

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра машиностроения**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Методические указания по курсовой работе  
для студентов бакалавриата направления 15.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2020**

УДК 621.7 (073)

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ:** Методические указания по курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.И. Кексин, В.А. Красный, А.Д. Халимоненко*, СПб, 2020. 37 с.

Представлены рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Автоматизация производственных процессов в машиностроении», предназначенные для студентов бакалавриата направления 15.03.01 Машиностроение, направленности «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

Научный редактор проф. *В.В. Максаров*

Рецензент д-р техн. наук *Д.В. Васильков* (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2020

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Методические указания по курсовой работе  
для студентов бакалавриата направления 15.03.01*

Сост.: *А.И. Кексин, В.А. Красный, А.Д. Халимоненко*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
машиностроения

Ответственный за выпуск *А.И. Кексин*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 28.05.2020. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 2,2. Усл.кр.-отт. 2,2. Уч.-изд.л. 2,0. Тираж 50 экз. Заказ 325. С 34.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

## 1. Цель и задачи курсовой работы

Целью курсовой работы по дисциплине «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» является приобретение студентами практических навыков проектирования и расчета автоматизации производственных процессов в машиностроении. Курсовая работа является самостоятельной инженерной работой студента.

Задачи курсовой работы:

- закрепление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины «Автоматизация производственных процессов в машиностроении», и расширить технический кругозор;
- определение уровня и степени автоматизации для формирования структуры производственного процесса в машиностроении и его составляющих;
- выполнение проектирования и расчета автоматизированного производственного процесса изготовления деталей в поточном и не поточном производстве;
- проектирование и обеспечение размерных связей автоматического производственного процесса;
- выполнение проектирования и расчета гибких автоматических сборочных систем;
- определение средств автоматизации процессов инструментального обеспечения, контроля качества изделий, складирования, охраны труда персонала, транспортирования, технического обслуживания, управления и подготовки производства.

Выполнение курсовой работы является подготовкой к завершаемому этапу обучения студента в университете, т.е. к выполнению выпускной квалификационной работы (ВКР).

Задание для выполнения курсовой работы, посвященной разработке и расчету проекта автоматизированной производственной системы (ГАУ - гибкого автоматизированного участка) выбирается по последней цифре шифра зачетной книжки или указанию преподавателя.

В состав курсовой работы входит также спецраздел (реферат), основанный на изучении теоретического вопроса курса. Темы рефератов указаны ниже. Тема выбирается на основании индивидуального задания, выданного преподавателем.

## **2. Задание на курсовую работу и методические указания к ее выполнению**

По курсу «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» предусматривается выполнение курсовой работы, к которому необходимо приступить после проработки соответствующих разделов курса (см. рабочую программу).

Темы курсовой работы:

- «Разработка ГАУ механической обработки корпусных деталей»;
- «Разработка ГАУ механической обработки деталей типа «тел вращения».

Каждый студент получает индивидуальное задание, которое содержит:

- тип ГАУ и тип выпускаемого изделия;
- маршрут обработки детали и технологическое оборудование - ГПМ (гибкие производственные модули).

Курсовая работа после проверки руководителем и внесения в него соответствующих исправлений и дополнений допускается к защите перед комиссией кафедры.

Законченный проект должен содержать следующие материалы:

- расчетно-пояснительную записку (12...20 страниц);
- комплект чертежей (схем) с планами и компоновками ГАУ.

Все материалы следует сброшюровать в папку и снабдить ее титульным листом. Расчетно-пояснительная записка оформляется с учетом требований ГОСТ 2.105-15 и ГОСТ 7-32-15.

Рукописный текст записки представляется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4.

Размеры полей: левого – 35 мм; правого – 10 мм; верхнего и нижнего – 20 мм.

Пояснительная записка должна иметь сквозную нумерацию страниц. Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин.

При выполнении курсовой работы характерна определенная последовательность (этапность) в ее оформлении (см. задание на курсовую работу).

При использовании тех или иных методик расчета, теоретических положений или различных справочных материалов в тексте должны делаться ссылки на соответствующие литературные источники, которые представляют собой порядковый номер источника в перечне используемой литературы, заключенный в квадратные скобки.

В перечне используемой литературы указываются порядковый номер источника, фамилия автора и инициалы, наименование источника, издательство и год издания. Все рисунки в пояснительной записке должны иметь номера и названия. Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин в международной системе СИ.

Чертежи и схемы должны быть оформлены в соответствии с требованиями ЕСКД на форматах А4 и А3 (план цеха).

Студенты, успешно выполнившие и защитившие курсовую работу, допускаются к экзамену по дисциплине «Автоматизация производственных процессов в машиностроении».

Курсовая работа выполняется в следующей последовательности:

1. Определяется структура и состав технологических компонентов и подсистем ГАУ (табл. 1).

2. Производится расчет уровня автоматизации всех подсистем ГАУ, обеспечивающих производственную программу в соответствии с заданной производительностью.

3. На спроектированную планировочную схему участка в соответствие с заданным маршрутом (табл. 2) наносятся следующие материальные потоки по перемещению:

- поток «Заготовка» с АТСС до ГПМ, с ГПМ до «Зоны комплектации паллет» (красной прерывистой линией),

- поток «Деталь» от ГПМ до АТСС (красной сплошной линией),

- поток «Инструментальный комплект» от «Зоны комплектации инструмента» до ГПМ (синий сплошной линией),

- поток «Стружка» от ГПМ до «Зоны хранения стружки» в АТСС, с АТСС до «Комплекса по переработке стружки» (зеленой сплошной линией).

Таблица 1

**Структура и состав технологических компонентов и подсистем ГАУ**

№ последней цифры шифра в зачетной книжке студента	Вид обрабатываемых заготовок в ГАУ	Состав технологического оборудования
0, 1, 2, 3	ГАУ для обработки корпусных деталей	ГПМ 1, ГПМ 2 – ИР500ПМФ4; ГПМ 3... ГПМ 6 – ИР200ПМФ4.
4, 5, 6	ГАУ для обработки деталей типа «тел вращения»	ГПМ 1, ГПМ 2 – ИРТ180ПМФ4; ГПМ3 ... ГПМ6 – 16К20Ф3.
7, 8, 9	ГАУ для обработки деталей типа «тел вращения»	ГПМ 1, ГПМ 2 – ИРТ180ПМФ4; ГПМ 3 ... ГПМ 6 – 1В340ПМФ.

