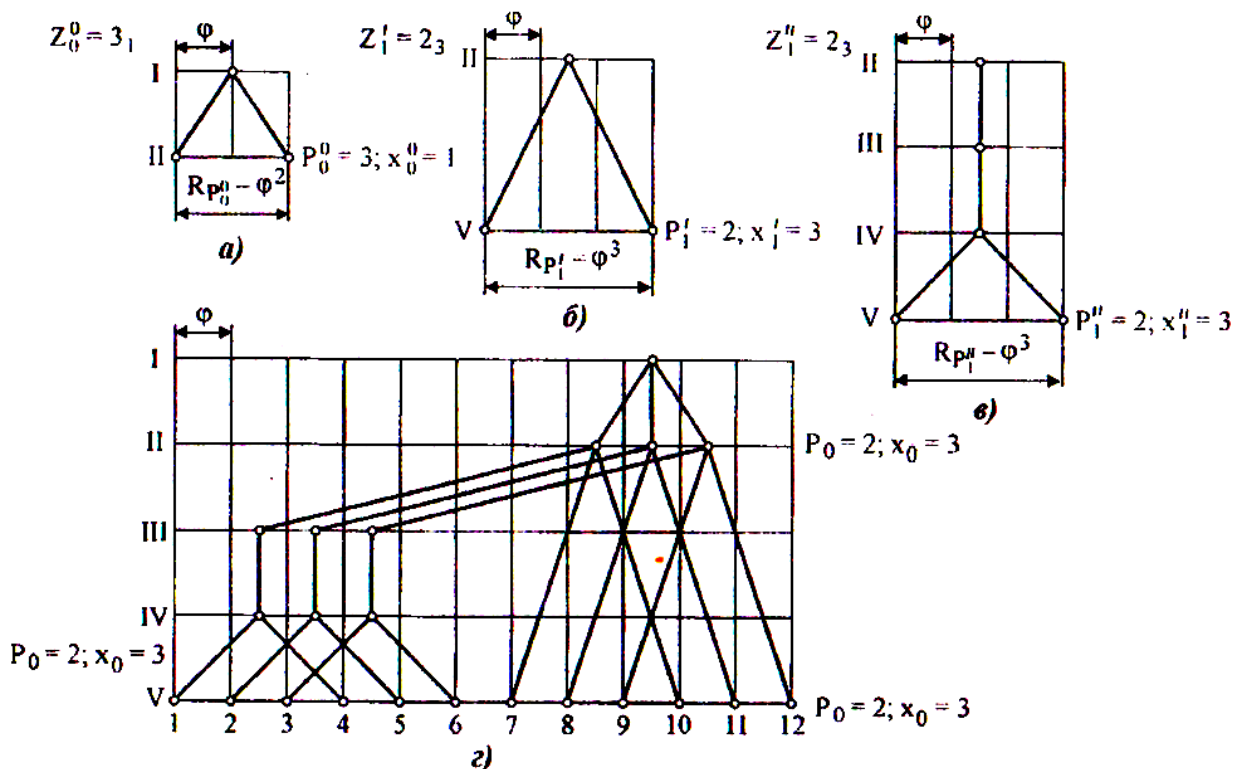


Рис. 8. Структурная сетка привода

График частот вращения для сложных структур строится так же, как и для обычных множительных структур.

Приводы с частичным перекрытием и выпадением ступеней частоты вращения, с измененными характеристиками групп передач, а также со сменными зубчатыми колесами приведены в работах [2, 5].

3.2.2. Привод главного движения с бесступенчатым регулированием

В РГЗ для обеспечения бесступенчатого регулирования скорости вращения шпинделя предусмотрено использование привода с электродвигателем постоянного тока и тиристорным управлением. Частота вращения такого двигателя регулируется в двух областях. От минимальной $n_{дmin}$ до номинальной $n_{дн}$ частоты вращения регулирование осуществляется изменением напряжения в цепи якоря, при этом на валу двигателя в достаточно широком диапазоне $R_{дм} = \frac{n_{дн}}{n_{дmin}}$ поддерживается постоянный момент. Выше $n_{дн}$, регулирование частоты вращения производится изменением поля возбуждения, и мощность двигателя в диапазоне $R_{др} = \frac{n_{дmax}}{n_{дн}}$ остается постоянной. Диапазон регулирования $R_{др}$ с постоянной мощностью для таких электродвигателей сравнительно невысок и составляет $R_{др} = 2 \dots 4$.

Общий диапазон регулирования $R_{д}$ электродвигателя равен

$$R_{др} = \frac{n_{дmax}}{n_{дmin}} = R_{дм} \cdot R_{др}. \quad (22)$$

В большинстве случаев диапазон регулирования электродвигателя, особенно с постоянной мощностью, является недостаточным для обеспечения требуемого диапазона частот вращения шпинделя. С целью получения требуемого диапазона R_n на шпинделе между электродвигателем и шпинделем вводится ступенчатая коробка скоростей (комбинированное регулирование) с диапазоном регулирования R_k , знаменателем ряда ϕ_k и числом ступеней регулирования Z_k . Тогда для привода с комбинированным регулированием общий диапазон регулирования R_n будет равен:

$$R_n = \frac{n_{max}}{n_{min}} = R_{д} \cdot R_k = R_{дм} \cdot R_{др} \cdot R_k, \quad (23)$$

где n_{min} , n_{max} – минимальная и максимальная частота вращения шпинделя.

Таким образом, коробку скоростей можно рассматривать как переборную группу, расширяющую диапазон бесступенчатого регулирования.

Соответственно способу регулирования электродвигателя производится и регулирование частоты вращения шпинделя, то есть при постоян-

ном моменте в диапазоне R_M или при постоянной мощности в диапазоне R_P . Диапазон регулирования шпинделя при постоянной мощности равен:

$$R_P = R_{Др} \cdot R_K. \quad (24)$$

Диапазон регулирования R_K ступенчатой коробки скоростей с числом ступеней Z_K регулирования определяется по следующей зависимости:

$$R_K = \varphi_K^{Z_K-1}. \quad (25)$$

Очевидно, что для обеспечения бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя во всем диапазоне без пропусков необходимо, чтобы знаменатель φ_K коробки скоростей был бы равен диапазону регулирования электродвигателя $R_{Др}$ с постоянной мощностью, то есть

$$\varphi_K = R_{Др}. \quad (26)$$

Из зависимостей (24), (25) и (26) следует:

$$R_P = R_{Др} \cdot R_{Др}^{Z_K-1} = R_{Др}^{Z_K}. \quad (27)$$

Тогда требуемое число ступеней Z_K коробки скоростей можно определить по выражению

$$Z_K \geq \frac{\lg R_P}{\lg R_{Др}}. \quad (28)$$

Полученные значения Z_K округляются до большего ближайшего целого числа.

Пример. Произвести кинематический расчет привода главного движения с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя в пределах от $n_{\min} = 16 \text{ мин}^{-1}$ до $n_{\max} = 4000 \text{ мин}^{-1}$. Частоты вращения электродвигателя постоянного тока с двухзонным регулированием равны:

$$n_{Д\min} = 80 \text{ мин}^{-1}, n_{Д\max} = 3000 \text{ мин}^{-1}, n_{Дн} = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

Расчет выполняется следующим образом:

- определяется общий диапазон регулирования R_n шпинделя

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{4000}{16} = 250;$$

- вычисляется общий диапазон регулирования $R_{Д}$ электродвигателя

$$R_{Д} = \frac{n_{Д\max}}{n_{Д\min}} = \frac{3000}{80} = 37,5;$$

- рассчитывается диапазон регулирования $R_{Др}$ электродвигателя при постоянной мощности

$$R_{Др} = \frac{n_{Дmax}}{n_{Дн}} = \frac{3000}{1500} = 2;$$

- находится диапазон регулирования $R_{Дм}$ электродвигателя при постоянном моменте

$$R_{Дм} = \frac{R_Д}{R_{Др}} = \frac{37,5}{2} = 18,75;$$

- определяется диапазон регулирования R_p шпинделя при постоянной мощности

$$R_p = \frac{R_n}{R_{Дм}} = \frac{250}{18,75} = 13,33;$$

- вычисляется требуемое число Z_K коробки скоростей (число поддиапазонов регулирования частоты вращения шпинделя)

$$Z_K \geq \frac{\lg R_p}{\lg R_{Др}} \geq \frac{\lg 13,33}{\lg 2} \geq 3,74,$$

принимаем $Z_K = 4$;

