

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Компьютерное проектирование технологического оборудования»

Курсовая работа

по дисциплине **Транспортные средства и оснастка
производственных комплексов**

на тему **Проектирование и расчет промышленного робота
по типу базовой модели М20П.40.01**

ПГУ 1.15.03.02.13 ПЗ

Направление подготовки **15.03.02 *Технологические машины и оборудование***

Профиль подготовки **Металлообрабатывающее оборудование и
технологическая оснастка**

Выполнил студент: _____ **Шушпанов. А.В.**
Группа: _____ **16МС1**

Руководитель: _____ **Шаралапов А.Е.**

Работа защищена с оценкой _____

Дата защиты _____

2019

Реферат

Пояснительная записка содержит листов, 1 лист формата А3, 1 лист формата А1, 6 рисунков.

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

Цель работы: проектирование конструкций промышленных роботов (ПР) и анализ возможности встраивания их в станочные комплексы.

Объект разработки: промышленный робот, разрабатываемый на основе задания.

Расчетно-пояснительная записка состоит из разделов и включает в себя все необходимые расчеты, пояснения, таблицы, рисунки и схемы. В курсовой работе представлен анализ и обоснование кинематической структуры робота, состав и основные характеристики вспомогательного оборудования станочной системы, структура станочной системы, обоснование выбора основных характеристик манипулятора; расчет механизмов и узлов манипулятора с необходимыми расчетными и пояснительными схемами; список использованной литературы. Графическая часть курсовой работы содержит структуру станочной схемы (на уровне эскизной разработки), а также циклограмму работы робота.

					ПГУ 2.15.03.02.18 ПЗ			
Из	Лис	№ докум.	Подпи	Дат	Проектирование и расчет промышленного робота по типу базовой мод. М20П.40.01	Лит.	Масса	Листов
Разраб.	Шушпанов							
Пров.	Шаролапов							
Н.						Кафедра: "КПТО" Гр.16МС1		
Утв.								

Содержание

Введение.....	5
Техническое задание на курсовую работу	
1. Разработка компоновки ГСС.....	8
2. Разработка алгоритма работы ГСС и расчет времени обслуживания.....	10
3. Анализ ГСС на основе теории массового обслуживания.....	14
4. Расчет ПР.....	21
4.1 Расчет захватного устройства	21
4.2 Расчет ориентирующего механизма руки	26
4.3 Расчет механизма горизонтального перемещения руки.....	26
Список использованных источников	30
Приложение	

Введение

Конструкция ПР определяется большим числом факторов, зависящих от его назначения и условий применения.

В робототехнике развиваются 2 основных направления конструирования ПР. Первое из них связано с разработкой специализированных роботов, предназначенных для оснащения оборудования, выполняющего технологические операции одного вида, и специальных, предназначенных для оснащения конкретной модели оборудования и выполняющих определенные технологические операции. Второе направление состоит в разработке многофункциональных, универсальных ПР, которые могут применяться в широком диапазоне изменения параметров технологического процесса. Эти роботы обладают большим числом степеней подвижности, по сравнению с первыми, но обеспечить в них высокую точность позиционирования и надежность, значительно труднее, причем себестоимость их изготовления значительно выше.

Агрегатно-модульный принцип построения роботов (из типовых узлов и модулей) разрешает эти противоречия. Роботы этого типа на обладают избыточностью степеней подвижности и в то же время универсальны. ПР агрегатно-модульного типа широко используется при создании гибких производственных модулей и станочных комплексов.

Методы конструирования роботов основаны на результатах анализа кинематики, динамики, синтеза их механизмов. В процессе конструирования эти результаты объединяются и дополняются опытом конструктора. при конструировании робота выделяют отдельные узлы и механизмы и решаются вопросы проектирования, объединяя затем эти элементы в систему. Узлами и агрегатами являются механическая рука, механизмы вращения и поступательного перемещения, схваты, демпферы, приводы и т. д.

					ПГУ 2.15.03.02.18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		5

Робот для использования в конкретных производственных условиях выбирают по следующим основным технологическим характеристикам:

номинальная грузоподъемность ПР,

усилие зажима (захвата) объекта манипулирования схватом;

число степеней подвижности ПР – сумма возможных координатных движений объекта манипулирования относительно основания робота;

рабочая зона ПР – пространство, в котором может перемещаться исполнительное звено (схват);

погрешность позиционирования ПР – отклонения положения исполнительного звена робота от заданного;

мобильность – способность ПР совершать разные по характеру движения.

					ПГУ 2.15.03.02.18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		6

Техническое задание на курсовую работу

Тип робота – напольный (базовый – М20П40.01).

Рассчитать и спроектировать захватное устройство, ориентирующий механизм и механизм горизонтального перемещения руки манипулятора (выбрать электро- и пневмодвигатели, рассчитать механизмы приводов, выполнить чертеж одного из механизмов).