Таблица 2

**Маршрут материальных потоков**

№ последней цифры шифра в зачетной книжке студента	Номер ГПМ (маршрут)
0, 1	ГПМ 1
2, 3	ГПМ 2
4, 5	ГПМ 3
6, 7	ГПМ 4
8, 9	ГПМ 5

4. Разрабатывается алгоритм действий по перемещению материального потока одной из подсистем ГАУ в соответствии с заданным маршрутом (табл. 3).

5. Разрабатывается схема управления ГАУ.

6. Описывается функционирование подсистемы ГАУ в соответствии с шифром задания (табл. 4).

Таблица 3

## Элементы материальных потоков

№ последней цифры шифра в зачетной книжке студента	Элемент материального потока	Номер ГПМ (маршрут)
0, 1	«Заготовка»	ГПМ 1
2, 3	«Деталь»	ГПМ 2
4, 5	«Инструментальный комплект»	ГПМ 3
6, 7	«Стружка»	ГПМ 4
8, 9	«Инструментальный комплект»	ГПМ 5

Таблица 4

## Подсистемы функционирования ГАУ

№ последней цифры шифра в зачетной книжке студента	Подсистемы функционирования ГАУ
0	Система смены инструмента на ГПМ для обработки корпусных деталей
1	Система смены инструмента на ГПМ для обработки деталей типа «тел вращения»
2	Система транспортирования «Заготовок», «Деталей», «Инструмента» и «Стружки»
3	Система складирования «Заготовок», «Деталей», «Инструмента» и «Стружки»
4	Система поддержания работоспособности ГПМ
5	Система контроля деталей на ГПМ для обработки корпусных деталей и деталей типа «тел вращения»
6	Система контроля деталей вне ГПМ
7	Система инструментального обеспечения ГАУ
8	Стружкодробление и удаление отходов производства в ГАУ
9	Система управления ГАУ

Для спецраздела курсовой работы выбирается одна из следующих тем:

- Применение агрегатных станков в автоматизированном производстве.
- Автоматизация технологических процессов сборки.
- Особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства

- Основные требования к технологии и организации механической обработки в переналаживаемых автоматизированных производственных системах
  - Особенности разработки технологических процессов автоматизированной и роботизированной сборки.
  - Автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях автоматизированного производства
  - Методы повышения надежности автоматизированных систем
  - Выбор технологического оборудования и промышленных роботов в автоматизированном производстве
  - Основные виды бункерных загрузочных устройств при автоматической сборке и способы их расчета
  - Общие принципы проектирования гибкой производственной системы
  - Основные принципы проектирования и компоновки автоматических линий
  - Особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве.
  - Анализ влияния способа базирования деталей типа «вал-втулка» при автоматической сборке на их собираемость.
  - Описание принципов автоматической сборки с применением промышленных роботов.
  - Виды контроля состояния инструментов в ГПМ.
  - Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ.
  - Применение роторных и роторно-конвейерных линий в автоматизированном производстве.
  - Методы и способы дробления стружки.
  - Средства автоматизации загрузки-разгрузки оборудования, работающего в составе АЛ.
  - Структурная схема станка-автомата.
  - Средства автоматизации в одношпиндельных автоматах.
  - Система автоматизации в многошпиндельных автоматах.
- Методические указания к выполнению курсовой работы.



В курсовой работе необходимо выполнить расчет и разработку проекта автоматизированной производственной системы (гибкого автоматизированного участка).

I. Порядок выполнения курсовой работы для ГАУ изготовления корпусных деталей.

1. Выбирается структура и состав технологических компонентов и подсистем ГАУ для обработки корпусных деталей.

Состав технологического оборудования.

1.1. Станок модели ИР500ПМФ4:

- размер рабочего пространства: 500x500x500 мм;

- размер паллет: 500x500 мм;

- число инструментов в магазине: 36 шт.

1.2. Станок модели ИР200ПМФ4:

- размер рабочего пространства: 200x200x200 мм;

- размер паллет: 200x200 мм;

- число инструментов в магазине: 36 шт.

1.3. Время обработки условной детали - 20 мин.

1.4. Необходимое количество обрабатываемых изделий с габаритами:

- 500x500x500 мм равно 48 единиц в смену.

1.5. Необходимое количество обрабатываемых изделий габаритами:

- 200x200x200 мм равно 96 единиц в смену.

1.6. Время загрузки равно 2 мин. Время разгрузки равно 2 мин.

1.7. Время промежуточного контроля равно 2 мин.

1.8. Время окончательного контроля 5 мин.

Выбор состава ГАУ.

В состав ГАУ входит технологическое оборудование (ГПМ), автоматизированная транспортно-складская система (АТСС), секция по настройке инструмента, секция по подготовке заготовок, секция по удалению и переработке стружки, система управления ГАУ (рис. 2, 3, 4, 5, 6).

2. Производится расчет уровня автоматизации всех подсистем ГПС.

2.1. Расчет уровня автоматизации станка модели ИР500ПМФ4 представлен в табл. 5.

Таблица 5

**Уровень автоматизации станка модели ИР500ПМФ4**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Включение оборудования	автоматическое	1
2	Установка заготовки на станке	автоматизированное	0,5
3	Установка комплекта инструмента	ручное	0
4	Установка нулевой точки инструмента	автоматизированное	0,5
5	Поиск инструмента	автоматическое	1
6	Обработка заготовки	автоматическое	1
7	Контроль обрабатываемой поверхности	автоматическое	1
8	Контроль целостности режущего инструмента	автоматическое	1
9	Снятие готовой детали	ручное	0
10	Смена инструментального комплекта	ручное	0
Итого			6,0

Уровень автоматизации станка модели ИР500ПМФ4 определяется по формуле:

$$K_a(\text{ИР500ПМФ4}) = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{6}{10} = 0,60,$$

где  $\sum A_i$  – сумма значений функций и операций, выполняемых в ручном, полуавтоматическом или автоматическом режимах,  $n$  – количество функций и операций.

2.2. Расчет уровня автоматизации станка модели ИР200ПМФ4 представлен в табл. 6.

