



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

Институт машиностроения и инжиниринга

Кафедра технологии машиностроения

## Курсовой проект

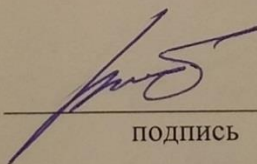
По дисциплине: Проектирование гибких производственных систем

На тему: Проектирование гибкого производственного участка (вариант №14)

Направление/специальность: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Профиль/специализация/магистерская программа:  
Технология машиностроения

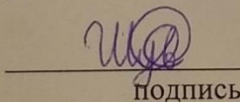
Руководитель:  
д.т.н., профессор



подпись

Вороненко В.П.

Студент:



подпись

Шуваев М.А.

Оценка отл (49)  
Дата сдачи 20.12.18

Москва 2018г.

## Оглавление

Введение.....	3
1 Технологическая часть .....	4
1.1 Определение типа производства и выбор вида его организации.....	4
1.2 Анализ чертежа, технических требований на деталь, ее технологичности ...	5
1.3 Выбор вида заготовки и назначение припусков на обработку.....	10
1.4 Выбор технологических баз и обоснование последовательности обработки поверхностей заготовки .....	10
1.5 Выбор методов обработки поверхностей заготовки и определение количества переходов, выбор режущего инструмента .....	10
1.6 Разработка маршрутного технологического процесса. Выбор технологического оборудования и оснастки .....	12
1.7 Определение припусков на обработку, межпереходных размеров и их допусков. Определение размеров исходной заготовки .....	12
1.8 Назначение режимов резания .....	13
1.9 Нормирование операций .....	14
2 Планировочное решение ГПС.....	15
2.1 Исходные данные.....	15
2.2 Расчет необходимого количества основного оборудования .....	15
2.3 Присвоение инвентарных номеров оборудования и распределение операций по оборудованию .....	17
2.4 Определение характеристик стеллажа.....	21
2.5 Расчет числа позиций загрузки и разгрузки.....	25
2.6 Определение схемы расположения оборудования .....	26
2.7 Оптимальное размещение основного оборудования на производственном участке .....	28
2.8 Планировка участка .....	29
Заключение .....	33
Список использованной литературы.....	34
Приложение А (планировка ГПУ)	

## Введение

Автоматизированное производство открывает широкие перспективы для снижения издержек по изготовлению продукции, уменьшения затрат рабочего времени на выпуск единицы товарной массы. Используя технику автоматизации, можно добиться резкого снижения издержек производства по отношению к среднеотраслевым и таким образом создать основу для получения добавочной прибыли. Образование комплексных и полных систем автоматизации еще более углубляет этот процесс, обеспечивает реализацию крупных масс добавочной прибыли.

Автоматизация стала применяться с конца 40-х годов, когда в автомобильной промышленности США началось внедрение нового оборудования (автоматических станочных линий механической обработки деталей) для массового выпуска продукции. В настоящее время роль и значение автоматизации существенно повысились. На основе использования достижений научно-технической революции (ЭВМ, роботов, микропроцессоров и т. п.) автоматизация производства превратилась в ведущее направление технического прогресса, стала важным фактором повышения эффективности производства. В наше время изменился подход к автоматизации. В 50-е и 60-е годы при внедрении оборудования автоматизации стремились в первую очередь повысить эффективность функционирования финансово-экономических подразделений и отдельных наиболее трудоемких производственных участков. В 70-е годы устройства автоматизации стали широко применяться как для обработки данных в комплексных системах управления, так и непосредственной рационализации всего производственного процесса. Необходимость повышения уровня автоматизации обусловлена не только требованиями роста производительности труда, увеличением выпуска продукции, но и созданием мощных агрегатов, выдвигающих более высокие требования к скорости управления, использованием сверхвысоких параметров - давления, температуры, контроль за которыми при непосредственном участии человека невозможен, а также материалов и технологических процессов, вредных для здоровья человека.

Специфика задач, выдвигаемых сегодня перед автоматизацией, определяется тем, что в результате углубляющегося разделения труда, роста поддетальной и технологической специализации производства массовое и крупносерийное производство в машиностроении занимает только 25%, а примерно 75% всего объема продукции изготавливается в условиях мелкосерийного и индивидуального производства. 20-30 лет назад для этой цели использовали, главным образом, универсальное оборудование, требующего большого количества высококвалифицированных рабочих. Сегодня же, на первый план выходят подешевевшие станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и роботы.

# 1 Технологическая часть

## 1.1 Определение типа производства и выбор вида его организации

На этапе проектирования тип производства можно выбрать только ориентировочно. При известной годовой программе, по чертежу изделия оценивают сложность и размеры изделия, а затем выбирают тип производства.

Номинальный фонд времени в зависимости от принятого режима работы (2 смены по 8 часов):

$$\Phi_{\text{НОМ}} := (365 - 116) \cdot 2 \cdot 8 = 3984 \quad [\text{ч}]$$

Действительный фонд времени :

$$\Phi_{\text{Д}} := \Phi_{\text{НОМ}} \cdot 0.95 = 3784.8 \quad [\text{ч}]$$

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе:

$$\Phi_{\text{Э}} := 3725 \quad [\text{ч}]$$

Подготовительно-заключительное время:

$$t_{\text{п.з1}} := \begin{pmatrix} 5.1 \\ 6.9 \\ 5.1 \\ 3.4 \\ 3.7 \\ 4.8 \end{pmatrix} \quad t_{\text{п.з2}} := \begin{pmatrix} 5.1 \\ 5.2 \\ 3.4 \\ 4.2 \\ 4.8 \end{pmatrix} \quad t_{\text{п.з3}} := \begin{pmatrix} 2.1 \\ 6.9 \\ 2.1 \\ 4.2 \\ 3.7 \end{pmatrix} \quad t_{\text{п.з4}} := \begin{pmatrix} 5.1 \\ 6.9 \\ 5.1 \end{pmatrix}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$t_{\text{шт.к1}} := \begin{pmatrix} 0.2 \\ 1.73 \\ 1.4 \\ 0.8 \\ 0.4 \\ 1.3 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{токарная} \\ \text{автоматно-токарная} \\ \text{токарная} \\ \text{фрезерная} \\ \text{резьбонакатная} \\ \text{шлифовальная} \end{matrix} \quad t_{\text{шт.к2}} := \begin{pmatrix} 0.02 \\ 0.8 \\ 1.6 \\ 2.5 \\ 0.2 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{токарная} \\ \text{токарная} \\ \text{фрезерная} \\ \text{сверильная} \\ \text{резьбонакатная} \end{matrix}$$

$$t_{\text{шт.к3}} := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 1.1 \\ 1.3 \\ 2.2 \\ 1.8 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{токарная} \\ \text{автоматно-токарная} \\ \text{токарная} \\ \text{сверильная} \\ \text{шлифовальная} \end{matrix} \quad t_{\text{шт.к4}} := \begin{pmatrix} 0.05 \\ 0.9 \\ 1.5 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{токарная} \\ \text{автоматно-токарная} \\ \text{токарная} \end{matrix}$$

Выбор способов и обоснование количества переходов по обработке поверхностей заготовки предопределяет стремление превратить заготовку в деталь самым коротким и экономичным путем.

На выбор способов обработки влияют:

- конструктивные особенности детали и ее размеры;
- требования к качеству готовой детали;
- свойства заготовки;
- количество деталей, подлежащих изготовлению;
- технико-экономические показатели способов обработки.

Выбор способов и средств обработки каждой поверхности заготовки ведут в направлении, обратном ходу технологического процесса (от готовой детали) и начинают с нахождения такой технологической системы, которая позволяет экономичным путем достичь необходимого качества и геометрической точности детали. Однако избираемая технологическая система в состоянии обеспечить требуемое качество детали только при определенных входных значениях характеристик заготовки по тем же показателям, как и у готовой детали.

### Данные по заготовкам

Вариант 14 - детали № 3,5,6,7  
1,2,3,4

Нумерация в матрицах - сверху вниз

Диаметры заготовок:

$$D_{\text{заг}} := \begin{pmatrix} 36 \\ 20 \\ 46 \\ 40 \end{pmatrix} \text{ [мм]}$$

Длины:

$$L := \begin{pmatrix} 85 \\ 90 \\ 20 \\ 21 \end{pmatrix} \text{ [мм]}$$

Количество:

$$N := \begin{pmatrix} 90000 \\ 85000 \\ 75000 \\ 95000 \end{pmatrix} \text{ [шт]}$$

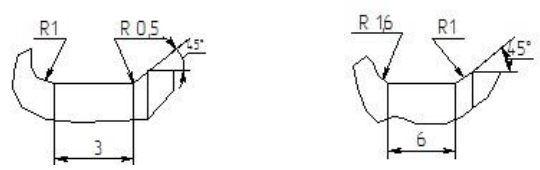
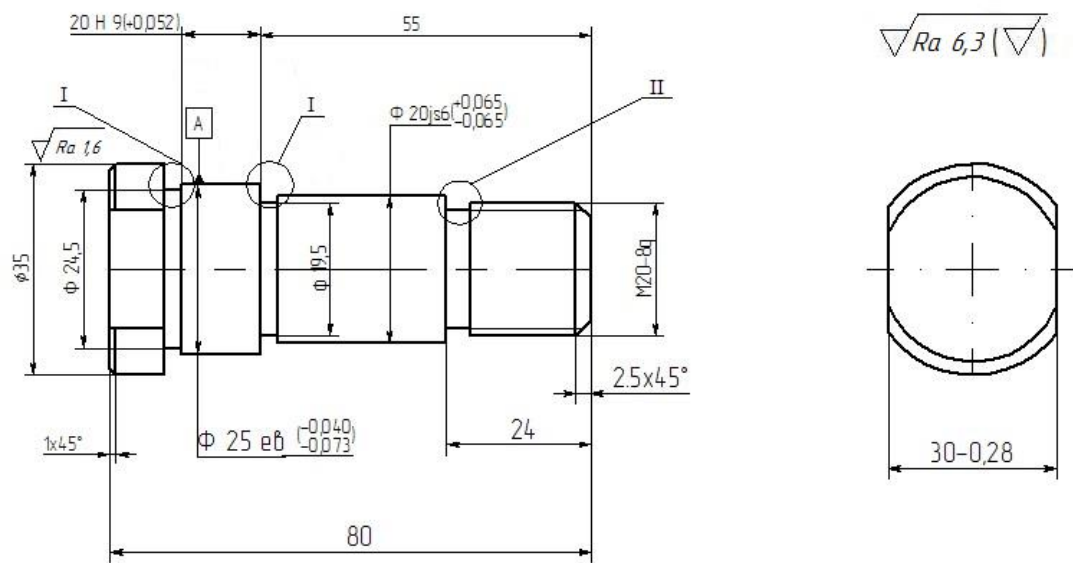
Масса:

$$m := \begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.1 \\ 0.076 \\ 0.1 \end{pmatrix} \text{ [кг]}$$

## 1.2 Анализ чертежа, технических требований на деталь, ее технологичности

В курсовом проекте анализируются четыре различные детали. Их конструкция вполне технологична, допускает изготовление как в ручном, так и в автоматизированном производстве. Ниже приводятся бланки задания с размерами, техническими требованиями и маршрутами обработки.

