

Реферат

Курсовая работа по дисциплине «Транспортные средства и оснастка производственных комплексов» на тему «Проектирование гибкой станочной системы» состоит из пояснительной записки и графической части.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ, АЛГОРИТМ РАБОТЫ, АНАЛИЗ, ГСС
МАНИПУЛЯТОР, СХВАТ, ОРИЕНТИРУЮЩИЙ МЕХАНИЗМ,
МЕХАНИЗМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РУКИ.

В пояснительной записке представлена информация о базовой модели промышленного робота и приведена разработка компоновки ГСС, алгоритма работы ГСС, расчет времени обслуживания, выполнен анализ ГСС на основе теории массового обслуживания, расчет промышленного робота выполненный на 26 листах.

Графическая часть содержит:

Лист формата А1 – Компоновка ГСС;

Лист формата А3 – Циклограмма.

					ПГУ 2.15.03.02.07.00.00ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-	Проектирование гибкой станочной системы	Лит.		Лист	Листов		
Разраб.		Муштаков А.Д.						2	26		
Провер.		Шаралапов А.Е.				Каф. «КПТО», гр. 16МС1					
Н. контр.											
Утв.											

Содержание

1 Общие сведения о базовой модели промышленного робота.....	4
1.1 Техническое задание на курсовую работу.....	6
2 Разработка компоновки ГСС	9
3 Разработка алгоритма работы ГСС и расчет времени обслуживания.....	10
4 Анализ ГСС на основе теории массового обслуживания	13
5 Расчет промышленного робота	18
5.1 Определение номинальной грузоподъемности ПР.....	18
5.2 Расчёт механизма вертикального перемещения.....	18
5.3 Расчет механизма вращения траверсы	21
5.4 Расчет механизма горизонтального перемещения	24
Список использованной литературы.....	26

7 Общие сведения о базовой модели промышленного робота

ПР М20П.40.01 относится к стационарным напольным роботам среднего класса грузоподъемности. Робот имеет три степени подвижности (2 линейных и одну угловую), что позволяет работать ему в цилиндрической системе координат. Робот имеет комбинированный привод, включающий в себя:

1. Электропривод выдвижения, подъема и поворота руки робота.
2. Пневмодвигатели поворота кисти руки и схвата.

Поворот робота относительно вертикальной оси осуществляется за счет передачи усилия электродвигателя, червячный редуктор на зубчатую цилиндрическую шестерню, находящуюся в зацеплении с зубчатым колесом, которое жестко соединено с поворотной колонной робота.

Подъем руки робота осуществляется через передачу «винт-гайка» от электродвигателя, расположенного в верхней части поворотной колонны робота.

Выдвижение руки робота осуществляется при помощи передачи «винт-гайка качения». В старых образцах робота усилие от электродвигателя передается на вращающийся винт через ременную передачу. В поздних конструкциях данного робота вал электродвигателя непосредственно соединен с винтом.

Для поворота рабочего органа относительно продольной оси применяется поворотный электродвигатель.

В таблице 1 представлены технические характеристики промышленного робота модели М20П.40.01.

Таблица 1 – Технические характеристики промышленного робота модели М20П.40.01.

					ПГУ 2.15.03.02.07.00.00ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технические характеристики	Значение
Номинальная грузоподъемность: суммарная на один схват, кг	20
Число степеней подвижности	5
Количество рук робота	1
Количество захватов на одну руку	1;2
Тип привода	Электропневматический
Погрешность позиционирования, мм	1
Наибольший вылет руки (R)	1100
Тип системы управления	Позиционная
Наибольшее количество одновременно управляемых координат	2
Число программируемых точек	649
Способ программирования	Обучение
Габарит системы ЧПУ «Контур-1»,мм	450x500x1200
Масса системы ЧПУ «Контур-1», кг	150
Габарит робота (без захватов и УЧПУ), мм	650x1950x2230
Масса механической системы, кг	510; 580; 594

Таблица 2

ПР М20. П40.01 предназначен для автоматизации загрузки-выгрузки деталей и смены инструмента на различном обрабатывающем оборудовании.

Робот может обслуживать один или два станка и вместе с ними представляет комплекс, который служит базой для создания гибких производственных модулей, которые могут работать продолжительное время без участия оператора.

1.1 Техническое задание на курсовую работу

В курсовой работе необходимо спроектировать порталный промышленный робот, обслуживающий ГСС, состоящую из самого робота и двух многоцеливых станков, аналога КАМЮКА НМС-630. Эскиз объекта манипулирования показан на рисунке 1.

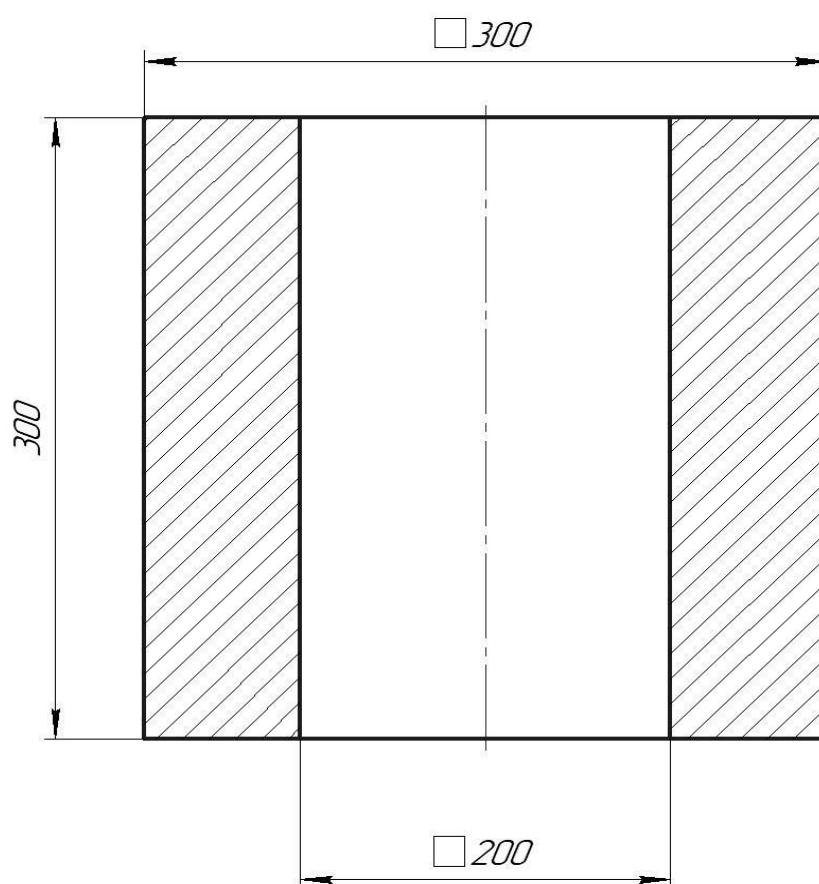


Рисунок 1 – Объект манипуляции

В соответствии с заданием требуется выполнить следующие действия

1. Исходя из типа детали, трехмерная модель которой показана на рисунке 1, определить номинальную грузоподъемность промышленного робота.