Таблица 6

**Уровень автоматизации станка модели ИР200ПМФ4**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Включение оборудования	автоматическое	1
2	Установка заготовки на станке	автоматическое	1
3	Установка комплекта инструмента	ручное	0

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
4	Установка нулевой точки инструмента	автоматизированное	0,5
5	Поиск инструмента	автоматическое	1
6	Обработка заготовки	автоматическое	1
7	Контроль обрабатываемой поверхности	автоматическое	1
8	Контроль целостности режущего инструмента	автоматическое	1
9	Снятие готовой детали	автоматическое	1
10	Смена инструментального комплекта	ручное	0
Итого			7,5

Уровень автоматизации станка модели ИР200ПМФ4 определяется по формуле:

$$K_a(\text{ИР200ПМФ4}) = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{7,5}{10} = 0,750.$$

2.3. Расчет уровня автоматизации транспортно-складской системы (АТСС) представлен в табл. 7.

Таблица 7

**Уровень автоматизации АТСС**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Передача информации по «Запросу»	автоматическое	1
2	Поиск комплектующего запроса	автоматическое	1
3	Перемещение штабелера	автоматическое	1
4	Установка на устройство приема-выдачи	автоматическое	1
5	Передача информации на верхний уровень ГАУ	автоматическое	1
Итого			5,0

Уровень автоматизации АТСС определяется по формуле:

$$K_a(\text{АТСС}) = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{5}{5} = 1,0.$$

2.4. Расчет уровня автоматизации зоны комплектации инструмента – автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО) представлен в табл. 8.

Таблица 8

**Уровень автоматизации АСИО**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Поиск информации по комплектующим инструмента	автоматизированное	0,5
2	Комплектация инструмента	автоматизированное	0,5
3	Сборка инструмента	ручная	0
4	Предварительная настройка инструментального блока	автоматизированное	0,5
5	Комплектация инструментальной наладки	ручная	0
6	Отправка инструментальной наладки на рабочую позицию	автоматизированное	0,5
7	Передача информации на верхний уровень ГАУ	автоматизированное	0,5
Итого			2,5

Уровень автоматизации АСИО определяется по формуле:

$$K_a(СИО) = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{2,5}{7} = 0,357.$$

2.5. Расчет уровня автоматизации зоны комплектации паллет (ЗКП) представлен в табл. 9.

Таблица 9

**Уровень автоматизации ЗКП**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Поиск информации по комплектации заготовки	автоматизированное	0,5
2	Выбор комплектующего крепежа	автоматизированное	0,5
3	Комплектация паллеты	ручная	0
4	Установка и закрепление заготовки на паллете	ручная	0
5	Предварительная настройка заготовки на нулевую точку на паллете	ручная	0
6	Отправка заготовки на паллете на рабочую позицию	автоматизированное	0,5
7	Передача информации на верхний уровень ГАУ	автоматизированное	0,5
Итого			2

Уровень автоматизации ЗКП определяется по формуле:

$$K_a(ЗКП) = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{2}{7} = 0,287.$$

2.6. Расчет уровня автоматизации комплекса по переработке стружки (КПС) представлен в табл. 10.

Таблица 10

**Уровень автоматизации КПС**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Срабатывание датчиков наполнения тары стружкой	автоматическое	1
2	Передача информации о наполнении тары стружкой	автоматическое	1
3	Вывоз транспортной тары к месту переработки стружки	автоматическое	1
4	Переработка стружки	автоматизированное	0,5
Итого			3,5

Уровень автоматизации КПС определяется по формуле:

$$K_a(КПС) = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{3,5}{4} = 0,875.$$

2.7. Расчет уровня автоматизации установки мойки-сушки деталей (УМС) представлен в табл. 11.

Таблица 11

**Уровень автоматизации УМС**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Подача паллеты с деталью на установку мойки-сушки	автоматическое	1
2	Загрузка паллеты с деталью на позицию мойки-сушки	автоматическое	1
3	Выгрузка паллеты с деталью из зоны мойки-сушки	автоматическое	1
4	Передача информации об окончании мойки-сушки	автоматизированное	0,5
Итого			3,5

Уровень автоматизации УМС определяется по формуле:

$$K_a(\text{УМС}) = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{3,5}{4} = 0,875.$$

2.8. Расчет общего уровня автоматизации ГАУ осуществляется по формуле:

$$\begin{aligned} K_a(\text{ГАУ}) &= \frac{\sum K_a}{N} = \\ &= \frac{0,6 + 0,75 + 1,0 + 0,357 + 0,287 + 0,875 + 0,875}{7} = \\ &= \frac{4,744}{7} = 0,678, \end{aligned}$$

где  $N$  – количество подразделений ГАУ;  $\sum K_a$  – сумма уровней автоматизации технологического оборудования и всех подразделений ГАУ.

Принимаем общий уровень автоматизации 0,747 (Рис.1).

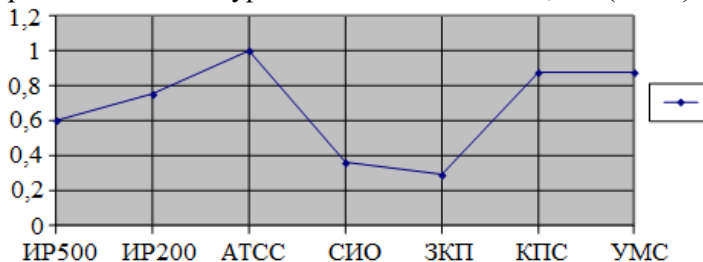


Рис. 1. Уровень автоматизации всех подсистем ГАУ

Исходя из уровня автоматизации, равного 0,747 и заданного количества обрабатываемых изделий принимаем для обработки деталей с габаритами 500x500x500 мм – 2 единицы ИР500ПМФ4, для обработки деталей с габаритами 200x200x200 мм - 4 единицы ИР200ПМФ4.

3. Проектирование автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО).

АСИО состоит из ячеек складской системы, в которой предусмотрено хранение инструментальных наладок и инструментов, находящихся в инструментальных магазинах технологического оборудования. Для обработки 144 деталей в смену необходимо рассчитать количество инструмента, которое включает основной работающий инструмент и инструменты-дублиеры (страховой запас). Если стойкость одного инструмента  $T_u = 60$  мин, то для обработки 144 деталей в смену потребуется 48 инструментов.

Определяем общее количество инструментов, где  $K_u$  – число инструментов предусмотренных для обработки деталей в смену;  $K_{дб}$  – количество дублеров, которое принимается  $K_{дб} = 2 K_u = 48 \cdot 2 = 96$ .

Емкость инструмента носителя равна 9 инструментам. Исходя из этого, принимаем три перемещения инструментального комплекта в смену.

4. Обоснование системы контроля в ГАУ.

Предусматривается активный контроль на технологическом оборудовании и пассивный контроль после окончательной обработки вне ГПМ.