**Деталь №3**  
**МАРШРУТНАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОСИ**



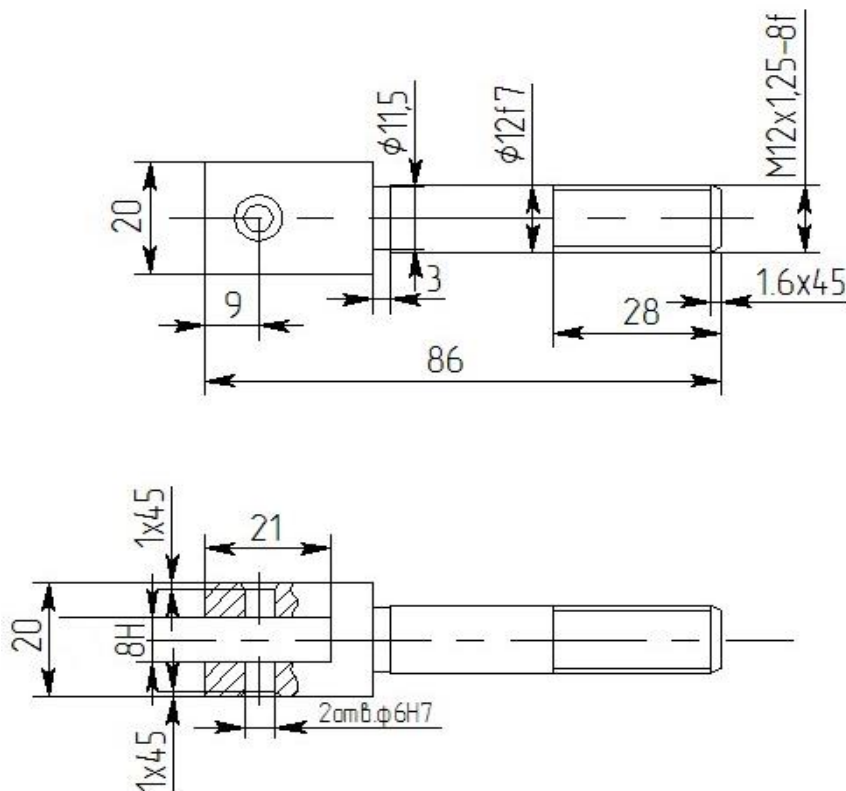
HRC<sub>3</sub>42...51  
 Неуказанные предельные отклонения размеров: валов h 14, отверстий H14,  
 остальных  $\frac{+1r14}{-2}$   
 Покрытие: хим. окс. прм.

Материал	Масса детали	Заготовка		
		Вид	Профиль и размер	Программа выпуска
Наименование, Марка Круг $\frac{36-4 \text{ ГОСТ } 7417-75}{45-B \text{ ГОСТ } 1051-73}$	0,2	Прокат	Φ 36x85	90000

Номер опер.	Наименование операции	Модель оборудования	T <sub>шт.к</sub>	Приспособление
005	Токарная	ФС-250	0,2	Патрон цанговый
010	Автоматно-токарная	1Б240-6К	1,73	Наладка
015	Токарная	250ИТВМ.01	1,4	Патрон цанговый
020	Фрезерная	6P80Ш	0,8	Призматические тиски
025	Резьбонакатная	A9518	0,4	Нож
030	Круглошлифовальная	BU 16	1,3	Центра, хомутик

**Деталь №5**  
**МАРШРУТНАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВИЛКИ**

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\nabla)}$



Неуказанные предельные отклонения размеров: валов  $h\ 14$ , отверстий  $H\ 14$ , остальных  $\begin{matrix} +1r14 \\ -2 \end{matrix}$

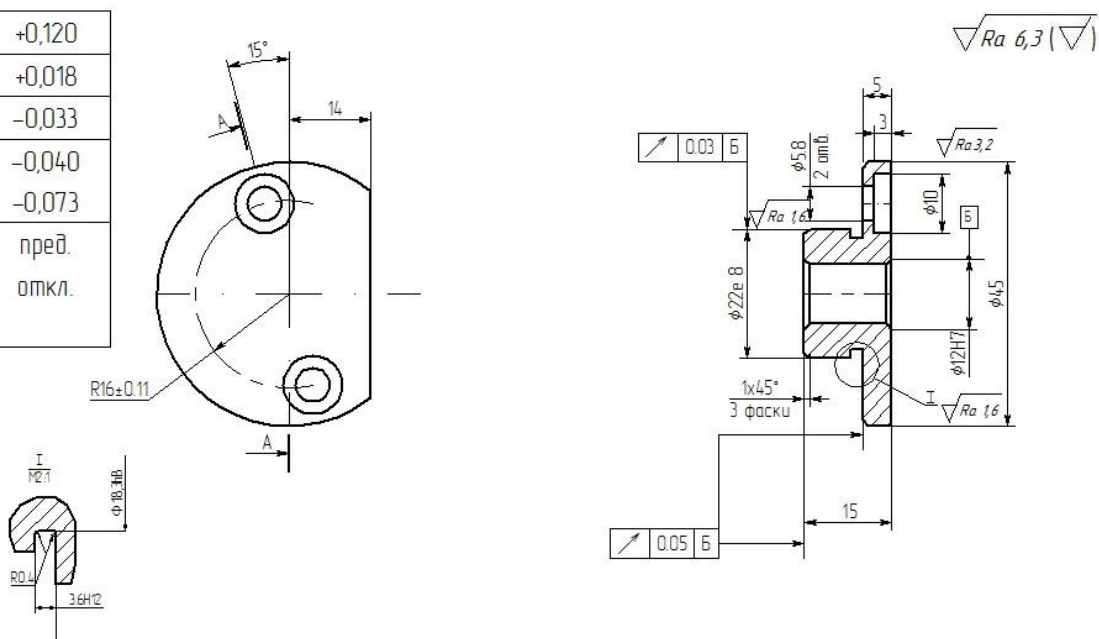
Покрyтие: хим. окс. прм.

Материал Наименование, Марка	Масса детали	Заготовка		
		Вид	Профиль и размер	Программа выпуска
Круг $\frac{20-4\ GOST\ 7417-75}{45\ GOST\ 1051-73}$	0,1	Прокат	$\Phi\ 20 \times 90$	85000

Номер опер.	Наименование операции	Модель оборудования	$T_{шт.к}$	Приспособление
005	Токарная	ФС-250	0,02	Патрон цанговый
010	Токарная	250ИТВМ.01	0,8	Патрон цанговый
015	Горизонтально-фрезерная	6Р80Ш	1,6	Призматические тиски
020	Вертикально-сверлильная	2Г125	2,5	Кондуктор
025	Резьбонакатная	А9518	0,2	Нож

**Деталь №6**  
**МАРШРУТНАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФЛАНЦА**

3,6H12	+0,120
12H7	+0,018
18,3h8	-0,033
22e8	-0,040
	-0,073
Размер с полен допуска	пред. откл.



HB220...240.

Неуказанные предельные отклонения размеров: валов h 14, отверстий H14,

остальных  $\frac{+1714}{-2}$

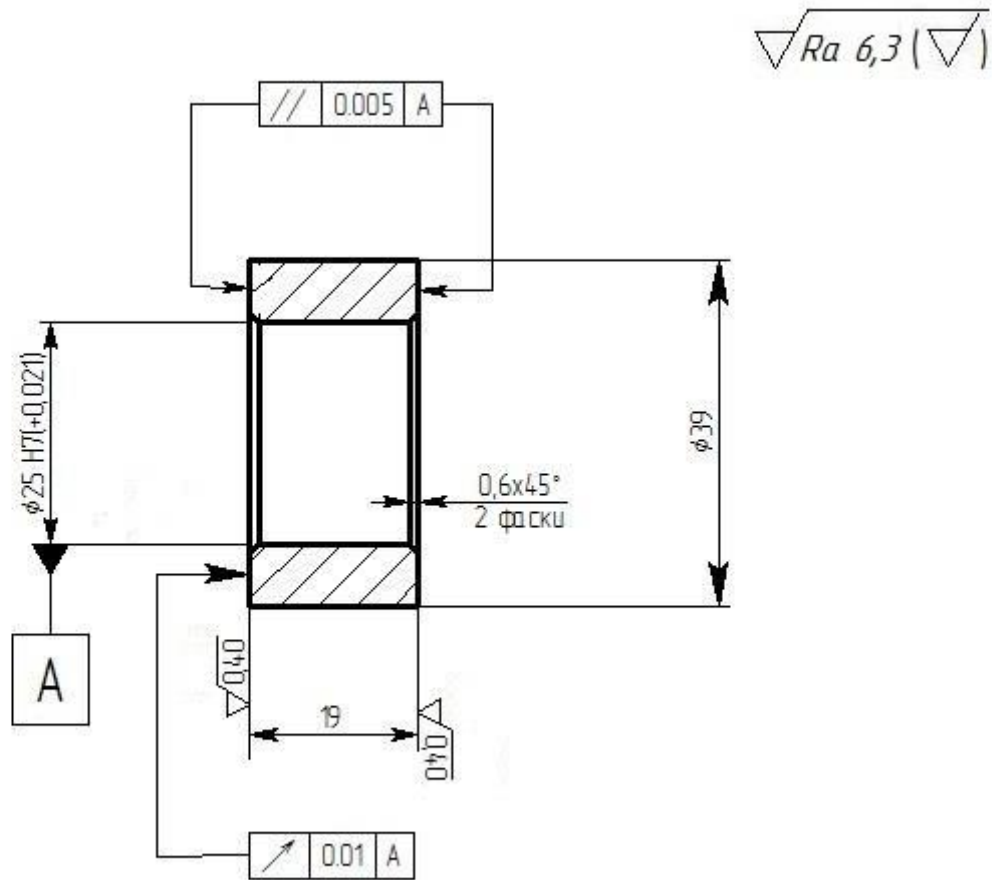
Покрытие: хим. окс. прм.