- рассчитывается диапазон регулирования R_K коробки скоростей с учетом того, что $\varphi_K = R_{Др}$ и $Z_K = 4$

$$R_K = \varphi_K^{Z_K-1} = 2^{4-1} = 8;$$

- определяется диапазон электрического регулирования $R_Э$ привода

$$R_Э = \frac{R_n}{R_K} = \frac{250}{8} = 31,25,$$

тогда, требуемая минимальная частота вращения электродвигателя будет равна

$$n_{Дmin(тр)} = \frac{n_{Дmax}}{R_Э} = \frac{3000}{31,25} = 96 \text{ мин}^{-1}, \text{ а } R_{Дм} = \frac{R_Э}{R_{Др}} = \frac{31,25}{2} = 15,625;$$

- составляется структурная формула и строится структурная сетка коробки скоростей (см. рис. 9, а)

$$Z_K = 4 = 2_1 \cdot 2_2;$$

- строится кинематическая схема привода (см. рис. 9, б);

- рассчитывается фактический диапазон регулирования R_p шпинделя при постоянной мощности

$$R_p = R_{dp} \cdot R_k = 2 \cdot 8 = 16;$$

- вычисляется минимальная частота вращения шпинделя при постоянной мощности

$$n_{pmin} = \frac{n_{max}}{R_p} = \frac{4000}{16} = 250 \text{ мин}^{-1};$$

- строится график частот вращения шпинделя (см. рис. 9, в).

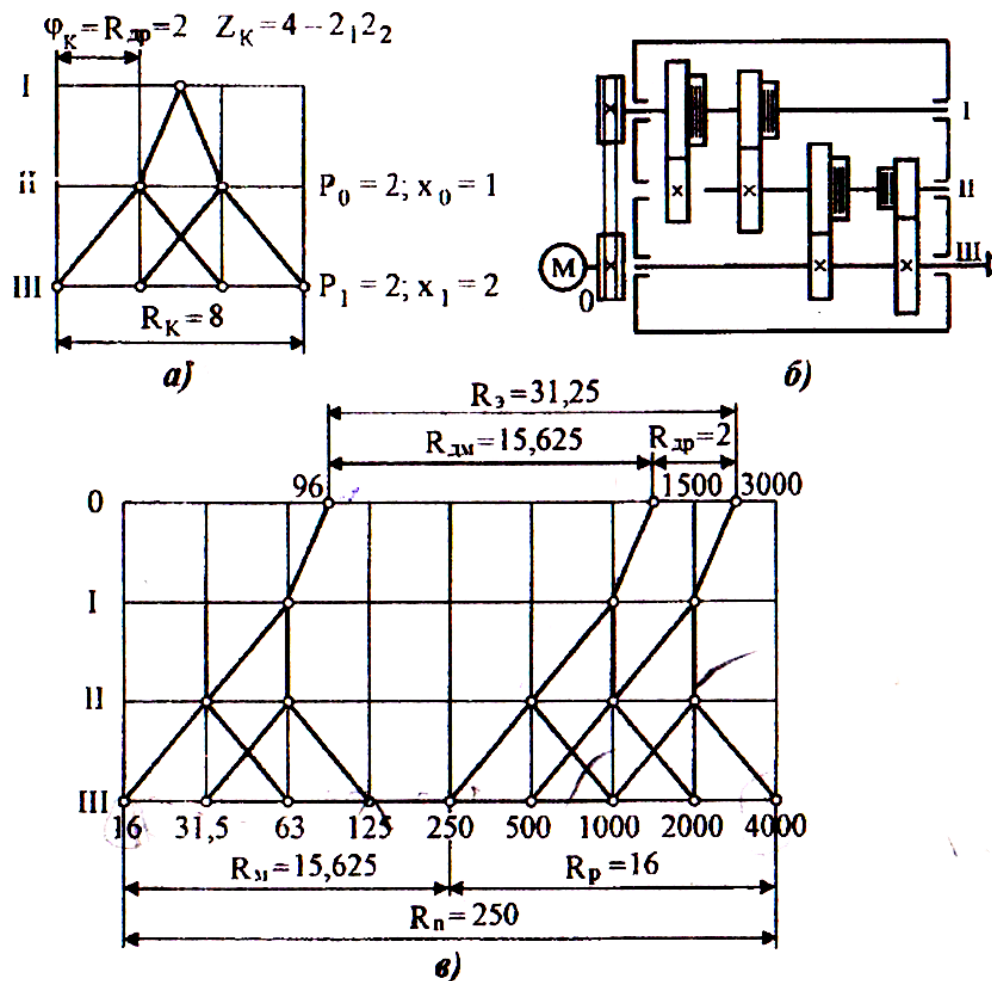


Рис. 9. График частот вращения шпинделя

3.2.3. Выбор электродвигателя для привода главного движения

Предварительный выбор электродвигателя выполняется на стадии разработки кинематической схемы привода по расчетной номинальной мощности N , которая вычисляется по следующему выражению:

$$N = \frac{N_V}{\lambda \cdot \eta}, \quad (29)$$

где N_V – максимальная мощность резания в цикле работы станка, выбирается в соответствии с заданием или рассчитывается по формуле

$$N_V = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 10^3} \text{ кВт}, \quad (30)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н; v – скорость резания, м/мин; λ – коэффициент перегрузки, $\lambda = 1 \dots 1,5$ в зависимости от режима работы электродвигателя; η – коэффициент полезного действия привода, вычисляется по кинематической схеме или принимается равным $\eta = 0,75 \dots 0,85$ в зависимости от сложности привода.

Уточненный выбор электродвигателя производится после разработки механической части привода для выбранного режима работы электродвигателя по методике, изложенной в работе [2].

Основные технические характеристики и размеры одно- и двух скоростных асинхронных, а также регулируемых электродвигателей постоянного тока, применяемых в приводе главного движения, приведены соответственно в табл. Б1-Б7 прил. Б.

3.2.4. Определение нагрузок на привод

На универсальных станках выполняется обработка деталей широкой номенклатуры, и нагрузки на главный привод могут изменяться в широком диапазоне. Однако потребляемая мощность в первом приближении остается постоянной, так как переход на чистовые режимы обработки приводит к уменьшению тангенциальной составляющей силы резания P_z , и к возрастанию скорости резания v . Кроме того, при этом увеличиваются потери на трение. Поэтому желательно, чтобы во всем диапазоне регулирования R_n обеспечивалось постоянство мощности.

В этом случае крутящий момент в приводе $M_{кр}$, по которому определяются размеры всех его элементов, будет наибольшим при частоте вращения $n = n_{min}$, что приводит к увеличению габаритов и стоимости привода. Статистические данные по обследованию фактической загрузки универсальных станков показывают, что в нижней четверти или даже трети диапазона регулирования R_n полная мощность не используется. Поэтому для универсальных станков целесообразно применять привод с комбинированным регулированием, в котором до условной расчетной частоты n_p обеспечивается регулирование с постоянным моментом в диапазоне R_M , а выше регулирование с постоянной мощностью в диапазоне R_p . Значение n_p вычисляется по выражению:

$$n_p = n_{\min} \sqrt[4]{R_n} \dots n_{\min} \sqrt[3]{R_n}. \quad (31)$$

Если в приводе главного движения используется электродвигатель постоянного тока с двухзонным регулированием, то в формулу (31) вместо n_p подставляется значение минимальной частоты вращения шпинделя при постоянной мощности $n_{p\min}$, то есть $n_p = n_{p\min}$.

Тогда значение максимального крутящего момента, по которому ведут силовой расчет привода, существенно уменьшается и может быть определено по формуле

$$M_{kp\max} = 9740 \frac{N}{n_p}, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (32)$$

3.2.5. Выбор электромагнитных муфт

В металлорежущих станках (автоматизированных коробках скоростей, приводах подач и вспомогательных движений и т.д.) применяют в основном электромагнитные муфты серии Э1М. В эту серию входят муфты контактного типа исполнения 2 (Э1М...2), бесконтактные исполнения 4 (Э1М...4) и тормозные – исполнения 6 (Э1М...6). Указанные муфты бывают 13 габаритов – от 04 до 16. С увеличением габарита муфты возрастают ее размеры и параметры силовой характеристики.

