

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ШВЕЙНОГО И ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Методические указания по выполнению расчетно-графической работы  
для студентов специальности  
6-05-0723-02 «Технологии и проектирование одежды и обуви»

Витебск  
2026

УДК 7.01 (075.8)

Составитель:

Ю. В. Новиков

Одобрено кафедрой «Автоматизация производственных процессов»  
УО «ВГТУ», протокол № 8 от 26.03.2026.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом  
УО «ВГТУ», протокол № 7 от 28.04.2026.

**Технологическое оборудование швейного и обувного производства :**  
методические указания по выполнению расчетно-графической работы /  
УО «ВГТУ» ; сост. : Ю. В. Новиков. – Витебск, 2026. – 36 с.

Методические указания являются руководством по выполнению расчетно-графических работ по курсу «Технологическое оборудование швейного и обувного производства», определяют порядок выполнения и расчета студентом задач, общие требования, предъявляемые к выполнению расчетных заданий, представляют последовательность ее анализа, требования к структуре, содержанию и оформлению решения.

Предназначены для студентов дневной формы обучения на базе специальности 6-05-0723-02 «Технологии и проектирование одежды и обуви».

УДК 7.01 (075.8)

© УО «ВГТУ», 2026

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                                                                     | 4  |
| 1. Общие требования к выполнению расчетно-графических работ.....                                                                   | 5  |
| 2. Содержание учебного материала.....                                                                                              | 6  |
| 3. Расчетно-графическая работа 1. Расчет времени разгона электропривода швейной машины.....                                        | 8  |
| 3.1 Теоретическая часть .....                                                                                                      | 8  |
| 3.2 Практическая часть .....                                                                                                       | 16 |
| 4. Расчетно-графическая работа 2. Расчет шагового электропривода исполнительного механизма с числовым программным управлением..... | 21 |
| 4.1 Задание и исходные данные.....                                                                                                 | 21 |
| 4.2 Порядок расчета.....                                                                                                           | 30 |
| Литература.....                                                                                                                    | 35 |

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность изучения учебной дисциплины и ее значимость заключается в необходимости знания современного технологического оборудования. Занимает важное место в системе подготовки специалиста. Изучение учебной дисциплины «Технологическое оборудование швейного и обувного производства» способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию.

Воспитательное значение учебной дисциплины заключается в стремлении к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданской ответственности и патриотизме.

Цели преподавания дисциплины: изучение общих характеристик современного технологического оборудования, рабочих органов, конструктивных особенностей механизмов, назначения и видов основных технологических регулировок, перспектив развития швейного и обувного оборудования.

Задачи изучения дисциплины: приобретение знаний характеристик современного технологического оборудования; формирование навыков назначения и видов основных технологических регулировок; изучение принципов работы рабочих органов; овладение методами изучения швейного и обувного оборудования;

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- оборудование для раскроя деталей одежды;
- оборудование для раскроя и механической обработки деталей обуви;
- оборудование для сборочных операций швейного и обувного производства;
- оборудование для влажно-тепловой обработки и формования;
- оборудование для технологических процессов крепления низа обуви;
- оборудование для отделки.

Уметь:

- применять различные виды современного оборудования для формирования технологических процессов швейного и обувного производства;
- применять полученные знания для основных технологических регулировок оборудования.

Иметь навык:

- построения кинематических схем машин и механизмов.

Междисциплинарные связи

Полученные знания, умения и навыки могут быть использованы студентами при изучении дисциплин «Проектирование обувного и кожгалантерейного производств», «Проектирование швейного производства».

## **1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ**

При выполнении расчетно-графических работ студенты закрепляют теоретический материал, изложенный в лекциях, материал лабораторных работ, учатся анализировать процессы, происходящие в цепях постоянного и переменного токов.

Количество расчетно-графических работ и их распределение по семестрам определяется рабочей программой дисциплины.

При выполнении расчетно-графических работ должны быть выполнены следующие требования:

- на титульном листе указывается название университета, кафедры, название и номер расчетно-графической работы, фамилия, имя и отчество студента, номер учебной группы, фамилия, имя и отчество проверяющего, год выполнения работы;

- использовать стандартные листы писчей бумаги;

- при расчетах в основном пользоваться международной системой единиц;

- графический материал вычерчивать карандашом или ручкой с помощью чертежных инструментов, пользуясь стандартными графическими обозначениями элементов схем и стандартными буквенными обозначениями физических величин;

- полученное решение проверить выбранным самостоятельно методом.

Номер варианта задания указывается преподавателем, ведущим дисциплину.

## **2 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Профилизация: Технологии и проектирование швейных изделий**

#### **Тема 1. Общие сведения об оборудовании швейных предприятий**

Общая характеристика дисциплины, ее задачи, содержание. Анализ парка технологического оборудования швейных предприятий Республики Беларусь. Классификация оборудования швейных предприятий. Понятие о машине и механизме. Основные составляющие машины. Классификация деталей механизмов швейных машин. Кинематическая схема машины, механизма. Условные изображения деталей оборудования с помощью кинематических схем.

#### **Тема 2. Оборудование подготовительного производства**

Организация складского производства. Способы хранения тканей, фурнитуры, готовых изделий. Грузоподъемное оборудование: лифты, подъемники, краны, лебедки, тали, тельферы. Транспортирующее оборудование: грузовые тележки, лифты. Погрузочно-разгрузочное оборудование подготовительных цехов: электро- и автопогрузчики, электроштабелеры, кранштабелеры. Оборудование, применяемое для промера и разбраковки тканей: примерочные столы, разбраковочные станки и др. Графопостроители: характеристика, устройство.

#### **Тема 3. Раскройное оборудование швейных предприятий**

Оборудование для настиланья тканей: настилочные столы, настилочные тележки. Характеристика, устройство, регулировки. Основные положения теории резания. Классификация способов резания материалов. Передвижные раскройные машины с прямым и дисковым ножом. Устройство, работа, регулировки. Стационарные раскройные машины. Устройство, работа, регулировки. Автоматизированные настильно-раскройные комплексы.

#### **Тема 4. Универсальные швейные машины челночного стежка**

Иглы швейных машин, их классификация. Понятие о петле-напуск. Механизмы, приводящие в движение иглу, их особенности, регулировки.

Челноки, их классификация. Особенности механизмов привода челноков. Устройство, работа, регулировки.

Нитепритягиватели. Понятие о диаграмме подачи и выбора нити. Классификация механизмов нитепритягивателей, их устройство, работа и регулировки.

Рейка. Особенности взаимодействия рейки и лапки. Классификация по способу транспортирования материалов. Механизмы привода зубчатой рейки: устройство, работа, регулировки. Способы регулирования величины стежка. Понятие о посадке тканей и методы ее устранения.

#### **Тема 5. Проектирование и расчеты механизмов универсальных швейных машин**

Пространственные и плоские кинематические схемы. Условные изображения. Правила разработки.

Особенности проектирования и расчетов механизмов универсальных швейных машин: иглы, челнока, нитепритягивателя.

Проектирование и расчет механизмов машин с микропроцессорным управлением.

#### **Тема 6. Циклограмма швейной машины**

Понятие о циклограмме работы машины. Виды циклограмм. Разработка и проектирование циклограмм механизмов швейных машин.

#### **Тема 7. Швейные машины специального назначения**

Особенности взаимодействия иглы и челнока в машинах зигзагообразной строчки. Особенности образования одно- и многониточных цепных стежков.

Конструктивные особенности и регулировки механизмов машин зигзагообразной строчки, краеобметочных машин, машин потайного стежка, плоскошовных машин. Технические характеристики машин специального назначения.

#### **Тема 8. Швейные полуавтоматы**

Классификация машин полуавтоматического действия. Технические характеристики. Рабочие инструменты швейных полуавтоматов. Швейные полуавтоматы для выполнения закрепок, пришивания фурнитуры, изготовления петель, вышивки. Конструкция, работа, регулировки основных механизмов. Полуавтоматы с микропроцессорным управлением.

#### **Тема 9. Оборудование для влажно-тепловой обработки одежды**

Основные параметры ВТО. Классификация оборудования для ВТО. Технические характеристики, рабочие органы, особенности конструкций.

### 3. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА 1.

#### РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ

##### 3.1 Теоретическая часть

###### *Основные параметры и механическая характеристика асинхронных электродвигателей*

Перечислим основные параметры нерегулируемых асинхронных электродвигателей.

Синхронная частота вращения ротора  $n_o$  определяется из формулы:

$$n_o = \frac{60f}{p}, \text{ об/мин,}$$

где  $f$  – частота напряжения, подаваемого на обмотку статора, Гц;  $p$  – число пар полюсов статора.

В таблице 1.1 приведены значения  $n_o$  для промышленной частоты  $f = 50$  Гц и рекомендуемых чисел  $p$ .

Таблица 1.1 – Значения  $n_o$  для промышленной частоты  $f = 50$  Гц и рекомендуемых чисел  $p$

| $p$   | 1    | 2    | 3    | 4   | 5   |
|-------|------|------|------|-----|-----|
| $n_o$ | 3000 | 1500 | 1000 | 750 | 600 |

Синхронная угловая скорость ротора определяется из формулы:

$$\omega_o = \frac{\pi n_o}{30} = \frac{2\pi f}{p}. \quad (1.1)$$

Номинальная частота вращения  $n_n$  ротора – это такая частота, при которой коэффициент полезного действия электродвигателя максимален.  $n_n$  определяется из формулы:

$$n_n = (1 - S_n)n_o, \text{ об/мин,}$$

где  $S_n$  – номинальное скольжение ротора ( $S_n = 0,08–0,13$ ).

Номинальная угловая скорость вращения ротора  $\omega_n$  определяется из формулы:

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30}, \text{ рад/с.}$$

Номинальная мощность  $N_n$  электродвигателя соответствует режиму работы электродвигателя с максимальным коэффициентом полезного действия (указывается на щитке электродвигателя в кВт).

Номинальный момент  $M_n$  на валу электродвигателя определяется по формуле:

$$M_n = \frac{1000N_n}{\omega_n}, \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

В формуле  $N_n$  берется в кВт.

Критический коэффициент  $\lambda_{кр}$  определяется из формулы:

$$\lambda_{кр} = \frac{M_{кр}}{M_n},$$

где  $M_{кр}$  – максимальный критический момент, развиваемый на валу электродвигателя.

Коэффициент пуска  $\lambda_n$  определяется из формулы:

$$\lambda_n = \frac{M_n}{M_{кр}},$$

где  $M_n$  – момент, развиваемый на валу в момент пуска.

Зависимость текущего значения угловой скорости  $\omega$  ротора от момента  $M_d$ , приложенного к ротору, определяется [3] по приближенной формуле:

$$M_d = \frac{2M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}}, \quad (1.2)$$

где  $S$  – текущее скольжение ротора, определяемое по формуле:

$$S = 1 - \frac{\omega}{\omega_0},$$

где  $S_{кр}$  – критическое скольжение ротора, определяемое из формулы:

$$S_{кр} = S_i \left( \lambda_{кр} + \sqrt{\lambda_{кр}^2 - 1} \right), \quad (1.3)$$

полученной подстановкой в формулу (1.2) значений  $M_d = M_n$  и  $S = S_n$  с последующим решением квадратного уравнения относительно  $\lambda_{кр}$ .

График зависимости  $\omega$  от  $M_d$  называется графиком механической характеристики. Вид графика приведен на рисунке 1.1. Отметим на графике четыре характерные точки, соответствующие различным режимам работы.