Материал Наименование, Марка	Масса детали	Заготовка		
		Вид	Профиль и размер	Программа выпуска
Круг $\frac{46-4}{ГОСТ 7417-75}$ $\frac{45-8}{ГОСТ 1051-73}$	0,076	Прокат	$\Phi$ 46x20	75000

Номер опер.	Наименование и содержание операции	Модель оборудования	T <sub>шт.к</sub>	Приспособление
005	Токарная	ФС-250	0,1	Патрон цанговый
010	Автоматно-токарная	1Б240-6К	1,1	Наладка
015	Токарная	250ИТВМ.01	1,3	Патрон цанговый
020	Вертикально-сверлильная	2Г125	2,2	Кондуктор
025	Круглошлифовальная	ВУ 16	1,8	Оправка, центра, хомутик



**Деталь №7**  
**МАРШРУТНАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЬЦА**



HRC<sub>3</sub>42...51

Неуказанные предельные отклонения размеров: валов  $h\ 14$ , отверстий H14, остальных  $\frac{+14}{-2}$

Материал Наименование, Марка	Масса детали	Заготовка		
		Вид	Профиль и размер	Программа выпуска
Круг $\frac{40-4\text{ГОСТ } 7417-75}{45-8\text{ГОСТ } 1051-73}$	0,1	Прокат	$\Phi\ 40 \times 21$	95000

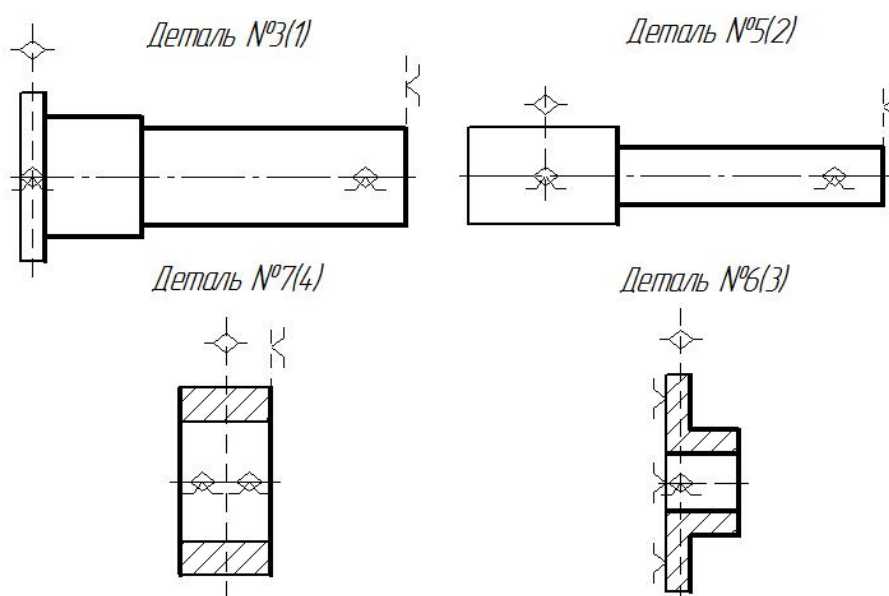
Номер опер.	Наименование и содержание операции	Модель оборудования	$T_{шт.к}$	Приспособление
005	Токарная	ФС-250	0,05	Патрон цанговый
010	Автоматно-токарная	1Б240-6К	0,9	Наладка
015	Токарная	250ИТВМ.01	1,5	Патрон цанговый

### 1.3 Выбор вида заготовки и назначение припусков на обработку

По условиям задания заготовки для деталей уже выбраны и вписаны в бланки заданий. Во всех случаях это прутки различного диаметра и длины.

### 1.4 Выбор технологических баз и обоснование последовательности обработки поверхностей заготовки

Базирование деталей для различных операций:



### 1.5 Выбор методов обработки поверхностей заготовки и определение количества переходов, выбор режущего инструмента

#### Выбор методов обработки

Исходя из чертежей деталей и технических требований на них, выделяем методы обработки.

а) Токарная обработка:

- точение наружных диаметров;
- подрезка торцев;
- расточка;
- нарезание резьбы резцом;
- прорезание канавок.

б) Фрезерная обработка:

- фрезерование поверхностей под углом;
- фрезерование пазов;
- фрезерование лысок.

в) Сверлильная обработка - сверление отверстий вне центральной оси детали.

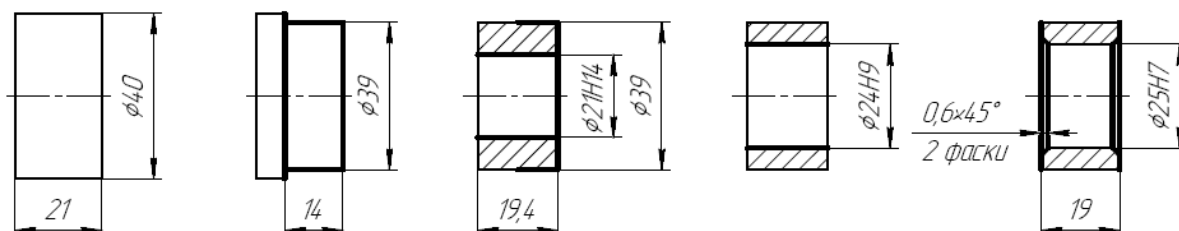
г) Шлифовальная:

- шлифование наружных цилиндрических поверхностей;
- шлифование торцев.

Поскольку, одной из целей курсового проекта является использование минимального количества оборудования с максимально широкими возможностями, будем выполнять обработку на станках с ЧПУ. Они позволяют произвести все перечисленные виды обработки.

### Определение количества переходов

Составим технологический процесс на обработку детали 4(7) и определим из него количество и состав переходов:



О правильности выбранных методов обработки можно судить по изменению значений уточнений. Величина уточнения показывает, во сколько раз увеличивается точность в результате выполнения перехода. Величина уточнения определяется отношением допуска до обработки к допуску после обработки:

Припуски на переходы:

$$T_1 := 0.520 \text{ [мм]} \quad T_2 := 0.059 \text{ [мм]} \quad T_3 := 0.025 \text{ [мм]}$$

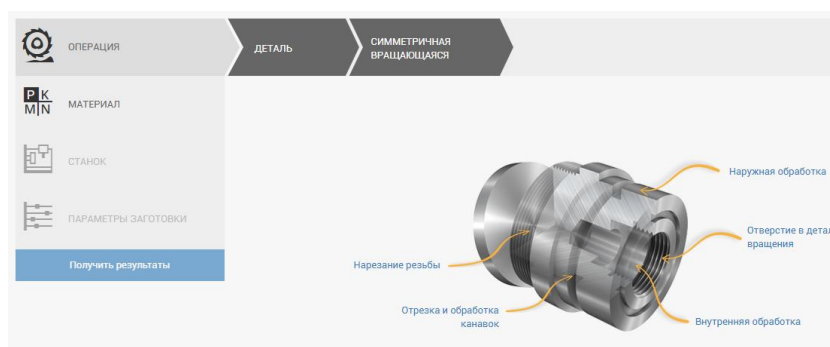
Уточнения:

$$\xi_1 := \frac{T_1}{T_2} = 8.814 \quad \xi_2 := \frac{T_2}{T_3} = 2.36$$

Значения уточнений не увеличиваются, что свидетельствует о правильности назначения переходов.

### Выбор режущего инструмента

Для эффективной обработки подбираем современный режущий инструмент, специально предназначенный для использования в станках с ЧПУ. Выбор осуществляем при помощи каталога компании Sandvik Coromant, расположенного на сайте [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com). На рисунке ниже приведен скриншот работы системы, помогающий пользователю сделать выбор.



а) Токарные резцы:

- резец проходной отогнутый, державка RF123H20-2525B-040BM, пластина N123H2-0400-0004-TF 3115;
- резец отрезной, державка 151.2-25-50, пластина N151.2-5004-50-5T 3020;
- резец расточной упорный, державка A08H-SCLCR 06-R, пластина CCMT 06 02 08-PR 4335;
- резец проходной упорный, державка DCLNR 2020K 12, пластина CNMG 12 04 16-PR 4325;
- резец резьбовой, державка 266RKF-16-16-R, пластина 266RL-16MM01A050M 1125;
- резец канавочный, державка RAG151.32-16M-25, пластина N151.3-300-25-7G 3020;

б) Фрезы:

- фреза пальцевая Ф6мм, 2F342-0800-090-PC 1730;
- фреза пальцевая Ф10мм, 2F342-1000-100-PC 173.

в) Сверла. Часть сверл, работающая с небольшими режимами резания берется по российским ГОСТам:

- сверла Ф5,8мм; 6; 10, ГОСТ 10902-77;
- сверло центровочное 2317-0129 ГОСТ 14952-75;
- цековка Ф10мм.

## **1.6 Разработка маршрутного технологического процесса. Выбор технологического оборудования и оснастки**

По условиям задания маршрут обработки уже построен и вписан в бланки.

Технологическое оборудование выбираем по операциям, учитывая, что для ГПУ необходимы станки с ЧПУ.

## **1.7 Определение припусков на обработку, межпереходных размеров и их допусков. Определение размеров исходной заготовки**

Определим размеры заготовки для детали №4(7):

а) Диаметр детали – Ф39мм. Для заготовки подбираем ближайший диаметр прутка по сортаменту – Ф40мм, т.к. требования к поверхности Ф39мм соответствуют требованиям, предъявляемым к пруткам.

б) Определим длину заготовки:

$Rz_0 := 50$  [мкм] - высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

$Rz_1 := 20$  [мкм]

$h_0 := 100$  [мкм] - глубина дефектного слоя на предшествующем переходе;

$h_1 := 10$  [мкм]

$\Delta_0 := 500$  [мкм] - суммарные отклонения формы и расположения поверхностей на предшествующем переходе;

$\Delta_1 := 80$  [мкм]

$y_1 := 200$  [мкм] - погрешность установки на выполняемом переходе.

$y_2 := 40$  [мкм]

$$Z_{1.min} := Rz_0 + h_0 + \Delta_0 + y_1 = 850 \text{ [мкм]}$$

$$Z_{2.min} := Rz_1 + h_1 + \Delta_1 + y_2 = 150 \text{ [мкм]}$$

Общий припуск на длину заготовки:

$$Z_{общ} := 2 \cdot (Z_{1.min} + Z_{2.min}) = 2000 \text{ [мкм]}$$

Итоговая длина заготовки: 21мм.

Определим припуск на торцы для каждой детали:

Длины готовых деталей:

$$L_{дет} := \begin{pmatrix} 80 \\ 86 \\ 15 \\ 19 \end{pmatrix} \text{ [мм]} \quad t_{торц} := \frac{(L_{заг} - L_{дет})}{2} = \begin{pmatrix} 2.5 \\ 2 \\ 2.5 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ [мм]}$$

## 1.8 Назначение режимов резания

Рассчитаем режимы резания на одну операцию для каждой детали. Возьмем первую токарную операцию. Во всех случаях это подрезка двух одинаковых торцов:

Найдем скорость резания:

Обороты шпинделя:

$$n_{об.мин} := 4000 \text{ [об/мин]} \quad v_{рез} := \frac{3.14 \cdot D_{заг} \cdot n_{об.мин}}{1000} = \begin{pmatrix} 452.16 \\ 251.2 \\ 577.76 \\ 502.4 \end{pmatrix} \text{ [м/мин]}$$

Расчитаем машинное время:

Подача:

$$S_{мм.об} := \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.4 \\ 0.4 \\ 0.4 \end{pmatrix} \text{ [мм/об]} \quad T_M := \frac{2 \left( \frac{D_{заг}}{2} + 3 \right)}{n_{об.мин} \cdot S_{мм.об}} = \begin{pmatrix} 0.026 \\ 0.016 \\ 0.033 \\ 0.029 \end{pmatrix} \text{ [мин]}$$

## 1.9 Нормирование операций

Расчитаем время на первую токарную операцию для каждой детали.  
Исходные данные:

$$t_{\text{осн.}} := \begin{pmatrix} 0.15 \\ 0.01 \\ 0.1 \\ 0.04 \end{pmatrix} [\text{мин}] \quad t_{\text{всп.}} := \begin{pmatrix} 0.07 \\ 0.01 \\ 0.03 \\ 0.01 \end{pmatrix} [\text{мин}] \quad t_{\text{п.з.}} := \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.4 \\ 0.5 \\ 0.05 \end{pmatrix} [\text{мин}] \quad n_{\text{п.зап.}} := \begin{pmatrix} n_{\text{min1}} \\ n_{\text{min2}} \\ n_{\text{min3}} \\ n_{\text{min4}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 80 \\ 130 \\ 126 \\ 154 \end{pmatrix} [\text{шт}]$$

Определяем оперативное время:

$$t_{\text{оп.}} := t_{\text{осн.}} + t_{\text{всп.}} = \begin{pmatrix} 0.22 \\ 0.02 \\ 0.13 \\ 0.05 \end{pmatrix} [\text{мин}]$$

Время организационного обслуживания:

$$t_{\text{о.о.}} := t_{\text{осн.}} \cdot 0.03 = \begin{pmatrix} 0.005 \\ 0 \\ 0.003 \\ 0.001 \end{pmatrix} [\text{мин}]$$

Время технического обслуживания:

$$t_{\text{т.о.}} := t_{\text{осн.}} \cdot 0.02 = \begin{pmatrix} 0.003 \\ 0 \\ 0.002 \\ 0.001 \end{pmatrix} [\text{мин}]$$

Время на отдых и естественные надобности:

$$t_{\text{е.н.}} := t_{\text{осн.}} \cdot 0.05 = \begin{pmatrix} 0.008 \\ 0.001 \\ 0.005 \\ 0.002 \end{pmatrix} [\text{мин}]$$

Штучно-калькуляционное время:

$$t_{\text{шт.к.}} := t_{\text{оп.}} + t_{\text{т.о.}} + t_{\text{о.о.}} + t_{\text{е.н.}} + \frac{t_{\text{п.з.}}}{n_{\text{п.зап.}}} = \begin{pmatrix} 0.244 \\ 0.024 \\ 0.144 \\ 0.054 \end{pmatrix} [\text{мин}]$$

При расчете пытаемся получить данные, близкие к указанным в маршрутных техпроцессах бланках заданий. Очевидно, что достичь полученных значений можно только при использовании станков с ЧПУ в составе автоматизированного участка.