$i=1$ – количество станков;

$m=2$ – количество накопителей заготовок;

$T_{M1}=2.5$ мин – машинное время станка;

$m_T=60$ кг – масса траверсы;

$m_c=15$ кг – масса схвата;

$V_T=0.5$ м/с – скорость горизонтального перемещения штанги

$\varepsilon_3=300$ рад/с² – угловое ускорение ориентирующего механизма;

$l_3=350$ мм – параметры стационарного робота;

$l_4=200$ мм – параметры стационарного робота;

$l_5=900$ мм – параметры стационарного робота;

$t_3=8$ с.

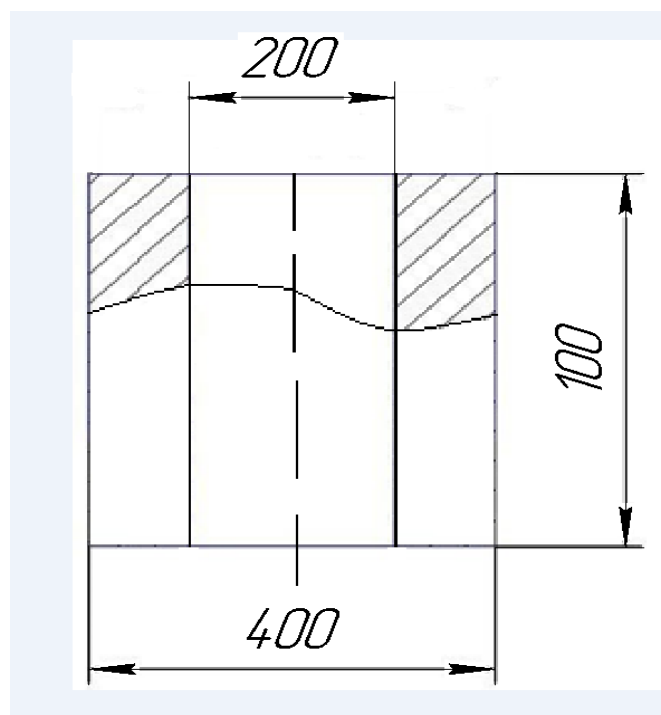


Рис. 1 Чертеж детали

					Лис	
					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат	7	

1.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).

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;
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.

Состав ГСС

1 –Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ;

2 - проектируемый напольный робот:

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
						8
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

3- тактовый стол;

4 - система ЧПУ:

5 - зона обслуживания.

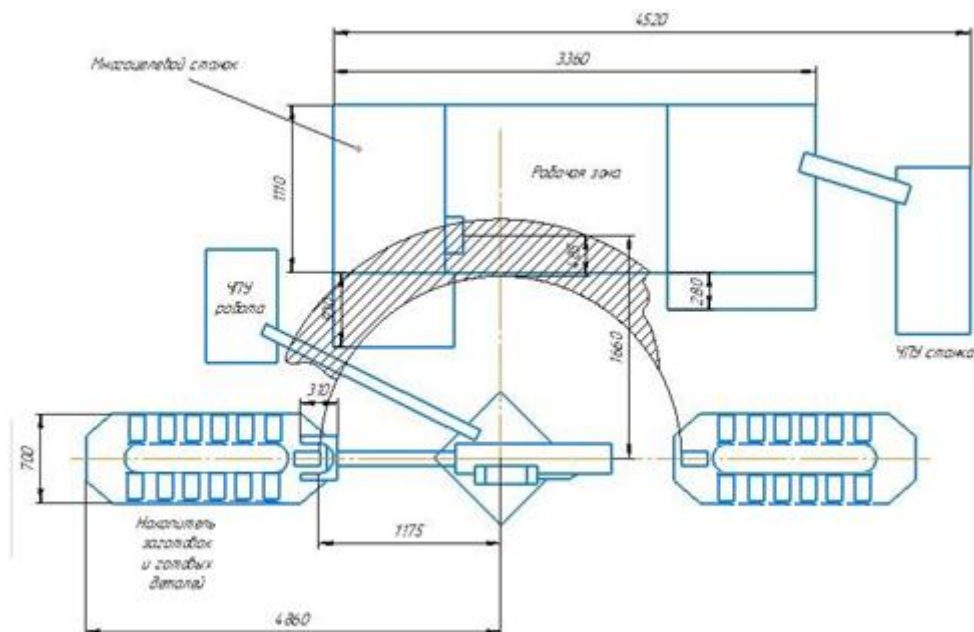


Рисунок 2 – Гибкая станочная система

Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат

ПГУ 2.15.03.02.18 ПЗ

Лис

9

2.Разработка алгоритма работы ГСС и расчет времени обслуживания

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 ПР - 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 манипулятора находится над загрузочной позицией тактового стола в верхнем положении.