Основными параметрами, по которым осуществляется выбор электромагнитных муфт, являются: номинальный передаваемый момент M_n то есть номинальное значение передаваемого муфтой момента при отсутствии скольжения между фрикционными дисками; номинальный вращающий момент M_B , то есть номинальное значение вращающего момента включенной муфты при наличии скольжения между фрикционными дисками, которое возникает при разгоне, торможении или реверсе привода; остаточный вращающий момент $M_{ОВ}$, то есть значение остаточного вращающего момента, развиваемого отключенной муфтой при наличии скольжения между дисками; максимально допустимая частота вращения ω ; теплорассеивающая способность муфты ΔP , то есть максимально допустимая средняя мощность, рассеиваемая муфтой при повторно-кратковременном режиме.

Ориентировочный выбор габарита муфты производится по величине максимального передаваемого муфтой статического момента нагрузки $M_{сmax}$, действующего при установившемся режиме. При этом номинальный крутящий момент M_n выбранной муфты должен быть:

$$M_n > (1,1 \dots 1,6) M_{сmax}. \quad (33)$$

Уточненное определение габарита электромагнитных муфт выполняется по методике, изложенной в работе [2].

При проектировании автоматизированных коробок скоростей предпочтительно применить бесконтактные муфты Э1М...4 (рис. 10), основные параметры и размеры которых представлены в табл. 8, 9 прил. В.

Бесконтактные электромагнитные муфты Э1М...4 встраиваются в механизмы следующим образом. Сопряжение муфт с валом может производиться тремя способами: по гладкому отверстию со шпонкой (группа А); по шлицевому соединению с центрированием по наружному диаметру шлицев (группа Н); по шлицевому соединению с центрированием по внутреннему диаметру шлицев (группа В).

Размеры посадочных отверстий приведены в табл. 10-12 прил. В.

Катушкодержатель муфты должен быть зафиксирован от вращения. Например, его устанавливают в расточке крышки 2, закрепленной в корпусе 3, и фиксируют винтом 1 (рис. 11).

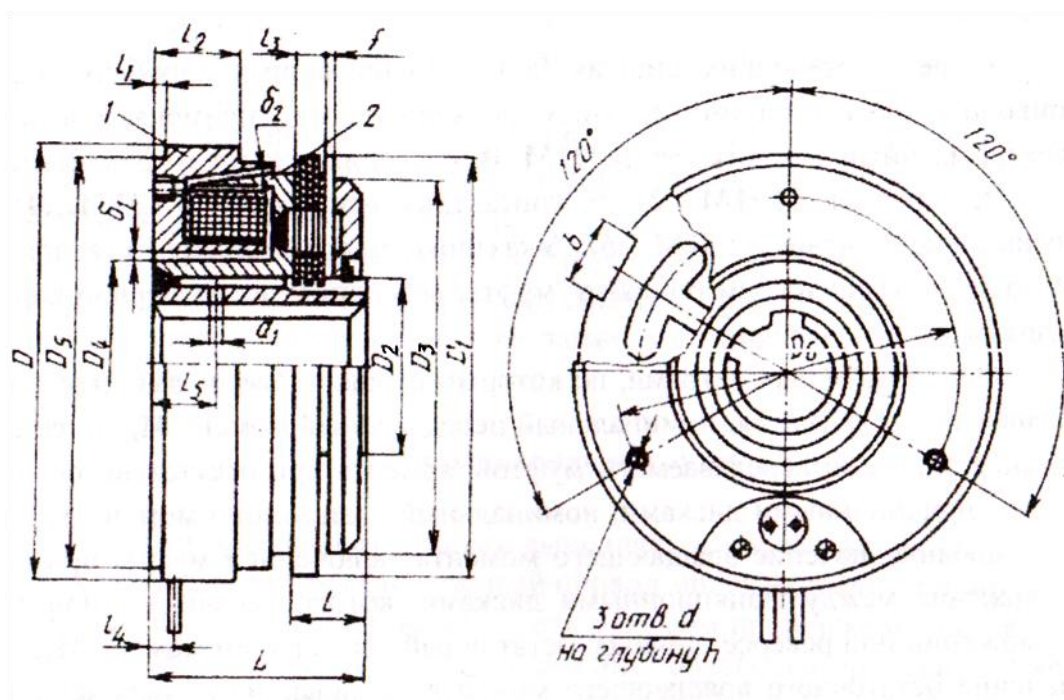


Рис. 10. Электромагнитная муфта Э1М...4

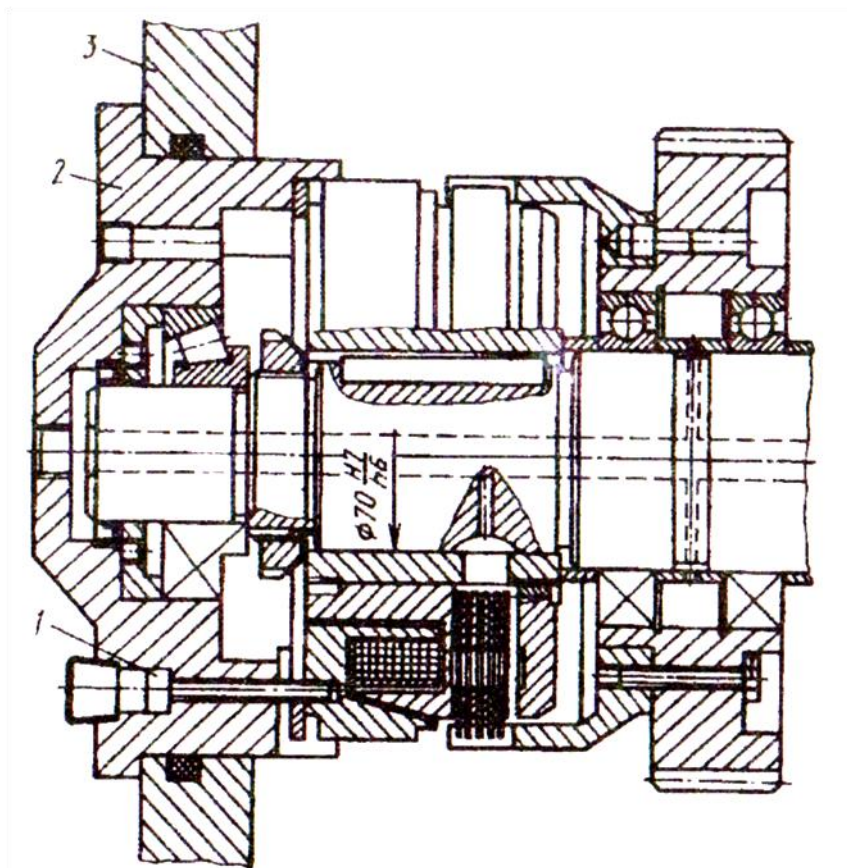


Рис. 11. Пример встраивания электромагнитной муфты Э1М...4 в механизм привода

3.2.6. Состав РГЗ по приводу главного движения

3.2.6.1 Пояснительная записка

Пояснительная записка должна состоять из разделов: введение; техническое предложение на проектирование; кинематический расчет привода главного движения; предварительные конструкторские расчеты и выбор комплектующих изделий привода; проверочные расчеты и описание конструкции привода.

В этих разделах необходимо отразить следующие вопросы: а) назначение проектируемого станка и основные направления развития станков с ЧПУ данного типа; б) построение компоновочной схемы станка в соответствии с заданной компоновочной формулой; в) анализ конструкций главного привода станков, аналогичных проектируемому; г) обоснование компоновки и конструкции проектируемого привода; д) кинематические расчеты определение знаменателя ряда частот вращения выходного вала автоматизированной коробки скоростей (АКС) или шпинделя и числа ступеней регулирования, е) построение рациональной структурной сетки и графика частот вращения, вычисление передаточных отношений передач и чисел зубьев колес, разработка кинематической схемы привода и всего

станка; предварительные конструкторские расчеты - определение нагрузок на шпиндель, выбор двигателя, вычисление крутящих моментов на валах и скоростей их вращения, проектировочные расчеты зубчатых колес, валов и других элементов привода, разработка схемы смазывания; подбор электромагнитных муфт и других комплектующих изделий; ж) проверочные расчеты зубчатых передач, валов, шпиндельных и других узлов станка с учетом конкретных размеров и их расположения в пространстве.

3.2.6.2 Графическая часть

В графической части должны быть представлены следующие чертежи: а) кинематическая схема станка; б) общий вид узла; в) развертка узла; поперечные разрезы (свертка); шпиндельный узел; г) другие разрезы, виды и сечения, характеризующие конструкцию узла; разработка системы смазывания.