Промежуточный контроль осуществляется в автоматическом режиме непосредственно на технологическом оборудовании. Согласно заданию контроль деталей осуществляется частично. Суммарное время контроля деталей на одном станке  $T_k = 30$  мин.

Окончательный контроль готовой детали осуществляется вне рабочей зоны станка на специально отведенном месте технического контроля (ОТК).

## 5. Расчет грузонапряженности ГАУ.

5.1. Грузонапряженность по перемещению тары с заготовками и готовыми деталями.

Для станка ИР500ПМФ4 число перемещений заготовок к станку равно:

$$48 / 2 = 24 \text{ раза,}$$

для станка ИР200ПМФ4 число перемещений заготовок к станку равно:

$$96 / 2 = 48 \text{ раз.}$$

Грузонапряженность ГАУ определяется по формуле:

$$G_{ГПМ(з)} = q_з \cdot l,$$

где  $q_з$  – вес заготовки, кг;  $l$  – путь перемещения тары с заготовками, м.

В соответствии с исходными данными вес заготовки:

- для станка ИР500ПМФ4  $q_з = 350$  кг;

- для станка ИР200ПМФ4  $q_з = 150$  кг.

Тогда:

$$1) G_{ГПМ(з)} = q_з(ИР500) \cdot l_1 = 350 \cdot 1 = 350 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$2) G_{ГПМ(з)} = q_з(ИР500) \cdot l_2 = 350 \cdot 10,5 = 3675 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$3) G_{ГПМ(з)} = q_з(ИР200) \cdot l_3 = 150 \cdot 5 = 750 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$4) G_{ГПМ(з)} = q_з(ИР200) \cdot l_4 = 150 \cdot 0 = 0 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$5) G_{ГПМ(з)} = q_з(ИР200) \cdot l_5 = 150 \cdot 4,5 = 675 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$6) G_{ГПМ(з)} = q_з(ИР200) \cdot l_6 = 150 \cdot 9,5 = 1425 \text{ кг}\cdot\text{м}.$$

$$G_{\Sigma ГПМ(з)} = \Sigma ГПМ(з) = 6875 \text{ кг}\cdot\text{м}.$$

5.2. Расчет грузонапряженности по инструментальным комплектам определяется по формуле:

$$G_{ГПМ(И)} = q_u \cdot l,$$



где  $q_u$  - вес инструмента носителя с инструментом, кг;  $l$  - путь перемещения тары с инструментом, м.

Принимаем  $q_u = 225$  кг.

Тогда:

$$1) G_{ГПМ(И)} = q_u(ИР500) \cdot l_1 = 225 \cdot 6,5 = 1462,5 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$2) G_{ГПМ(И)} = q_u(ИР500) \cdot l_2 = 225 \cdot 3,5 = 787,5 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$3) G_{ГПМ(И)} = q_u(ИР200) \cdot l_3 = 225 \cdot 1,8 = 405 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$4) G_{ГПМ(И)} = q_u(ИР200) \cdot l_4 = 225 \cdot 3 = 675 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$5) G_{ГПМ(И)} = q_u(ИР200) \cdot l_5 = 225 \cdot 8 = 1800 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$6) G_{ГПМ(И)} = q_u(ИР200) \cdot l_6 = 225 \cdot 13 = 2925 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

$$G_{\Sigma ГПМ(И)} = \Sigma ГПМ(И) = 8055 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

5.3. Расчет грузонапряженности по стружке определяется по формуле:

$$G_{ГПМ(С)} = q_c \cdot l,$$

где  $q_c$  - вес тары со стружкой, кг;  $l$  - путь перемещения тары со стружкой, м.

Принимаем  $q_c = 25$  кг.

Тогда:

$$1) G_{ГПМ(С)} = q_c(ИР500) \cdot l_1 = 25 \cdot 28,5 = 712,5 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$2) G_{ГПМ(С)} = q_c(ИР500) \cdot l_2 = 25 \cdot 32 = 800 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$3) G_{ГПМ(С)} = q_c(ИР200) \cdot l_3 = 25 \cdot 19,5 = 487,5 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$4) G_{ГПМ(С)} = q_c(ИР200) \cdot l_4 = 25 \cdot 16 = 400 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$5) G_{ГПМ(С)} = q_c(ИР200) \cdot l_5 = 25 \cdot 20,5 = 512,5 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$6) G_{ГПМ(С)} = q_c(ИР200) \cdot l_6 = 25 \cdot 25,5 = 637,5 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

$$G_{\Sigma ГПМ(С)} = \Sigma ГПМ(С) = 3550 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

5.4. Определяем общую грузонапряженность ГАУ:

$$\begin{aligned} G_{ГАУ} &= G_{\Sigma ГПМ(З)} + G_{\Sigma ГПМ(И)} + G_{\Sigma ГПМ(С)} = \\ &= 6875 + 8055 + 3550 = 18480 \text{ кг} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

5.5. Расчет максимальной грузонапряженности АТСС.

Учитывая, что скорость штабелера  $V = 15$  м/мин, а 70% затрачивается на операции разгрузки-выгрузки тары в АТСС и 30% на транспортные перемещения, то за 30% восьмичасового (480 мин) рабочего времени штабелер пройдет максимальное расстояние  $l = 2160$  м, которое делится на три основных грузонапряженных потока - по заготовкам-деталям, инструментальным комплектам и стружке. Тогда расстояние по каждому грузопотоку будет равно  $l = 720$  м.

Находим максимальную грузонапряженность по формуле:

$$\begin{aligned} G_{\max АТСС} &= q_{\max} \cdot l_{\max} = 350 \cdot 720 + 225 \cdot 720 + \\ &+ 25 \cdot 720 = 1.440.000 \text{ кг} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

$$\frac{G_{\max АТСС}}{G_{ГАУ}} = \frac{432000}{18480} = 23,37 \text{ раз,}$$

что обеспечивает запас по грузонапряженности перемещения заготовок-деталей, инструментальных комплектов и стружки на ГАУ.

По полученным данным принимаем три стеллажа высотой восемь ячеек и два штабелера.

6. Разработка структурной схемы управления ГАУ.

На основе полученных при расчете компонентов ГАУ данных производится разработка ее структурной схемы, элементов функционирования ее подсистем и общая компоновка. Структурная схема ее элементы и компоновка ГАУ представлены на рис. 2, 3, 4, 5, 6.