Точка 1 ( $\omega = \omega_o$ ;  $M_d = 0$ ) соответствует режиму холостого хода.

Точка 2 ( $\omega = \omega_n$ ;  $M_d = M_n$ ) соответствует номинальному режиму, при котором коэффициент полезного действия электродвигателя – максимальный.

Точка 3 ( $\omega = \omega_{кр}$ ;  $M_d = M_{кр}$ ) соответствует критическому режиму, при котором  $M_d$  максимален.

Точка 4 ( $\omega = 0$ ;  $M_d = M_n$ ) соответствует режиму пуска.

Участок 1–2–3 характеристики соответствует устойчивой работе электродвигателя. Если приложить к валу электродвигателя момент, больший  $M_{кр}$ , то он перейдет в неустойчивый режим работы на участке 3–4 и остановится.

Для упрощения расчетов электропривода уравнение механической характеристики (1.2) аппроксимируют отрезками прямых 1–3', 3–3', 3–4.

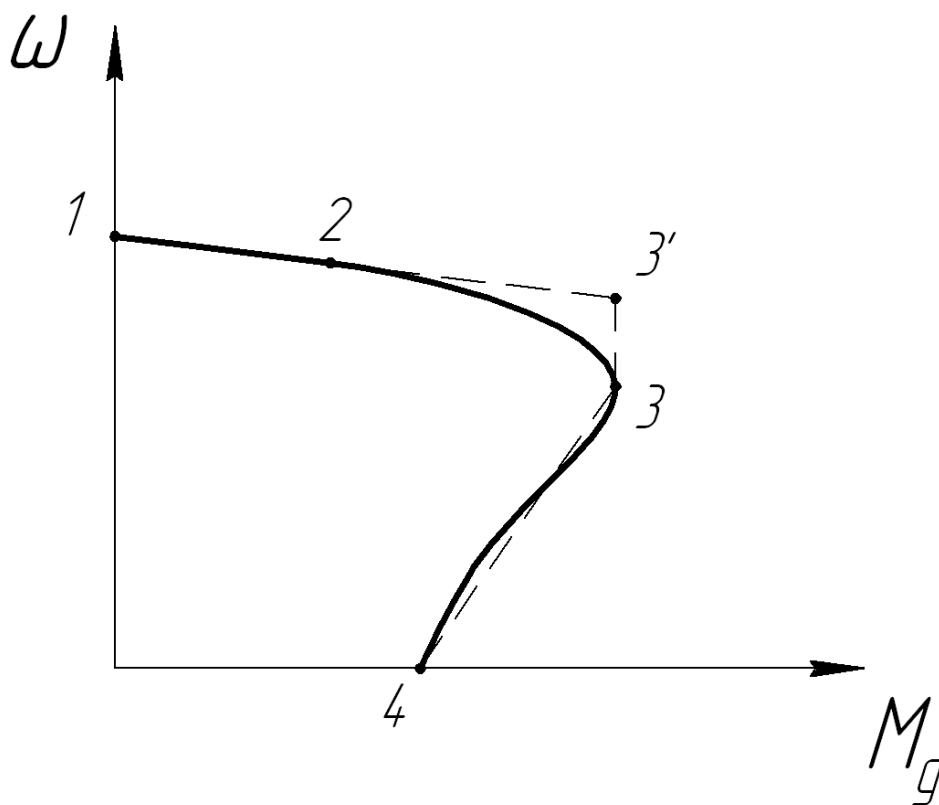


Рисунок 1.1 – График механической характеристики асинхронного электродвигателя

Уравнение прямой 1–3', проходящей через точки 1, 2, 3', имеет вид

$$\frac{\omega - \omega_n}{\omega_i - \omega_n} = \frac{I_d}{I_i}.$$

Это уравнение преобразуется к виду

$$M_d = a - b\omega, \quad (1.4)$$

где  $a$  и  $b$  – постоянные коэффициенты, определяемые из формул

$$a = \frac{M_i \cdot \omega_H}{\omega_H - \omega_i}, \quad (1.5)$$

$$b = \frac{M_i}{\omega_H - \omega_i}. \quad (1.6)$$

Уравнение прямой 4–3, проходящей через точки 4, 3, имеет вид

$$\frac{\omega - \omega_4}{\omega_3 - \omega_4} = \frac{I_D - I_{\Pi}}{I_{\text{вр}} - I_{\Pi}}.$$

Подставляя в это уравнение  $\omega_4 = 0$ ;  $\omega_3 = \omega_{кр}$ ;  $M_{Д4} = M_n$ ;  $M_{Д3} = M_{кр}$ , получим:

$$M_{\text{д}} = e\omega + M_{\Pi}, \quad (1.7)$$

где

$$e = \frac{M_{\text{вр}} - I_{\text{д}}}{\omega_{\text{вр}}}. \quad (1.8)$$

Уравнение прямой, проходящей через точки 3'–3, имеет вид

$$M_{\text{д}} = M_{\text{вр}}. \quad (1.9)$$

На интервале  $\omega_{\text{вр}} \leq \omega \leq \omega'_{\text{вр}}$ , где

$$\omega'_{\text{вр}} = \frac{a - M_{\text{вр}}}{b}. \quad (1.10)$$

### *Структура электропривода*

Кинематическая схема типового электропривода швейных машин показана на рисунке 1.2.

На схеме обозначены: 1 – вал электродвигателя с закрепленными на нем ротором 1а и маховиком 1б; 2 – ведомый вал привода, соосный с валом электродвигателя, с закрепленными на нем диском 2а с фрикционными накладками и шкивом 2б клиноременной передачи; 3 – главный вал швейной машины 4. Управление приводом осуществляется с помощью педали 5 через систему звеньев 6–8. Ролик 7а рычага входит в паз подвижного корпуса 8, в котором закреплены вращающиеся опоры вала 2. Рычаг 7 удерживается в исходном положении пружиной 9. В исходном положении педаль 5 не нажата, пружина 9 через вертикальное плечо и ролик 7а рычага 7 удерживает корпус 8,

вал 2 и диск 2а в крайнем правом положении, правая фрикционная накладка диска 2а прижата к неподвижному тормозному диску 10, вал 2 неподвижен, электродвигатель работает в режиме холостого хода.

При нажатии на педаль 5 тяга 6 опускается, угловой рычаг 7, преодолевая действие пружины 9, поворачивается против часовой стрелки, верхнее плечо рычага перемещает корпус 8, вал 2 и диск 2а влево, в конце хода диск 2а левой фрикционной накладкой прижимается к маховику 1б, в результате вращение от ротора двигателя передается валам 2 и 3.

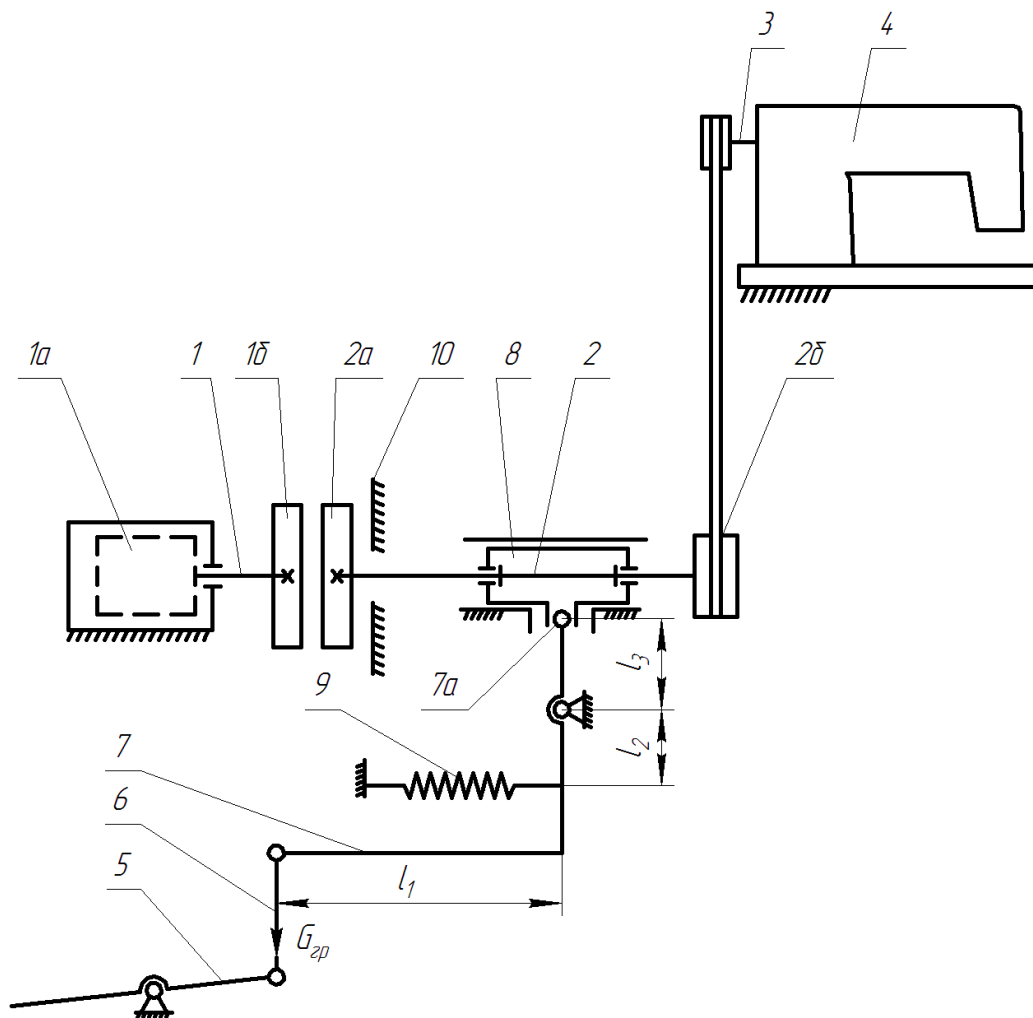


Рисунок 1.2 – Схема электропривода швейной машины

При опускании педали 5 фрикционный диск 2а под действием пружины 9 перемещается вправо, в конце хода диск 2а правой фрикционной накладкой прижимается к тормозному диску 10, происходит торможение вала 2.

### **Определение времени разгона**

На участке разгона привода следует выделить две фазы работы длительностей  $t_1$  и  $t_2$  (рис. 1.3). Фаза  $t_1$  соответствует различным угловым

скоростям дисков 1б, 2а фрикционной муфты, происходит пробуксовка дисков. Фаза  $t_2$  соответствует полному сцеплению дисков 1б, 2а, пробуксовка отсутствует.

В фазе  $t_1$  привод следует рассматривать в виде двух систем звеньев: ведущей, включающей звено 1, и ведомой, включающей звенья 2, 3.