3.3. Проектирование привода подач

В РГЗ в качестве задания может быть разработка электромеханического привода. В задании предложены к проектированию два вида привода – с электрогидравлическим шаговым источником движения (ЭГШП); с регулируемым электродвигателем постоянного тока, оснащенный тахогенератором, а также с датчиком обратной связи (ДОС), расположенном на тяговом устройстве (ТУ). Схемы указанных приводов представлены соответственно на рис. 12. В них в качестве использована шариковая винтовая передача качения (ШВП).

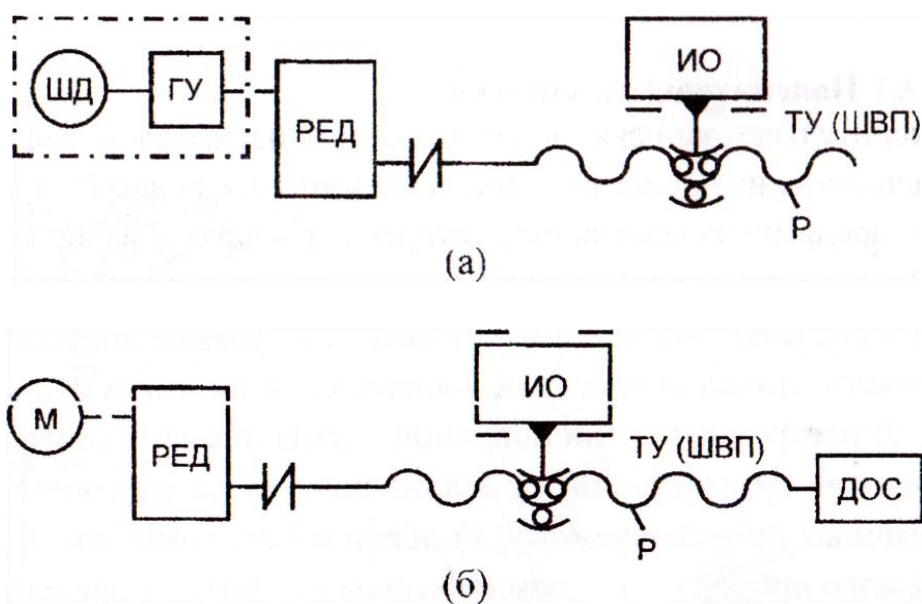


Рис. 12. Схемы привода подач станка с ЧПУ
а) с ДОС и б) без ДОС

Проектирование привода подач осуществляется в следующей последовательности. Производится анализ конструкций привода подач современных станков с ЧПУ, аналогичных проектируемому на основе патентного поиска и выбирается наиболее близкий прототип. Определяются составляющие силы резания при обработке типовой детали. Выполняется кинематический расчет привода. Производится выбор и расчет направляющих. Определяется тяговая сила на ШВП при черновой, получистовой и чистовой обработке, а также при холостом ходе. Выполняется расчет ШВП и редуктора. Производится выбор регулируемого двигателя, ДОС и соединительных муфт.

3.3.1. Определение составляющих силы резания

Составляющие силы резания вычисляются для соответствующего инструментального и обрабатываемого материала, заданных значений S , N_v , V_p и размеров обработки при черновом, получистовом и чистовом режиме [9].

3.3.2. Кинематический расчет привода

Кинематический расчет привода заключается в определении передаточного отношения редуктора и предварительного выбора шага винта ШВП в зависимости от заданной величины дискреты шагового привода, требуемой точности обработки и цены дискреты выбранного ДОС [12,13].

3.3.3. Выбор и расчет направляющих

Выбор направляющих по виду трения (скольжения, качения или комбинированные) и форме поперечного сечения выполняется в зависимости от группы и типоразмера станка, величины и направления нагрузки, требуемой сочности обработки и позиционирования (степени точности станка), скоростей рабочих и ускоренных перемещений. Размеры направляющих и величина хода исполнительного органа (стола, суппорта, каретки и т.д.), перемещающегося по направляющим, определяются в зависимости от размеров обрабатываемой заготовки, требуемой износостойкости и жесткости направляющих. При расчете направляющих вычисляют реакции в гранях от действующей нагрузки, удельное давление на гранях направляющих или наибольшую нагрузку на тело качения, определяют износостойкость и жесткость направляющих, рассчитывают тяговую силу, необходимую для перемещения исполнительного органа при черновой, получистовой и чистовой обработке, а также при ускоренном холстом ходе [3, 4, 5, 13].

3.3.4. Расчет и выбор ШВП

Основными критериями, по которым выполняется выбор размеров шариковой передачи, являются шаг винта P и диаметр передачи d_0 .

Параметрами, от которых зависят эти критерии, являются жесткость передачи, ее статическая прочность и долговечность работы, устойчивость и критическая частота вращения винта.

Расчет по указанным параметрам позволит правильно осуществить выбор размеров передачи и ее конструкцию, назначить величину предварительного натяга.

Для определения диаметра передачи d_0 необходимо предварительно задать шаг винта P , что производится при кинематическом расчете привода. Методика расчета и выбора ШВП представлена в работах [11, 12].

3.3.5. Расчет редуктора

При расчете редуктора необходимо определить параметры и размеры зубчатых колес, валов, корпуса, разработать механизм выбора зазоров в зубчатых передачах. Методика расчета редуктора изложена в курсе «Детали машин» [10,16].

3.3.6. Выбор регулируемого двигателя привода подач, ДЭС и соединительных муфт

Как указывалось выше в заданиях, предложены к использованию два вида источников движения – ЭГШП и регулируемый электродвигатель постоянного тока, методика выбора которых представлена соответственно в работах [12] и [13]. ДЭС и соединительные муфты выбираются в соответствии с работой [2].

3.3.7. Структура и содержание РГЗ (по приводу подач)

3.3.7.1. Пояснительная записка

Пояснительная записка должна состоять из следующих разделов: введение; техническое предложение на проектирование; выбор и обоснование структуры привода подач; конструкторские расчеты и выбор комплектующих изделий привода; описание конструкции привода.

В этих разделах необходимо отразить следующие вопросы: а) назначение проектируемого станка и основные направления развития станков о ЧГТУ данного типа; б) построение компоновочной схемы станка в соответствии с заданной компоновочной формулой; в) анализ конструкций привода подач станков, аналогичных проектируемому; обоснование струк-

туры и конструкции проектируемого привода; конструкторские расчеты - определение составляющих силы резания при черновой, получистовой и чистовой обработке; г) выбор и расчет направляющих, вычисление тяговой силы в различных режимах обработки и при холостом ходе; д) выбор и расчет ШВП; е) расчет редуктора; выбор ЭГШП или регулируемого электродвигателя постоянного тока, ДОС и беззазорных соединительных муфт.

3.3.7.2. Графическая часть

В графической части должны быть представлены следующие чертежи:
а) кинематическая схема станка; б) общий вид узла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пуш В.Э. Metallорежущие станки: учебник для машиностроительных вузов / В.Э. Пуш. - М.: Машиностроение, 1986. - 256 с.
2. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков. Курсовое проектирование: учеб. пособие для вузов / А.И. Кочергин. - Мн.: Высшейш. шк., 1991. - 382 с.: ил.
3. Решетов Д.Н. Детали и механизмы металлорежущих станков в 3-х томах. Т.1. / Д.Н. Решетов. - М.: Машиностроение, 1986. - 664 с.
4. Пуш В.Э. Конструирование металлорежущих станков / В.Э. Пуш. - М.: Машиностроение, 1977. - 390 с.
5. Проников А.С. Расчет и конструирование станков / А.С. Проников. - М.: Высшая школа, 1967. - 431 с.
6. Вороничев Н.М. Шпиндельные узлы агрегатных станков: альбом / М. Вороничев, Г.П. Плащей, С.С. Гиндин; под ред. Н.М. Вороничева. - М.: Машиностроение, 1983. - 180 с.
7. Локтева С.Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы: учебник для машиностроительных техникумов. - 2-е изд., перераб. и доп. / С.Е. Локтева. - М.: Машиностроение, 1986. - 320 с., ил.
8. Модзелевский А.А. Многооперационные станки: Основы проектирования и эксплуатации / А.А. Модзелевский, А.В. Соловьев, В.А. Лонг; под ред А.А. Модзелевского. - М.: Машиностроение, 1974. - 543 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Т.2. / Под ред. А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. - 656 с.
10. Чернилевский Д.В. Детали машин. Курсовое проектирование / Д.В. Чернилевский. - М.: Машиностроение, 1983. - 334 с.
11. Харченко А.О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: учеб. пособие для студ. вузов / А.О. Харченко. – К.: ИД «Профессионал», 2004. - 304 с.