2. Исходя из типа станка, определить его геометрические размеры (габариты), а также тип и размеры накопителей заготовок.
3. Спроектировать структурно-компоновочную схему станочной системы с рациональной зоной обслуживания. Выполнить ее чертеж в масштабе 1:20 в двух проекциях и нанести на нее зону обслуживания робота.
4. Составить алгоритм работы ПР, учитывая все перемещения по каждой степени подвижности.
5. Определить величины и углы перемещения манипулятора по каждой степени подвижности.
6. Определить время каждого перемещения.
7. Построить подробную циклограмму работы станочной системы.
8. Из циклограммы определить время цикла ($T_{ц}$) и время обслуживания ($T_{об}$).
9. Определить максимальные перемещения по каждой степени подвижности и, ориентируясь на базовую модель ПР, спроектировать архитектуру робота. Выполнить ее чертеж.
10. Рассчитать и спроектировать механизмы вертикального перемещения и вращения траверсы манипулятора (выбрать электродвигатели, рассчитать механизмы приводов, выполнить чертеж одного из механизмов).

Исходные данные

Тип робота – напольный (базовый – М20П.40.01)

$i=2$ - количество станков;

$m = 1$ - количество накопителей заготовок;

$T_{м1} = 3 \text{ мин}$ - машинное время 1-го станка;

$T_{м2} = 2,5 \text{ мин}$ - машинное время 2-го станка;

$V_b = 0,15 \text{ м/с}$ - скорость вертикального перемещения;

$\omega = 2,5 \text{ рад/с}$ - угловая скорость поворота траверсы;

$l1 = 350 \text{ мм}$ – параметры стационарного робота;

$l2 = 250 \text{ мм}$ – параметры стационарного робота;

$t_3 = 5 \text{ с}$

2 Разработка компоновки ГСС

Основные размеры рабочей зоны робота определяются из анализа взаимного расположения робота, основного и вспомогательного технологического оборудования, кинематики движения детали в пространстве, подходов исполнительного органа в рабочую зону оборудования и кинематического анализа компоновки робота.

Рациональные расстояния между технологическим оборудованием внутри станочной системы выбираем из условия получения минимальных перемещений руки ПР, а также удобства доступа к оборудованию обслуживающим персоналом (рис.2).

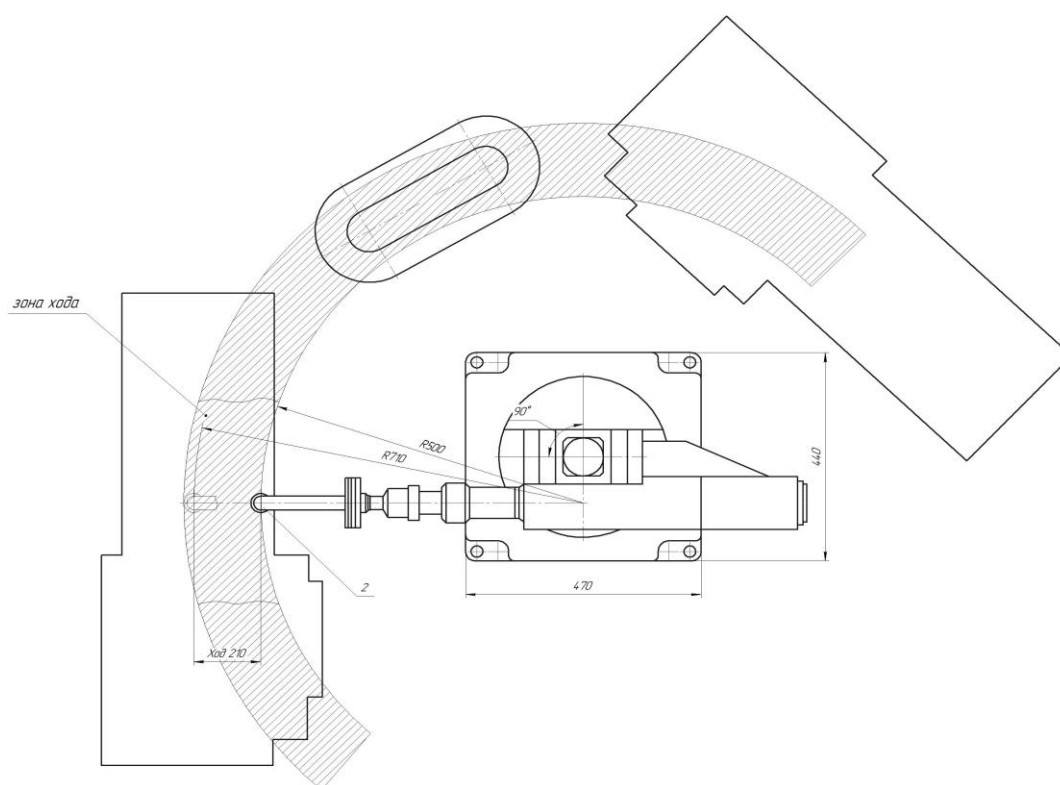


Рисунок 2 - Компоновка станочной системы

Анализ проводится в следующем порядке:

1. Определяются типы основного и вспомогательного оборудования, их габариты;
2. Определяются кинематика движения объекта манипулирования и рациональные подходы его в рабочую зону станков;

					ПГУ 2.15.03.02.07.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

- 3.Выбирается компоновка ПР;
- 4.Разрабатывается планировка станочной системы;
- 5.Определяются размеры рабочей зоны ПР и величины перемещения по степеням подвижности.

Напольная компоновка ПР определяет круговое расположение оборудования и габариты. Под рабочей зоной технологического оборудования понимают часть рабочего пространства станка (либо накопителя), куда схват робота вводит, устанавливает, снимает с установочных баз, выводит заготовку или деталь.

8 Разработка алгоритма работы ГСС

После разработки компоновочной схемы ГСС и вычертив ее в масштабе, можно составить алгоритм работы ГСС. Зная величины каждого перемещения и задаваясь рациональной скоростью этого перемещения можно составить алгоритм работы ГСС.

На основании известных практических данных все холостые ходы руки (без объекта манипулирования), будем выполнять на максимально возможных скоростях. При перемещении объекта манипулирования скорости принимаем в два раза меньше максимальных.

Считаем, что исходное положение схвата ПР находится над загрузочной позицией тактового стола в верхнем положении.