## 2 Планировочное решение ГПС

### 2.1 Исходные данные

#### Исходные данные

- Номенклатура изготавливаемых деталей;
- Объем их выпуска;
- Массы изготавливаемых деталей;
- Маршруты изготовления с указанным оборудованием и штучно-калькуляционным временем для каждой операции;
- Эффективный годовой фонд времени работы оборудования.

Все данные для проектирования имеются, можно приступить к окончательным расчетам и вычерчиванию участка.

### 2.2 Расчет необходимого количества основного оборудования

#### Расчет необходимого количества основного оборудования

На основании критерия степень кооперации выбран предметный принцип формирования производственного участка, как наиболее приемлемый для ГПС. При расчете годовых потребностей в технологическом оборудовании каждого типа на предметно-замкнутых участках серийного производства используется формула:

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n t_{um.ki} N_i}{\Phi_{\text{э}} \cdot 60}$$

где:  $t_{um.ki}$  – штучно-калькуляционное время обработки  $i$ -го наименования заготовки;  
 $n$  – номенклатура изготавливаемых деталей на данном типе станка;  
 $N_i$  – объем выпуска  $i$ -ой детали;  
 $\Phi_{\text{э}}$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе (3725 ч).

Вычисленное значение  $C_p$  округляют до ближайшего большего целого числа, получая при этом количество основного оборудования  $C_{пр}$ , принятое для выполнения данной операции.

Выполним расчет в программе Mathcad:

Определяем количество станков каждого типа.

$$\text{Токарные станки: } C_{p.\text{ток}} := \frac{(t_{\text{шт.к1}_1} + t_{\text{шт.к1}_3}) \cdot N_1 + (t_{\text{шт.к2}_1} + t_{\text{шт.к2}_2}) \cdot N_2}{\Phi_3 \cdot 60} \dots = 2.085 \text{ [шт]}$$

$$+ \frac{(t_{\text{шт.к3}_1} + t_{\text{шт.к3}_3}) \cdot N_3 + (t_{\text{шт.к4}_1} + t_{\text{шт.к4}_3}) \cdot N_4}{\Phi_3 \cdot 60}$$

$$C_{p.\text{ток.пр}} := \text{ceil}(C_{p.\text{ток}}) = 3 \text{ [шт]}$$

Фрезерные станки:

$$C_{p.\text{фрез}} := \frac{t_{\text{шт.к1}_4} \cdot N_1 + t_{\text{шт.к2}_3} \cdot N_2}{\Phi_3 \cdot 60} = 0.931 \text{ [шт]}$$

$$C_{p.\text{фрез.пр}} := \text{ceil}(C_{p.\text{фрез}}) = 1 \text{ [шт]}$$

Сверлильные станки:

$$C_{p.\text{свер}} := \frac{t_{\text{шт.к2}_4} \cdot N_2 + t_{\text{шт.к3}_4} \cdot N_3}{\Phi_3 \cdot 60} = 1.689 \text{ [шт]}$$

$$C_{p.\text{свер.пр}} := \text{ceil}(C_{p.\text{свер}}) = 2 \text{ [шт]}$$

Резьбонарезные станки:

$$C_{p.\text{рез}} := \frac{t_{\text{шт.к1}_5} \cdot N_1 + t_{\text{шт.к2}_3} \cdot N_2}{\Phi_3 \cdot 60} = 0.77 \text{ [шт]}$$

$$C_{p.\text{рез.пр}} := \text{ceil}(C_{p.\text{рез}}) = 1 \text{ [шт]}$$

Шлифовальные станки:

$$C_{p.\text{шлиф}} := \frac{t_{\text{шт.к1}_6} \cdot N_1 + t_{\text{шт.к3}_5} \cdot N_3}{\Phi_3 \cdot 60} = 1.128 \text{ [шт]}$$

$$C_{p.\text{шлиф.пр}} := \text{ceil}(C_{p.\text{шлиф}}) = 2 \text{ [шт]}$$

Токарно-автоматные станки:

$$C_{p.\text{авт.ток}} := \frac{t_{\text{шт.к1}_2} \cdot N_1 + t_{\text{шт.к3}_2} \cdot N_3 + t_{\text{шт.к4}_2} \cdot N_4}{\Phi_3 \cdot 60} = 1.448 \text{ [шт]}$$

$$C_{p.\text{авт.ток.пр}} := \text{ceil}(C_{p.\text{авт.ток}}) = 2 \text{ [шт]}$$

Всего станков:

$$C_{p.\text{всего}} := C_{p.\text{ток.пр}} + C_{p.\text{фрез.пр}} + C_{p.\text{свер.пр}} + C_{p.\text{рез.пр}} + C_{p.\text{шлиф.пр}} + C_{p.\text{авт.ток.пр}} = 11 \text{ [шт]}$$

Коэффициенты загрузки:

$$K_{\text{загр.ток}} := \frac{C_{p.\text{ток}}}{C_{p.\text{ток.пр}}} = 0.695$$

$$K_{\text{загр.фрез}} := \frac{C_{p.\text{фрез}}}{C_{p.\text{фрез.пр}}} = 0.931$$

$$K_{\text{загр.рез}} := \frac{C_{p.\text{рез}}}{C_{p.\text{рез.пр}}} = 0.77$$

$$K_{\text{загр.шлиф}} := \frac{C_{p.\text{шлиф}}}{C_{p.\text{шлиф.пр}}} = 0.564$$

$$K_{\text{загр.свер}} := \frac{C_{p.\text{свер}}}{C_{p.\text{свер.пр}}} = 0.845$$

$$K_{\text{загр.авт.ток}} := \frac{C_{p.\text{авт.ток}}}{C_{p.\text{авт.ток.пр}}} = 0.724$$



### 2.3 Присвоение инвентарных номеров оборудования и распределение операций по оборудованию

После расчета необходимого количества оборудования необходимо каждой единице оборудования присвоить инвентарный номер, пример: 1, 2, 3 и т.д.

После этого максимально равномерно (исходя из станкоемкости обработки) распределяются операции изготовления деталей на каждую единицу оборудования таким образом, чтобы каждому инвентарному номеру оборудования соответствовали закрепленные номера изготавливаемых деталей.

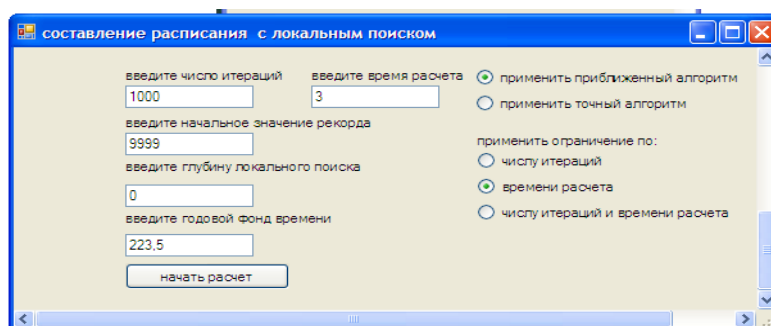
Для равномерного распределения операций между станками предлагается использование специальной программы. Предварительно для ввода данных в программу надо разбить самые большие по времени производства операции на несколько более малых одинаковых операций. Чем сильнее будут разбиты операции, тем более равномерной окажется загрузка оборудования. При этом этим операциям также следует присвоить инвентарные номера.

В качестве исходных данных в программу вводится число станков и число операций (в программе используется термин модуль). Далее вводится время выполнения операций на каждом станке. Оно рассчитывается по формуле  $T_{шт.к} \cdot N$ , где  $N$  – число изготавливаемых деталей в операции. Например, если операцию с  $T_{шт.к} = 1,5$  мин и программой выпуска 50 000 деталей разбили на две операции по 25 000 деталей, то продолжительность каждой из этих двух операций составит  $1,5 \cdot 25\,000 = 37\,500$  мин. Если какая-либо операция не может быть выполнена на данном станке, то соответствующее поле следует оставить пустым. При этом удобней вводить данные о времени выполнения операций не в минутах, а в тысячах минут. На рисунке ниже в программу внесены данные, что 4-ая операция может быть выполнена на 3,4 и 5 станке и ее продолжительность на каждом из этих станков составит 50 000 минут

число станков		число модулей					
12		30					
		модули					
		1	2	3	4	5	6
станции	1						
	2						
	3				50		
	4				50		
	5				50		
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						

Так как на данном этапе не составляется производственное расписание и поэтому не учитываются временные связи между операциями, то в поля «число отношений предшествования» и «число отношений одновременности» следует вписать нули.

На следующем этапе необходимо ввести некоторые параметры расчета. Поля «число итераций» и «время расчета» определяют, как долго будет выполняться расчет. Какое из этих двух ограничений будет использоваться, определяет переключатель справа. Также настоятельно не рекомендуется переводить переключатель в положение «применить точный алгоритм», это ведет к резкому увеличению времени расчета. В поле «начальное значение рекорда» следует ввести число большое число, точно большее, чем максимально возможная нагрузка на станок. В данном случае можно ввести число «9999». В поле «глубина локального поиска» следует ввести ноль. В поле «годовой фонд времени» следует ввести годовой фонд времени в соответствующих величинах, он равен  $3725 \cdot 60 / 1000 = 223,5$  тыс. минут.



В результате расчета программа выдает две таблицы. В первой из них указано распределение операций (модулей) между станками. В данной таблице есть также поля «начало» и «конец обработки», их следует проигнорировать, они нужны при оперативно-календарном планировании. В следующей таблице приводятся коэффициенты загрузки оборудования. Если все они меньше единицы, тот программа корректно распределила операции по станкам. Если нет – то программа не смогла при таких исходных данных найти правильное распределение. В этом случае, возможно, на расчет было выделено мало времени. Если увеличение времени расчета не исправило ситуацию, то надо изменить исходные данные – либо разделить операции на ещё более мелкие, либо уменьшить программу выпуска или увеличить число станков.