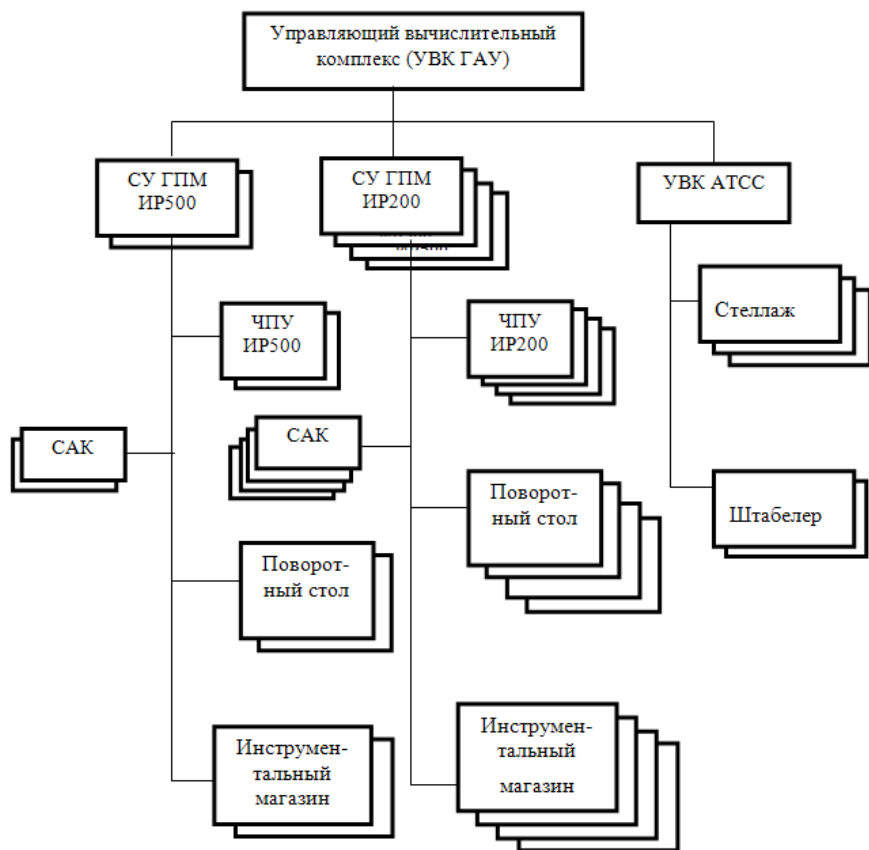


Рис. 2. Структурная схема ГАУ

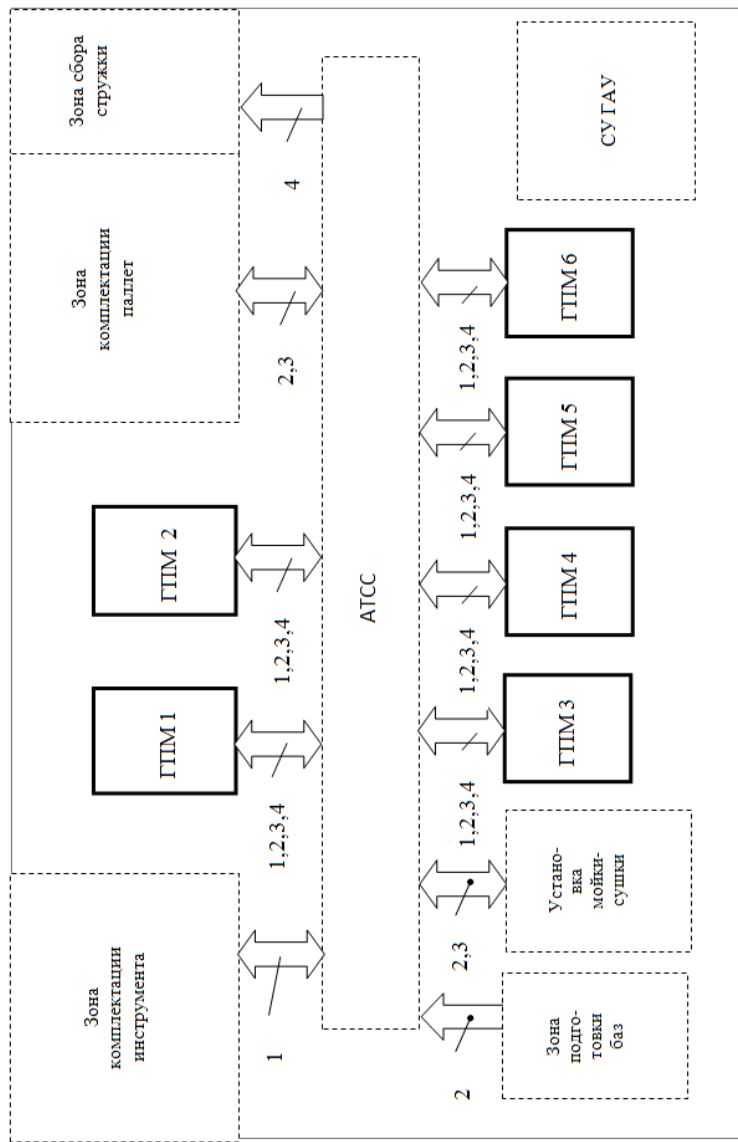


Рис. 3. Пример схемы общей компоновки ГАУ

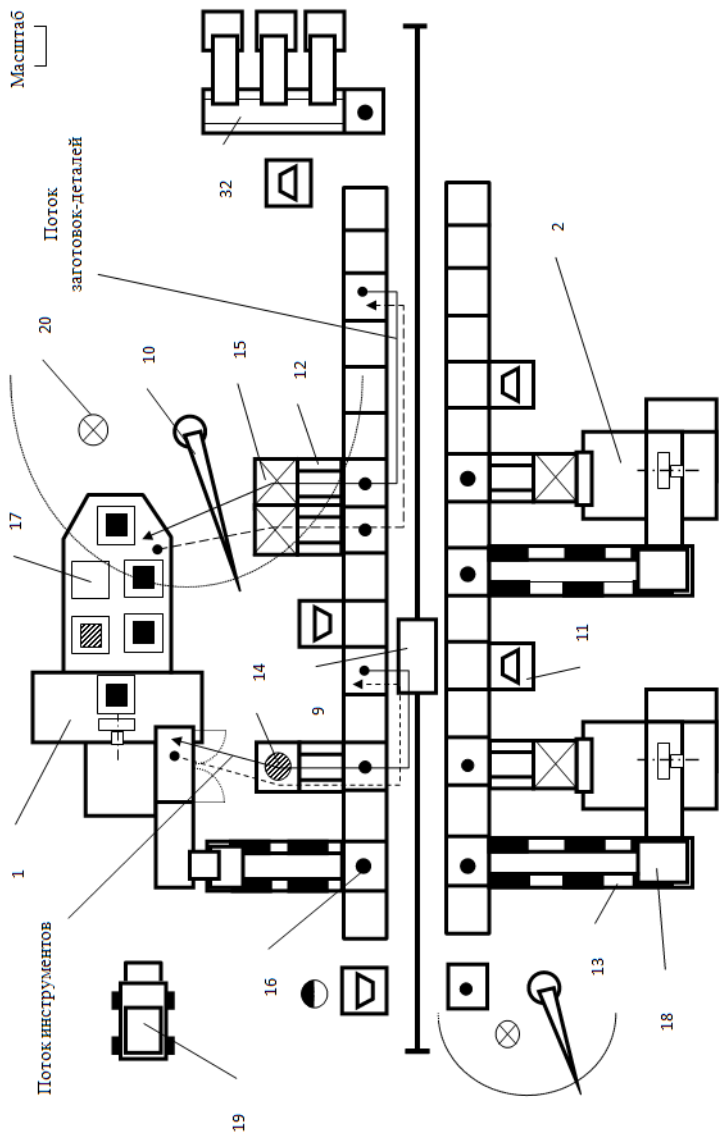


Рис. 4. Пример фрагментов компонентов ГАУ

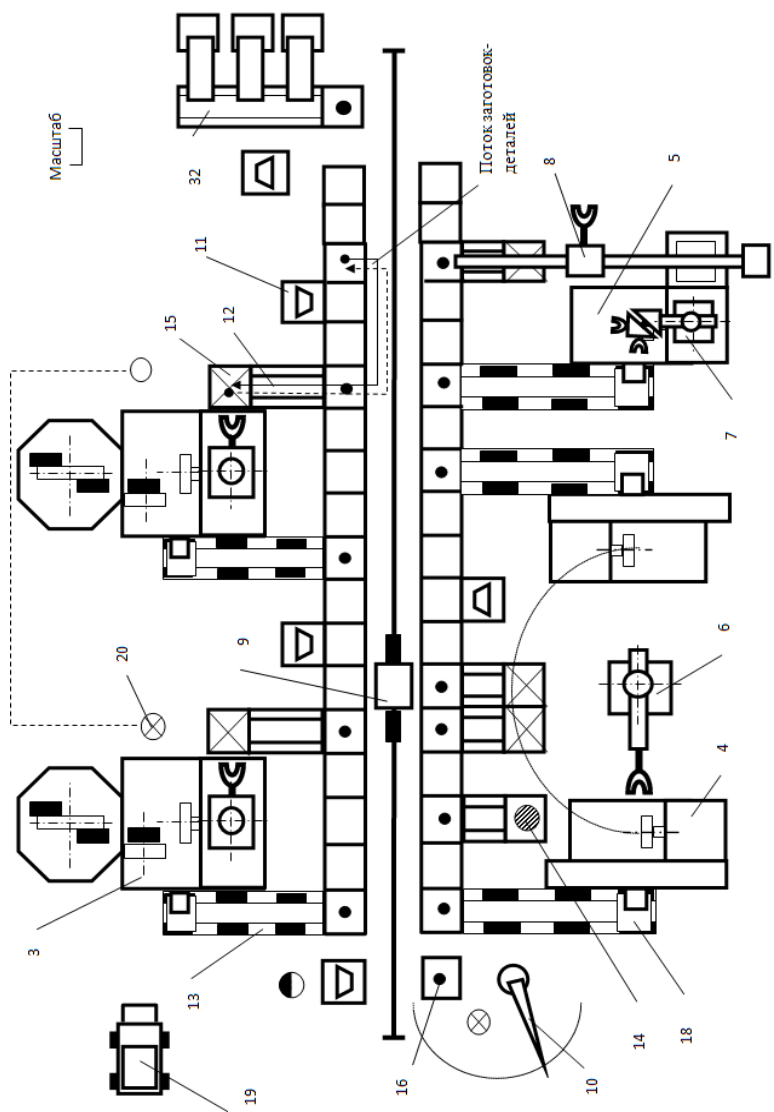