Алгоритм загрузки первого станка запишем в следующем виде:

1. Опустить схват из исходного положения в положение, при котором центр схвата совпадает с осью заготовки: $l=0.2\text{м}$; $V=0.3\text{м/с}$; $t=0.7\text{с}$;
- 2 Зажим заготовки схватом: $t=5\text{с}$;
3. Поднять заготовку на $l=0.25\text{м}$ со скоростью $V=0.25\text{м/с}$; время $t=1.2\text{с}$;
- 4 Поворот траверсы по часовой стрелке на 82° при скорости $\omega=1,2 \text{ град/с}$ за $t=1.8\text{с}$;
5. Выдвижение руки манипулятора на $l=0.47\text{м}$ со скоростью $V=0.3\text{м/с}$ за время $t=1.6\text{с}$;
6. Подать деталь в патрон станка: $t=1\text{с}$;
7. Зажать заготовку патроном: $t=1,5\text{с}$;
8. Разжим схвата: $t=5\text{с}$;
9. Вывести схват из зоны обработки: вдвиг руки на $l=0.47\text{м}$ со скоростью $V=0.3\text{м/с}$ за время $t=1.6\text{с}$;
10. Заккрыть защитный кожух станка: $t=5\text{с}$.

					ПГУ 2.15.03.02.07.00.00ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Суммарное время загрузки:

$$\sum T_{i1} = 24,4 \text{ с}$$

Далее начинается обработка на станке, которая продолжается в течение времени T_{m1} .

Алгоритм загрузки второго станка запишем в следующем виде:

1. Поворот траверсы по часовой стрелке на 82° при скорости $\omega=1,2 \text{ град/с}$ за $t=1.8 \text{ с}$;
2. Опустить схват из исходного положения в положение, при котором центр схвата совпадает с осью заготовки: $l=0.2 \text{ м}$; $V=0.3 \text{ м/с}$; $t=0.7 \text{ с}$;
3. Зажим заготовки схватом: $t=5 \text{ с}$;
4. Поднять заготовку на $l=0.25 \text{ м}$ со скоростью $V=0.25 \text{ м/с}$; время $t=1.2 \text{ с}$;
5. Поворот траверсы по часовой стрелке на 82° при скорости $\omega=1,2 \text{ град/с}$ за $t=1.8 \text{ с}$;
6. Выдвижение руки манипулятора на $l=0.47 \text{ м}$ со скоростью $V=0.3 \text{ м/с}$ за время $t=1.6 \text{ с}$;
7. Подать деталь в патрон станка: $t=1 \text{ с}$;
8. Зажать заготовку патроном: $t=1,5 \text{ с}$;
9. Разжим схвата: $t=5 \text{ с}$;
10. Вывести схват из зоны обработки: вдвиг руки на $l=0.47 \text{ м}$ со скоростью $V=0.3 \text{ м/с}$ за время $t=1.6 \text{ с}$;
11. Закрыть защитный кожух станка: $t=5 \text{ с}$.

Суммарное время загрузки:

$$\sum T_{i1} = 26,2 \text{ с}$$

Далее начинается обработка на станке, которая продолжается в течение времени T_{m1} .

Алгоритм выгрузки детали с первого станка:

1. Открыть защитный кожух: $t=5 \text{ с}$;
2. Поворот траверсы по часовой стрелке на 135° при скорости $\omega=1,2 \text{ град/с}$ за $t=1.8 \text{ с}$;
3. Выдвижение руки манипулятора на $l=0.47 \text{ м}$ со скоростью $V=0.3 \text{ м/с}$ за время $t=1.6 \text{ с}$;

					ПГУ 2.15.03.02.07.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

4. Опустить схват на уровень заготовки: $l=0.25\text{м}$; $V=0.25\text{м/с}$; $t=0.8\text{с}$;
- 5 Зажим заготовки схватом: $t=2\text{с}$;
6. Разжим тисков: $t=1,5\text{с}$;
7. Поднять деталь на $l=0.25\text{м}$ со скоростью $V=0.25\text{м/с}$; время $t=1.2\text{с}$;
- 8 Вывести схват из зоны обработки: вдвиг руки на $l=0.47\text{м}$ со скоростью $V=0.3\text{м/с}$ за время $t=1.6\text{с}$;
9. Поворот траверсы по часовой стрелке на 82° при скорости $\omega=1,2 \text{ град/с}$ за $t=1.8\text{с}$;
10. Опустить схват на уровень накопителя деталей: $l=0.25\text{м}$; $V=0.25\text{м/с}$; $t=0.8\text{с}$;
11. Разжим схвата: $t=5\text{с}$;

Суммарное время выгрузки:

$$\sum T_{\text{и}} = 22,9 \text{ с}$$

Алгоритм выгрузки детали со второго станка:

1. Открыть защитный кожух: $t=5\text{с}$;
2. Поворот траверсы по часовой стрелке на 135° при скорости $\omega=1,2 \text{ град/с}$ за $t=1.8\text{с}$;
3. Выдвижение руки манипулятора на $l=0.47\text{м}$ со скоростью $V=0.3\text{м/с}$ за время $t=1.6\text{с}$;
4. Опустить схват на уровень заготовки: $l=0.25\text{м}$; $V=0.25\text{м/с}$; $t=0.8\text{с}$;
- 5 Зажим заготовки схватом: $t=2\text{с}$;
- 6 Разжим тисков: $t=1,5\text{с}$;
7. Поднять деталь на $l=0.25\text{м}$ со скоростью $V=0.25\text{м/с}$; время $t=1.2\text{с}$;
- 8 Вывести схват из зоны обработки: вдвиг руки на $l=0.47\text{м}$ со скоростью $V=0.3\text{м/с}$ за время $t=1.6\text{с}$;
9. Поворот траверсы по часовой стрелке на 82° при скорости $\omega=1,2 \text{ град/с}$ за $t=1.8\text{с}$;
10. Опустить схват на уровень накопителя деталей: $l=0.25\text{м}$; $V=0.25\text{м/с}$; $t=0.8\text{с}$;
11. Разжим схвата: $t=5\text{с}$;

4 Анализ ГСС на основе теории массового обслуживания

Время цикла и время обслуживания станков определяют из условия, что заявка на обслуживание носит случайный характер. Поэтому средняя частота или интенсивность поступления заказов на обслуживание в единицу времени определяют по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{1}{T_{ц}} \quad (3)$$

где, $T_{ц}$ - время обработки данной детали.

$$T_{ц} = T_m + T_{об}$$

Интенсивность обслуживания станков, определяющая среднее число выполняемых в единицу времени заказов на обслуживание:

$$\gamma = \frac{1}{T_{об}} \quad (5)$$

Задачей теоретического анализа структуры ГСС является выбор варианта с минимальными потерями на обслуживание станков. При этом предполагается, что каждая заявка станка на обслуживание удовлетворяется. В случае, когда манипулятор занят, заявка ставится на очередь и станок ожидает, пока манипулятор не освободится. При наличии нескольких заявок приоритет остается за ранее поданной заявкой.