Приложение А

Таблица А1 – Нормальные ряды чисел

Значение ф							Значение ф							Значение ф						
1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,0	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,0	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,0
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	10	10	10	10	10	10	10	100	100	100	100	100	100	100
1,06							10,06							106						
1,12	1,12						11,2	11,2		11,2				112	112					
1,18							11,8							118						
1,25	1,25	1,25					12,5	12,5	12,5					125	125	125	125			125
1,32							13,2							132						
1,4	1,4		1,4				14	14						140	140					
1,5							15							150						
1,6	1,6	1,6		1,6			16	16	16	16	16		16	160	160	160		160		
1,7							17							170						
1,8	1,8				1,8		18	18				18		180	180		180		180	
1,9							19							190						
2,0	2,0	2,0	2,0			2,0	20	20	20					200	200	200				
2,12							21,2							212						
2,24	2,24						22,4	22,4		22,4				224	224					
2,36							23,6							236						
2,5	2,5	2,5		2,5			25	25	25		25			250	250	250	250	250		250
2,65							26,5							265						
2,8	2,8		2,8				28	28						280	280					
3,0							30							300						
3,15	3,15	3,15			3,15		31,5	31,5	31,5	31,5		31,5	31,5	315	315	315			315	
3,35							33,5							335						
3,55	3,55						35,5	35,5						355	355		355			
3,75							37,5							375						
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0		4,0	40	40	40		40			400	400	400		400		
4,25							42,5							425						
4,5	4,5						45	45		45				450	450					
4,75							47,5							475						
5,0	5,0	5,0					50	50	50					500	500	500	500			500
5,3							53							530						
5,6	5,6		5,6		5,6		56	56				56		560	560				560	
6,0							60							600						
6,3	6,3	6,3		6,3			63	63	63	63	63		63	630	630	630		630		
6,7							67							670						
7,1	7,1						71	71						710	710		710			
7,5							75							750						
8,0	8,0	8,0	8,0			8,0	80	80	80					800	800	800				
8,5							85							850						
9,0	9,0						90	90		90				900	900					
9,5							95							950						
														1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Приложение Б

Основные технические характеристики и размеры электродвигателей, применяемых в приводе главного движения

Таблица Б1 – Технические характеристики асинхронных электродвигателей серии 4А

Тип двигателя	Р _{ном} , кВт	n, мин ⁻¹	$\frac{M_{кр}}{M_{ном}}$	$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$	J, кг·м ²
n ₀ =3000 мин ⁻¹							
4А71В2У3	1,1	2810	2,2	2,0	1,5	5,5	10,5·10 ⁻⁴
4А80А2У3	1,5	2850	2,6	2,1	1,4	6,5	18,3·10 ⁻⁴
4А80В2У3	2,2	2850	2,6	2,1	1,4	6,5	21,3·10 ⁻⁴
4А90Л2У3	3,0	2840	2,5	2,1	1,6	6,5	35,3·10 ⁻⁴
4А100S2У3	4,0	2880	2,5	2,0	1,6	7,5	59,3·10 ⁻⁴
4А100Л2У3	5,5	2880	2,5	2,0	1,6	7,5	75,0·10 ⁻⁴
4А112М2У3	7,5	2900	2,8	2,0	1,8	7,5	1,0·10 ⁻²
4А132М2У3	11,0	2900	2,8	1,7	1,5	7,5	2,25·10 ⁻²
4А160S2У3	15,0	2940	2,2	1,4	1,0	7,0	4,75·10 ⁻²
4А160М2У3	18,5	2940	2,2	1,4	1,0	7,0	5,25·10 ⁻²
4А180S2У3	22,0	2940	2,5	1,4	1,1	7,0	7,0·10 ⁻²
4А180М2У3	30,0	2945	2,5	1,4	1,1	7,5	8,5·10 ⁻²
n ₀ =1500 мин ⁻¹							
4А80А4У3	1,1	1420	2,2	2,0	1,6	5,0	32,3·10 ⁻⁴
4А80В4У3	1,5	1415	2,2	2,0	1,6	5,0	33,3·10 ⁻⁴
4А90Л4У3	2,2	1425	2,4	2,1	1,6	6,0	56,0·10 ⁻⁴
4А90S4У3	3,0	1435	2,4	2,0	1,6	6,0	86,8·10 ⁻⁴
4А100Л4У3	4,0	1430	2,4	2,0	1,6	6,0	1,13·10 ⁻²
4А112М4У3	5,5	1445	2,2	2,0	1,6	7,0	1,75·10 ⁻²
4А132S4У3	7,5	1455	3,0	2,2	1,7	7,5	2,75·10 ⁻²
4А132М4У3	11,0	1460	3,0	2,2	1,7	7,5	4,0·10 ⁻²
4А160S4у3	15,0	1465	2,3	1,4	1,0	7,0	10,3·10 ⁻²
4А160М4У3	18,5	1465	2,3	1,4	1,0	7,0	12,8·10 ⁻²
4А180S4У3	22,0	1470	2,3	1,4	1,0	6,5	19,0·10 ⁻²
4А180М4У3	30,0	1470	2,3	1,4	1,0	6,5	23,3·10 ⁻²
n ₀ =750 мин ⁻¹							
4А90Л8У3	1,1	700	1,9	1,6	1,4	3,5	-
4А100Л8У3	1,5	700	1,9	1,6	1,3	4,0	-
4А112МА8У3	2,2	700	2,2	1,9	1,5	5,0	-
4А112МВ8У3	3,0	700	2,2	1,9	1,5	5,0	-
4А132S8У3	4,0	720	2,6	1,9	1,7	5,5	-
4А132М8У3	5,5	720	2,6	1,9	1,7	5,5	-
4А160S8У3	7,5	730	2,2	1,4	1,0	6,0	-
4А160М8У3	11,0	730	2,2	1,4	1,0	6,0	-

Таблица Б2 – Основные размеры и масса электродвигателей серии 4А
(при установке на лапах, рис. Б1)

Тип двигателя	Число полюсов	Габаритные размеры			Установочно-присоединительные размеры, мм							Масса, кг
		L	H	D	l_1	l_{10}	l_{31}	d_1	d_{10}	b_{10}	h	
4A71B	2,4,6,8	285	203	170	40	90	45	19	7	112	71	15,1
4A80A	2,4,6,8	300	218	186	50	100	50	22	10	125	80	17,4
4A80B	2,4,6,8	320	218	186	50	100	50	22	10	125	80	20,4
4A90L	2,4,6,8	350	243	208	50	125	56	24	10	140	90	28,7
4A100S	2,4	362	263	235	60	112	63	28	12	160	100	36,0
4A100L	2,4,6,8	392	263	235	60	140	63	28	12	160	100	42,0
4A112M	2,4,6,8	452	310	265	80	140	70	32	12	190	112	56,0
4A132S	4,6,8	480	350	302	80	140	89	38	12	216	132	77,0
4A132M	2,4,6,8	530	350	302	80	178	89	38	12	216	132	93,0
4A160S	2,4,6,8	624	430	358	110	178	108	42	15	254	160	130,0
4A160M	2,4,6,8	667	430	358	110	210	108	48	15	254	160	160,0
4A180S	2,4	662	470	410	110	203	121	55	15	279	180	175,0
4A180M	2,4,6,8	702	470	410	110	241	121	55	15	279	180	195,0