Алгоритм работы промышленного робота

Исходные данные:

Скорость угловых перемещений:

- 1) руки относительно вертикальной оси – 60 град/с
- 2) кисти относительно продольной оси – 60 град/с
- 3) скорость линейных перемещений:

3.1) по вертикальной оси – 0,1 м/с

из диапазона 0,005 – 0,5

3.2) по горизонтальной оси – 0,2 м/с

из диапазона 0,008 – 1,0

Высота центров станка – 1100мм

Высота центров манипулятора – 780мм

Высота накопителя – 900мм

Расстояние от станины станка до оси шпинделя – 270мм

Время каждого перемещения определяем по формуле:

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		10

$$T = \frac{S \cdot M}{V \cdot \cancel{M}} = \text{сек}$$

Первоначальное вертикальное положение робота – 1350мм

1) Вертикальное перемещение опускание на 90 мм:

$$t = \frac{0.09}{0.1} = 0.9 \text{ с} ;$$

2) Захват заготовки: $t = 8 \text{ с}$;

3) вертикальное перемещение подъем на 10мм:

$$t = \frac{0.06}{0.1} = 0.6 \text{ с} ;$$

4) Поворот ориентирующего механизма на 90° по часовой стрелке:

$$t = \frac{90}{60} = 1.5 \text{ с} ;$$

5) Вертикальное перемещение опускание на 270 мм:

$$t = \frac{0.27}{0.1} = 2.7 \text{ с} ;$$

6) Поворот руки на 138° против часовой стрелки:

$$t = \frac{138}{60} = 2.3 \text{ с} ;$$

7) Выдвижение руки на 485мм:

$$t = \frac{0.485}{0.2} = 2.43 \text{ с} ;$$

8) Дослать заготовку в патрон: $t = 0,6 \text{ с}$;

9) Зажим патрона: $t = 1 \text{ с}$;

10) Разжим схвата: $t = 8 \text{ с}$;

11) Задвижение руки на 485 мм:

$$t = \frac{0.485}{0.2} = 2,43 \text{ с} ;$$

12) Поворот руки на 70° по часовой стрелке:

$$t = \frac{70}{60} = 1,17 \text{ с}$$

13) Закрыть защитное ограждение: $t = 3 \text{ с}$;

14) Работа станка: $t = 150 \text{ с}$

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		11

15) Защитное ограждение открыть: $t = 3 \text{ с}$;

16) Поворот руки на 70° против часовой стрелки:

$$t = \frac{70}{60} = 1,17 \text{ с} ;$$

17) Выдвижение руки на 485мм:

$$t = \frac{0,485}{0,2} = 2,43 \text{ с} ;$$

18) Захват детали: $t = 3 \text{ с}$;

19) Разжим патрона: $t = 1 \text{ с}$;

20) Отвод детали от патрона: $t = 0,6 \text{ с}$;

21) Задвижение руки на 485 мм:

$$t = \frac{0,485}{0,2} = 2,43 \text{ с} ;$$

22) Подъем на 270 мм:

$$t = \frac{0,27}{0,1} = 2,7 \text{ с}$$

23) Поворот ориентирующего механизма на 90° по часовой стрелке:

$$t = \frac{90}{60} = 1,5 \text{ с}$$

24) Поворот руки на 91° по часовой стрелке:

$$t = \frac{91}{60} = 1,52 \text{ с} ;$$

25) Вертикальное перемещение опускание на 10 мм:

$$t = \frac{0,01}{0,1} = 0,1 \text{ с} ;$$

26) Разжим схвата: $t = 8 \text{ с}$;

27) Вертикальное перемещение на 90 мм:

28) Поворот руки на 48° по часовой стрелке:

$$t = \frac{47}{60} = 0,78 \text{ с}$$

Время цикла: $T_{\text{ц}} = 176,26 \text{ с}$

Время обслуживания: $T_{\text{обсл}} = T_{\text{ц}} - T_{\text{выд}} = 206,26 - 120 = 86,26$

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		12

Для того, чтобы определить область рационального использования спроектированной ГСС, необходимо, задаваясь различными значениями машинного времени, построить циклограмму, по которой можно определить коэффициенты использования станков и коэффициенты использования манипулятора и сравнить их с допустимыми значениями. Однако, этот процесс достаточно трудоемок, поэтому чаще всего проводят анализ ГСС на основе теории массового обслуживания.

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		13

3. 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:

$$\lambda = \frac{1}{T_{\text{ц}}};$$

где $T_m = T_{m \text{ ср}} + T_{об}$ - время обработки данной детали.

$T_{\text{мср}}$ - среднее машинное время обработки детали на каждом из станков.

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

$$\gamma = \frac{1}{T_{об}},$$

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 $K = 0, 1$, 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;

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

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		14

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 A_m , %.
- 2) Среднее использование одного станка A_c , %.
- 3) Коэффициент простоя при многостаночном обслуживании K_c , %.

Допустимыми считаются следующие значения этих показателей:

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

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:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} ;$$

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

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

где $K=0, 1$,

m - общее число станков.

Вероятность простоя манипулятора:

$$A_m = \sum_{k=1}^m P_k;$$

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

$$P_k = \frac{m!}{(m-k)!} \cdot \rho^k \cdot P_0$$

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

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

Среднее использование одного станка:

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

Для анализа рассматриваемой станочной системы зададимся несколькими средними значениями машинного времени $T_{mcp}=1,2,4,6,8,10,12$ мин и рассчитаем основные показатели, характеризующие производительность ГСС.