В станочной системе число заявок на обслуживание может быть равно $K = 0, 1, 2, \dots, m$, где m - общее число станков и других рабочих позиций. Поэтому возможны следующие состояния системы:

$E_0(K=0)$ - все станки работают, манипулятор простаивает;

$E_1(K=1)$ - все станки, кроме одного, работают, манипулятор обслуживает станок, от которого поступила заявка на смену заготовок;

$E_2(K=2)$ - работают $m-2$ станка, на одном станке идет смена заготовки, один ожидает обслуживания;

$E_m(K=m)$ - все станки стоят, один станок обслуживается манипулятором, остальные ожидают очереди обслуживания.

Вероятность того, что одно из этих состояний системы к моменту времени t_0 изменится, зависит от следующих факторов:

- 1) находится ли манипулятор в работе к моменту времени t_0 ;
- 2) поступает ли заказ на новое обслуживание;
- 3) какое время требуется для обслуживания.

Задачей анализа станочной системы является определение вероятностей P_K ее нахождения в каждом из возможных состояний $E_1, \dots, E_m$, и численных

значений показателей, характеризующих производительность. В качестве таких показателей используют:

1) Среднее использование манипулятора Am , %.

2) Среднее использование одного станка A_c , %.

3) Коэффициент простоя при многостаночном обслуживании K_c , %.

Допустимыми считаются следующие значения этих показателей:

$$Am \geq 20\%; A_c \geq 80\%; K_c \leq 2\%.$$

Исходными данными для расчетов являются: интенсивность заявок на обслуживание λ , число станков и вспомогательных позиций m и интенсивность обслуживания γ .

Расчеты выполняются для конкретной структуры станочной системы. Для расчетов и дальнейшего анализа будем определять отношение средней интенсивности заявок к средней интенсивности обслуживания:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} \quad (6)$$

Вероятность того, что все станки работают, а манипулятор простаивает, рассчитывают по формуле:

$$P_0 = \frac{1}{1 + m \cdot \rho + \sum_{k=2}^m \frac{m!}{(m-k)!} \cdot \rho^k} \quad (7)$$

где $K=0, 1, 2 \dots m$ – число заявок на обслуживание;
 m – общее число станков.

Вероятность использования манипулятора:

$$Am = \sum_{k=1}^m P_k \quad (8)$$

где P_k – вероятность нахождения системы в одном из возможных состояний;

В соответствии с теорией массового обслуживания вероятность перехода системы из одного состояния системы в другое (например, из состояния, когда три станка работают, а остальные ждут обслуживания) определяется на основе формул А. Эрланга из выражения:

$$P_k = [m! / (m-k)!] \cdot \rho^k \cdot P_0 \quad (9)$$

Коэффициент простоя одного станка из-за ожидания при многостаночном использовании:

$$K_c = \frac{1}{m} \cdot \sum_{k=2}^m (k-1) \cdot P_k \quad (10)$$

Среднее использование одного станка:

$$A_c = \frac{1}{m} \cdot \sum_{k=0}^m (m-k) \cdot P_k \quad (11)$$

Для анализа станочной системы с однозахватным манипулятором зададимся несколькими средними значениями машинного времени $Tm_{cp} = 40, 60, 120, 180, 240, 300$ с и рассчитаем основные показатели, характеризующие производительность ГСС.

Для $Tm_{cp1} = 40$ с, $T_{ц} = 40 + 48,2 = 88,2$ с:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{T_{об}}{T_{ц}} = \frac{48,2}{88,2} = 0,5$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 2 \cdot 0,5 + \frac{2! \cdot 0,5^2}{(2-2)!}} = 0,4$$

$$P_{K1} = [2! / (2-0)!] \cdot 1 \cdot 0,4 = 0,4$$

$$P_{K2} = [2! / (2-1)!] \cdot 0,5^1 \cdot 0,4 = 0,4$$

$$P_{K3} = [2! / (2-2)!] \cdot 0,5^2 \cdot 0,4 = 0,1$$

$$Am = 0,4 + 0,1 = 0,5 = 50\% > 20\%$$

$$A_c = (0,28 \cdot 2 + 0,4 \cdot 1) / 2 = 0,48 = 48\% < 80\%$$

$$K_c = 1 \cdot 0,1 / 2 = 0,05 = 5\% > 2\%$$

Для $Tm_{cp2} = 60$ с, $T_{ц} = 60 + 38,9 = 98,9$ с:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{T_{об}}{T_{ц}} = \frac{38,9}{98,9} = 0,39$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 2 \cdot 0,39 + \frac{2! \cdot 0,39^2}{(2-2)!}} = 0,35$$

$$P_{K1} = [2! / (2-0)!] \cdot 1 \cdot 0,35 = 0,35$$

$$P_{K2} = [2! / (2-1)!] \cdot 0,39^1 \cdot 0,35 = 0,27$$

$$P_{K3} = [2! / (2-2)!] \cdot 0,39^2 \cdot 0,35 = 0,05$$

$$Am = 0,27 + 0,05 = 0,32 = 32\% > 20\%$$

$$A_c = (0,35 \cdot 2 + 0,27 \cdot 1) / 2 = 0,48 = 48\% < 80\%$$

$$K_c = 1 \cdot 0,05 / 2 = 0,025 = 2,5\% > 2\%$$

Для $Tm_{cp3} = 120$ с, $T_{ц} = 120 + 38,9 = 158,9$ с:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{T_{об}}{T_{ц}} = \frac{38,9}{158,9} = 0,25$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 2 \cdot 0,25 + \frac{2! \cdot 0,25^2}{(2-2)!}} = 0,67$$

$$P_{K1} = [2! / (2-0)!] \cdot 1 \cdot 0,67 = 0,67$$

$$P_{K2} = [2! / (2-1)!] \cdot 0,25^1 \cdot 0,67 = 0,4$$

$$P_{K3} = [2! / (2-2)!] \cdot 0,25^2 \cdot 0,67 = 0,04$$

$$Am = 0,4 + 0,04 = 0,44 = 44\% > 20\%$$

$$A_C = (0,67 \cdot 2 + 0,4 \cdot 1) / 2 = 0,62 = 87\% > 80\%$$

$$K_C = 1 \cdot 0,04 / 2 = 0,02 = 2\% = 2\%$$

Для $Tm_{CP4} = 180 \text{ с}$, $T_{ц} = 180 + 48,2 = 218,9 \text{ с}$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{T_{об}}{T_{ц}} = \frac{48,2}{218,9} = 0,18$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 2 \cdot 0,18 + \frac{2! \cdot 0,18^2}{(2-2)!}} = 0,73$$