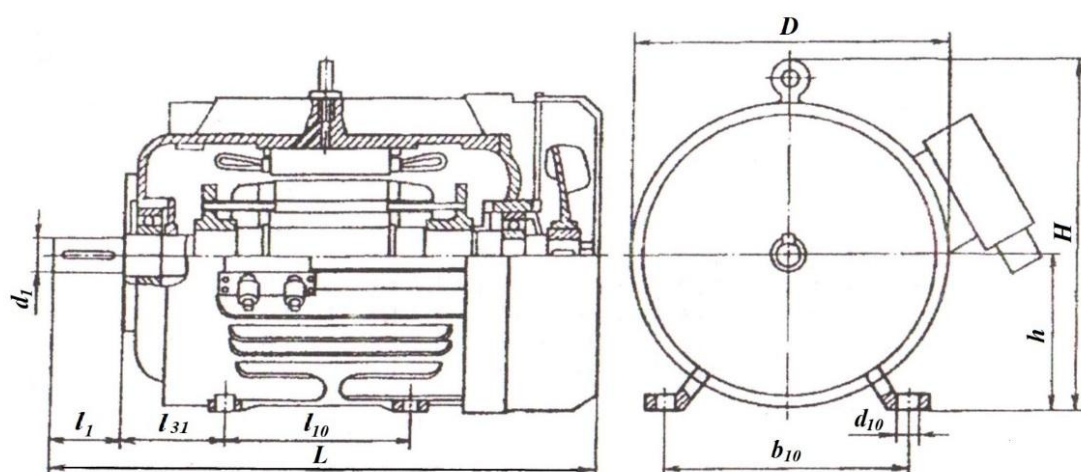


Рис. Б1. Общий вид электродвигателей серии 4А при установке на лапах

Таблица Б3 – Основные размеры и масса электродвигателей серии 4А
(при установке на фланец, рис. Б2)

Тип двигателя	Число полюсов	L	H	D	l_1	l_2	l_3	d_1	d_2	d_3	d_4	b	h_1	h_2	Масса, кг
4А71	2,4,6	285	130	200	40	3,5	10	19	165	12	130	6	6	21,5	15,7
4А80А	2,4,6,8	300	138	200	50	3,5	10	22	165	12	130	6	6	24,5	18,3
4А80В	2,4,6,8	320	138	200	50	3,5	10	22	165	12	130	6	6	24,5	21,3
4А90L	2,4,6,8	350	153	250	50	4,0	12	24	215	15	180	8	7	27,0	30,0
4А100S	2,4,6,8	362	163	250	60	4,0	14	28	215	15	180	8	7	31,0	37,0
4А100L	2,4,6,8	392	163	250	60	4,0	14	28	215	15	180	8	7	31,0	42,8
4А112М	2,4,6,8	452	198	300	80	4,0	16	32	265	15	230	10	8	35,0	58,0
4А132S	2,4,6,8	480	218	350	80	5,0	18	38	300	19	250	10	8	41,0	82,0
4А132М	2,4,6,8	530	218	350	80	5,0	18	38	300	19	250	10	8	41,0	97,0

Таблица Б4 – Технические характеристики и основные размеры
двухскоростных асинхронных электродвигателей серии 4А

Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$, кВт	n , мин ⁻¹	Основные размеры, мм				
			на лапах				на фланцах
			d_1	L	h	H	d_4
А61-4/2	7,5/10	1470/2920	35	580	200	440	250
А62-4/2	10,5/14,0	1480/2920	35	580	200	440	250
А61-8/4	3,5/5,0	720/1440	45	562	200	440	300
А62-8/4	5,0/7,0	720/1450	45	562	200	440	300
А71-8/4	7,0/10,0	725/1450	55	665	236	517	350
А72-8/4	10,0/14,0	725/1450	55	665	236	517	350
А81-8/4	14,0/20,0	730/1460	65	838	280	616	450
А82-8/4	20,0/28,0	730/1460	65	838	280	616	450

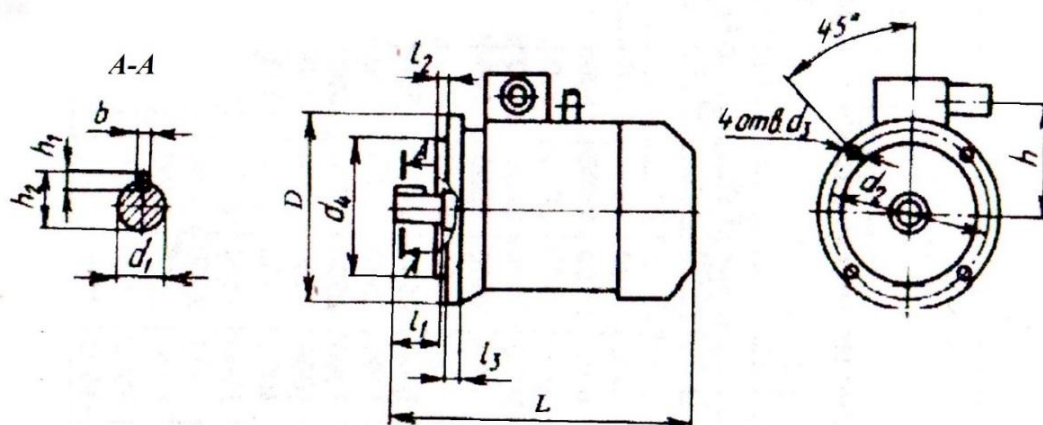


Рис. Б2. Общий вид электродвигателей серии 4А при установке на фланец

Таблица Б5 – Технические характеристики регулируемых электродвигателей постоянного тока серии 2П для привода главного движения

Тип двига- теля	Р _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				Р _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				Р _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				J, кг·м ²
		110В	220В	340В	440В		110В	220В	340В	440В		110В	220В	340В	440В	
	n ₀ =750 мин ⁻¹					n ₀ =1000 мин ⁻¹					n ₀ =1500 мин ⁻¹					
2ПБ112L	0,5	3000	2500	2000	1500	0,63	4000	3500	2500	2000	1,0	4000	4000	3500	3000	0,017
2ПБ132М	1,1	3000	2500	2000	1500	1,6	4000	3500	2500	2000	2,4	4000	4000	3500	3000	0,0375
2ПБ132L	1,6	3000	2500	2000	1500	1,9	4000	3000	2500	2000	3,2	4000	4000	3500	3000	0,0468
2ПБ160М	2,1	3000	2500	2000	1500	2,5	4000	3000	2500	2000	4,2	4000	4000	3500	3000	0,0835
2ПБ160L	2,5	3000	2500	2000	1500	3,2	4000	3000	2500	2000	5,3	4000	4000	3500	3000	0,104
2ПБ180М	3,4	3000	2500	2000	1500	4,5	3500	3000	2500	2000	7,1	3500	3500	3500	3000	0,20
2ПБ180L	4,2	3000	2500	2000	1500	5,6	3500	3000	2500	2000	8,5	3500	3500	3500	3000	0,229
2ПБ200L	6,0	3000	2500	2000	1500	8,0	3000	2500	2500	2000	11,0	3500	3500	3500	3000	0,30
2ПО132М	1,3	3000	2500	2000	1500	1,8	4000	3000	2500	2000	2,8	4000	4000	3500	3000	0,0375
2ПО132L	1,6	3000	2500	2000	1500	2,2	4000	3000	2500	2000	3,4	4000	4000	3500	3000	0,0468
2ПО160М	2,5	3000	2500	2000	1500	3,2	4000	3000	2500	2000	6,0	4000	4000	3500	3000	0,0835
2ПО160L	3,2	3000	2500	2000	1500	4,0	4000	3000	2500	2000	7,1	4000	4000	3500	3000	0,104
2ПО180М	4,5	3000	2500	2000	1500	6,3	350	3000	2500	2000	10,0	3500	3500	3500	3000	0,20
2ПО180L	5,2	3000	2500	2000	1500	7,5	3500	3000	2500	2000	-	-	-	-	-	0,229
2ПО200М	6,0	3000	2500	2000	1500	9,0	-	3000	2500	2000	14,0	-	-	3500	3000	0,25
2ПО200L	7,1	3000	2500	2000	1500	11,0	-	3000	2500	2000	17,0	-	-	3500	3000	0,30