Для $T_{mcp}=1$ мин;

$$\rho = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{T_{об}}{T_{mcp}} = \frac{0,52}{1} = 0.52$$

1

$$P_0 = \frac{1}{1 + 1 \cdot 0.52 + (1!/(1-1)!) \cdot 0.52^1} = 0.5$$

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		16

$$P_{k_0} = (1-0) \cdot 0,52 \cdot 0,5 = 0,26$$

$$A_m = 0,26 = 0,26 = 26\% > 20\%$$

$$A_c = \frac{1}{1} \cdot (1 \cdot 0,5) = 0,5 = 50\% < 80\%$$

$$K_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,26 = 0,26 = 26\% > 2\%$$

Для $T_{m_{cp}} = 2_{мин}$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{T_{об}}{T_{m_{cp}}} = \frac{0,52}{2} = 0,26$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 1 \cdot 0,26 + (1/(1-1)!) \cdot 0,26^1} = 0,6$$

$$P_{k_0} = (1-0) \cdot 0,26 \cdot 0,66 = 0,17$$

$$A_m = 0,17 = 17\% < 20\%$$

$$A_c = \frac{1}{1} \cdot (1 \cdot 0,66) = 0,66 = 66\% < 80\%$$

$$K_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,17 = 0,17 = 17\% > 2\%$$

Для $T_{m_{cp}} = 4_{мин}$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{T_{об}}{T_{m_{cp}}} = \frac{0,52}{4} = 0,13$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 1 \cdot 0,13 + (1/(1-1)!) \cdot 0,13^1} = 0,7$$

$$P_{k_0} = (1-0) \cdot 0,13 \cdot 0,7 = 0,091$$

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		17

$$A_m = 0.09 = 9\% < 20\%$$

$$A_c = \frac{1}{1} \cdot (1 \cdot 0.7) = 0.7 = 70\% < 80\%$$

$$K_c = 1 \cdot 1 \cdot 0.09 = 0.09 = 9\% > 2\%$$

Для $T_{m_{cp}} = 6_{мин}$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{T_{об}}{T_{m_{cp}}} = \frac{0,52}{6} = 0.08$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 1 \cdot 0.08 + (1/(1-1)!) \cdot 0,08} = 0.86$$

$$P_{k_0} = (1-0) \cdot 0,08 \cdot 0,86 = 0,06$$

$$A_m = 0.06 = 6\% < 20\%$$

$$A_c = 86\% = 86\%$$

$$K_c = 6\% > 2\%$$

Для $T_{m_{cp}} = 8_{мин}$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{T_{об}}{T_{m_{cp}}} = \frac{0,52}{8} = 0.06$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 1 \cdot 0.06 + (1/(1-1)!) \cdot 0,06^1} = 0.9$$

$$P_{k_0} = (1-0) \cdot 0,06 \cdot 0,9 = 0,05$$

$$A_m = 0.05 = 5\% < 20\%$$

$$A_c = \frac{1}{1} \cdot (1 \cdot 0.9) = 0.9 = 90\% > 80\%$$

$$K_c = 1 \cdot 1 \cdot 0.05 = 0.05 = 5\% > 2\%$$

Для $T_{m_{cp}} = 10_{мин}$

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		18

$$\rho = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{T_{об}}{T_{m_{cp}}} = \frac{0,52}{10} = 0,052$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 1 \cdot 0,052 + (1/(1-1)!) \cdot 0,052^1} = 0,91$$

$$P_{k_0} = (1-0) \cdot 0,052 \cdot 0,91 = 0,04$$

$$A_m = 0,04 = 4\% < 20\%$$

$$A_c = \frac{1}{1} \cdot (1 \cdot 0,91) = 0,91 = 91\% > 80\%$$

$$K_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,04 = 0,04 = 4\% > 2\%$$

Для $T_{m_{cp}} = 12_{мин}$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{T_{об}}{T_{m_{cp}}} = \frac{0,52}{12} = 0,04$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 1 \cdot 0,04 + (1/(1-1)!) \cdot 0,04^1} = 0,94$$

$$P_{k_0} = (1-0) \cdot 0,04 \cdot 0,9 = 0,036$$

$$A_m = 0,036 = 3\% < 20\%$$

$$A_c = \frac{1}{1} \cdot (1 \cdot 0,94) = 0,94 = 94\% > 80\%$$

$$K_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,036 = 0,036 = 3\% > 2\%$$