Рис. 5. Пример фрагментов компонентов ГАУ для обработки деталей типа «тел вращения»

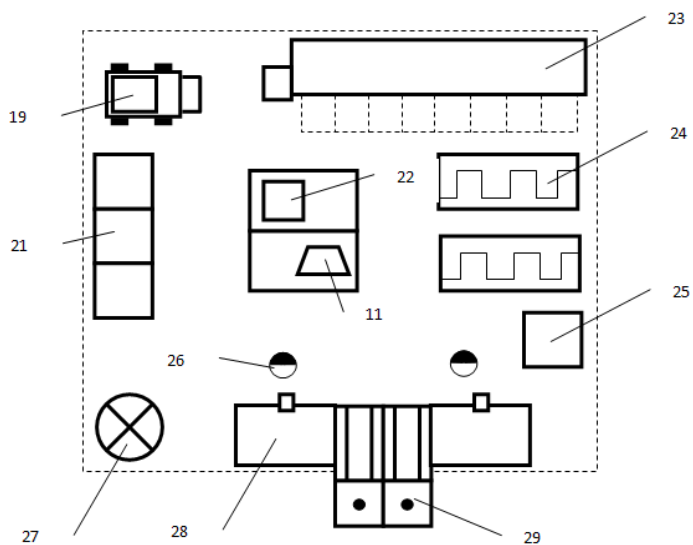


Рис. 6. Зона комплектации инструмента

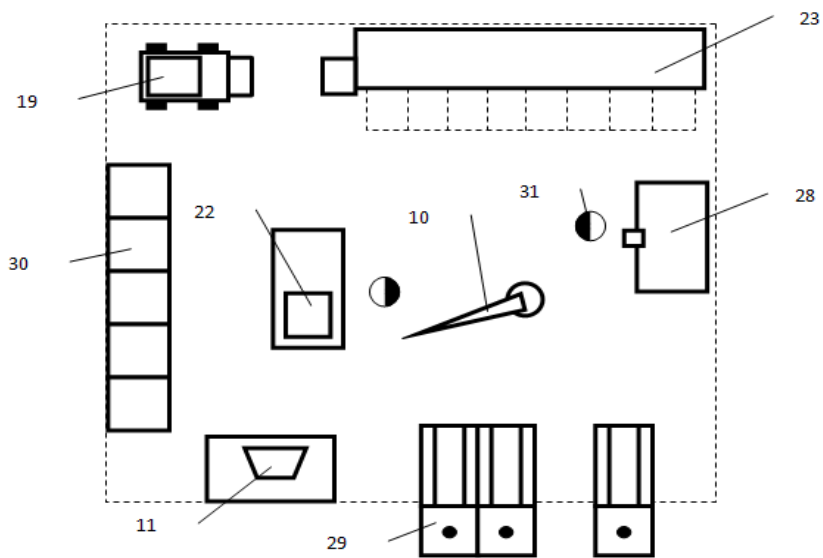


Рис. 7. Зона комплектации паллет

К разработанным схемам необходимо предоставить спецификацию.