Продолжение табл. Б5

Тип дви- гателя	P _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				P _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				P _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				J, кг·м ²	
		110В	220В	340В	440В		110В	220В	340В	440В		110В	220В	340В	440В		
	n ₀ =750 мин ⁻¹						n ₀ =1000 мин ⁻¹						n ₀ =1500 мин ⁻¹				
2ПН100L	0,42	-	1500	900	-	-	-	-	-	-	1,1	4000	3000	1800	-	0,012	
2ПН112М	0,6	3000	2500	2000	1500	0,85	4000	3500	2500	2000	1,5	4000	4000	3500	3000	0,014	
2ПН112L	0,8	3000	2500	2000	1500	1,25	4000	3500	2500	2000	2,2	4000	4000	3500	3000	0,017	
2ПН132М	1,6	3000	2500	2000	1500	2,5	4000	3500	2500	2000	4,0	4000	4000	3500	3000	0,0375	
2ПН132L	1,9	3000	2500	2000	1500	3,0	4000	3000	2500	2000	5,5	4000	4000	3500	3000	0,0468	
2ПН160М	3,0	3000	2500	2000	1500	4,5	4000	3000	2500	2000	7,5	4000	4000	3500	3000	0,0835	
2ПН160L	4,0	3000	2500	2000	1500	6,3	4000	3000	2500	2000	11,0	4000	4000	3500	3000	0,104	
2ПН180М	5,6	3000	2500	2000	1500	8,0	3500	3000	2500	2000	15,0	3500	3500	3500	3000	0,20	
2ПН180L	7,1	3000	2500	2000	1500	10,0	3500	3000	2500	2000	18,5	-	3500	3500	3000	0,229	
2ПН200М	8,5	3000	2500	2000	1500	13,0	3500	3000	2500	2000	22,0	-	3500	3500	3000	0,25	
2ПН200L	11,0	3000	2500	2000	1500	16,0	-	3000	2500	2000	30,0	-	3500	3500	3000	0,30	
2ПФ132М	2,0	3000	2500	2000	1500	3,0	4000	3000	2500	2000	40,0	4000	4000	3500	3000	0,0375	
2ПФ132L	2,8	3000	2500	2000	1500	4,2	4000	3000	2500	2000	5,5	4000	4000	3500	3000	0,0458	
2ПФ160М	4,2	3000	2500	2000	1500	6,0	4000	3000	2500	2000	7,5	4000	4000	3500	3000	0,0835	
2ПФ160L	5,6	3000	2500	2000	1500	8,0	4000	3000	2500	2000	11,0	4000	4000	3500	3000	0,104	
2ПФ180М	9,0	3000	2500	2000	1500	12,0	3500	3000	2500	2000	15,0	3500	3500	3500	3000	0,20	
2ПФ180L	10,0	3000	2500	2000	1500	14,0	3500	3000	2500	2000	18,5	-	3500	3500	3000	0,229	
2ПФ200М	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,0	-	3500	3500	3000	0,25	
2ПФ200L	15,0	3000	2500	2000	1500	20,0	-	3000	2500	2000	30,0	-	3500	3500	3000	0,30	

Таблица Б6 – Основные размеры и масса электродвигателей серии 2П (рис. Б3)

Тип двигателя	Основные размеры, мм						Масса, кг исполнения	
	b_{10}	d_1	d_{20}	D	l_{10}	L	на ла-пах	на флан-цах
2ПН100L 2ПН100ЛГ	160	22	130	220	140	434 558	39 44	43 48
2ПН112М 2ПБ112М 2ПН112МГ 2ПБ112МГ 2ПН112L 2ПБ112L 2ПН112ЛГ 2ПБ112ЛГ	190	24	165	237 218 237 218 237 218 237 218	159	490 640 530 680	47 52 56 61	51 56 60 65
2ПН132М 2ПБ132М 2ПН132МГ 2ПБ132МГ 2ПН132L 2ПБ132L 2ПН132ЛГ 2ПБ132ЛГ	216	38	215	277 258 277 258 277 258 277 258	162	610 760 650 805	86 91 96 101	95 100 105 110
2ПН160М 2ПБ160М 2ПН160МГ 2ПБ160МГ 2ПН160L 2ПБ160L 2ПН160ЛГ 2ПБ160ЛГ	254	38	265	333 314 333 314 333 314 333 314	149	645 800 695 850	141 147 159 165	146 152 164 170
2ПН180М 2ПБ180М 2ПН180МГ 2ПБ180МГ 2ПН180L 2ПБ180L 2ПН180ЛГ 2ПБ180ЛГ	279	42	300	373 354 373 354 373 354 373 354	190	765 925 805 965	213 219 234 240	221 227 242 248

Продолжение табл. Б6

2ПН200М 2ПБ200М 2ПН200МГ 2ПБ200МГ 2ПН200Л 2ПБ200Л 2ПН200ЛГ 2ПБ200ЛГ	318	42	350	413	190	785	282	287
				394		940	288	293
				413				
				394		845	325	330
				413				
				394		1000	331	336
				413				
				394				
2ПФ132М 2ПФ132Г	216	38	215	280	203	895	98	107
						940	108	117
2ПФ160М 2ПФ160Л	254	38	265	340	254	970	153	158
						1020	171	176
2ПФ180М 2ПФ180Л	279	42	300	300	279	1080	236	244
						1120	257	265
2ПФ200М 2ПФ200Л	318	48	350	420	305	1090	303	308
						1150	346	357

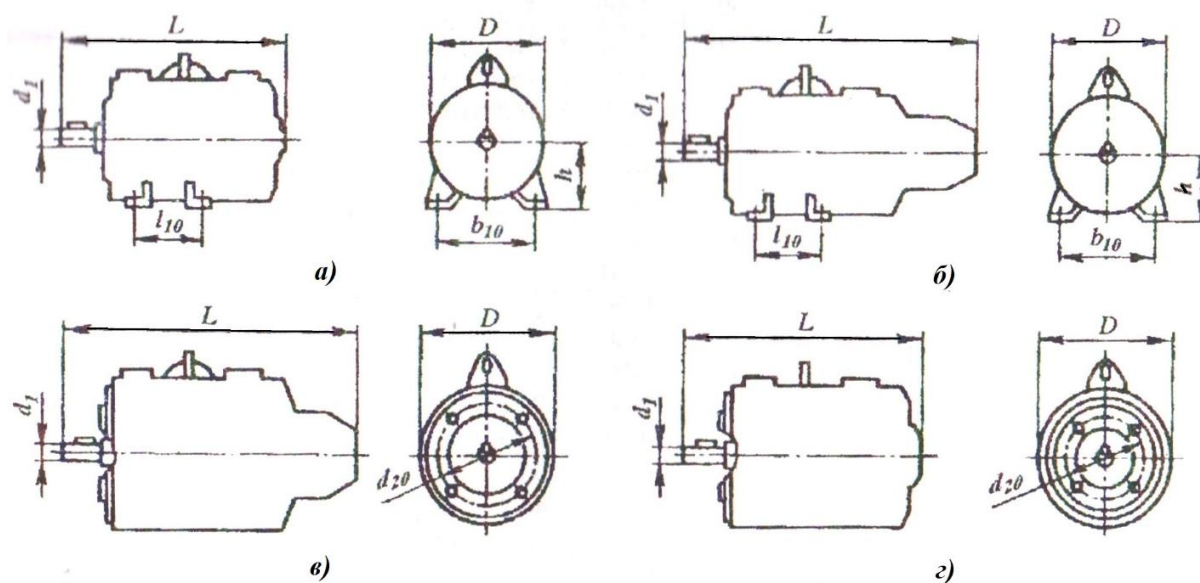


Рис. Б3. Общий вид электродвигателей серии 2П
а) на лапах без тахометра; б) на лапах с тахометром;
в) на фланце с тахометром; г) на фланце без тахометра.

Таблица Б7 – Технические характеристики регулируемых электродвигателей постоянного тока серий ПБС, ПБСТ для привода главного движения