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		19

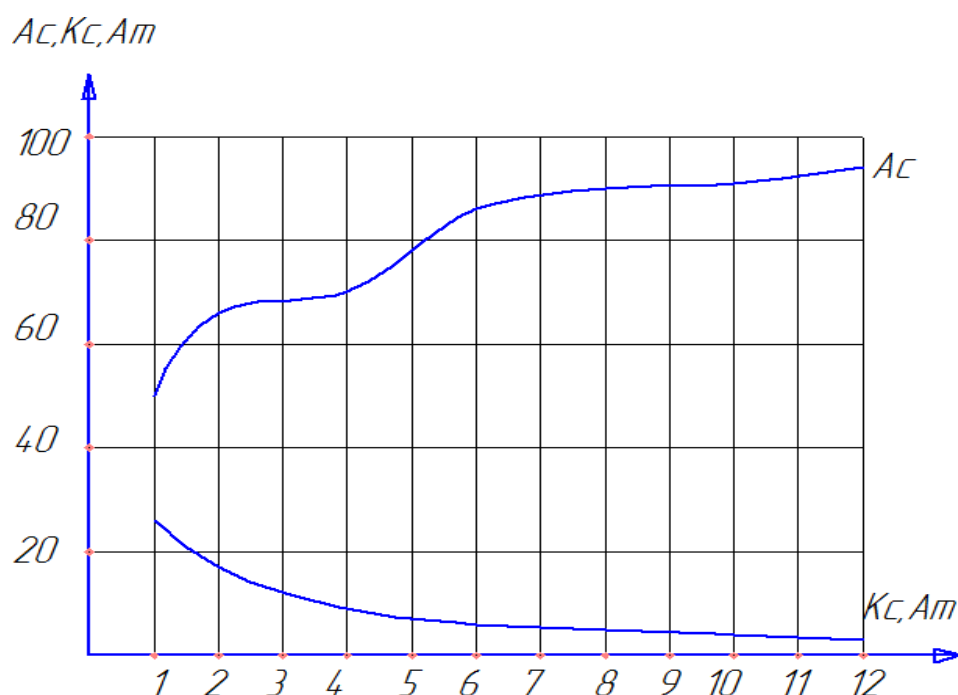


Рисунок 3 – Зависимости основных показателей производительности ГСС, обслуживаемой однозахватным манипулятором, от среднего времени T_m .

По полученным результатам расчета и графических зависимостей, можно сделать вывод, что использование данной ГСС целесообразнее при среднем машинном времени T_{mcp1} от 6 до 12 минут. При этом все показатели производительности находятся в пределах допустимых значений.

При $T_{mcp1} < 6$ мин коэффициент простоя возрастает свыше 2%, это приводит к некоторому снижению производительности, что в принципе допустимо в случае крайней необходимости на некоторый промежуток времени.

В заключении отметим, что использование проектируемого ПР в данной ГСС считается целесообразным, т.к. обработка ступенчатого вала происходит в пределах T_{mcp1} от 6 до 12 минут, что, как отмечалось выше, является наиболее оптимальным вариантом.

4. Расчет ПР

4.1 Расчет захватного устройства

Схваты ПР служат для захватывания и удержания объекта манипулирования во время его транспортировки. Основными требованиями, предъявляемыми к схватам, являются надежность захватывания и удержания объекта, точность ориентирования и базирования, а также невозможность разрушения и повреждения детали. В настоящее время разработано больше количество конструкторских схватов, имитирующих кистью человека, с пневмо- или электромеханическим приводом.

Проектирования схватов проводят в следующей последовательности:

- 1) выбирают тип схвата.
- 2) Определяют усилие схвата.
- 3) Определяют необходимое перемещение губок схвата.
- 4) Определяют усилие привода.
- 5) Определяют усилие в кинематических элементах схвата, рассчитывают их размеры.

При выборе типа схвата необходимо учитывать множество факторов, основными из которых являются масса, форма и свойства объекта манипулирования, изменение этих характеристик в процессе обработки, требования к времени захвата и точности позиционирования, свойства захватываемой поверхности.

Для тел вращения выбираем однопозиционный схват.

m_0 – масса объекта манипулирования, т.е. массу детали определяем по формуле:

$$m_0 = \rho \cdot V,$$

где ρ – плотность материала детали в г/см³

$$\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$$

V – объем детали, см³

Объем детали определяем исходя из размеров детали по формуле:

$$V = (a \cdot a \cdot h) - (b \cdot b \cdot h);$$

$$V = (400 \cdot 400 \cdot 100) - (200 \cdot 200 \cdot 100) = 11000 \text{ мм}^3;$$

где a, b – радиус основания заготовки, см

$a = 400$ см, $b = 200$ см.

h – высота оснований заготовки, см

$h = 100$ см.

$$m_0 = 7,8 \cdot 11000 \approx 85,8 \text{ кг}$$

Усилие, действующие на губки определяем, исходя из условий равновесия по формуле:

$$R_1 = \frac{l+c}{l} \cdot F_0, R_2 = \frac{c}{l} \cdot F_0,$$

где $F_0 = m_0 \cdot g$ = сила веса детали, Н

$$F_0 = 85,8 \cdot 9,8 = 840,84 \text{ Н}$$

принимая ширину губок $l = 50 \text{ мм}$;

$c = 25$ мм

$$R_1 = \frac{50 - 25}{50}$$

$$R_2 = \frac{25}{50}$$

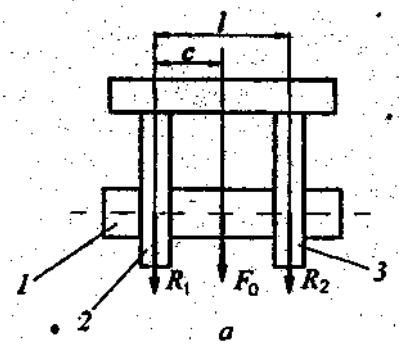


Рис. 4 Схема захвата детали

Изм	Лис	№ доку.	Подпис	Дат

ПГУ 2.15.03.02. 18

Лис

22

При проектировании схватов за расчетные принимают усилия, включенные с учетом ускорения при перемещении по формуле:

$$F = m_0 \cdot (g + a) \cdot K_1 \cdot K_2$$

K_1 – коэффициент, зависящий от положения заготовки по отношению к губкам схвата и направления действия силы тяжести:

$$K_1 = \frac{1}{2} \cdot f$$

Где f – коэффициент трения. Для незакаленных пальцев без насечки (сталь марок 45, 50) $f = 0,12-0,15$.