Спецификация к рис. 3.

1. Поток инструментальных комплектов.
2. Поток паллет с заготовкой.
3. Поток деталей.
4. Поток тары со стружкой.

Спецификация к рис. 4, 5, 6.

1. ГПМ 1.
2. ГПМ 2.
3. ГПМ 3.
4. ГПМ 4.
5. Станок.
6. Робот напольный модели М20П.40.01.
7. Робот-манипулятор модели НЦ-31.
8. Робот подвесной транспортный модели НЦ-32.
9. Штабелер.
10. Шарнирно-балансирующий манипулятор (ШБМ).
11. АРМ с системой управления.
12. Рольганговый конвейер для подачи паллет с заготовками.
13. Цепной конвейер для подачи и выгрузки контейнера под стружку.
14. Устройство приема-выдачи инструментальных комплектов.
15. Устройство приема-выдачи заготовок-деталей.
16. Место приема-выдачи в АТСС.
17. Паллета.
18. Контейнер для стружки.
19. Транспортная тележка.
20. Оператор наладчик.
21. Прибор для настройки инструментальных блоков.
22. Поверочная плита.
23. Элеваторный стеллаж.
24. Стеллаж вспомогательной инструментальной оснастки.
25. Склад инструментоносителей.
26. Инструментальщик-сборщик.
27. Поворотная тумбочка режущих пластин.



28. Стол сборщика.
29. Конвейер.
30. Стеллаж для хранения паллет и спутников.
31. Сборщик вспомогательной оснастки.
32. Комплекс по переработке стружки.

II. Порядок выполнения курсовой работы для ГАУ изготовления деталей «тело вращения».

1. Выбирается структура и состав технологических компонентов и подсистем ГАУ для обработки деталей «тело вращения».

1.1. Станок модели ИРТ180ПМФ4:

- Размер обрабатываемой заготовки 180×180×180 мм;
- Число инструментов в магазине: 36 шт.

1.2. Станок модели 16К20Ф3:

- Размер обрабатываемой заготовки 200×200×200 мм;
- Число инструментов в магазине: 6 шт.

1.3. Время обработки условной детали - 7 мин.

1.4. Время загрузки равно 2 мин. Время разгрузки равно 2 мин.

1.5. Время промежуточного контроля равно 0,45 мин. Время окончательного контроля 1,5 мин.

Выбор состава ГАУ.

В состав ГАУ входит технологическое оборудование, автоматизированная транспортно-складская система (АТСС), секция по настройке инструмента, секция по подготовке заготовок, секция по удалению и переработки стружки, система управления ГАУ. (рис. 8, 9, 10, 11).

2. Производится расчет уровня автоматизации всех подсистем ГПС (расчет осуществляется аналогично расчету уровня автоматизации ГАУ изготовления корпусных деталей).

2.1. Расчет уровня автоматизации станка модели ИРТ180ПМФ4 представлен в табл. 12.

Уровень автоматизации станка модели ИРТ180ПМФ4 определяется по формуле:

$$K_a (\text{ИРТ180ПМФ4}) = \frac{\sum A_i}{n}.$$

Таблица 12

**Уровень автоматизации станка модели ИРТ180ПМФ4**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Включение оборудования	автоматическое	1
2	Установка заготовки на станке	автоматическое	1
3	Поиск инструмента	автоматическое	1
4	Установка нулевой точки инструмента	автоматическое	1
5	Обработка заготовки	автоматическое	1
6	Контроль обрабатываемой поверхности	автоматическое	1
7	Контроль целостности режущего инструмента	автоматическое	1
8	Смена инструментального комплекта	автоматизированное	0,5
9	Снятие готовой детали	автоматическое	1
Итого			8,5

2.2. Расчет уровня автоматизации станка модели 16К20Ф3 представлен в табл. 13.

Таблица 13

**Уровень автоматизации станка модели 16К20Ф3**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Включение оборудования	автоматическое	1
2	Установка заготовки на станке	автоматическое	1
3	Поиск инструмента	автоматическое	1
4	Установка нулевой точки инструмента	автоматизированное	0,5
5	Обработка заготовки	автоматическое	1
6	Контроль обрабатываемой поверхности	автоматическое	1
7	Контроль целостности режущего инструмента	автоматическое	1
8	Смена инструментального комплекта	ручное	0
9	Снятие готовой детали	автоматическое	1
Итого			7,5

Уровень автоматизации станка модели 16К20Ф3 определяется по формуле:

$$K_a(16K20\Phi3) = \frac{\sum A_i}{n}.$$

2.3. Расчет уровня автоматизации транспортно-складской системы (АТСС) представлен в табл. 14.

Таблица 14

**Уровень автоматизации АТСС**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Передача информации по «Запросу»	автоматическое	1
2	Поиск комплектующего запроса	автоматическое	1
3	Перемещение штабеллера	автоматическое	1
2	Установка на устройство приема-выдачи	автоматическое	1
5	Передача информации на верхний уровень ГАУ	автоматическое	1
Итого			5,0

Уровень автоматизации АТСС определяется по формуле:

$$K_a(ATCC) = \frac{\sum A_i}{n}.$$

2.4. Расчет уровня автоматизации зоны комплектации инструмента – автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО) представлен в табл. 15.