Тип двигателя	$P_{\text{ном}},$ кВт	$n_{\text{ном}},$ мин^{-1}	$n_{\text{мах}},$ мин^{-1}	$M_{\text{ном}},$ Н·м	$U_{\text{ном}},$ В	$J,$ $\text{кг}\cdot\text{м}^2$	Масса, кг
ПБС22 ПБСТ22	0,4	1000	2500	3,9	110, 220, 340	0,011 0,012	56 66
	0,6	1500	3750	3,9	110, 220, 340		
	0,85	2200	4000	3,8	110, 220, 340		
	1,0	3000	4000	3,24	110, 220, 340		
ПБС23 ПБСТ23	0,55	1000	2500	5,37	110, 220, 340	0,012 0,014	64 74
	0,85	1500	3750	5,52	110, 220, 340		
	1,15	2200	4000	5,1	110, 220, 340		
	1,3	3000	4000	4,23	110, 220, 340		
ПБС32 ПБСТ32	0,8	1000	2500	7,8	110, 220, 340	0,024 0,025	81 91
	1,2	1500	3750	7,8	110, 220, 340		
	1,5	2200	4000	6,64	110, 220, 340		
	1,75	3000	4000	5,5	220, 340		
ПБС33 ПБСТ33	1,0	1000	2500	9,75	110, 220, 340	0,031 0,038	93 103
	1,6	1500	3750	10,4	110, 220, 340		
	2,1	2200	4000	9,3	220, 340		
	2,35	3000	4000	7,6	220, 340		
ПБС42 ПБСТ42	1,4	1000	2500	13,6	110, 220, 340, 440	0,045 0,046	97 107
	2,1	1500	3750	13,6	110, 220, 340, 440		
	2,9	2200	4000	12,8	110, 220, 340, 440		
	3,4	3000	4000	11,0	220, 340, 440		
ПБС43 ПБСТ43	1,9	1000	2500	18,5	110, 220, 340, 440	0,056 0,058	113 123
	2,8	1500	3750	16,3	110, 220, 340		
	3,8	2200	4000	16,8	110, 220, 340		
	4,3	3000	4000	14,0	110, 220, 340		
ПБС52 ПБСТ52	2,5	1000	3000	24,4	110, 220, 340	0,109 0,110	145 155
	4,1	1500	3600	26,6	110, 220, 340		
	5,5	2200	3600	24,4	110, 220, 340		
	6,5	3000	3600	21,2	110, 220, 340		
ПБС53 ПБСТ53	3,3	1000	3000	32,2	110, 220, 340	0,129 0,130	164 174
	4,8	1500	3600	31,2	110, 220, 340		
	6,3	2200	3600	28,0	110, 220, 340		
	8,0	3000	3600	26,0	110, 220, 340		
ПБС62 ПБСТ62	4,7	1000	3000	46,8	110, 220, 340	0,256 0,258	198 208
	7,2	1500	3600	46,3	110, 220, 340		
	10,0	2200	3600	44,4	110, 220, 340		
	11,3	3000	3600	36,6	110, 220, 340		
ПБС63 ПБСТ63	5,4	1000	3000	52,7	110, 220, 340	0,306 0,308	240 250
	7,8	1500	3600	50,6	110, 220, 340		
	11,0	2200	3600	48,7	110, 220, 340		
	12,0	3000	3600	44,0	110, 220, 340		

Приложение В

Основные технические характеристики и размеры бесконтактных электромагнитных муфт

Таблица В1 – Основные технические характеристики муфт серии Э1М

Габарит муфты	М _Н , Н·м	М _В , Н·м	М _{О.В} , Н·м	ω, рад/с		ΔР, Вт	
	для муфт исполнения						
	2,4	6	2, 4, 6	2	4,6	2,6	4
04	16	10	0,1	600	800	50	75
05	25	16	0,15	500	700	80	120
06	40	25	0,25	450	600	100	150
07	63	40	0,4	400	500	140	210
08	100	63	0,7	350	450	180	270
09	160	100	1,0	300	400	210	315
10	250	160	1,2	280	360	250	375
11	400	250	2,0	250	330	300	450
12	630	400	2,5	220	300	350	525
13	1000	630	4,0	200	290	470	705
14	1600	1000	6,5	180	270	600	900
15	2500	1600	8,0	160	250	750	1125
16	4000	2500	10,0	140	214	1000	1500

Таблица В2 – Размеры шлицевых посадочных отверстий группы В, мм

Габарит муфты	Группа отверстий 1Н				Группа отверстий 2Н				Группа отверстий 3Н			
	D	d	b	z	D	d	b	z	D	d	b	z
04	20	16	4	6	16	13	3,5	6	14	11	3	6
05	22	18	5	6	20	16	4	6	16	13	3,5	6
06	25	21	5	6	22	18	5	6	20	16	4	6
07	30	26	6	6	25	21	5	6	22	18	5	6
08	34	28	7	6	30	26	6	6	25	21	5	6
09	40	36	7	8	34	28	7	6	30	26	6	6
10	46	42	8	8	40	36	7	8	34	28	7	6
11	54	46	9	8	46	42	8	8	40	36	7	8
12	65	56	10	8	54	46	10	8	46	42	8	8
13	82	72	12	10	72	62	12	8	65	56	10	8
14	92	82	12	10	82	72	12	10	72	62	12	8
15	102	92	14	10	92	82	12	10	82	72	12	10
16	112	102	16	10	102	92	14	10	92	82	12	10

Таблица В3 – Основные размеры электромагнитных муфт Э1М...4, мм

Габарит муфты	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	L	l	l1	l2	l3	l4	l5	Ход f	d	d1	h, не более	b	Число пазов	Число дисков нар./вн.
04	72	72	28	67	37,5	65	50	36	10,7	2	15	4,9	3	7	1,2	M5	3	4	10	4	3/4
05	80	78	32	70	41	75	60	38	11	2	15	4,9	3,3	7	1,1	M5	3	4,5	10	6	3/4
06	90	88	35	80	46,5	85	70	42,5	12,5	2	18	5,6	3,3	10	1,2	M5	3	5	12	6	3/4
07	100	98	42	90	54	95	80	45	15	3	20	7,2	3,8	10	1,6	M5	3	5	12	6	4/5
08	110	110	50	100	61,4	100	90	48	16	3	24	7,2	4,5	10	2,1	M5	4	7	12	6	4/5
09	120	120	55	110	69	110	100	55	18,5	3	26	9	4	10	2,3	M5	4	6	16	6	4/5
10	135	135	60	125	78,2	125	110	60	22	3	26	11	4	12	3,2	M6	4	6,5	16	6	4/5
11	150	150	70	140	90	140	120	68	23,5	4	32	10,8	5,5	12	3,3	M6	4	9	16	8	5/6
12	170	170	80	160	104,2	160	140	74	27	4	39,5	13,2	5,5	13	4,1	M6	4	9	20	8	6/7
13	190	190	100	180	123,2	180	165	86	32,5	5	32	17,6	5,5	18	3,6	M8	5	11	20	8	6/7
14	215	215	110	200	132,2	200	180	100	37,5	5	42,5	20,8	5,5	18	4,0	M8	5	14	20	8	6/7
15	240	240	130	220	152	220	200	110	43	5	58	24	5,5	20	5,5	M8	6	14	25	8	7/8
16	270	270	140	250	168	250	230	120	49	5	55	27,2	5,5	20	7,0	M10	6	18	25	10	8/9

Таблица В4 – Размеры шпоночных посадочных отверстий группы А, мм

Габарит муфты	Группа отверстий 1А			Группа отверстий 2А			Группа отверстий 3А		
	d	b	t	d	b	t	d	b	t
04	18	5	19,8	16	5	18,3	14	5	16,3
05	20	5	22,3	18	5	19,9	16	5	18,3
06	22	5	23,9	20	6	22,3	18	5	19,9
07	25	6	27,3	22	6	24,3	20	6	22,3
08	30	8	32,6	25	8	27,6	22	6	24,3
09	35	10	37,9	30	8	32,6	25	8	27,6
10	40	10	42,9	35	10	37,9	30	8	32,6
11	50	14	53,3	40	12	42,9	35	10	37,9
12	60	14	63,3	50	16	53,6	40	12	42,9
13	80	16	82,9	60	16	74,3	50	14	64,0
14	90	18	92,9	80	18	84,4	60	16	74,3
15	100	18	104,4	90	18	94,4	80	18	84,4
16	110	25	115,4	100	25	105,4	90	25	95,4

Таблица В5 – Размеры шлицевых посадочных отверстий группы Н, мм

Габарит муфты	Группа отверстий 1Н				Группа отверстий 2Н				Группа отверстий 3Н			
	D	d	b	z	D	d	b	z	D	d	b	z
04	20	16	4	6	16	13	3,5	6	14	11	3	6
05	22	18	5	6	20	16	4	6	16	13	3,5	6
06	25	21	5	6	22	18	5	6	20	16	4	6
07	30	26	6	6	25	21	5	6	22	18	5	6
08	34	28	7	6	30	26	5	6	25	21	5	6
09	40	36	7	8	34	28	6	6	30	26	6	6
10	46	42	8	8	40	36	7	8	34	28	7	6
11	54	46	9	8	46	42	7	8	40	36	7	8
12	65	56	10	8	54	46	9	8	46	42	8	8
13	82	72	12	10	72	62	12	8	65	56	10	8
14	92	82	12	10	82	72	12	10	72	62	12	8
15	102	92	14	10	92	82	12	10	82	72	12	10
16	112	102	16	10	102	92	14	10	92	82	12	10

**СТАНКИ С ЧПУ И ОБОРУДОВАНИЕ ГПС.
СТАНКИ-АВТОМАТЫ
И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ**

*Методические указания
к выполнению практических занятий и РГЗ*

Составители: **Покинтелица** Николай Иванович,
Левченко Елена Александровна

Редактор – О.В. Дмитриева

Изд. № 111/17. Объем 2,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»