$$P_{K1} = [2! / (2-0)!] \cdot 1 \cdot 0,73 = 0,73$$

$$P_{K2} = [2! / (2-1)!] \cdot 0,18^1 \cdot 0,73 = 0,26$$

$$P_{K3} = [2! / (2-2)!] \cdot 0,18^2 \cdot 0,73 = 0,02$$

$$Am = 0,26 + 0,02 = 0,28 = 28\% > 20\%$$

$$A_C = (0,73 \cdot 2 + 0,26 \cdot 1) / 2 = 0,86 = 86\% > 80\%$$

$$K_C = 1 \cdot 0,02 / 2 = 0,01 = 1\% < 2\%$$

Для $Tm_{CP5} = 240 \text{ с}$, $T_{ц} = 240 + 48,2 = 278,9 \text{ с}$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{T_{об}}{T_{ц}} = \frac{48,2}{278,9} = 0,14$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 2 \cdot 0,14 + \frac{2! \cdot 0,14^2}{(2-2)!}} = 0,78$$

$$P_{K1} = [2! / (2-0)!] \cdot 1 \cdot 0,78 = 0,78$$

$$P_{K2} = [2! / (2-1)!] \cdot 0,14^1 \cdot 0,78 = 0,19$$

$$P_{K3} = [2! / (2-2)!] \cdot 0,14^2 \cdot 0,78 = 0,03$$

$$Am = 0,19 + 0,03 = 0,22 = 22\% > 20\%$$

$$A_C = (0,78 \cdot 2 + 0,19 \cdot 1) / 2 = 0,88 = 88\% > 80\%$$

$$K_C = 1 \cdot 0,022 / 2 = 0,011 = 1,1\% < 2\%$$

Для $Tm_{CP6} = 300 \text{ с}$, $T_{ц} = 300 + 48,2 = 348,2 \text{ с}$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{T_{об}}{T_{ц}} = \frac{48,2}{348,2} = 0,11$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 2 \cdot 0,11 + \frac{2! \cdot 0,11^2}{(2-2)!}} = 0,82$$

$$P_{K1} = [2! / (2-0)!] \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,82$$

					ПГУ 2.15.03.02.07.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

$$P_{K2} = [2! / (2-1)!] \cdot 0,11^1 \cdot 0,82 = 0,18$$

$$P_{K3} = [2! / (2-2)!] \cdot 0,11^2 \cdot 0,82 = 0,01$$

$$Am = 0,18 + 0,01 = 0,19 = 19\% < 20\%$$

$$Ac = (0,82 \cdot 2 + 0,18 \cdot 1) / 2 = 0,91 = 91\% > 80\%$$

$$Kc = 1 \cdot 0,01 / 2 = 0,005 = 0,5\% < 2\%$$

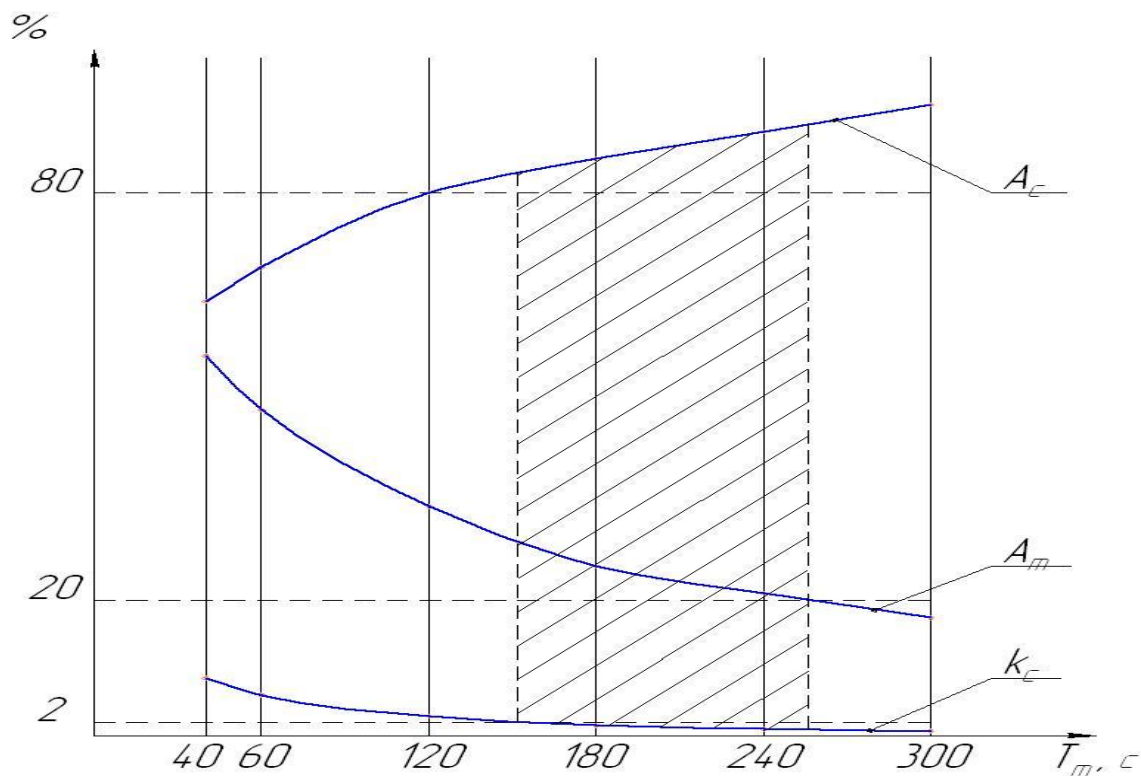


Рисунок 3

Проанализировав данные графики, можно сделать вывод о том, что данную ГСС целесообразно применять при значении среднего машинного времени в пределах от 152 до 256 секунд.

5 Расчет промышленного робота

5.1 Определение номинальной грузоподъемности ПР

Номинальная грузоподъемность равна сумме масс объекта манипулирования и схвата. Ориентировочно грузоподъемность определяем по формуле:

$$m_n = K_c \cdot K_{\Pi} \cdot m_0 \quad (12)$$

где $K_c = 1,1 \dots 1,35$ - коэффициент, учитывающий массу схвата, принимаем $K_c = 1,1$.

K_{Π} - коэффициент, учитывающий тип привода схвата ($K_{\Pi} = 1,3$ для пневмопривода; $K_{\Pi} = 1,1$ для гидравлического привода; $K_{\Pi} = 1,15$ для вакуумного и магнитного). Принимаем $K_{\Pi} = 1,3$; m_0 - масса объекта манипулирования.

Массу объекта манипулирования находим, используя программный продукт КОМПАС 3D-V16, создав в нем твердотельную модель нашей заготовки, приняв за материал Сталь 10, после этого программа автоматически подсчитает ее массу.

Таким образом, масса детали $m = 65,1 \text{ кг}$

$$m_n = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 65 = 92,5 \text{ кг}$$

Полученную грузоподъемность округляют до ближайшего значения из стандартного ряда по ГОСТ 25204-82.