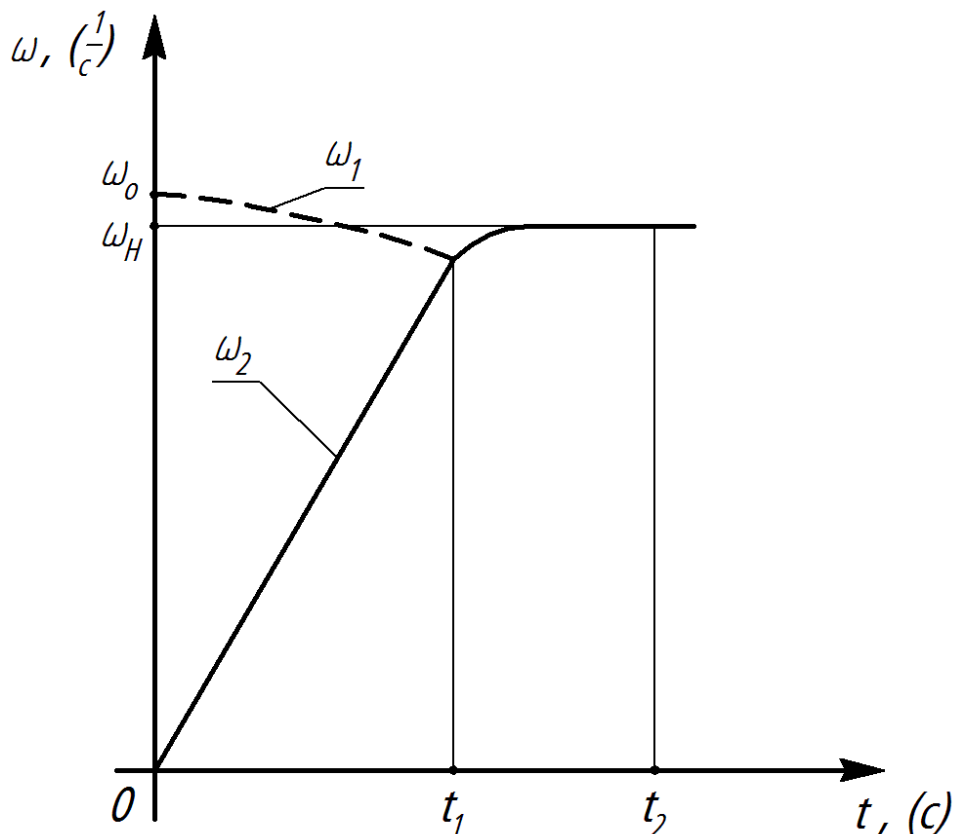


Рисунок 1.3 – График разгона электропривода

Уравнение движения звена 1 имеет вид

$$M_d - M_{\text{фр}} = I_1 \frac{d\omega_1}{dt}, \quad (1.11)$$

где  $M_d$  – момент, развиваемый электродвигателем;  $M_{\text{фр}}$  – момент трения во фрикционной паре 1б–2а;  $\omega_1$  – угловая скорость вала электродвигателя.

Момент  $M_d$  может быть представлен в виде уравнения (1.4), в котором  $\omega = \omega_1$ . Момент трения  $M_{\text{фр}}$  определится из формулы

$$M_{\text{фр}} = \frac{Q \cdot f \cdot R_{\text{тр}}}{K},$$

где  $Q$  – осевое усилие прижатия фрикционных дисков 1б и 2а;  $f$  – коэффициент трения;  $R_{\text{тр}}$  – радиус трения;  $K$  – коэффициент динамичности нагрузки.

Ведомая система звеньев приводится к звену 2. Уравнение движения звена приведения 2 имеет вид

$$M_{\text{фр}} - M_{\text{спр}} = I'_{\text{ипр}} \frac{d\omega_2}{dt} + \frac{\omega_2^2}{2} \cdot \frac{dI'_{\text{ив}}}{d\varphi_2}, \quad (1.12)$$

где  $M_{\text{спр}}$  – момент силы  $P_c$ , приведенный к звену 1;  $I'_{\text{ипр}}$  – сумма масс и моментов инерции звеньев 1, 2, 3, приведенных к звену 1,

$$I'_{\text{ипр}} = I_{\text{пр}} - I_1 ;$$

$\varphi_2, \omega_2$  – угловая координата и угловая скорость звена 2.

В типовом приводе (рис. 1.2) действует момент  $M_{\text{сз}}$ , приведенный к валу 3. Приведенный к звену 2 момент определится из соотношения

$$M_{\text{спр2}} = \frac{M_{\text{сз}}}{U_{2-3}}, \quad (1.13)$$

$$U_{2-3} = \frac{\omega_2}{\omega_3}$$

где  $\omega_2$  – угловая скорость вала 2;  $\omega_3$  – угловая скорость вала 3.

В большинстве приводов машин легкой промышленности (швейных, обувных) величина  $I'_{\text{пр}}$  изменяется незначительно, поэтому допустимо для инженерных расчетов принять  $I'_{\text{пр}}$  приближенно-постоянным:

$$I'_{\text{пр}} = \frac{I'_{\text{прmax}} + I'_{\text{прmin}}}{2}, \quad (1.14)$$

где  $I'_{\text{прmax}}, I'_{\text{прmin}}$  – максимальное и минимальное значение  $I'_{\text{пр}}$ .

С учетом (1.14) уравнение (1.12) принимает вид

$$M_{\text{дв}} - M_{\text{спр}} = I'_{\text{пр}} \frac{d\omega_2}{dt}. \quad (1.15)$$

Для определения  $t_1$  нужно совместно решить уравнения (1.11) и (1.15), т. е. найти такие решения, при которых  $\omega_1 = \omega_2$ . Решим сначала (1.11) и (1.15) относительно  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . Из уравнения (1.11) с учетом (1.4) получим

$$dt = \frac{I_1 d\omega_1}{c - b\omega_1},$$

где  $c = a - M_{\text{дв}}$ .

Интегрируя последнее уравнение, получим

$$\int_0^t dt = I_1 \int_{\omega_0}^{\omega_1} \frac{d\omega_1}{c-b\omega_1},$$

С учетом преобразований имеем

$$t = \frac{I_1}{b} \ln \frac{c-b\omega_0}{c-b\omega_1},$$

$$e^{\frac{bt}{I_1}} = \frac{c-b\omega_0}{c-b\omega_1},$$

$$\omega_1 = e^{-\frac{bt}{I_1}} \left( \omega_0 - \frac{c}{b} \right) + \frac{c}{b}. \quad (1.16)$$

Интегрируя уравнение (1.15), получим

$$\int_0^{\omega_2} d\omega_2 = \frac{M_{дв} - M_{спр}}{I'_{пр} dt} \int_0^t dt,$$

С учетом преобразований имеем

$$\omega_2 = \frac{M_{дв} - M_{спр}}{I'_{пр}} \cdot t. \quad (1.17)$$

Приравняв правые части (1.16) и (1.17), получим

$$e^{-\frac{bt}{I_1}} \left( \omega_0 - \frac{c}{b} \right) + \frac{c}{b} - \frac{I_{пр} - I}{I_{вр}} \cdot t = 0. \quad (1.18)$$

Трансцендентное уравнение (1.18) может быть решено на ЭВМ численным методом. Решив это уравнение, получим

$$t = t_1 \text{ и } \omega_2 = \omega_{2,1},$$

где  $\omega_{2,1}$  – угловая скорость звена 2 к моменту окончания первой фазы разгона.

Во второй фазе разгона  $t_2$  проскальзывание между дисками 2а и 1б отсутствует, привод может быть представлен в виде одной системы, приведенной к звену 1. Уравнение звена приведения имеет вид

$$M_d - M_{фр} = I_{пр} \frac{d\omega_2}{dt}, \quad (1.19)$$

где  $M_d = a - b\omega_2$ ,  $M_{спр} = const$ .

С учетом последних выражений уравнение (1.19) запишем в виде

$$\int_0^{t_2} dt = I_{\text{пр}} \int_{\omega_{2,1}}^{\omega_{20}} \frac{d\omega_2}{c' - b\omega_2},$$

где  $\omega_{2,1}$  – угловая скорость звена 2 в установившемся режиме работы привода,

$$\omega_{2,1} = a - M_{\text{снр}}.$$

В результате определим  $t_2$ :

$$t_2 = \frac{I_{\text{пр}}}{b} \ln \frac{c' - b\omega_{2,1}}{c' - b\omega_{20}}. \quad (1.20)$$

Следует отметить, что в реальных приводах часто  $t_2 \ll t_1$ . Это связано с тем, что разность  $(\omega_0 - \omega_{2,1})$  (рис. 1.3) составляет не более 20 % от величины  $\omega_0$  по соображениям недопущения перегрузки электродвигателя в период разгона. Поэтому для приближенного определения  $t_p$  вполне допустимо принять  $t_p = t_1$ . Приближенное значение  $t_p$  можно определить из уравнения (1.15)

$$\int_0^{t_2} dt = \frac{I'_{\text{пр}}}{M_{\text{дв}} - M_{\text{фр}}} \int_0^{\omega_{20}} d\omega_2,$$

$$t_p = \frac{I'_{\text{пр}}}{M_{\text{дв}} - M_{\text{фр}}} \cdot \omega_{2y}. \quad (1.21)$$

### 3.2 Практическая часть

Варианты заданий представлены в таблице 1.2.

#### *Определение исходных данных для расчета*

Синхронная частота вращения ротора электродвигателя

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p}, \text{ (об/мин)}. \quad (1.22)$$

Синхронная угловая скорость ротора

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30} \text{ рад/с}. \quad (1.23)$$

Номинальная угловая скорость ротора

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30} \text{ рад/с}.$$

Номинальный момент на валу двигателя

$$M_H = \frac{1000N_H}{\omega_H} \cdot (H \cdot M).$$

Постоянные коэффициенты  $a$  и  $b$  механической характеристики электродвигателя