На основе этих данных далее будет строиться планировка участка.

### Предварительное распределение операций в программе Microsoft Excel

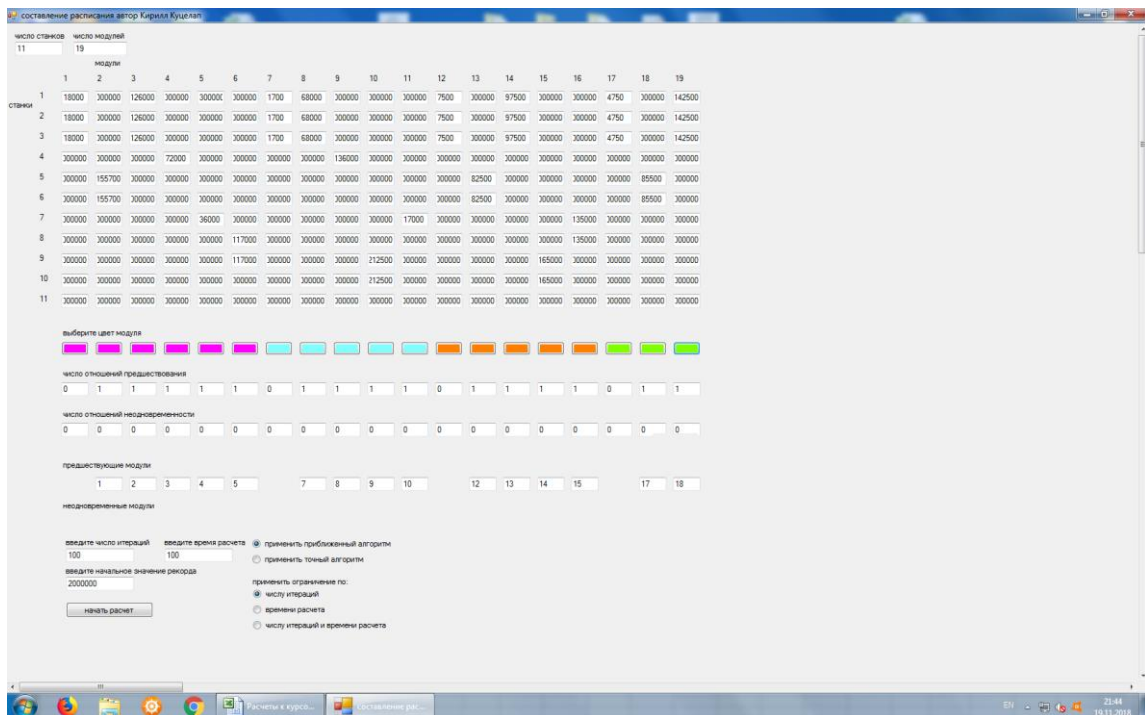
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Станки	Инв.#	Ср	С принятое	Т шт.к 3	Т шт.к 5	Т шт.к 6	Т шт.к 7	К загр	Маршр. 3	Маршр. 5	Маршр. 6	Маршр. 7
2	Токарные	1	2,1	3	1,6	0,82	1,4	1,55	0,69	1	1	1	1
3	Фрезерные	2	0,9	1	0,8	1,6			0,93	2	2		
4	Автоматно-токарные	3	1,4	2	1,73		1,1	0,9	0,72	3		3	3
5	Резьбонакатные	4	0,1	1	0,1	0,2			0,12	4	4		
6	Круглошлифовальные	5	1,1	2	1,3		1,8		0,56	5		5	
7	Вертикально-сверильные	6	1,7	2		2,5	2,2		0,84		6	6	
8	Операций									6	5	5	3
9	Операций всего												19
10	Программа				90000	85000	75000	95000					
11	Станков всего			11									
12	Фэ	3725											

Дальнейшая обработка данных и присвоение инвентарных номеров оборудованию (скриншоты из программы Microsoft Excel):

15																			
16	Токарные	1	18000		0														
17		2	18000		126000														
18		3	18000		0														
19	Фрезерный	4				72000													
20	Автоматно-токарные	5		155700															
21		6		155700															
22	Резьбонакатные	7																	
23	Круглошлифовальные	8					36000												
24		9								17000									
25	Вертикально-сверлильные	10						117000											
26		11						117000											
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
50																			
51																			
52																			
53																			
54																			
55																			
56																			
57																			
58																			
59																			
60																			
61																			
62																			
63																			
64																			
65																			
66																			
67																			
68																			
69																			
70																			
71																			
72																			
73																			
74																			
75																			
76																			
77																			
78																			
79																			
80																			
81																			
82																			
83																			
84																			
85																			
86																			
87																			
88																			
89																			
90																			
91																			
92																			
93																			
94																			
95																			
96																			
97																			
98																			
99																			
100																			

15		
16	Токарные	1
17		2
18		3
19	Фрезерный	4
20	Автоматно-токарные	5
21		6
22	Резьбонакатные	7
23	Круглошлифовальные	8
24		9
25	Вертикально-сверлильные	10
26		11

### Распределение операций по оборудованию в специальном ПО



выполнено итераций 100  
время расчета в секундах 0

рекорд

535200

модуль	станок	начало обработки	конец обработки
1	1	0	18000
2	6	18000	173700
3	1	173700	299700
4	4	299700	371700
5	7	371700	407700
6	9	418200	535200
7	3	0	1700
8	2	1700	69700
9	4	69700	205700
10	9	205700	418200
11	7	418200	435200
12	3	1700	9200
13	5	9200	91700
14	2	91700	189200
15	10	189200	354200
16	8	354200	489200
17	1	18000	22750
18	6	173700	259200
19	1	299700	442200



## 2.4 Определение характеристик стеллажа

Основной расчетной характеристикой стеллажа является его вместимость, которая определяется исходя из числа производственной тары с полуфабрикатами, необходимой для полной загрузки станков во время работы комплекса. Расчет производится исходя из среднестатистических величин станкоемкости изготовления деталей и их объема выпуска.

Расчет основных параметров складской системы начинают с выбора нормы запаса хранения  $m_i$ . Для производственных участков она составляет 3 суток. Зная норму запаса хранения в днях, определяют запас хранения соответствующей группы грузов ( $t$ ) по формуле:

$$S_1 = \frac{Q_i m_i}{365},$$

где  $Q_i$  — годовое поступление груза соответствующего наименования (или приведенный грузопоток для группы полуфабрикатов), т/год.

Выбрав размеры производственной тары из стандартного ряда (в лабораторной работе 200x300 мм), определяют величину транспортной партии с учетом компактного размещения в ней заготовок, а, следовательно, и количество ячеек на складе  $P_{я}$ . При размещении заготовок в таре следует учесть толщину схвата робота (10 мм) и минимальную величину разжима схвата (0,5 мм). В отчете дать эскиз размещения заготовок в таре.

Высоту яруса стеллажа можно определить, зная толщину тары (для плоского поддона  $\Delta$  (224 мм), максимальную высоту груза  $c$  и зазор  $e$  (130 мм) между верхом лежащего на нем груза до низа опорной поверхности следующей по высоте тары с грузом, по формуле:

$$c_{я} = c + \Delta + e$$

Число ярусов рассчитывают по формуле:

$$z = \varepsilon \left\{ \frac{H_x - h_n - h_e}{c_{я}} \right\} + 1,$$

где  $h_n$  — высота над полом нижнего яруса (500 мм);  $h_e$  — расстояние от низа строительных конструкций покрытия здания до опорной поверхности верхнего яруса стеллажей или штабеля (1500 мм);  $H_x$  — высота цеха (7,2 м). Выражение  $\varepsilon \{ \dots \}$  означает, что берется целая часть от расчетного числа. Число рядов в зоне хранения:

$$y = P_{я} / (p_{ш} z)$$

где  $p_{ш}$  — количество тары по ширине ячейки (1).

Длину, занятую грузами в зоне хранения, рассчитывают по формуле:

$$L_{ст} = yA = y(a + 2\lambda + \chi)$$

где  $A$  — длина ячейки стеллажа;  $a$  — длина грузовой единицы (размер вдоль зоны хранения);  $\chi$  — толщина стоек стеллажей ( $\chi = 0,03$  м);  $p_d$  — количество тары по длине ячейки каркасного стеллажа ( $p_d = 1$ );  $\lambda$  — зазоры между грузовыми единицами или между грузовой единицей и стойкой стеллажа ( $\lambda = 0,04$  м).

При определении площади зоны хранения учитывают ширину стеллажа, рассчитывают по формуле  $V_{ст} = p_r (b + \lambda_1)$ , где  $b$  — ширина грузовой складской единицы, т. е. размер, в направлении которого ее устанавливают в глубь стеллажа, м;  $\lambda_1 = 0,05 \dots 0,1$  м — зазор между грузом и краем стеллажа или между грузами;  $p_r$  — количество тары по глубине ячейки ( $p_r = 1$ ).

Расчет выполняем в программе Mathcad:

### Минимальный размер партии запуска

Максимальная трудоемкость наладочных операций:

$$\max(t_{п.31}) = 6.9 \text{ [МИН]} \quad \max(t_{п.32}) = 5.2 \text{ [МИН]} \quad \max(t_{п.33}) = 6.9 \text{ [МИН]} \quad \max(t_{п.34}) = 6.9 \text{ [МИН]}$$

$$n1 := |\text{match}(\max(t_{п.31}), t_{п.31})| = 2$$

$$n2 := |\text{match}(\max(t_{п.32}), t_{п.32})| = 2 \quad (\text{функция возвращает индекс эл-та matr. по его значению})$$

$$n3 := |\text{match}(\max(t_{п.33}), t_{п.33})| = 2$$

$$n4 := |\text{match}(\max(t_{п.34}), t_{п.34})| = 2$$

$k := 0.05$  - коэффициент (выбран для средней себестоимости, среднесерийного типа производства)

$$n_{\min 1} := \frac{\max(t_{п.31})}{t_{шт.к1}_{n1} \cdot k} = 79.769 \text{ [шт]}$$

$$n_{\min 2} := \frac{\max(t_{п.32})}{t_{шт.к2}_{n2} \cdot k} = 130 \text{ [шт]}$$

$$n_{\min 3} := \frac{\max(t_{п.33})}{t_{шт.к3}_{n3} \cdot k} = 125.455 \text{ [шт]}$$

$$n_{\min 4} := \frac{\max(t_{п.34})}{t_{шт.к4}_{n4} \cdot k} = 153.333 \text{ [шт]}$$

Округляем полученные значения до целых:

$$n_{\min 1} := \text{ceil}(n_{\min 1}) = 80 \text{ [шт]}$$

$$n_{\min 2} := \text{ceil}(n_{\min 2}) = 130 \text{ [шт]}$$

$$n_{\min 3} := \text{ceil}(n_{\min 3}) = 126 \text{ [шт]}$$

$$n_{\min 4} := \text{ceil}(n_{\min 4}) = 154 \text{ [шт]}$$

## Определение характеристик стеллажа

Запас хранения заготовок [тонн]:

$m_{\text{хран}} := 3$  [дня] - норма запаса хранения

$$S := \frac{Q \cdot m_{\text{хран}}}{365} = \begin{pmatrix} 0.148 \\ 0.07 \\ 0.047 \\ 0.078 \end{pmatrix} \text{ [тонн]}$$