Принимаем $f = 0.15$

$$K_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,15 = 0,075$$

$K_2 = 1,3 - 2$ коэффициент запаса, принимаем $K_2 = 1,5$

a – ускорение при запуске двигателя

$$a = \frac{v}{t_p},$$

$t_p = 0,3 - 0,5$, принимаем $t_p = 0,4$

t_p – время разгона

v – скорость горизонтального перемещения, м/с

$$a = \frac{0,5}{0,4} = 1,25 \text{ м/с}^2$$

$$F = 85,8 \cdot (9,8 + 1,25) \cdot 0,075 \cdot 1,5 = 106,55 \text{ Н}$$

При использовании плоской губки удерживающие усилия вычисляем по формуле:

$$F_{N_1} = F_{N_2} = F / (2 \cdot f) = 106,55 / (2 \cdot 0.15) = 355.2 \text{ Н}$$

где f – коэффициент трения —

Сила трения:

$$F_{T1} = F_{N1} \cdot f$$

$$F_{T1} = F_{N1} \cdot f = 355.2 \cdot 0.15 = 53,3 \text{ Н}$$

$$F_{T2} = F_{N2} \cdot f = 355.5 \cdot 0.15 = 53,3 \text{ Н}$$

					ПГУ 2.15.03.02. 18	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		23

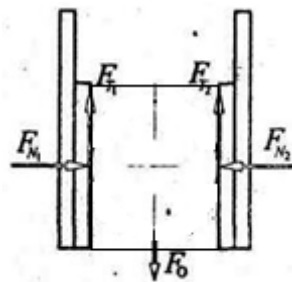


Рис. 5 Схема определения величин нормальных усилий, действующих на деталь.

Определяем F_n усилие привода захватного устройства. Для схвата с реечным механизмом по формуле:

$$F_n = \frac{2 \sum_{N=1}^n F_N}{(m_c \cdot z_c \cdot \eta)};$$

где m_c - модуль передачи,

z_c - число зубьев колеса (на окружности соответствующего колеса).

Обычно $z_c = 15 \dots 18$,

n – число пар губок схвата,

η – КПД механизма, принимаем $= 0,95$,

Радиус зубчатого сектора определяется по известным формулам

$$R = m_c z_c / 2 = 2 \cdot 17 / 2 = 17$$

В свою очередь, модуль передачи

$$m_c = 14 \sqrt{Y_F k_{FB} T / (z_c^2 \psi_{bd} [\sigma_F])} = 14 \sqrt{1 \times 1,07 \times 975 \times 0,25 / (17^2 \times 0,4 \times 270)} = 1,2$$

Принимаем модуль равный 2

где Y_F - коэффициент формы зуба; k_{FB} - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки на ширине венца; T - вращающий момент, равный удерживающему для рассчитываемого сектора, Н·м; ψ_{bd} - коэффициент ширины колеса; $[\sigma_F]$ - допускаемые напряжения изгиба, МПа.

$$z_c = 17$$

$$\eta = 0,95$$

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ доку	Подпис	Дат		24

z_c - число зубьев колеса (на окружности соответствующего колеса).

Обычно $z_c = 15 \dots 18$,

n – число пар губок схвата,

η – КПД механизма, принимаем $= 0,95$,

Радиус зубчатого сектора определяется по известным формулам

$$R = m_c z_c / 2 = 2 \cdot 17 / 2 = 17$$

В свою очередь, модуль передачи

$$m_c = 14 \sqrt{\frac{Y_F k_{FB} T / (z_c^2 \psi_{bd} [\sigma_F])}{17^2 \cdot 0,4 \cdot 270}} = \sqrt{14 \cdot 1,07 \cdot 975 \cdot 0,25 / (17^2 \cdot 0,4 \cdot 270)} = 1,2$$

Принимаем модуль равный 2

где Y_F - коэффициент формы зуба; k_{FB} - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки на ширине венца; T - вращающий момент, равный удерживающему для рассчитываемого сектора, Н·м; ψ_{bd} - коэффициент ширины колеса; $[\sigma_F]$ - допускаемые напряжения изгиба, МПа.

$$z_c = 17$$

$$\eta = 0,95$$

$$n = 1$$

$$F_n = \frac{2 \cdot (355,2 + 355,2)}{(2 \cdot 17 \cdot 0,95)} = 43H$$

Определяем диаметр поршня пневмопривода по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_n}{\pi \cdot p \cdot \eta_{II} \cdot \eta_C}}, \quad \sqrt{\quad}$$

где η_{II} – КПД механического привода

η_C - КПД схвата

p – давление пневмосистемы; $p = 0,4$ МПа

принимаем $\eta_{II} = 0,9$; $\eta_C = 0,9$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 44}{(3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9)}} = 13,15 \text{ мм},$$

Принимаем диаметр поршня по стандартному ряду $d = 14$ мм

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум	Подпис	Дат		25

4.2 Расчет ориентирующего механизма руки

Ориентирующие механизмы (ОМ) роботов предназначены для ориентации объекта манипулирования и обычно имеют от 1 до 3 степеней подвижности, которые чаще всего представляют собой механизмы с вращательными парами. Вращение звеньев осуществляется с помощью различных механических передач (зубчатых, волновых, планетарных, червячных и т.д.) от электродвигателей постоянного тока, либо от пневмодвигателей.