$$a = \frac{M_H \cdot \omega_0}{\omega_0 - \omega_i}, (H \cdot M),$$

$$b = \frac{M_H}{\omega_0 - \omega_i}, (H \cdot M).$$

Усилие, развиваемое пружиной возврата в момент разгона привода

$$G_p \cdot l_1 = P_{\Pi} \cdot l_2,$$

$$P_{\Pi} = \frac{G_p \cdot l_1}{l_2}, (H).$$

Осевое усилие сжатия дисков фрикционной муфты в период разгона

$$Q = \frac{G_p \cdot l_1 - P_{\Pi} \cdot l_3}{l_2}, (H).$$

Радиус трения во фрикционной муфте

$$R_{дв} = \frac{D-d}{4} (м).$$

Таблица 1.2 – Варианты заданий с исходными данными для расчета

| № вариантов | $N$ ,<br>кВт | $n_0$ ,<br>об/мин | $n_n$ ,<br>об/мин | $p$ ,<br>пар<br>полно-<br>сов | $f$ ,<br>Гц | $M_{\bar{i}}$<br>$\bar{i}$ | $M_{\max}$<br>$\bar{i}_{\min}$ | $GD^2$ ,<br>кгс·м <sup>2</sup> | $l_1$ ,<br>м | $l_2$ ,<br>м | $l_3$ ,<br>м | $m$ ,<br>кг | $U_{2-3}$ | $M_{\text{спр.}}$ ,<br>Н/м | $I_{16}$ ,<br>кг·м <sup>2</sup> | $I'_{2a}$ ,<br>кг·м <sup>2</sup> | $I''_{2a}$ ,<br>кг·м <sup>2</sup> | $I_{26}$ ,<br>кг·м <sup>2</sup> | $I_3$ ,<br>кг·м <sup>2</sup> |
|-------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-----------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1           | 2            | 3                 | 4                 | 5                             | 6           | 7                          | 8                              | 9                              | 10           | 11           | 12           | 13          | 14        | 15                         | 16                              | 17                               | 18                                | 19                              | 20                           |
| 1           | 0,18         | 3000              | 2710              | 1                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $16,6 \cdot 10^{-4}$           | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,6       | 0,04                       | $5,88 \cdot 10^{-3}$            | $1,3 \cdot 10^{-3}$              | $0,013 \cdot 10^{-3}$             | $1,23 \cdot 10^{-3}$            | $0,67 \cdot 10^{-3}$         |
| 2           | 0,25         | 3000              | 2800              | 1                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $18,6 \cdot 10^{-4}$           | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,6       | 0,05                       | $5,88 \cdot 10^{-3}$            | $1,3 \cdot 10^{-3}$              | $0,013 \cdot 10^{-3}$             | $1,23 \cdot 10^{-3}$            | $0,67 \cdot 10^{-3}$         |
| 3           | 0,37         | 3000              | 2770              | 1                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $30,5 \cdot 10^{-4}$           | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,6       | 0,03                       | $5,88 \cdot 10^{-3}$            | $1,3 \cdot 10^{-3}$              | $0,013 \cdot 10^{-3}$             | $1,23 \cdot 10^{-3}$            | $0,67 \cdot 10^{-3}$         |
| 4           | 0,55         | 3000              | 2750              | 1                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $36 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,6       | 0,04                       | $5,88 \cdot 10^{-3}$            | $1,3 \cdot 10^{-3}$              | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,23 \cdot 10^{-3}$            | $0,67 \cdot 10^{-3}$         |
| 5           | 0,18         | 1500              | 1375              | 2                             | 50          | 2,1                        | 2,2                            | $31,3 \cdot 10^{-4}$           | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,5       | 0,05                       | $6 \cdot 10^{-3}$               | $1,25 \cdot 10^{-3}$             | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,1 \cdot 10^{-3}$             | $0,7 \cdot 10^{-3}$          |
| 6           | 0,25         | 1500              | 1365              | 2                             | 50          | 2,0                        | 2,0                            | $49,5 \cdot 10^{-4}$           | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,5       | 0,04                       | $6 \cdot 10^{-3}$               | $1,25 \cdot 10^{-3}$             | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,1 \cdot 10^{-3}$             | $0,7 \cdot 10^{-3}$          |
| 7           | 0,37         | 1500              | 1365              | 2                             | 50          | 2,0                        | 2,2                            | $55 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,5       | 0,03                       | $6 \cdot 10^{-3}$               | $1,25 \cdot 10^{-3}$             | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,1 \cdot 10^{-3}$             | $0,7 \cdot 10^{-3}$          |
| 8           | 0,55         | 1500              | 1365              | 2                             | 50          | 2,0                        | 2,2                            | $52 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,5       | 0,04                       | $6 \cdot 10^{-3}$               | $1,25 \cdot 10^{-3}$             | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,1 \cdot 10^{-3}$             | $0,7 \cdot 10^{-3}$          |
| 9           | 0,18         | 1000              | 885               | 3                             | 50          | 2,2                        | 2,2                            | $69,4 \cdot 10^{-4}$           | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,5       | 0,05                       | $7 \cdot 10^{-3}$               | $1,4 \cdot 10^{-3}$              | $0,015 \cdot 10^{-3}$             | $1,15 \cdot 10^{-3}$            | $0,8 \cdot 10^{-3}$          |
| 10          | 0,25         | 1000              | 890               | 3                             | 50          | 2,2                        | 2,2                            | $86 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,5       | 0,045                      | $7 \cdot 10^{-3}$               | $1,4 \cdot 10^{-3}$              | $0,015 \cdot 10^{-3}$             | $1,15 \cdot 10^{-3}$            | $0,8 \cdot 10^{-3}$          |
| 11          | 0,37         | 1000              | 910               | 3                             | 50          | 2,0                        | 2,2                            | $67 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,5       | 0,045                      | $7 \cdot 10^{-3}$               | $1,4 \cdot 10^{-3}$              | $0,015 \cdot 10^{-3}$             | $1,15 \cdot 10^{-3}$            | $0,8 \cdot 10^{-3}$          |
| 12          | 0,55         | 1000              | 900               | 3                             | 50          | 2,0                        | 2,2                            | $81 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,5       | 0,5                        | $7 \cdot 10^{-3}$               | $1,4 \cdot 10^{-3}$              | $0,015 \cdot 10^{-3}$             | $1,15 \cdot 10^{-3}$            | $0,8 \cdot 10^{-3}$          |
| 13          | 0,37         | 3000              | 2750              | 1                             | 50          | 2,0                        | 2,2                            | $30,5 \cdot 10^{-4}$           | 0,3          | 0,025        | 0,06         | 2,5         | 0,6       | 0,045                      | $5,5 \cdot 10^{-3}$             | $1,35 \cdot 10^{-3}$             | $0,02 \cdot 10^{-3}$              | $1,2 \cdot 10^{-3}$             | $0,7 \cdot 10^{-3}$          |
| 14          | 0,55         | 3000              | 2750              | 1                             | 50          | 2,0                        | 2,2                            | $36 \cdot 10^{-4}$             | 0,3          | 0,024        | 0,06         | 2,5         | 0,5       | 0,047                      | $6,5 \cdot 10^{-3}$             | $1,37 \cdot 10^{-3}$             | $0,015 \cdot 10^{-3}$             | $1,25 \cdot 10^{-3}$            | $0,65 \cdot 10^{-3}$         |
| 15          | 0,25         | 3000              | 2800              | 1                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $18,6 \cdot 10^{-4}$           | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,6       | 0,03                       | $5,8 \cdot 10^{-3}$             | $1,3 \cdot 10^{-3}$              | $0,013 \cdot 10^{-3}$             | $1,2 \cdot 10^{-3}$             | $0,58 \cdot 10^{-3}$         |
| 16          | 0,37         | 3000              | 2770              | 1                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $30 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,7       | 0,035                      | $5,8 \cdot 10^{-3}$             | $1,3 \cdot 10^{-3}$              | $0,013 \cdot 10^{-3}$             | $1,2 \cdot 10^{-3}$             | $0,65 \cdot 10^{-3}$         |
| 17          | 0,55         | 3000              | 2750              | 1                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $36 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3           | 0,7       | 0,045                      | $5,8 \cdot 10^{-3}$             | $1,3 \cdot 10^{-3}$              | $0,013 \cdot 10^{-3}$             | $1,2 \cdot 10^{-3}$             | $0,75 \cdot 10^{-3}$         |
| 18          | 0,18         | 1500              | 1375              | 2                             | 50          | 2,1                        | 2,2                            | $31 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3,2         | 0,4       | 0,025                      | $6 \cdot 10^{-3}$               | $1,22 \cdot 10^{-3}$             | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,1 \cdot 10^{-3}$             | $0,6 \cdot 10^{-3}$          |
| 19          | 0,25         | 1500              | 1365              | 2                             | 50          | 2                          | 2                              | $49 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3,2         | 0,4       | 0,028                      | $6 \cdot 10^{-3}$               | $1,22 \cdot 10^{-3}$             | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,2 \cdot 10^{-3}$             | $0,65 \cdot 10^{-3}$         |
| 20          | 0,37         | 1500              | 1365              | 2                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $55 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3,2         | 0,4       | 0,037                      | $6 \cdot 10^{-3}$               | $1,22 \cdot 10^{-3}$             | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,25 \cdot 10^{-3}$            | $0,67 \cdot 10^{-3}$         |
| 21          | 0,55         | 1500              | 1365              | 2                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $52 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3,2         | 0,4       | 0,047                      | $6 \cdot 10^{-3}$               | $1,22 \cdot 10^{-3}$             | $0,014 \cdot 10^{-3}$             | $1,3 \cdot 10^{-3}$             | $0,7 \cdot 10^{-3}$          |
| 22          | 0,18         | 1000              | 885               | 3                             | 50          | 2,2                        | 2,2                            | $69,4 \cdot 10^{-4}$           | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3,5         | 0,5       | 0,035                      | $6,5 \cdot 10^{-3}$             | $1,27 \cdot 10^{-3}$             | $0,016 \cdot 10^{-3}$             | $1,35 \cdot 10^{-3}$            | $0,75 \cdot 10^{-3}$         |
| 23          | 0,25         | 1000              | 890               | 3                             | 50          | 2,2                        | 2,2                            | $86 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3,5         | 0,6       | 0,037                      | $6,5 \cdot 10^{-3}$             | $1,27 \cdot 10^{-3}$             | $0,016 \cdot 10^{-3}$             | $1,35 \cdot 10^{-3}$            | $0,75 \cdot 10^{-3}$         |
| 24          | 0,37         | 1000              | 910               | 3                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $67 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3,5         | 0,55      | 0,04                       | $6,5 \cdot 10^{-3}$             | $1,27 \cdot 10^{-3}$             | $0,016 \cdot 10^{-3}$             | $1,4 \cdot 10^{-3}$             | $0,8 \cdot 10^{-3}$          |
| 25          | 0,55         | 1000              | 900               | 3                             | 50          | 2                          | 2,2                            | $81 \cdot 10^{-4}$             | 0,29         | 0,02         | 0,056        | 3,5         | 0,4       | 0,05                       | $6,5 \cdot 10^{-3}$             | $1,27 \cdot 10^{-3}$             | $0,016 \cdot 10^{-3}$             | $1,4 \cdot 10^{-3}$             | $0,8 \cdot 10^{-3}$          |

Момент трения во фрикционной муфте при  $f = 0,25$ ;  $k = 1,1$ :

$$M_{\text{дв}} = \frac{Q \cdot f \cdot R_{\text{дв}}}{k}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Коэффициент  $c$

$$c = a - M_{\text{дв}}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Приведенный к валу двигателя момент сил сопротивления на валу швейной машины

$$M_{\text{спр2}} = \frac{M_c}{U_{2-3}}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Коэффициент  $c'$

$$c' = a - M_{\text{спр2}}, (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Момент инерции ротора электродвигателя

$$I_{1a} = \frac{10 \cdot G D^2}{4g}, (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Момент инерции звена 1

$$I_1 = I_{1a} + I_{1a'}, (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Момент инерции звена 2 и машины, приведенные к звену 2

$$I'_{\text{пр2}} = I'_{2a} + I''_{2a} + I_{2a'} + \frac{I_3}{U_{2-3}^2}, (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Приведенный к валу 2 момент инерции всех подвижных звеньев привода

$$I_{\text{пр2}} = I_1 + I'_{\text{пр2}}.$$

*Построение графика изменения угловой скорости звена 1 в период разгона (рис. 1.3)*

Для построения графика используем формулу:

$$\omega_1 = e^{-\frac{bt}{I_1}} \left( \omega_0 - \frac{c}{b} \right) + \frac{c}{b}, (\text{рад/с}).$$

Задавая значения  $t$ , получаем значения угловой скорости. Результаты заносим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Результаты расчетов

|                    |   |      |     |      |     |      |     |      |     |
|--------------------|---|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| $t_c$              | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 |
| $\omega_1$ , рад/с |   |      |     |      |     |      |     |      |     |

Строим график  $\omega_1 = f(t)$ .

*Построение графика изменения угловой скорости звена 2 в период разгона*

Для построения графика используем формулу

$$\omega_2 = \frac{M_{дв} - M_{спр2}}{I'_{пр2}} \cdot t, \text{ (рад/с)}.$$

График представляет собой прямую, проходящую через начало координат, поэтому достаточно определить одну точку. Определим  $\omega_2$  для  $t = 0,5$  с, затем строится график. Точки пересечения графиков  $\omega_1 = f(t)$  и  $\omega_2 = f(t)$  определяют нам абсциссу временного интервала  $t_1$  разгона привода, а проекция точки на ось ординат даст угловую скорость  $\omega_{2-1}$  окончания первой фазы разгона. Составляющая  $t_2$  времени разгона определится из формулы

$$t_2 = \frac{I_{пр2}}{b} \ln \frac{c' - b\omega_{2-1}}{c' - b\omega_H}, \text{ (с)}.$$

Время разгона  $t_p$  определяется по формуле

$$t_p = t_1 + t_2, \text{ (с)}.$$

Сформулировать вывод по работе.