Полученную грузоподъемность (кг) округляют до ближайшего большего значения из предпочтительного ряда (ГОСТ 25204-82). Для станочных роботов: 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160

По ГОСТ 25204-82 грузоподъемность ПР принимаем равной $m = 80 \text{ кг}$

5.2 Расчет механизма вертикального перемещения

Исходными данными для проектирования ИС являются динамические параметры и величины перемещения степеней подвижности, структура НМС, конструктивное исполнение ориентирующего механизма, размера рабочей зоны ПР. На основании этих данных определяются взаимное положение звеньев и узлов ПР, их присоединительные размеры, тип кинематических связей, передаточных механизмов и привода.

В случае, когда заранее неизвестны некоторые геометрические параметры привода (например, диаметр D ходового винта), двигатель определяется по его мощности. При определении мощности необходимо выявить узлы механизма, в которых при перемещении возникают силы трения, препятствующие движению. Для механизма вертикального перемещения (рис.4) узлами трения являются направляющие 1, верхняя 2 и нижняя 3 опоры, а также винтовая шариковая пара 4.

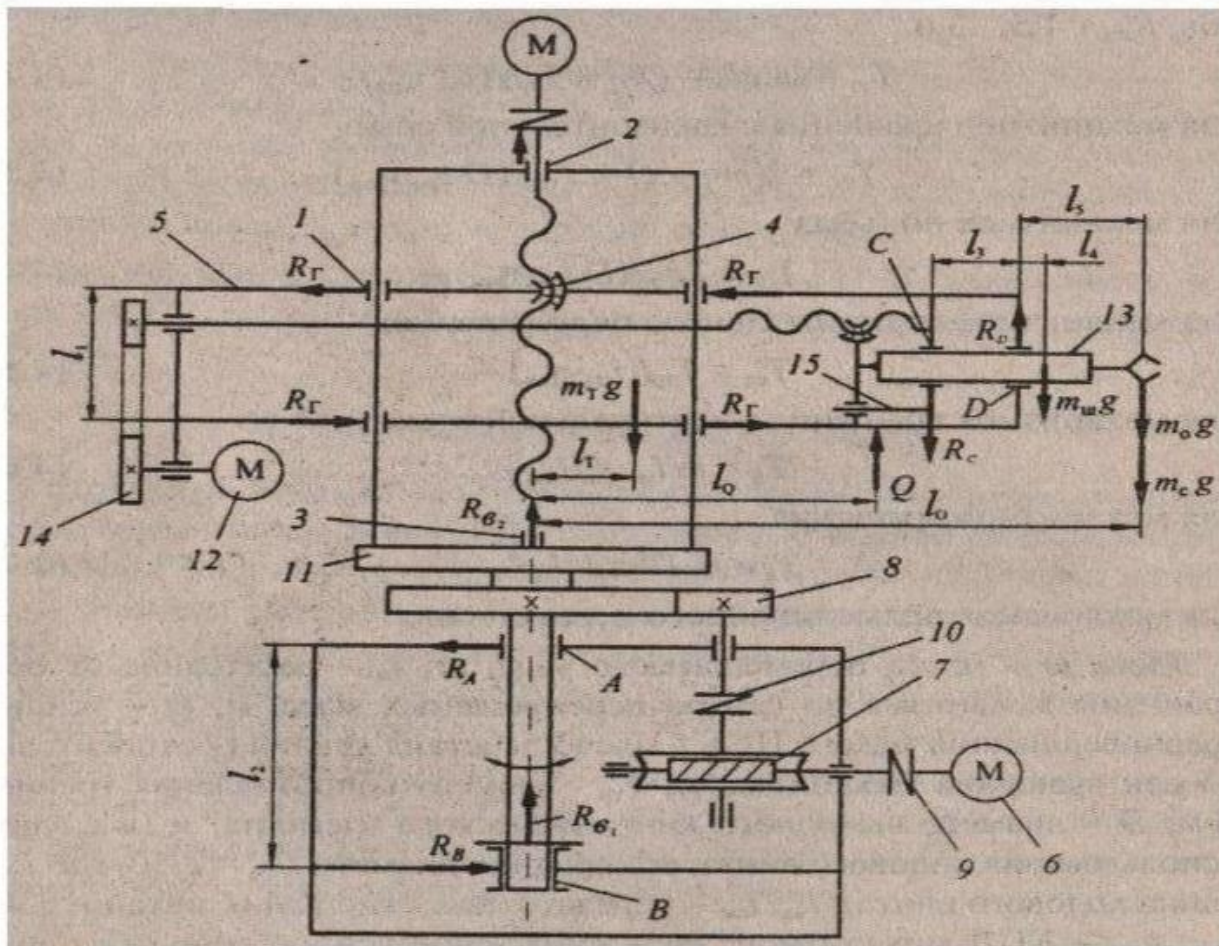


Рисунок 4 Схема работа

где $l_0 = 1.20$ м; $l_1 = 0.40$ м; $l_2 = 0.70$ м; $l_3 = 0.30$ м; $l_Q = 0.6$ м; $l_5 = 0.3$ м; При определении мощности необходимо выявить механизмы, в которых при перемещении возникают силы трения, препятствующие движения, для механизма вертикального перемещения узлами трения является направляющая, верхняя и нижняя опоры, а также винтовая шариковая пара.

Суммарная осевая сила действующая на винт:

$$F_{RB1} - F_C - F_E \quad (13)$$

где $RB1$ - вертикальная опорная реакция; F_C - сила сопротивления;

F_I -сила инерции

$$F = 635,1 \cdot 517,42 \cdot 63,783 \cdot 1216,3 \text{ Н}$$

$$R_B = (m_T + m_0 + m_c) \cdot 9,8 \text{ Н} \quad (14)$$

m_T -масса траверсы

m_0 - масса объекта манипулирования

m_c - масса схвата

$$R_B = (40 + 65,1 + 10) \cdot 9,8 = 115,1 \text{ Н}$$

Сила сопротивления, возникающая от трения в опорах ходового винта и в шариковой винтовой паре, обычно не превышают 5-10% от сил сопротивления горизонтальных опорных реакциях РГ в направляющих, поэтому ими можно пренебречь. В свою очередь, сила сопротивления в направляющих

Сила инерции при трапециидальном законе изменение скорости движения

$$R_A = \frac{(m_0 + m_c) \cdot g \cdot l_0}{2g \cdot l_1} \quad (15)$$

где l_0 - максимальное расстояние от ходового винта до центра схвата;

l_1 - расстояние между опорами направляющих.

$$R_A = \frac{(65 + 10) \cdot 9,8 \cdot 1,11}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,25} = 163$$

$$F_A = k_1 \cdot (m_T + m_c + m_0) \cdot a \quad (16)$$

где a – ускорение при пуске двигателя, м/с^2

$$a = \frac{V}{t_p} \quad (17)$$

где V – скорость вертикального перемещения, м/с ;

t_p – время разгона, с : $t_p = 0,3 - 0,5$

k_1 – коэффициент конструкции, при $a=1$ $k_1=1$.