У современных роботов максимальные скорости перемещения ОМ лежат в пределах 90 – 150 град/с, а ускорение – в пределах 450 – 1500 град/с².

Определяем фактический момент от смещения осей центра тяжести объекта манипулирования и схвата по формуле:

$$T_{CT} = m \cdot g \cdot l_{OM},$$

где m – масса объекта манипулирования и исполнительного механизма,

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$l_{OM} = 44 + 40 = 84 \text{ мм}$$

$$T_{CT} = 85,8 \cdot 9,8 \cdot 0,084 = 70,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По найденному значению момента выбираем поворотный пневмодвигатель лопастной серии ПДЛ.

ПДЛ 3,2-3,

У которого номинальный крутящий момент 80 Н·м.

4.3 Расчет механизма горизонтального перемещения руки.

В ПР применяют пневмо-, гидро- и электроприводы. Пневмоприводы применяются в основном для ПР с относительно небольшой грузоподъемностью, т.к. они имеют низкие жесткостные характеристики.

Гидроприводы по сравнению с электроприводами обеспечивают более высокие параметры ПР, однако их эксплуатационные расходы значительно выше. Поэтому в последнее время чаще применяются электроприводы с двигателями постоянного тока.

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		26

Расчетная мощность двигателя 12, механизма выдвижения штанги 13 (см. расчетную схему):

$$P_{ДВ} = K_1 \cdot \frac{P_{ПМ}}{\eta_{ПМ}},$$

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;

K_1 - коэффициент конструкции; при $a < 0,5g$ $K_1 = 1$;

$\eta_{ПМ} = 0,9 \cdot 0,93 = 0,837$ – для шариковой винтовой пары, где:

$\eta = 0,9 \dots 0,92$ - для зубчатой ременной передачи

$\eta = 0,93 \dots 0,95$

принимаем $\eta_{ШВ} = 0,9$; $\eta_{ЗР} = 0,93$.

$$P_{ПМ} = 10^{-3} \cdot F_{ОС} \cdot v,$$

Где: v - скорость выдвижения штанги с грузом, м/с;

$F_{ОС}$ – осевая сила на ходовом винте: $F_{ОС} = F_{ИН} + F_{ТР}$,

Где:

$F_{ИН}$ – сила инерции штанги с грузом;

$F_{ТР}$ – сила сопротивления перемещению;

$$F_{ИН} = K_1 (m_0 + m_c + m_{ш}) \cdot a,$$

где $m_{ш}$ – масса штанги; a – ускорение

$$a = \frac{v}{t_p};$$

$t_p = 0,3 - 0,5$ с – время разгона

Принимаем $t_p = 0,4$ с

$$F_{ТР} = (R_C + R_D) \cdot f,$$

где R_C и R_D – реакции в опорах С и D, которые определяются при максимальном взлете схвата без учета осевой силы в винтовой паре из условия равновесия;

где f – коэффициент трения;

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		27

$f = 0.05 \dots 0,1$, принимаем $f = 0.05$.

$$R_C = \frac{[(m_0 + m_C) \cdot g \cdot l_5 + m_{ш} \cdot g \cdot l_4]}{l_3},$$

$$R_D = \frac{[(m_0 + m_C) \cdot g \cdot (l_3 + l_5) + m_{ш} \cdot g \cdot (l_4 + l_3)]}{l_3}.$$

Проверку двигателя проводят по приведенному моменту инерции:

$$J_{np} = \left(\sum_{i=1}^n m_i \right) \cdot \left(\frac{V}{V_{ог}} \right)^2,$$

где $\sum_{i=1}^n m_i = m_{ш} + m_0 + m_C$.

$$R_C = \frac{[(85,8+2) \cdot 9,8 \cdot 0,12 + 60 \cdot 9,8 \cdot 0,3]}{0,3} = 932,2 \quad H/м,$$

$$R_D = \frac{[(85,7+2) \cdot 9,8 \cdot (0,3+0,12) + 60 \cdot 9,8 \cdot (0,3+0,3)]}{0,3} = 2380,61 \quad H/м,$$

$$F_{TP} = (931,8 + 1791,244) = 3312,81 H$$

$$a = \frac{V}{t_p} = \frac{0,5}{0,4} = 1,25 \text{ м / с}^2 < 0,5g = 0,5 \cdot 9,8 = 4,9 \text{ м / с}^2.$$