## 4 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.

### РАСЧЕТ ШАГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

#### 4.1. Задание и исходные данные

Выполнить расчет шагового электропривода заданного механизма. Номера рисунков, на которых указаны схемы механизмов для разных вариантов, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчета

| №<br>вариантов | Схема<br>механизма | $S_{ст},$<br>$10^{-3}м$ | $\Delta S 10^{-3}м$<br>линейная<br>дискрета | $K_{тр}$ | $N, Н$ | $M_{с4},$<br>$Н·м$ |
|----------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------------------|----------|--------|--------------------|
| 1              | Рисунок 2.1        | 4                       | 0,25                                        | 0,4      | 40     |                    |
| 2              |                    | 3,5                     |                                             | 0,46     | 45     |                    |
| 3              |                    | 3                       |                                             | 0,5      | 50     |                    |
| 4              |                    | 2,5                     |                                             | 0,6      | 60     |                    |
| 5              |                    | 2                       |                                             | 0,7      | 70     |                    |
| 6              | Рисунок 2.2        | 1                       | 0,4                                         | 0,4      | 40     |                    |
| 7              |                    | 0,5                     | 0,2                                         | 0,4      | 45     |                    |
| 8              |                    | 0,8                     | 0,4                                         | 0,3      | 50     |                    |
| 9              |                    | 1,2                     | 0,2                                         | 0,5      | 60     |                    |
| 10             |                    | 0,6                     | 0,2                                         | 0,4      | 70     |                    |
| 11             | Рисунок 2.3        | 3,0                     | 0,5                                         | 0,4      |        | 0,1                |
| 12             |                    | 2,5                     | 0,5                                         | 0,45     |        | 0,15               |
| 13             |                    | 2,0                     | 0,4                                         | 0,5      |        | 0,2                |
| 14             |                    | 1,5                     | 0,3                                         | 0,55     |        | 0,15               |
| 15             |                    | 1,0                     | 0,2                                         | 0,6      |        | 0,1                |
| 16             | Рисунок 2.4        | 6                       | 0,6                                         | 0,5      | 5      |                    |
| 17             |                    | 5                       | 0,5                                         | 0,55     | 10     |                    |
| 18             |                    | 4                       | 0,4                                         | 0,6      | 5      |                    |
| 19             |                    | 7                       | 0,7                                         | 0,65     | 10     |                    |
| 20             |                    | 8                       | 0,8                                         | 0,7      | 10     |                    |
| 21             | Рисунок 2.5        | 1                       | 0,5                                         | 0,4      |        |                    |
| 22             |                    | 2                       |                                             | 0,45     |        |                    |
| 23             |                    | 3                       |                                             | 0,5      |        |                    |
| 24             |                    | 4                       |                                             | 0,55     |        |                    |
| 25             |                    | 5                       |                                             | 0,6      |        |                    |
| 26             |                    | 6                       |                                             | 0,65     |        |                    |
| 27             |                    | 8                       |                                             | 0,5      |        |                    |

На рисунке 2.1 показана кинематическая схема механизма поперечной подачи прижимной рамки петельного полуавтомата с МПУ. На схеме обозначены: 1а – ротор шагового электродвигателя; 1б – кривошип; 2 – шатун; 3а – коромысло; 3б – вал; 3в – коромысло; 4а – шатун; 4б – прижимная рамка; 5 – коромысло.

На рисунке 2.2 показана кинематическая схема механизма продольной подачи прижимной рамки петельного полуавтомата с МПУ. На схеме обозначены: 3б – направляющий вал; 3в – коромысло; 3г – зубчатая рейка; 3д – поперечина; 4а – шатун; 4б – прижимная рамка; 5 – коромысло; 6а – ротор шагового электродвигателя; 6в – зубчатое колесо. Примечание: детали 3в, 3д, 4а, 4б, 5 совершают поступательное движение вместе с рейкой 3г.

На рисунке 2.3 приведена кинематическая схема механизма отклонения иглы петельного полуавтомата с МПУ. На схеме обозначены: 1а – ротор шагового электродвигателя; 1б – кривошип; 2 – шатун; 3а – коромысло; 3б – вал; 3в – рамка игловодителя; 3г – игловодитель; 4 – шатун механизма иглы.

На рисунке 2.4 приведена кинематическая схема механизма поперечного перемещения зубчатой рейки швейной машины зигзагообразной декоративной строчки. На схеме обозначены: 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – поперечина; 4 – направляющая вала подачи рейки; 5 – коромысло подачи, 6 – втулка, 7 – рычаг, 8 – зубчатая рейка, 9 – прижимная лапка, 11 – вал подачи, 12 – направляющая вала подъема, 13 – соединительное звено, 14 – втулка, 15 – коромысло подъема, 16 – ротор шагового электродвигателя.

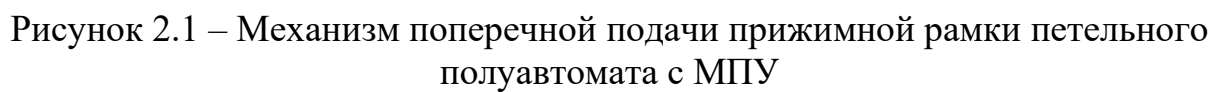
На рисунке 2.5 приведена кинематическая схема координатного механизма вышивального полуавтомата ПВ-1-1. На схеме обозначены: 1а – ротор шагового электродвигателя; 1б – шестерня; 2а – зубчатое колесо; 2б, 2в – барабаны; 2г – вал; 3, 4 – направляющие ролики; 5а, 5в – втулки; 5б – направляющая каретки; 5г – барабан; 9а – каретка.

В таблице 2.1 для каждого варианта приведены:  $S_{ст}$  – шаг стежка, линейная дискрета выходного звена  $\Delta S$ , коэффициент транспортирования  $K_{тр}$ , величина давления  $N$  прижимной рамки (лапки) и момент  $M_{с4}$ , действующий на шатун игловодителя (рис. 2.3).

В четырех механизмах (рис. 2.1–2.4) используется шаговый электродвигатель типа ДШ-200-3, механическая характеристика этого электродвигателя представлена на рисунке 2.6. В механизме на рисунке 2.5 используется шаговый электродвигатель ДШИ-200-0,5, механическая характеристика которого приведена на рисунке 2.7. Угловая дискрета электродвигателей  $\Delta\alpha = 0,0314$  рад.

Массы  $m$  и моменты инерции  $I$  звеньев механизмов приведены в таблицах 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6. Требуется определить скорость шитья  $n$  (стежков в минуту).

| Параметры                                     | Звено 1 |      | Звено 2 | Звено 3 |     |      | Звено 4 |       | Звено 5 |
|-----------------------------------------------|---------|------|---------|---------|-----|------|---------|-------|---------|
|                                               | 1а      | 1б   |         | 3а      | 3б  | 3в   | 4а      | 4б    |         |
| Момент инерции<br>$10^{-6}$ кг·м <sup>2</sup> | 20      | 2,25 | —       | 2,5     | 1,5 | 3,76 | —       | —     | 1,12    |
| Масса, кг                                     | —       | —    | 0,01    | —       | —   | —    | 0,031   | 0,029 | —       |



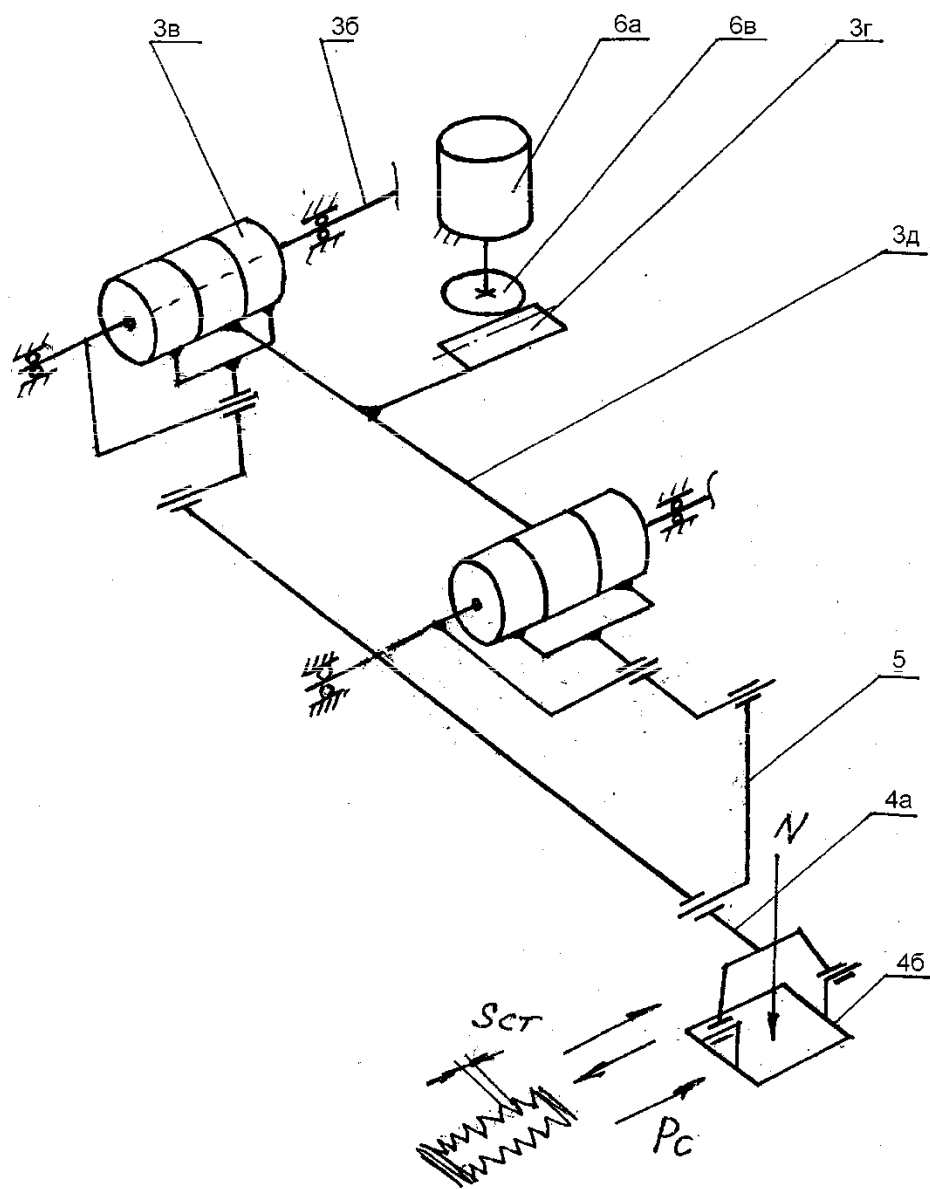


Рисунок 2.2 – Механизм продольной подачи прижимной рамки  
петельного полуавтомата с МПУ