Количество деталей на три дня:

$$n_{\text{зап}} := \text{ceil} \left[ \frac{3N}{(365 - 116) \cdot 2} \right] = \begin{pmatrix} 543 \\ 513 \\ 452 \\ 573 \end{pmatrix} \text{ [шт]} \quad (\text{ceil - округляет в большую сторону до целых})$$

Количество деталей каждого типа на поддоне:

$$n_{\text{д.п}} := \begin{pmatrix} 14 \\ 22 \\ 15 \\ 18 \end{pmatrix} \text{ [шт]}$$

Количество поддонов:

$$n_{\text{п}} := \text{ceil} \left( \frac{n_{\text{зап}}}{n_{\text{д.п}}} \right) = \begin{pmatrix} 39 \\ 24 \\ 31 \\ 32 \end{pmatrix} \text{ [шт]}$$

Количество ячеек склада (запас на три дня и по 2 поддона с инструментом на каждый станок):

$$P_{\text{я}} := 2C_{\text{р.всего}} + \sum_{i=1}^4 n_{\text{п}_i} = 148 \text{ [шт]}$$

Высота ячейки:

$\Delta := 224$  [мм] - толщина подноса

$c_1 := 36$  [мм] - максимальная высота груза

$e := 130$  [мм] - зазор между ячейками

$$c_{\text{я}} := c_1 + \Delta + e = 390 \text{ [мм]}$$

Число ярусов:

$H_x := 7200$  [мм] - высота цеха

$h_H := 500$  [мм] - высота над полом

$h_B := 1500$  [мм] - расстояние до потолка

$$z := \text{floor}\left(\frac{H_x - h_H - h_B}{c_{\text{я}}}\right) + 1 = 14 \text{ [ярусов]}$$

(floor - возвращает целую часть числа)

Число рядов в зоне хранения:

$p_{\text{ш}} := 1$  [шт] - количество тары по ширине ячейки

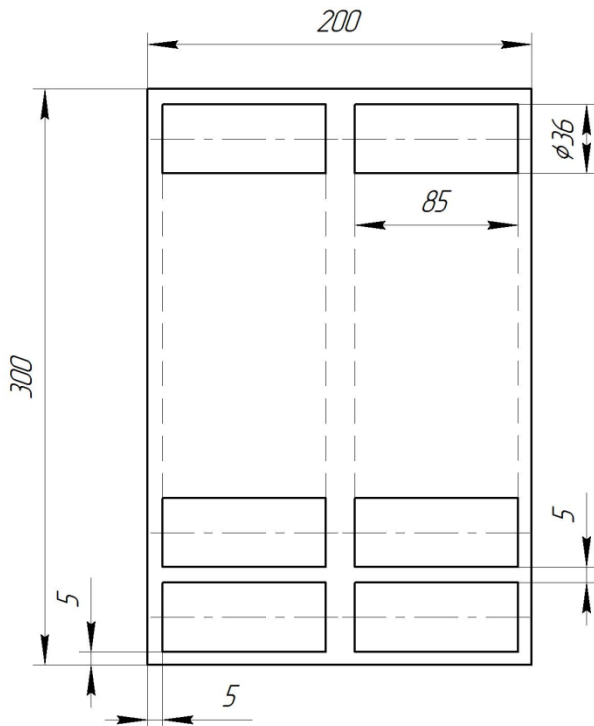
$$y := \text{ceil}\left(\frac{P_{\text{я}}}{p_{\text{ш}} \cdot z}\right) = 11 \text{ [рядов]}$$

Принимаем количество ячеек на складе 150. Из-за слишком малой ширины меняем соотношение высоты и длины склада, принимаем ДхВ 15х10 ячеек.

Ниже приведены эскизы расположения заготовок в таре.

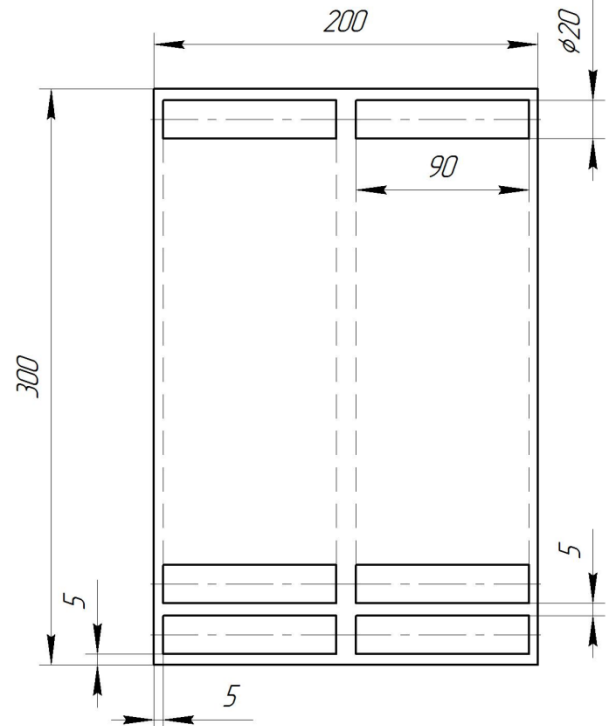
*Деталь 3(1), "Ось"*

*На поддоне: 14 шт.*

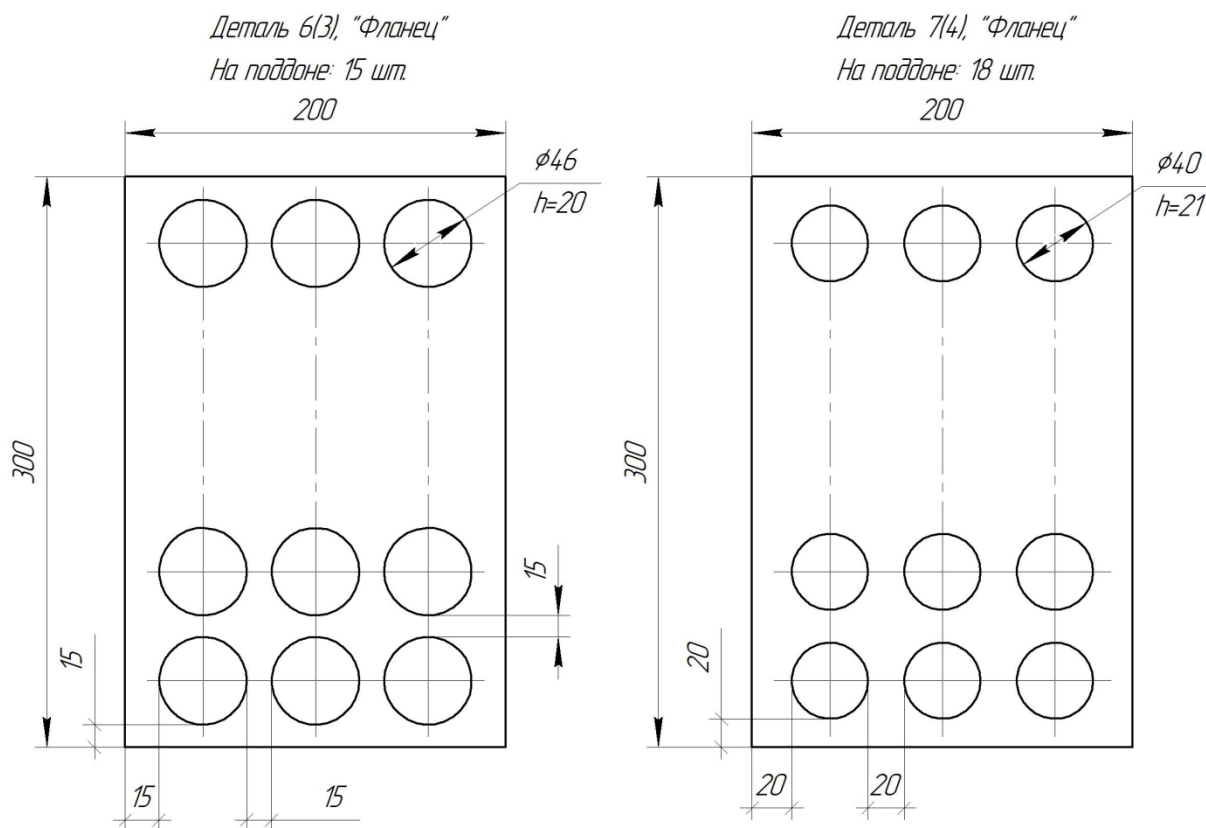


*Деталь 5(2), "Вилка"*

*На поддоне: 22 шт.*







## 2.5 Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Функционально позиции загрузки, где производится установка заготовки в производственную тару, и разгрузки, где изготовленная деталь снимается с производственной тары, могут быть либо разделены, либо объединены. При разделении этих функций на участке должно быть минимум два рабочих места. При объединении на одном рабочем месте обеих операций таких позиций может быть и одна, если на ней успевают по времени выполнить весь объем работ. Расчет необходимого числа позиций производят по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{tk_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} * 60}$$

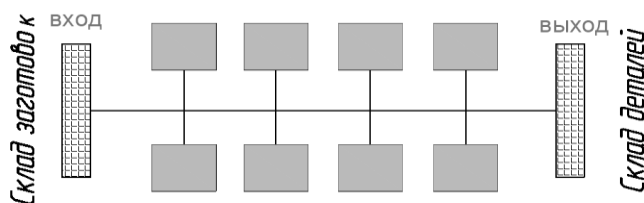
где:  $t$  – средняя трудоемкость операций на позиции (только загрузки или разгрузки, если операции разделены, или суммарная, если обе операции выполняются на одной позиции), (время формирования или расформирования транспортной партии 5 мин);  $k_{\text{дем}}$  - количество транспортных партий;  $\Phi_{\text{поз}}$  – эффективный годовой фонд времени работы позиции (2050 ч).

Для обеспечения нормальной работы комплекса при  $n > 1$  требуется две позиции загрузки/разгрузки, при  $n < 1$  – одна.