Сила инерции штанги с грузом находим по формуле:

$$F_{ин} = 1 \cdot (85,8 + 2 + 60) \cdot 1,25 = 184,75 H,$$

$$F_{OC} = 184,75 + 3312,81 = 3497,56 H,$$

$$P_{пм} = 10^{-3} \cdot 3497,56 \cdot 0,5 = 1,74 \text{ кВт},$$

$$\frac{P}{ДВ} = \frac{1,1,45}{0,837} = 2,1 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=1}^n m_i = 85,5 + 60 + 2 = 147,5 \text{ кг}.$$

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t_p},$$

$$\omega = \varepsilon \cdot t_p = 300 \cdot 0,4 = 120 \text{ рад/с},$$

— /

					ПГУ 2.15.03.02. 18 ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		28

$$J_{\text{пр}} = 147,5 \cdot \left(\frac{0,5}{120}\right)^2 = 0,00256 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

По каталогу выбираем двигатель постоянного тока серии АИР112МА8
номинальная мощность 2,2 кВт и $n_{\text{ном}}=750$ об/мин.

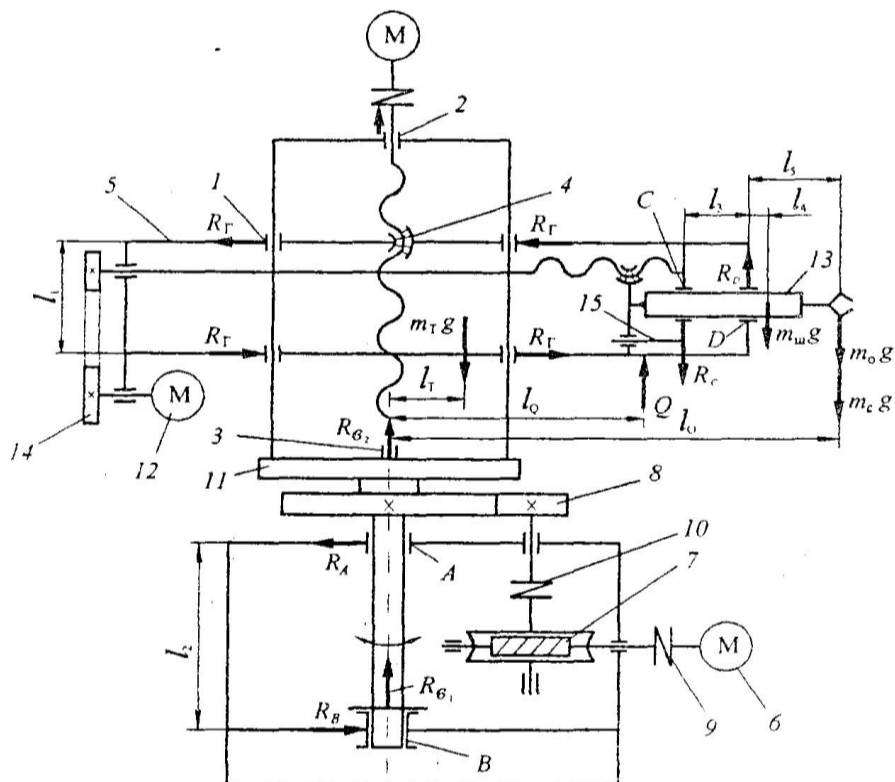


Рис. 6 Расчетная схема напольного ПР типа М20.П40.01

Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат

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.

Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей / Под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1989. – 191 с.

					ПГУ 2.15.03.02. 18ПЗ	Лис
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		30

z_c - число зубьев колеса (на окружности соответствующего колеса).

Обычно $z_c = 15 \dots 18$,

n – число пар губок схвата,

η – КПД механизма, принимаем $= 0,95$,

Радиус зубчатого сектора определяется по известным формулам

$$R = m_c z_c / 2 = 2 \cdot 17 / 2 = 17$$

В свою очередь, модуль передачи

$$m_c = 14 \cdot Y_F \cdot k_{FB} \cdot T / (z_c^2 \cdot \psi_{bd} \cdot [\sigma_F]) = 14 \cdot 1 \cdot 1,07 \cdot 975 \cdot 0,25 / (17^2 \cdot 0,4 \cdot 270) = 1,2$$

Принимаем модуль равный 2

где Y_F - коэффициент формы зуба; k_{FB} - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки на ширине венца; T - вращающий момент, равный удерживающему для рассчитываемого сектора, Н·м; ψ_{bd} - коэффициент ширины колеса; $[\sigma_F]$ - допускаемые напряжения изгиба, МПа.

$$z_c = 17$$

$$\eta = 0,95$$

$$n = 1$$

$$F_n = \frac{2 \cdot (355,2 + 355,2)}{(2 \cdot 17 \cdot 0,95)} = 43H$$

Определяем диаметр поршня пневмопривода по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_n}{(\pi \cdot p \cdot \eta_{II} \cdot \eta_C)}},$$

где η_{II} – КПД механического привода η_C

η_C - КПД схвата

p – давление пневмосистемы; $p = 0,4$ МПа

принимаем $\eta_{II} = 0,9$; $\eta_C = 0,9$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 44}{(3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9)}} = 13,15 \text{ мм},$$

Принимаем диаметр поршня по стандартному ряду $d = 14$ мм

					ПГУ 2.15.03.02.18 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		