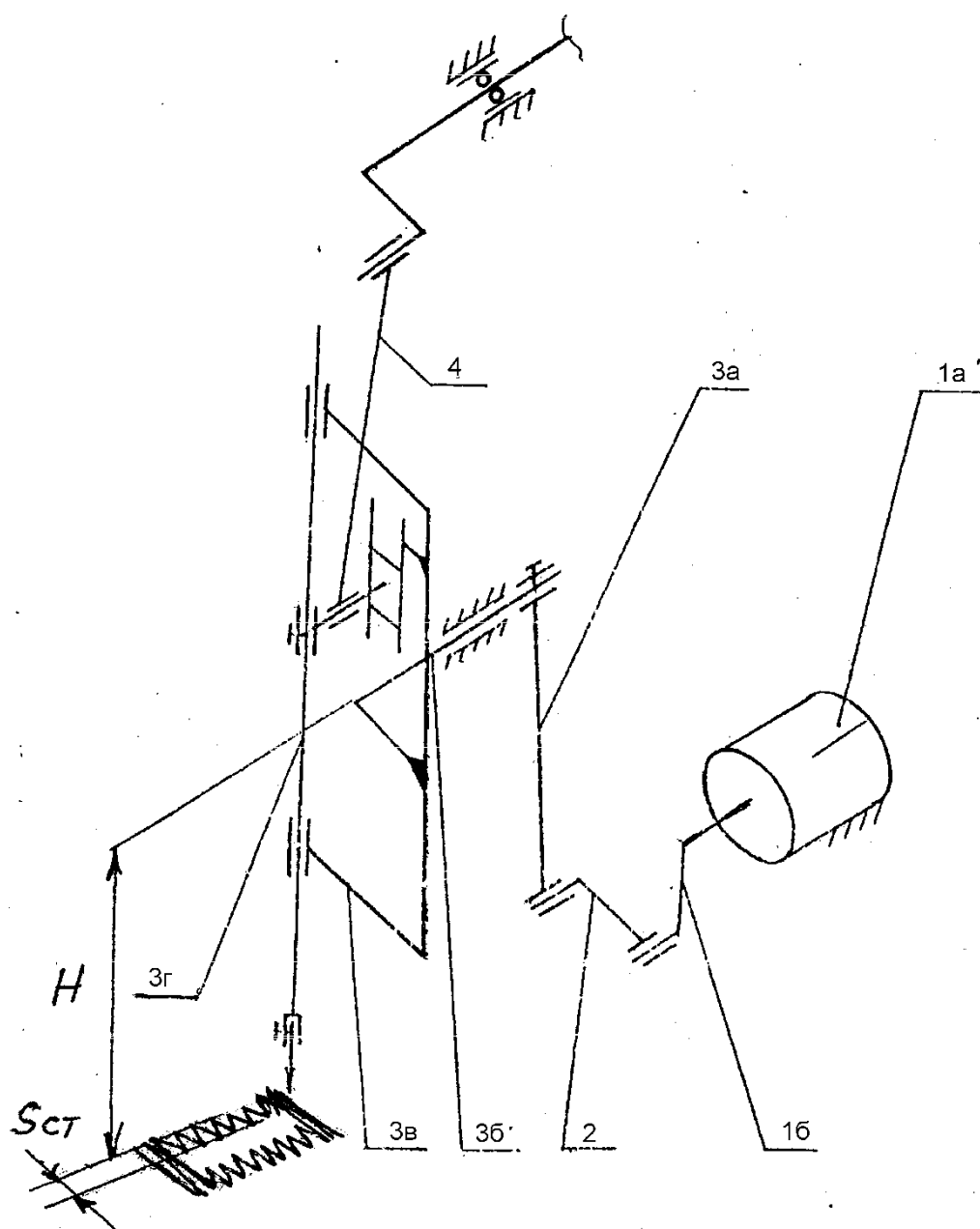


Рисунок 2.3 – Механизм отклонения иглы петельного полуавтомата с МПУ

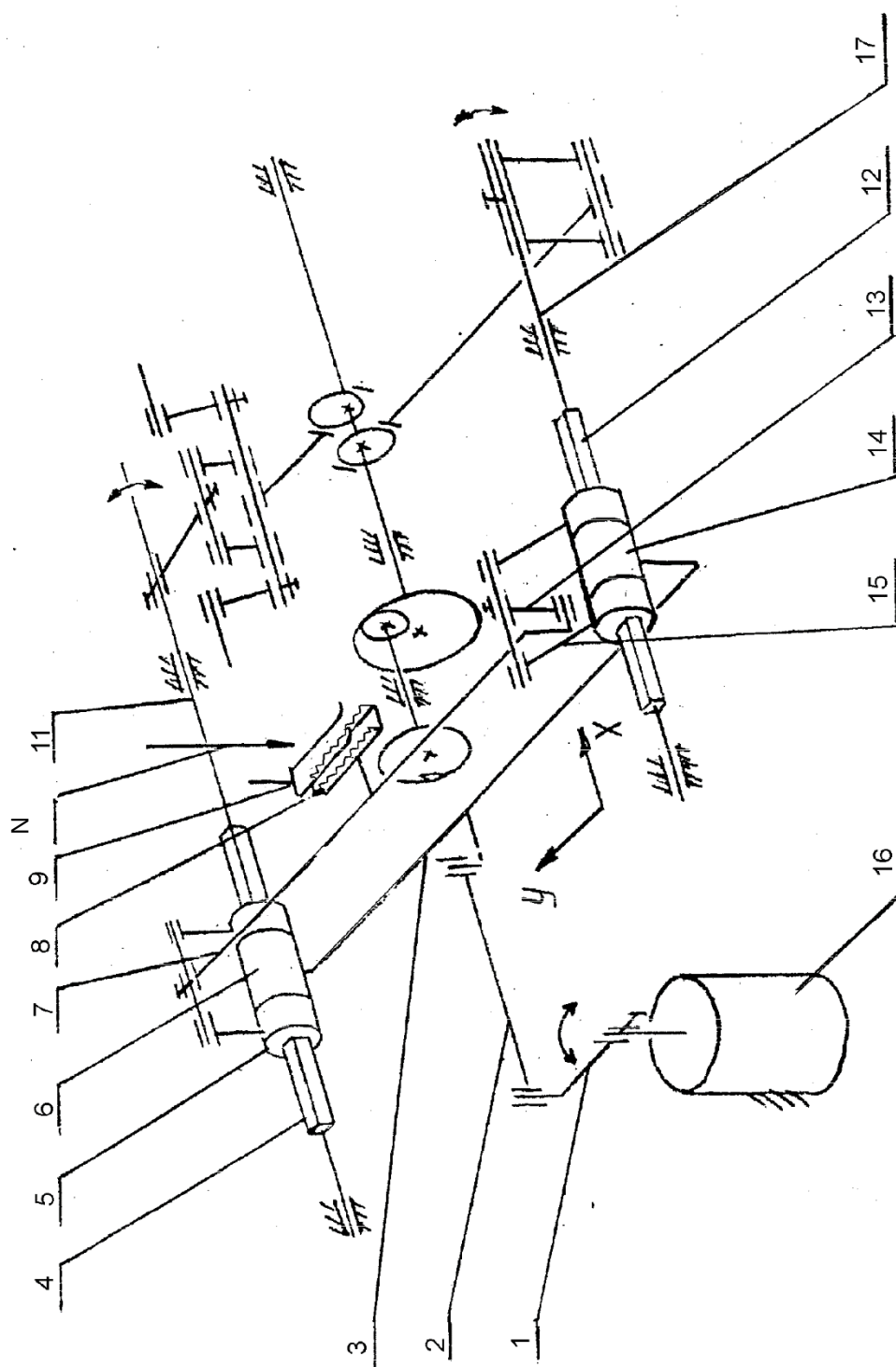


Рисунок 2.4 – Механизм поперечного перемещения зубчатой рейки швейной машины зигзагообразной декоративной строчки

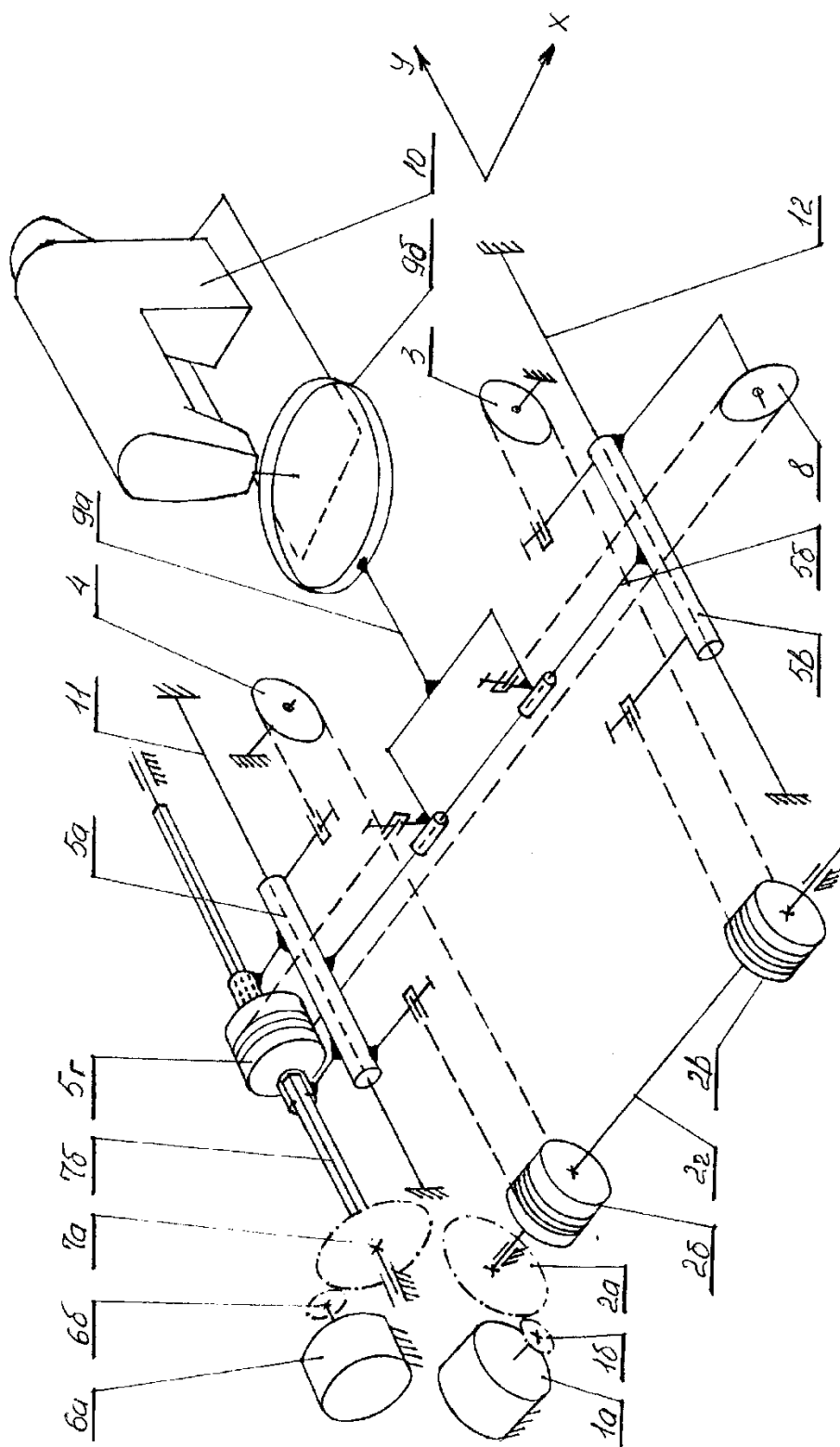


Рисунок 2.5 – Кинематическая схема координатного механизма  
вышивального полуавтомата ПВ-1-1