Мощность привода в установившемся режиме, кВт:

$$P = 10^{-3} \cdot F_{\Sigma} \cdot V \quad (18)$$

$$P = 10^{-3} \cdot 1216,3 \cdot 0,3 = 0,37 \text{ кВт}$$

Мощность двигателя:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P}{\eta} \quad (19)$$

где η – КПД привода.

$$P_{\text{дв}} = \frac{0,37}{0,85} = 0,429 \text{ кВт}$$

По каталогу выбирается ближайший двигатель постоянного тока большей мощности. Выбираем двигатель постоянного тока ДК1-5,2 РДВ=0,5кВт

5.3 Расчет механизма вращения траверсы

При разработке схемы привода необходимо иметь в виду, что частота вращения ограничивается значительными инерционными нагрузками. Это приводит к большим передаточным отношениям механизма, которые реализуются с помощью червячных передач. Расчетная мощность двигателя механизма вращения

Расчетная мощность двигателя механизма вращения

$$P_{\text{дв}} = \frac{k_1 \cdot P_{\text{СТ}}}{\eta_{\text{МВ}}} \quad (20)$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{1 \cdot 0,048}{0,86} = 0,06 \text{ кВт}$$

$\eta_{\text{МВ}}$ - КПД привода вращения

$$\eta_{\text{МВ}} = \eta_{\text{П}}^3 \cdot \eta_{\text{М}}^2 \cdot \eta_{\text{ЗП}} \cdot \eta_{\text{ЧП}} \quad (21)$$

где, $\eta_{\text{КПД}}$ - КПД пары подшипников;

$\eta_{\text{М}}$ - КПД муфты

$\eta_{\text{ЗП}}$ - КПД зубчатой передачи

$\eta_{\text{ЧП}}$ - КПД червячной передачи,

РСТ - статическая мощность привода:

$$P = 10^{-3} \cdot T_{\text{ТР}} \cdot \omega \quad (22)$$

$T_{\text{ТР}}$ - суммарный момент сопротивления повороту, Нм;

$$T_{\text{ТР}} = T_A + T_B + T_{\text{В}} \quad (23)$$

где T_A и T_B – моменты сопротивления, возникающие соответственно в опорах А и В от действия горизонтальных реакций R_A и R_B ; $T_{\text{В}}$ – момент сопротивления от действия вертикальной реакции $R_{\text{В2}}$.

$$P = 10^{-3} \cdot 12,12 \cdot 4 = 0,048 \text{ кВт}$$

$$P = 10^{-3} \cdot R_{A(B)} \cdot \left(\frac{d_{A(B)}}{2} \right) \cdot f \quad (24)$$

$$P = 10^{-3} \cdot 1111,3 \cdot \left(\frac{100}{2} \right) \cdot 0,05 = 2,78 \text{ Нм}$$

где $d_{A(B)}$ – диаметр цапф, мм; f - коэффициент трения опор качения: $f = 0,05$

$$P = 10^{-3} \cdot R_B \cdot \left(\frac{d_B}{2} \right) \cdot f \quad (25)$$

$$P = 10^{-3} \cdot 3326,5 \cdot \left(\frac{80}{2} \right) \cdot 0,05 = 6,65 \text{ Нм}$$

$$R_B = (m_T + m_0 + m_c + m_E) \cdot g \quad (26)$$

$$R_B = (40 + 65 + 10 + 275,66) \cdot 9,8 = 3822 \text{ Н}$$

где m_K - масса поворотного узла

$$m_K = k_2 \cdot m_0 \quad (27)$$

$$m_K = 20 \cdot 65 = 1300 \text{ кг}$$

k_2 – коэффициент конструкции, зависящий от типа и грузоподъемности

$$R_{A(A)} = \frac{(m_0 + m_c) \cdot g \cdot l_0}{l_2} \quad (28)$$

$$R_{A(A)} = \frac{(65 + 10) \cdot 9,8 \cdot 1,192}{0,25} = 3504 \text{ Н}$$

Для определения диаметра цапф под подшипники необходимо определить диаметр оси поворота из условия прочности на изгиб, мм

$$d = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{из}}{0,1 \cdot [\sigma_{из}]}} \quad (29)$$

где $[\sigma_{из}] = 80-120 \text{ МПа}$ – допускаемое напряжение изгиба;

$M_{из}$ – изгибающий момент, Нм:

$$R_{A(B)} = (m_0 + m_c) \cdot g \cdot l_0 \quad (30)$$

$$R_{A(B)} = (65 + 10) \cdot 9,8 \cdot 1,192 = 876 \text{ Н}$$

По каталогу выбирается двигатель постоянного тока большей мощности. Выбираем двигатель постоянного тока ДК1-5,2 РДВ=0,5кВт $J_{ДВ} = 2 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ $[\varphi] = 5,2$

Выбранный двигатель проверяют по условиям пуска, для чего определяют коэффициент его перегрузки φ , который сравнивается с допустимым значением $[\varphi]$. Проверка двигателя по условиям пуска

$$T_{II} = T_{CT} + T_{ин} + J_{пр} \quad (31)$$

где, T_{CT} – статический момент на валу двигателя;

$$T_{CT} = \frac{T_{TP}}{i_{MB} \cdot \eta_{MB}} \quad (32)$$

i_{MB} – передаточное отношение механизма вращения:

$$i_{MB} = \frac{n_{ДВ}}{n} \quad (33)$$

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \quad (34)$$

$$n = \frac{30 \cdot 4}{\pi} = 38,216$$

$$i_{MB} = \frac{1000}{38,216} = 25$$

$$T_{CT} = \frac{12,21}{25 \cdot 0,85} = 0,6 \text{ Нм}$$

T_{IH} – момент силы инерции вращающихся частей механизма привода, Нм

$$T_{IH} = \frac{1,2 \cdot 10^{-4} \cdot c \cdot J_{ДВ} \cdot n_{ДВ}}{t_p} \quad (35)$$

где $c=1,1 \dots 1,4$ – коэффициент, учитывающий моменты инерции всех вращающихся деталей привода, кроме ротора двигателя;

$J_{ДВ}$ – момент инерции ротора двигателя, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$$J_{ДВ} = \frac{(m_0 + m_c) \cdot l_0 \cdot n_{ог}}{3,82 \cdot i_{MB}^2 \cdot t_p \cdot \eta_{MB}} \quad (36)$$

Проверка двигателя на разгон и ускорение (уточнение времени пуска).