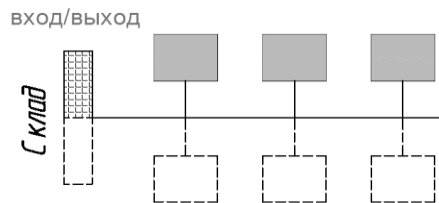
## 2.6 Определение схемы расположения оборудования

При линейном расположении оборудование можно поставить в один или два ряда вдоль транспортной трассы, при этом обеспечивается лучшее использование производственных площадей:

а) Разделение входа / выхода

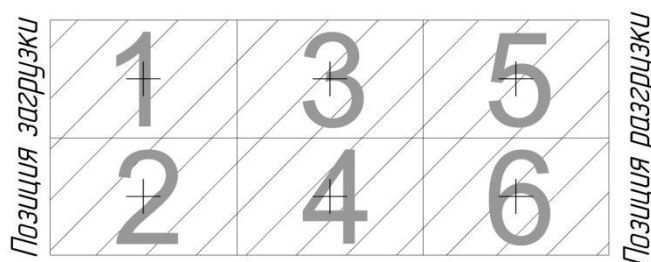


б) Совмещение входа / выхода



■ - оборудование    ▣ - позиции загрузки / разгрузки    — - траектория движения грузопотока

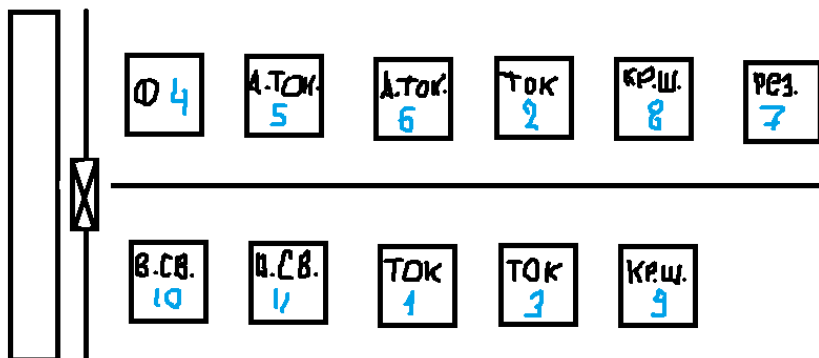
При общем количестве оборудования  $N_{\text{общ.}} \geq 6$  его целесообразно расположить в 2 ряда. В зависимости от количества позиций загрузки-разгрузки транспортных партий выбрать схему размещения оборудования (с совмещенным входом и выходом или с раздельным). В отчете требуется зарисовать схему расположения оборудования, где учесть рядность и совмещение/разделение позиций загрузки/разгрузки, например при  $N_{\text{общ.}}=6$ :



Поскольку количество оборудования в данном курсовом проекте  $N_{\text{общ.}}=11$ , выбираем схему размещения оборудования в два ряда, вход и выход совмещенный.

## Подбор схемы расстановки оборудования в специальном ПО

Эскизный вариант расстановки, подобранный вручную, исходя из маршрутов обработки деталей:



Результаты расчета грузопотока, для дальнейшей обработки в специализированном ПО:

28	# детали	Маршрут	Масса	Грузопоток
29		3 1-5-2-4-7-8	0,2	18000
30		5 3-1-4-10-7	0,1	8500
31		6 2-6-2-11-9	0,076	5700
32		7 1-5-2	0,1	9500

Вариант, предложенный специализированной программой, разработанной на кафедре ТМ. Программа осуществляет расчет путем многочисленных итераций по муравьиному алгоритму:

1-5-2-4-7-8  
3-1-4-10-7  
2-6-2-11-9  
1-5-2

18000  
8500  
5700  
9500

Параметры:  
 Количество муравьев: 100  
 Кол-во итераций: 10  
 Кол-во прогнозов: 10  
 Не выводить промежуточные результаты  
 Другие параметры

Рассчитать

Минимум целевой функции: 635900  
 Средние значения целевой функции:  
 967380 798788 796108 755920 741132 735542 733830 726118 712366 691912

Минимальные значения целевой функции:  
 1. 783900: 9-3-6-5-2-1-8-4-10-7-11  
 2. 705900: 1-3-6-5-2-7-8-4-10-11-9  
 3. 671900: 1-3-6-5-2-11-8-4-10-7-9  
 4. 635900: 1-3-6-5-2-11-10-4-7-9-8  
 5. 635900: 1-3-6-5-2-11-10-4-7-9-8  
 6. 635900: 1-3-6-5-2-11-10-4-7-9-8  
 7. 635900: 1-3-6-5-2-11-10-4-7-9-8  
 8. 635900: 1-3-6-5-2-11-10-4-7-9-8  
 9. 635900: 1-3-6-5-2-11-10-4-7-9-8  
 10. 635900: 1-3-6-5-2-11-10-4-7-9-8

Минимум целевой функции: 635900  
 m:100; e:1000  
 iter:10; povtorov:10  
 alpha:1; beta:0,1  
 Local improvement:  
 698300  
 686900  
 681300  
 635900  
 647300  
 669900  
 635900  
 635900  
 635900  
 635900

Для расстановки станков в цехе принимаем один из вариантов, предложенных программой (выделен):

33	Вариант размещения по программе
34	1-3-2-5-4-6-7-10-11-9-8
35	3-1-2-5-4-6-10-7-9-11-8
36	3-1-6-5-2-4-11-10-7-8-9
37	1-3-2-5-4-6-9-11-10-7-8

## 2.7 Оптимальное размещение основного оборудования на производственном участке

Решение вопроса о размещении оборудования на производственных участках сложная логистическая задача, т.к. имеется множество различных технологических процессов изготовления изделий. Эту задачу предлагается решить в два этапа. На первом этапе выбирается схема размещения оборудования.

На втором этапе решается комбинаторная задача. Пусть на участке есть  $n$  рабочих установочных мест, где надо разместить  $n$  единиц оборудования.

Задача оптимизации расстановки оборудования относится к  $NP$ -полным задачам, при решении которых точными методами оптимизации время сходимости алгоритма экспоненциально увеличивается в зависимости от количества единиц размещаемых объектов. Число возможных вариантов планировки участка определяется количеством возможных перестановок оборудования. При проектировании участков часто приходится иметь дело с количеством станков  $n > 10$ , где метод полного перебора применить невозможно, так как количество возможных вариантов  $n!$ . Поэтому для решения таких задач используют специальные методы оптимизации, сокращающие число переборов вариантов планировки.

Разработка различных методов для решения задач планировки объясняется разными областями их применения – различные схемы расстановки оборудования в цехе, различные подходы к оптимизации материальных потоков, разное количество оборудования, разные маршруты и грузопотоки, совмещение или разделение входа и выхода и т.д.

Общая целевая функция оптимального размещения оборудования может быть представлена в виде:

$$G_k = \sum_{i=1}^{n+2} \sum_{j=1}^{n+2} \sum_{d=1}^{n+2} \sum_{p=1}^{n+2} x_{id} x_{jp} a_{dp} c_{ij} \longrightarrow \min,$$

где  $G_k$  – суммарный грузопоток при варианте расстановки станков  $k$ , т/год;

$n$  – число станков и позиций установки;

$c_{ij}$  – «стоимость» передачи объектов от позиции  $i$  к позиции  $j$  (удельное расстояние между позициями  $i$  и  $j$ ), м;

$a_{dp}$  – суммарный грузопоток при передаче деталей от станка  $d$  к станку  $p$ .

$x_{id}=1$ , если  $d$ -й станок устанавливается на  $i$ -ую позицию;

$x_{id}=0$  в противном случае;

$y_{ij}=1$ , если деталь передается с  $p$ -го станка на  $j$ -й;

$y_{ij}=0$  в противном случае.

Таким образом, задача расстановки станков сводится к нахождению такого варианта расстановки  $k$ , при котором суммарная мощность грузопотока  $G$  будет минимальна.

Схема движения грузопотоков задана матрицей  $A[i,j]$ , где номер строки  $i$  – номер станка, от которого поступает деталь (поставщик), а номер столбца  $j$  – номер станка, к которому деталь (потребитель) движется. Значения матрицы соответствуют величинам грузопотоков.

Для расчёта целевой функции используется также матрица расстояний  $C[i,j]$ , такой же размерности, что и матрица грузопотоков, в ячейках которой записываются расстояния между позициями. Расстояние между станками по фронту и до проезда 1,5 м. Ширина проезда 2 м. Матрица расстояний формируется в зависимости от выбранной схемы расположения оборудования и позиций загрузки и разгрузки деталей и заготовок. Станки в матрице грузопотоков ставятся в соответствии с выбранной последовательностью расстановки оборудования на позициях в матрице расстояний. При двухрядном расположении и разделении позиций загрузки и разгрузки матрицы будут иметь вид:

	Т1	Т2	Ф2	АТ1	С2	АТ2	разг
загр	5,6	7,3		2,3			
Т1			5,6				2,3
Т2				7,3			
Ф2				5,6	2,3		
АТ1			2,3		5,6	7,3	
С2	2,3						5,6
АТ2							7,3

	1	2	3	4	5	6	разг
загр	3	3	4	4	5	5	-
1	-	1	2	2	3	3	5
2	1	-	2	2	3	3	5
3	2	2	-	1	2	2	4
4	2	2	1	-	2	2	4
5	3	3	2	2	-	1	3
6	3	3	2	2	1	-	3

Значение целевой функции  $G$  рассчитывается путем перемножения соответствующих ячеек матриц  $A[i,j]$  и  $C[i,j]$  и последующего их сложения.

$$G=5.6*3+7.3*3+2.3*4+5.6*2+2.3*5+7.3*2+5.6*1+2.3*2+2.3*1+5.6*2+7.3*2+2.3*3+5.6*3+7.3*3=169.1 \text{ тм/год.}$$

Минимальное значение величины  $G$  обеспечивает оптимальную расстановку оборудования на участке. Каждый член подгруппы предлагает свой вариант расстановки оборудования и рассчитывает суммарную мощность грузопотока.

## 2.8 Планировка участка

- Особенностью построения участка для непоточного производства является:
- использование станков с ЧПУ;
- построение участка из гибких производственных модулей (ГПМ), которые работают независимо друг от друга;
- использование накопителей у технологического оборудования для минимального запаса заготовок (партия прибытия заготовок межоперационным транспортом);
- использование периодического транспорта;
- межоперационное хранение заготовок на складе участка (стеллаж).

## Выбор вспомогательного оборудования

Состав вспомогательного оборудования формируется по следующим подсистемам:

**Система инструментообеспечения.** На производственных участках предусматривают стеллажи для хранения инструмента у каждой рабочей позиции.

**Метрологическая система.** Для межоперационного и окончательного контроля качества изделий используют контрольно-измерительные устройства (КИУ) и контрольно-измерительные машины (КИМ).

**Складская система.** На производственных участках предусматривают наличие накопителей. Их количество определяют с учетом вида производства

**Система охраны труда.** На производственных участках следует размещать защитные ограждения подвижных устройств и противопожарный щит.

**Транспортная система.** В качестве межоперационной транспортной системы в зависимости от серийности выпуска, конфигурации и массы изделий могут быть использованы: каретка-оператор с транспортным путем, конвейер, лотковая система, мостовой кран, промышленные роботы, поворотный стол. При выборе количества промышленных роботов в автоматизированном непоточном производстве следует ориентироваться на следующие нормы обслуживания основного оборудования одним промышленным роботом:

Оперативное время, мин .....	3,0—6,0	5,0—7,5	Св. 7,5
Количество основного оборудо- вания, шт. ....	2	3	4

## Определение числа транспортных средств

Количество транспортных средств определяют исходя из машиноемкости  $T_{м.е}$  транспортных операций, которую рассчитывают по следующей формуле:

$$T_{м.е} = \frac{Z_{Ti} T_u}{Z_{т.пi} 60}$$

Здесь  $T_u$  — средняя длительность одного рейса или одного цикла работы транспортного средства, мин;  $Z_{Ti}$  — грузопоток  $i$ -го наименования груза, ед. тары/год;  $Z_{т.пi}$  — величина транспортной партии  $i$ -го наименования груза, ед. тары (1).

$$Z_{Ti} = Q_i / C_i,$$

где  $Z_{Ti}$  — грузопоток, ед. тары, по определенной группе изделий;  $Q_i$  — грузопоток по определенной группе, т;  $C_i$  — средняя грузоподъемность тары, т.