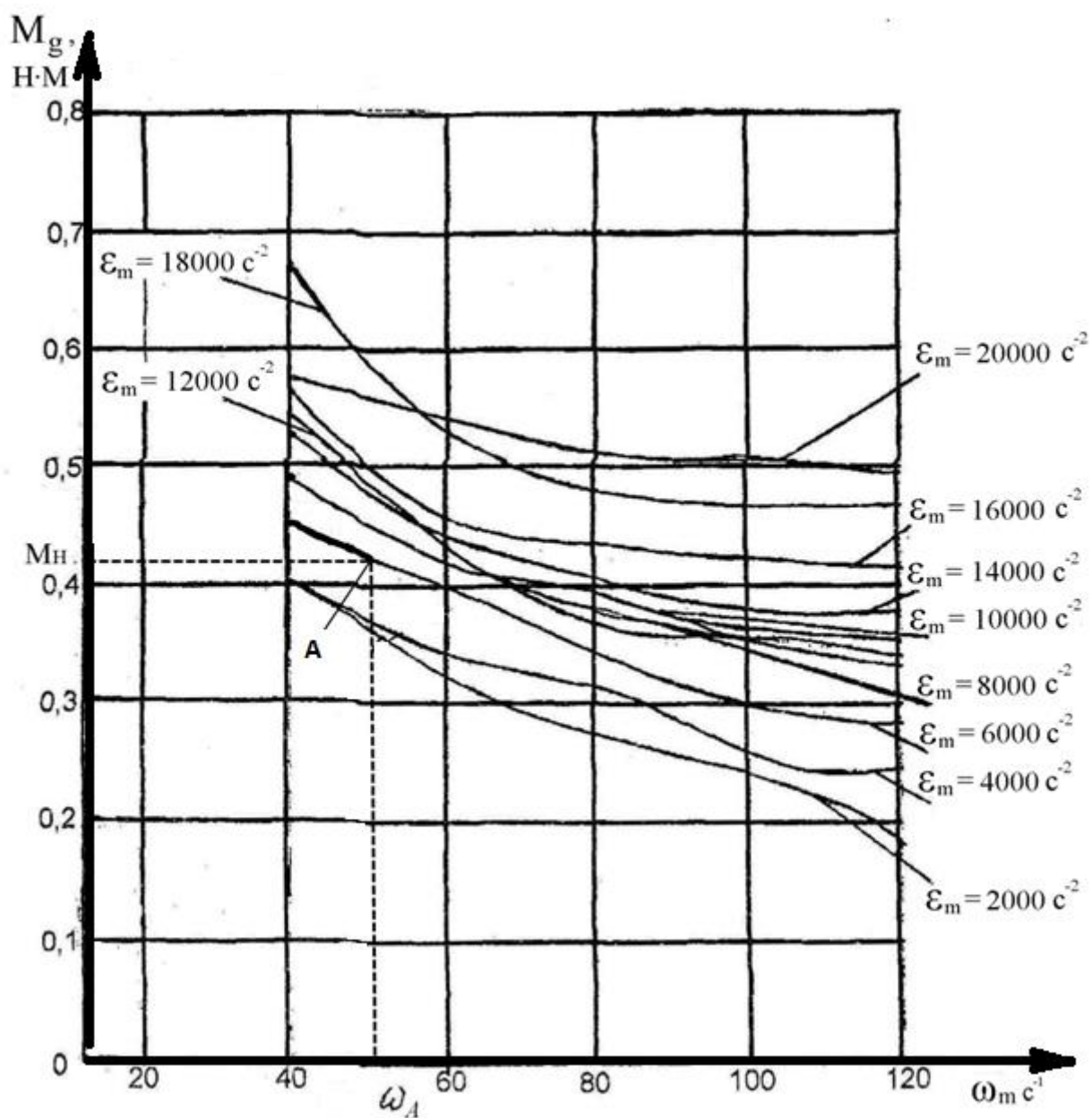


Рисунок 2.6 – Механические характеристики ДШИ-200-3

Значения  $\omega_m$  определяются по формуле  $\omega_m = f \cdot \Delta\alpha$ , где  $f$  – частота, Гц;  $\Delta\alpha = 0,0314$  рад.

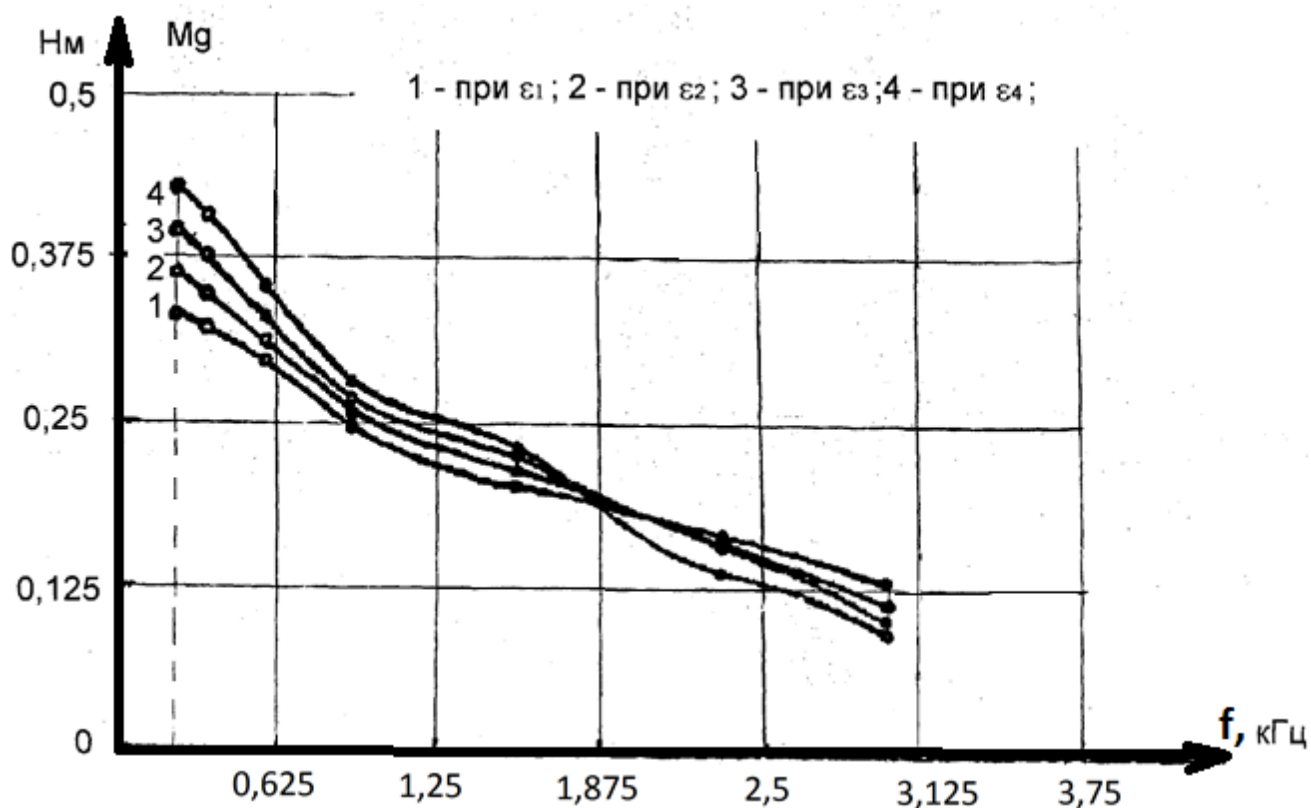


Рисунок 2.7 – Графики механических характеристик ДШ-200-0,5  
 $\varepsilon_1 = 1530$ ,  $\varepsilon_2 = 3060$ ,  $\varepsilon_3 = 4590$ ,  $\varepsilon_4 = 6115$  (рад./с).

Таблица 2.3 – Массы и моменты инерции звеньев механизма продольной подачи прижимной рамки петельного полуавтомата с МПУ

| Параметры                                  | Звено 6 |       | Поступательно движущееся звено |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------------|---------|-------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                            | 6а      | 6в    | 3в                             | 3г    | 3д    | 4а    | 4б    | 5     |
| Момент инерции $10^{-6}$ кг·м <sup>2</sup> | 20      | 0,955 | —                              | —     | —     | —     | —     | —     |
| Масса, кг                                  | —       | —     | 0,049                          | 0,028 | 0,058 | 0,031 | 0,029 | 0,009 |

Таблица 2.4 – Массы и моменты инерции звеньев механизма отклонения иглы петельного полуавтомата с МПУ

| Параметры                                  | Звено 1 |      | Звено 2 | Звено 3 |     |       |    | Звено 4 |
|--------------------------------------------|---------|------|---------|---------|-----|-------|----|---------|
|                                            | 1а      | 1б   |         | 3а      | 3б  | 3в    | 3г |         |
| Момент инерции $10^{-6}$ кг·м <sup>2</sup> | 20      | 0,21 | —       | 9,4     | 0,1 | 295,5 | 15 | 19,9    |
| Масса, кг                                  | —       | —    | 0,01    | —       | —   | —     | —  | —       |

Таблица 2.5 – Массы и моменты инерции звеньев механизма поперечного перемещения зубчатой рейки швейной машины зигзагообразной декоративной строчки

| Параметры                                               | Вращающееся звено |      | Поступательно движущееся звено |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------------------------|-------------------|------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                         | 16                | 1    | 2                              | 3     | 5     | 6     | 7     | 8     | 13    | 14    | 15    |
| Момент инерции<br>$10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ | 20                | 2,25 | –                              | –     | –     | –     | –     | –     | –     | –     | –     |
| Масса, кг                                               | –                 | –    | 0,011                          | 0,013 | 0,023 | 0,062 | 0,032 | 0,024 | 0,007 | 0,062 | 0,023 |

Таблица 2.6 – Массы и моменты инерции звеньев координатного механизма вышивального полуавтомата

| Параметры                                               | Звено 1 |     | Звено 2 |    |    |     | Звено 5 |
|---------------------------------------------------------|---------|-----|---------|----|----|-----|---------|
|                                                         | 1а      | 1б  | 2а      | 2б | 2в | 2г  |         |
| Момент инерции<br>$10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ | 15,5    | 0,4 | 233,9   | 4  | 4  | 0,4 |         |
| Масса, кг                                               | –       | –   |         |    |    |     | 3,6     |

## 4.2 Порядок расчета

**Определить общее передаточное число привода**

$$u_{\text{общ.}} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta S},$$

где  $\Delta\alpha$  – угловая дискрета шагового электродвигателя,  $\Delta\alpha = 0,0314$  рад;  
 $\Delta S$  – линейная дискрета выходного звена [м].

**Определить неизвестные длины звеньев привода из следующих формул.**

Для механизма поперечной подачи прижимной рамки (рис. 2.1)

$$u_{\text{общ.}} = \frac{L_{3a}}{L_{16} \cdot L_{3B}} \left[ \frac{\text{рад}}{\text{м}} \right],$$

где  $L_{16} = 0,015$  м;  $L_{3B} = 0,0245$  м;  $L_{3a}$  определяется из формулы при известном  $u_{\text{общ.}}$

Для механизма продольной подачи прижимной рамки (рис. 2.2)

$$u_{\text{общ}} = \frac{2}{d_{6в}} \left[ \frac{\text{рад}}{\text{м}} \right].$$

Величина  $d_{6в}$  делительного диаметра шестерни 6в определяется из формулы при заданном  $u_{\text{общ}}$ .

Для механизма отклонения иглы петельного полуавтомата (рис. 2.3)

$$u_{\text{общ.}} = \frac{L_{3а}}{l_{16} \cdot H} \left[ \frac{\text{рад}}{\text{м}} \right],$$

где  $L_{16} = 0,008$  м;  $H = 0,115$  м.