$$t_p = \frac{1}{T_{II} - T_{CT}} - \left[0,12 \cdot J_{ДВ} \cdot n_{ДВ} + \frac{(m_0 + m_c) \cdot p^2}{10 \cdot (i_{MB})^2 \cdot \eta_{MB}} \right] \quad (37)$$

$$t_p = \frac{1}{5,76 - 0,6} - \left[0,12 \cdot 1,95 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 + \frac{(65 + 10) \cdot 1,11^2 \cdot 1000}{10 \cdot 25^2 \cdot 0,85} \right] = 1 \text{ с}$$

$$J_{ДВ} = \frac{(65 + 10) \cdot 1,192^2 \cdot 1000}{3,82 \cdot 25^2 \cdot 0,3 \cdot 0,86} = 4,38 \text{ Нм}$$

$$T_{IH} = \frac{1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 1,95 \cdot 1000}{0,3} = 0,78 \text{ Нм}$$

$$v = \omega \cdot p \quad (38)$$

$$v = 4 \cdot 1,192 = 4,768 \text{ м/с}$$

$$a = \frac{v}{t_p} \quad (39)$$

$$a = \frac{4,768}{1} = 4,768 \text{ м/с}^2$$

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t_p} \quad (39)$$

$$\varepsilon = \frac{4}{1} = 4 \text{ м/с}^3$$

Проверка по перегрузке

$$\varphi = \left(\frac{T_{II}}{T_H} \right) \leq [\varphi] \quad (40)$$

$$\varphi = \frac{5,76}{3,6} = 1,6 \leq [5,2]$$

Проверка теплового режима электродвигателя

Проверку теплового режима проводят по эквивалентному моменту

$$T_{3KB} = \sqrt{ПВ \cdot \frac{\left[\sum (T_{CT}^2 + T_D^2) \cdot t_p + \sum T_{CT}^2 \cdot t_{II} \right]}{\left[\beta \cdot (\sum t_p + \sum t_{II}) \right]}} \quad (41)$$

где ПВ - коэффициент периода включения степени подвижности

$$ПВ = \frac{t_K}{t_{II}} \quad (42)$$

$$ПВ = \frac{24}{165} = 0,15$$

$$T_{3KB} = \sqrt{0,15 \cdot \frac{\left[(0,6^2 + 22,7^2) \cdot 0,3 + 0,6^2 \cdot 5,4 \right]}{\left[0,85 \cdot (4,2 + 19,8) \right]}} = 1,044 \text{ Нм}$$

tK=24(с) – время работы степени подвижности в цикле

tII=177(с) – время цикла

tП=19,8(с) – время движения с постоянной скоростью

tP=4,2(с) – время разгона

5.4 Расчет механизма горизонтального перемещения

Механизм выдвижения штанги 13 (горизонтального перемещения) определяем как:

$$P_{ДВ} = \frac{\kappa_1 \cdot P_{ПМ}}{\eta_{ПМ}} \quad (43)$$

где $\eta_{ПМ}$ - КПД механизма перемещения, зависящий от КПД опор, ременной передачи 14, направляющей скольжения 15, шариковой винтовой пары;

$P_{ПМ}$ - мощность привода механизма, кВт:

$$P_{ПМ} = 10^{-3} \cdot F_{oc} \cdot V \quad (44)$$

где V – скорость выдвижения штанги с грузом, м/с;

F_{oc} – осевая сила на ходовом винте:

$$F_{oc} = F_{ИИ} + F_{ТР} \quad (45)$$

где $F_{ИИ}$ - сила инерции штанги с грузом

$$F_{ИИ} = \kappa_1 \cdot (m_0 + m_c + m_{ш}) \cdot a \quad (46)$$

где mш – масса штанги;

a – ускорение перемещения;

$$F_{ИИ} = 1 \cdot (65 + 10 + 140) \cdot 1 = 215 \text{ Н}$$

$$F_{ТР} = \kappa_1 \cdot (R_c + R_d) \cdot f \quad (47)$$

где $F_{ТР}$ - сила сопротивления перемещению;

R_c и R_d - реакции в опорах С и D, которые определяются при максимальном вылете схвата без учета осевой силы в винтовой паре из условия равновесия:

$$R_C = \frac{(m_0 + m_c) \cdot g \cdot l_5 + m_{III} \cdot g \cdot l_4}{l_3} \quad (48)$$

$$R_C = \frac{(65+10) \cdot 9,8 \cdot 65 + 140 \cdot 9,8 \cdot 70}{90} = 1575 \text{ Н}$$

$$R_D = \frac{(m_0 + m_c) \cdot g \cdot (l_5 + l_3) + m_{III} \cdot g \cdot (l_4 + l_3)}{l_3} \quad (49)$$

$$R_D = \frac{(65+10) \cdot 9,8 \cdot (65+90) + 140 \cdot 9,8 \cdot (70+90)}{90} = 3847 \text{ Н}$$

$$F_{TP} = 1 \cdot (1575 + 3847) \cdot 0,05 = 271,2 \text{ Н}$$

$$F_{oc} = 215 + 271,2 = 486,1 \text{ Н}$$

$$P_{PM} = 0,001 \cdot 486,1 \cdot 0,3 = 0,15 \text{ кВт}$$

$$P_{ДВ} = \frac{1 \cdot 0,15}{0,65} = 0,23 \text{ кВт}$$

Далее по каталогу [2] выбираем ближайший двигатель постоянного тока серии ДК1 большей мощности типа ДК1-1,7, который имеет следующие основные параметры:

$$P_{ном} = 0,18 \text{ кВт};$$

$$T_{ном} = 1,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$n = 1000 \text{ об/мин};$$

$$J_{ДВ} = 0,0016 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Проверку двигателя проводят по электромеханической постоянной, но в этом случае приведенный момент инерции:

$$J_{ПР} = \left(\sum_{i=1}^n m \right) \cdot \left(\frac{V}{\omega_{ДВ}} \right)^2 \quad (50)$$

$$J_{ПР} = 258 \cdot 0,000001 = 0,000258 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{ДВ} > J_{ПР}$$

Список использованной литературы

1. Панчурин В. В., Михеев И. И., Голубовский В. В. Проектирование и расчет промышленных роботов - ПГУ 2004г.-53с.
2. Александров М. П. Подъемно-транспортные системы. – М.: Высш. шк.,1979. – 558с.
3. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. – М.: Машиностроение, 1992.
4. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983, - 374с.
5. Механика промышленных роботов: Учеб. пособ. для втузов. В 3 кн. / Под ред. К. Ф. Фролова, Е. И. Воробьев и др. – М.: Высш. шк., 1989, - 383 с.
6. Промышленные роботы в машиностроении. Атлас конструкций / Под ред. Ю. М. Соломенцова. – М.: Машиностроение, 1987.
7. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей / Под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1989. – 191 с.