Длительность обслуживания заявки определяется типом транспортного средства, его скоростными характеристиками и протяженностью трассы. Для циклических транспортных средств длительность обслуживания (мин) при двухадресном режиме работы  $T_u = 2 (t_p + t_T + 1,075 t_v + t_{в.п})$ , где  $t_p$  — время разгона транспортного средства, (0,1 мин);  $t_T$  — время его торможения, (0,1 мин);  $t_v$  — время движения на маршевой скорости, мин;  $t_{в.п}$  — время отработки цикла взять-поставить, (0,5 мин). Для расчета  $t_v$  используют средний путь движения на маршевой скорости, который равен 0,5 длины транспортной трассы, а скорость движения зависит от типа транспортного средства (150 м/мин).

Количество транспортных средств определяют по формуле

$$N_{mp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{m.e} K_c}{\Phi_3 K_3},$$

где  $K_c = 1,2 \dots 1,6$  — коэффициент спроса, учитывающий неравномерность поступления заявок на обслуживание в единицу времени;  $K_3 = 0,7 \dots 0,8$  — коэффициент загрузки транспортного средства;  $\Phi_3$  — эффективный годовой фонд времени работы принятого типа транспортного средства, (2050 ч);  $n$  — число грузопотоков, обслуживаемых данным типом транспорта.

### **Система технического обслуживания**

На производственном участке размещают систему удаления стружки, состоящую из конвейера, находящегося под основным оборудованием или около него и бункера для сбора стружки. Снабжение электроэнергией осуществляется через электрошкаф. Для очистки деталей от стружки и грязи перед контрольными позициями и позициями переустановки деталей на спутниках предусматривается использование моечной машины. Для осуществления автоматического зажима деталей и спутников в приспособлениях устанавливаются гидростанции.

### **Система управление и подготовка производства**

На производственном участке устанавливают пульт управления участком с оператором. Определив количество станков и зная удельные площади основного и вспомогательного оборудования, рассчитывают площади производственных участков  $F_{пр}$ .

Ширину  $B$  и длину  $L$  производственных участков определяют следующим образом:

$$B = (B_{пр} - B_m)/2$$

где  $B_{пр}$  — ширина пролета, м;

$B_m$  — ширина магистрального проезда, м.

Планировку оборудования на участке производят с помощью плоских темплетов. После размещения основного и вспомогательного оборудования на планшете и согласования с преподавателем, они обводятся соответствующим цветом по контурам и проставляются модели каждого станка, а также наносятся средства защиты персонала в соответствии с условными обозначениями. Автоматические линии и вспомогательное оборудование «привязывают» соответствующими размерами к несущим конструкциям здания. На плане участка наносят и измеряют курвиметром грузопоток полуфабрикатов. По плану участка определяют его фактическую площадь.

## Производственные площади, занимаемые оборудованием

Площадь, занимаемая технологическим оборудованием:

$s_{уд.то} := 30 \text{ [м}^2\text{]}$  - средняя производственная площадь на один станок

$S_{общ} := (C_{р.всего} + 1) \cdot s_{уд.то} = 360 \text{ [м}^2\text{]}$  - производственная площадь на все станки и одну КИМ.

Сводим данные по площадям в таблицу:

	Оборудование	Кол-во	Площадь на ед-цу	Общая площадь
<b>А Осн.оборуд.</b>	Станки	11	30	330
<b>Б Вспомог.оборуд.</b>	Кран-штабелер	1	2	2
	Ванна моечная	1	10	10
	Промышленные роботы	13	2	26
<b>Трансп. Оборуд.</b>	Рельсовая тележка	1	25	25
				0
				0
	-			0
<b>СИО</b>	Стеллаж и кран-штаб.			0
<b>Ср-ва рем.и ТО</b>	-			0
	-			0
	-			0
	-			0
<b>Ср-ва контр.кач-ва</b>	КИМ-500	1	30	30
<b>Ср-ва охр.труда</b>	Пожарный щит	1	1	1
<b>Ср-ва подг.и упр.пр-м</b>	Пульт управления	1	2	2
<b>Итого: площадь участка</b>				426

### Технико-экономические показатели участка

Фактическая площадь участка, м <sup>2</sup>	402
Количество работающих	3
Длина грузопотока, м	50
Количество изделий, снимаемых с единицы площади, шт/м <sup>2</sup>	833
Максимальный Кзагр станка	0,93
Такт выпуска, дет/час	89



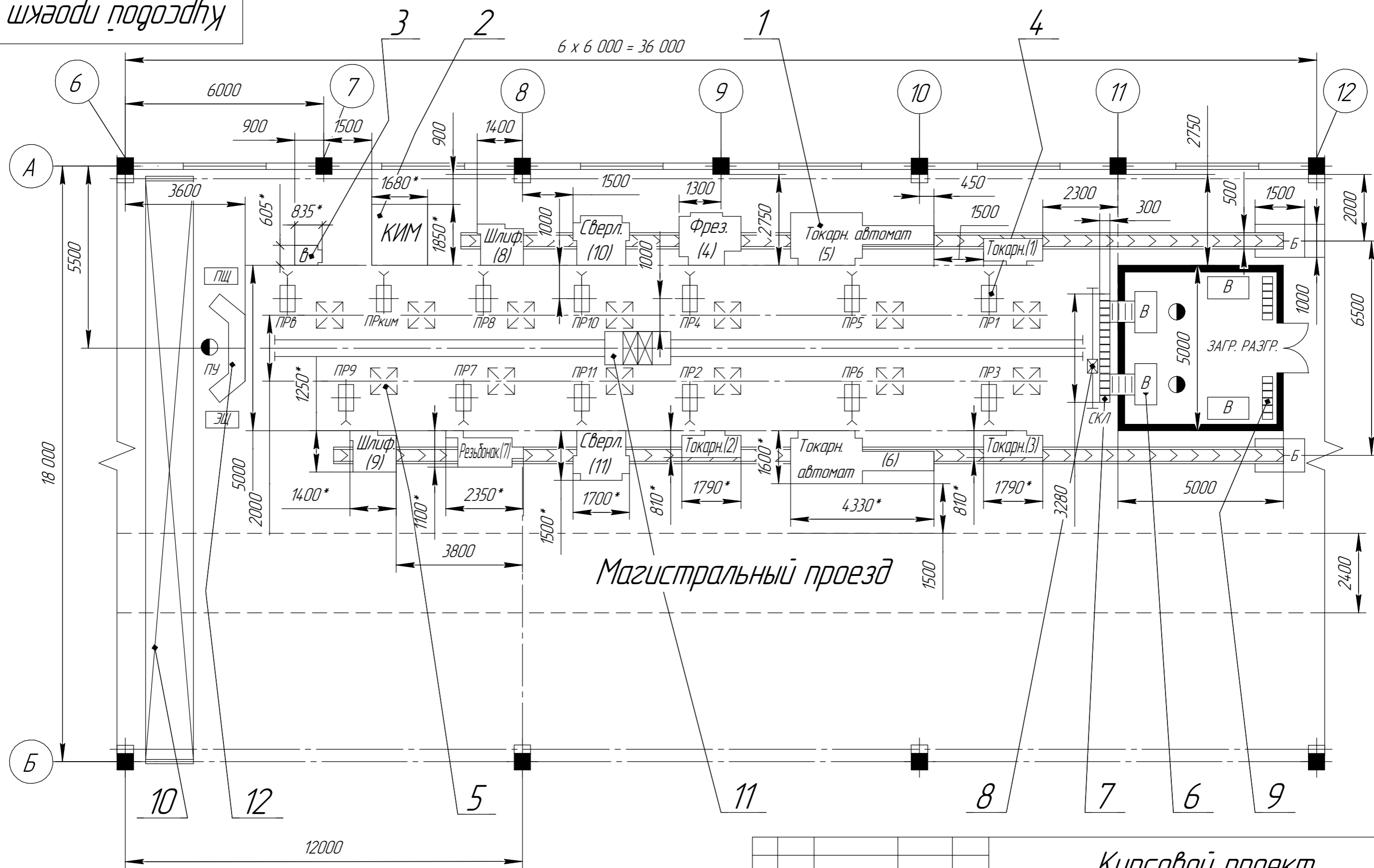
## **Заключение**

В рамках курсового проекта проведены расчеты для построения гибкого производственного участка для обработки четырех типов деталей. Проведен подбор и расстановка оборудования с помощью специализированного ПО, разработанного на кафедре ТМ. Проведен анализ грузопотоков и выполнен чертеж участка.

## Список использованной литературы

- 1) *В.П.Вороненко, Ю.М.Соломенцев, А.Г.Схиртладзе* Проектирование машиностроительного производства – М.: Дрофа, 2007.- 380 с.
- 2) *Г.Н.Мельников, В.П.Вороненко* Проектирование механосборочных цехов – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
- 3) *Смехов А.А.* Автоматизированные склады. – М.: Машиностроение, 1979г., 296 с.
- 4) *Маликов О.Б.* Склады гибких автоматизированных производств. – М.: Машиностроение, 1986г., 187 с.
- 5) *Егоров В.А.* Транспортно-накопительные системы для ГПС – М.: Машиностроение, 1989г., 293 с.

6 x 6 000 = 36 000

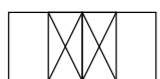


				<b>Курсовой проект</b>			
				<b>Планировка автоматизированного участка</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					У		1:100
Разраб. Щуваев М.А.							
Пров. Вороненко В.П.							
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							
					Лист 1	Листов 2	
					МГТУ "СТАНКИН" Кафедра ТМ		

Условные обозначения



- РАБОЧЕЕ МЕСТО



- ТЕЛЕЖКА РЕЛЬСОВАЯ



- ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ



- СТЕЛЛАЖ

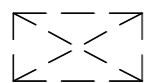
СКЛ - СКЛАД ГОТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЗАГОТОВОК

ПУ - ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ

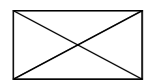
ЗАГР. РАЗГР. - УЧАСТОК ЗАГРУЗКИ И ИНСТРУМЕНТА И ЗАГОТОВОК И РАЗГРУЗКИ ГОТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

В - ВЕРСТАК

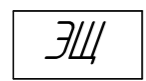
Б - БУНКЕР ДЛЯ СБОРА СТРУЖКИ



- МЕСТО СКЛАДИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И ЗАГОТОВОК



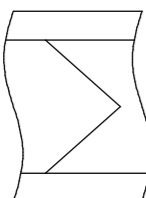
- КРАН-ШТАБЕЛЕР



- ЩИТ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ УЧАСТКА



- ПОЖАРНЫЙ ЩИТ



- КАНАЛ ДЛЯ ОТВОДА СТРУЖКИ

Ведомость оборудования участка

№ поз.	Наименование оборудования	Кол-во на участке
1	Единица основного оборудования	11
2	Измерительная машина мод.КИМ-500	1
3	Ванна моечная мод.АМ500 ЭКО	1
4	Промышленный робот мод.	13
5	Место хранения заготовок и деталей	13
6	Верстак	4
7	Стеллаж склада	1
8	Кран-штабелер СКШК-0,16	1
9	Стеллаж вспомогательный	2
10	Кран-балка	1
11	Устройство перегрузочное УП-2,0	1
12	Пульт управления участком	1

1. \*Размеры для справок.

2. Нормы ширины проездов, расстояний оборудования от проезда относительно друг друга, стен и колонн здания разработаны с учетом оргоснастки на основании типовых проектов организации рабочих мест и требований ГОСТ 12.3.020-80 Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности.

3. Оборудование вспомогательных участков условно не показано.

Инд. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата. Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Курсовой проект

Лист 2