$L_{3а}$  определяется из формулы при известном  $u_{\text{общ.}}$

Для механизма поперечного перемещения зубчатой рейки швейной машины (рис. 2.4)

$$u_{\text{общ.}} = \frac{1}{L_1} \left[ \frac{\text{рад}}{\text{м}} \right],$$

где  $L_1$  – длина кривошипа 1 определится из формулы при известном  $u_{\text{общ.}}$

Для координатного механизма вышивального полуавтомата (рис. 2.5)

$$u_{\text{общ}} = \frac{d_{2а}}{d_{1а}} \cdot \frac{2}{d_2},$$

где  $d_{1а}$ ,  $d_{2а}$  – делительные диаметры шестерни 1б и зубчатого колеса 2а,  $d_{1а} = 12,5$  мм,  $d_{2а} = 65$  мм;

$d_2$  – делительный диаметр барабана 2б (в метрах), такой же, как и  $d_{2а}$  определится из формулы при известном  $u_{\text{общ.}}$

**Определить приведенный к валу шагового электродвигателя момент инерции привода.**

Для механизма поперечной подачи прижимной рамки (рис. 2.1)

$$I_{\text{пр}} = I_{1а} + I_{16} + \frac{m_2}{w_{1-2}^2} + \frac{I_{3а} + I_{36} + I_{3в} + I_5}{u_{1-3}^2} + \frac{m_{4а} + m_{46}}{w_{1-4}^2};$$

где моменты инерции  $I$  и массы  $m$  звеньев берутся из таблицы 2.2, а передаточные числа, определяются из формул:

$$w_{1-2} = \frac{1}{L_{16}}; \quad u_{1-3} = \frac{L_{3а}}{L_{16}}; \quad w_{1-4} = \frac{u_{1-3}}{L_{3в}}.$$

Для механизма продольной подачи прижимной рамки (рис. 2.2)

$$I_{\text{пр}} = I_{6a} + I_{6b} + \frac{I_{3b} + m_{3г} + m_{3д} + m_{4a} + m_{4б} + m_5}{u_{\text{общ}}^2},$$

где значения моментов инерции  $I$  и масс  $m$  звеньев берутся из таблицы 2.3.

Для механизма отклонения иглы петельного полуавтомата (рис. 2.3)

$$I_{\text{пр}} = I_{1a} + I_{1б} + \frac{m_2}{w_{1-2}^2} + \frac{I_{3a} + I_{3б} + I_{3в} + I_{3г}}{u_{1-3}^2} + \frac{I_4}{u_{1-4}^2},$$

где моменты инерции  $I$  и массы  $m$  звеньев берутся из таблицы 2.4, а передаточные числа определяются из формул

$$w_{1-2} = \frac{1}{L_{1б}}; \quad u_{1-3} = \frac{L_{3a}}{L_{1б}}; \quad u_{1-4} = 7,322.$$

Для механизма перемещения зубчатой рейки (рис. 2.4)

$$I_{\text{пр}} = I_{1б} + I_1 + \frac{m_2 + m_3 + 2m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_{13} + m_{14} + 2m_{15}}{u_{\text{общ}}^2},$$

где массы  $m$  и моменты инерции  $I$  звеньев берутся из таблицы 2.5.

Для координатного механизма вышивального полуавтомата (рис. 2.5)

$$I_{\text{пр}} = I_{1a} + I_{1а} + \frac{I_{2a} + I_{2a} + I_{2a} + 2I_3}{u_{1-2}^2} + \frac{m_5}{u_{\text{общ}}^2},$$

где значения  $I$  и  $m$  берутся из таблицы 2.6.

**Определить приведенный к валу шагового электродвигателя момент сил сопротивления.**

Для механизмов продольной и поперечной подачи прижимной рамки и поперечного перемещения зубчатой рейки (рис. 2.1, 2.2, 2.4)  $M_{\text{спр}}$  определяется по формуле

$$M_{\text{спр}} = \frac{f \cdot N}{u_{\text{общ}}},$$

где  $N$  – сила прижима материала берется из таблицы 2.1;  $f$  – коэффициент трения ткани по поверхности игольной пластины,  $f = 0,2$ .

Для механизма отклонения иглы (рис. 2.3)

$$M_{\text{спр}} = \frac{M_{c4}}{u_{1-4}},$$

где значение  $I_{c4}$  берется из таблицы 2.1.

Для координатного механизма вышивального полуавтомата (рис. 2.5)

$$I_{\text{сп}} = f \cdot m_5 \cdot g,$$

где  $f$  – коэффициент трения,  $f = 0,05$ ;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

С помощью механических характеристик шагового электродвигателя определить такие значения угловой скорости  $\omega_m$  и углового ускорения  $\varepsilon_m$  шагового электродвигателя, при которых время перемещения ротора электродвигателя на величину  $\varphi_{\text{н}} = s_{\text{н}} \cdot u_{\text{н}} \cdot \varphi_{\text{см}} = s_{\text{см}} \cdot u_{\text{пр}}$

$$t_{\text{пер}} = \frac{\varphi_{\text{см}}}{\omega_m} + \frac{\omega_m}{\varepsilon_m} \rightarrow \min. \quad (2.1)$$

При этом должно выполняться неравенство

$$M_{\partial} \geq M_{\text{спр}} + I_{\text{пр}} \cdot \varepsilon_m. \quad (2.2)$$

Для решения поставленной задачи необходимо выполнить ряд вычислений.

Пусть имеются графики динамических механических характеристик ШЭД (рис. 2.6).

Сначала определим механическую характеристику с наибольшим  $\varepsilon_m$ , для которой выполняется ограничение (2.2). Подбор начинают с механической характеристики, соответствующей максимальному значению  $\varepsilon_m = 20000$  рад/с<sup>2</sup>. Подставим в правую часть неравенства (2.2)  $\varepsilon_m = 20000$  рад/с<sup>2</sup> и определим момент нагрузки  $M_n = M_{\text{спр}} + I_{\text{пр}} \cdot 20000$ . Затем по оси ординат графиков отложим расстояние  $M_n$  и проведем прямую, параллельную оси абсцисс (рис. 2.6). Если прямая пересечет график  $\varepsilon_m = 20000$  рад/с<sup>2</sup>, то это означает, что неравенство (2.2) удовлетворяется для той части кривой, которая лежит выше прямой  $M_{\partial} = M_{\text{нагр}}$ . Если же прямая не пересекает кривую, а лежит выше, то неравенство (2.2) не удовлетворяется. В этом случае проверяют выполнение (2.2) для кривой, соответствующей меньшему значению  $\varepsilon_m = 16000$  рад/с<sup>2</sup>. Эту процедуру продолжаем до тех пор, пока не определится кривая  $\varepsilon_{mi}$ , которая пересекается с прямой  $M_n = M_{\text{спр}} + I_{\text{пр}} \cdot \varepsilon_{mi}$ . Точку пересечения обозначим А

(рис. 2.6). На участке кривой  $\varepsilon_{mi}$ , расположенной слева от точки А, удовлетворяется ограничение (2.2). Назовем этот участок рабочим и выделим утолщенной линией.

Далее определим, при каком значении  $\omega_m$  на рабочем участке кривой  $\varepsilon_{mi}$  будем иметь минимальное  $t_{\text{пер}}$ . Рассматривая (2.1) как функцию одной переменной  $\omega_m$  при  $\varepsilon_m = \varepsilon_{mi}$ , определим такое значение  $\omega_m^*$ , при котором  $t_{\text{пер}} = t_{\text{пер min}}$ :

$$\frac{dt_{\text{пер}}}{d\omega_m} = -\frac{\varphi_{cm}}{\omega_m^2} + \frac{1}{\varepsilon_{mi}} = 0.$$

$$\text{Откуда:} \quad \omega_m^* = \sqrt{\varphi_{cm} \cdot \varepsilon_{mi}}. \quad (2.3)$$

Если полученное из (2.3) значение  $\omega_m^*$  попадает на рабочий участок кривой  $\varepsilon_{mi}$ , то в качестве расчетного значения  $\omega_m$  берется  $\omega_m^*$ . Если  $\omega_m^*$  лежит на участке кривой  $\varepsilon_{mi}$ , расположенном справа от рабочего участка, то в качестве расчетного значения  $\omega_m$  берется  $\omega_A$ . Если же  $\omega_m^* \leq \omega_{m\text{min}} = 40 \frac{\text{рад}}{c^2}$ , то в качестве расчетного значения  $\omega_m$  берется  $\omega_{m\text{min}} = 40 \frac{\text{рад}}{c^2}$ . Подставляя  $\varepsilon_{mi}$  и  $\omega_m$  в формулу (2.1), получим минимальное значение  $t_{\text{пер}}$ .

**Определяется время цикла**

$$T = \frac{t_{\text{пер}}}{K_{\text{ТР}}} [c],$$

где  $K_{\text{ТР}}$  берется из таблицы 2.1.

**Определяется скорость шитья  $n$  из формулы**

$$n = \frac{60}{T} [\text{об/мин}].$$

Сформулировать вывод по работе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сункуев, Б. С. Расчет и конструирование типовых машин легкой промышленности : учебник / Б. С. Сункуев; – УО «ВГТУ». – Витебск, 2015. – 198 с.
2. Аверьянов, О. И. Технологическое оборудование : учебное пособие / О. И. Аверьянов, И. О. Аверьянова, В. В. Клепиков. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 238 с.
3. Зимина, Е. Л. Проектирование технологических процессов в швейном производстве : учебное пособие / Е. Л. Зимина. – Минск : РИПО, 2020. – 187 с.
4. Седых, Л. В. Прогрессивное технологическое оборудование : учебное пособие / Л. В. Седых. – Москва : Издательский Дом МИСиС, 2017. – 95 с.
5. Валеев, И. А. Основы управления автоматизированными процессами в швейной промышленности : учебное пособие / И. А. Валеев, Т. А. Федорова ; Минобрнауки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2023. – 80 с.
6. Новиков, Ю. В. Исследование вибраций промышленных швейных машин / Ю. В. Новиков, С. В. Горнак, В. Ю. Новиков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2024. – № 8. – С. 31–41.
7. Новиков Ю. В., Краснер С. Ю., Проектирование автоматической обрезки ниток швейных полуавтоматов / Новиков Ю. В., Краснер С. Ю. – Рига : LapLambert, 2018. – 132 с.
8. Макарова, А. Д. Исследование колебаний швейной головки / А. Д. Макарова, Ю. В. Новиков // Тезисы докладов 57-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов / УО «ВГТУ». – Витебск, 2024. – С. 144.
9. Краснер С. Ю., Оценка качества процессов в механизмах вышивальных полуавтоматов / Краснер С. Ю., Новиков Ю. В. – Витебск : УО «ВГТУ», 2019. – 190 с.
10. Новиков, Ю. В. Исследование резонансных характеристик колебательных систем волоочильных установок / Ю. В. Новиков, В. Ю. Новиков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2023. – № 7. – С. 35 – 42.

Учебное издание

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ШВЕЙНОГО И ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Методические указания по выполнению расчетно-графической работы

Составители:  
Новиков Юрий Васильевич

Редактор *Р.А. Никифорова*  
Корректор *А.С. Прокопюк*  
Компьютерная верстка *Ю.В. Новиков*

---

Подписано к печати 14.05.2026. Усл. печ. листов 2,3.  
Уч.-изд. листов 2,8. Заказ № 109.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»  
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12.02.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.