Таблица 15

**Уровень автоматизации АСИО**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Поиск информации по комплектующим инструмента	автоматизированное	0,5
2	Комплектация инструмента	автоматизированное	0,5
3	Сборка инструмента	ручная	0
4	Предварительная настройка инструментального блока	автоматизированное	0,5
5	Комплектация инструментальной наладки	ручная	0
6	Отправка инструментальной наладки на рабочую позицию	автоматизированное	0,5
7	Передача инф-ции на верх. уровень ГАУ	автоматизированное	0,5
Итого			2,5

Уровень автоматизации АСИО определяется по формуле:

$$K_a(СИО) = \frac{\sum A_i}{n}.$$

2.5. Расчет уровня автоматизации комплекса по переработке стружки (КПС) представлен в табл. 16.

Таблица 16

**Уровень автоматизации КПС**

№ п/п	Наименование функции	Уровень автоматизации	Значение
1	Срабатывание датчиков наполнения тары стружкой	автоматическое	1
2	Передача информации о наполнении тары стружкой	автоматическое	1
3	Вывоз транспортной тары к месту переработки стружки	автоматическое	1
4	Переработка стружки	автоматизированное	0,5
Итого			3,5

Уровень автоматизации КПС определяется по формуле:

$$K_a(КПС) = \frac{\sum A_i}{n}.$$

26. Расчет общего уровня автоматизации ГАУ осуществляется по формуле:

$$K_a(ГАУ) = \frac{\sum K_a}{N},$$

где  $N$  - количество подразделений ГАУ;  $\sum K_a$  - сумма уровней автоматизации технологического оборудования и всех подразделений ГАУ.

Принимаем общий уровень автоматизации согласно рис.8.

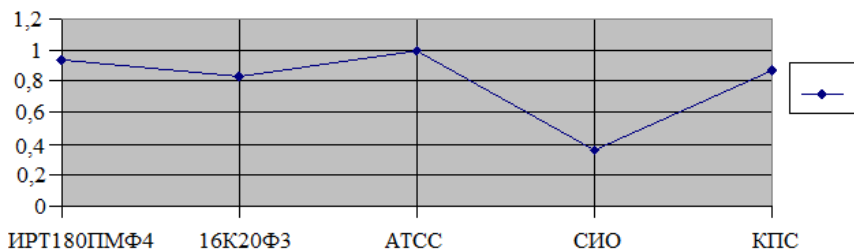


Рис. 8. Уровень автоматизации всех подсистем ГАУ

Исходя из уровня автоматизации и заданного количества обрабатываемых изделий принимаем для обработки деталей  $180 \times 180 \times 180$  мм – 2 единицы ИРТ180ПМФ4, для обработки деталей  $200 \times 200 \times 200$  мм - 4 единицы 16К20Ф3.

3. Проектирование автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО) ГАУ для изготовления «тел вращения» выполняется аналогично проектированию ГАУ изготовления корпусных деталей.

4. Обоснование системы контроля в ГАУ для изготовления «тел вращения» выполняется аналогично обоснованию ГАУ изготовления корпусных деталей.

5. Расчет грузонапряженности ГАУ для изготовления «тел вращения» выполняется аналогично расчету ГАУ изготовления корпусных деталей.

6. Разработка структурной схемы управления ГАУ.

На основе полученных при расчете компонентов ГАУ данных производится разработка ее структурной схемы, элементов функционирования ее подсистем и общая компоновка. Структурная схема ее элементы и компоновка ГАУ представлены на рис. 9, 10, 11.

К разработанным схемам необходимо предоставить спецификацию, которая выполняется аналогично ГАУ изготовления корпусных деталей.

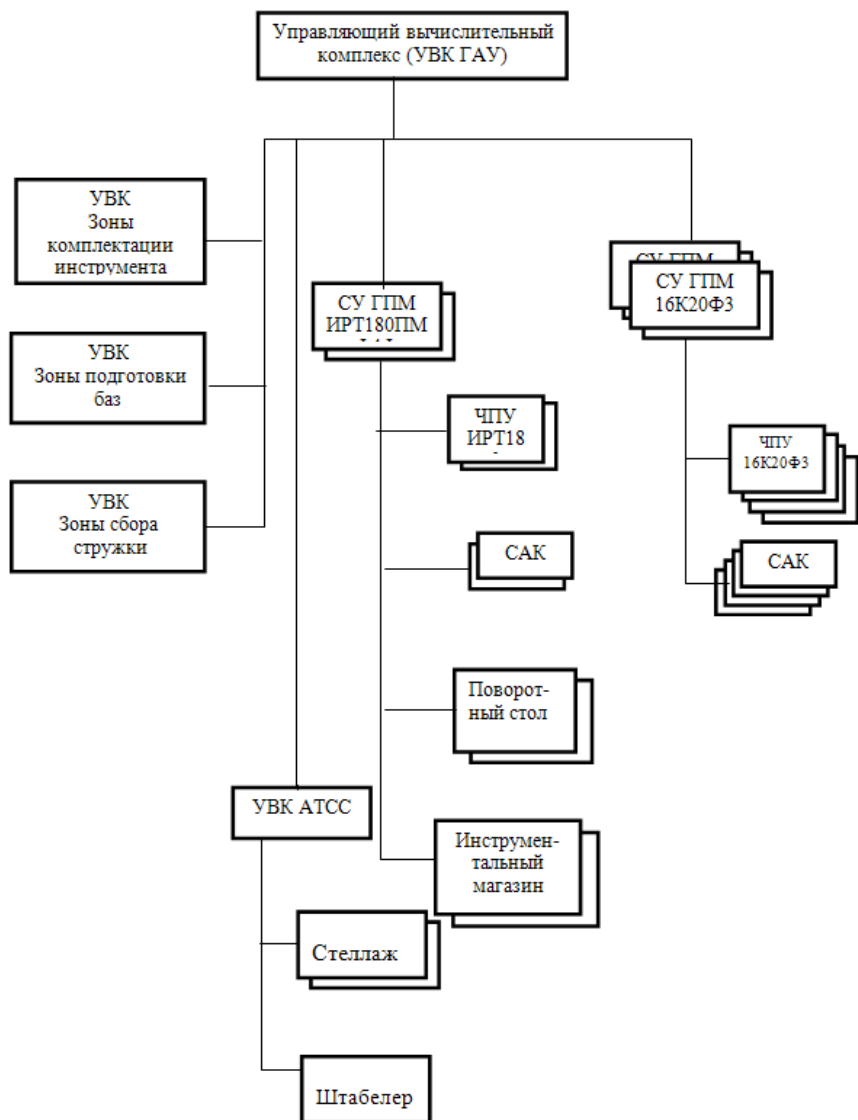


Рис. 10. Структурная схема ГАУ

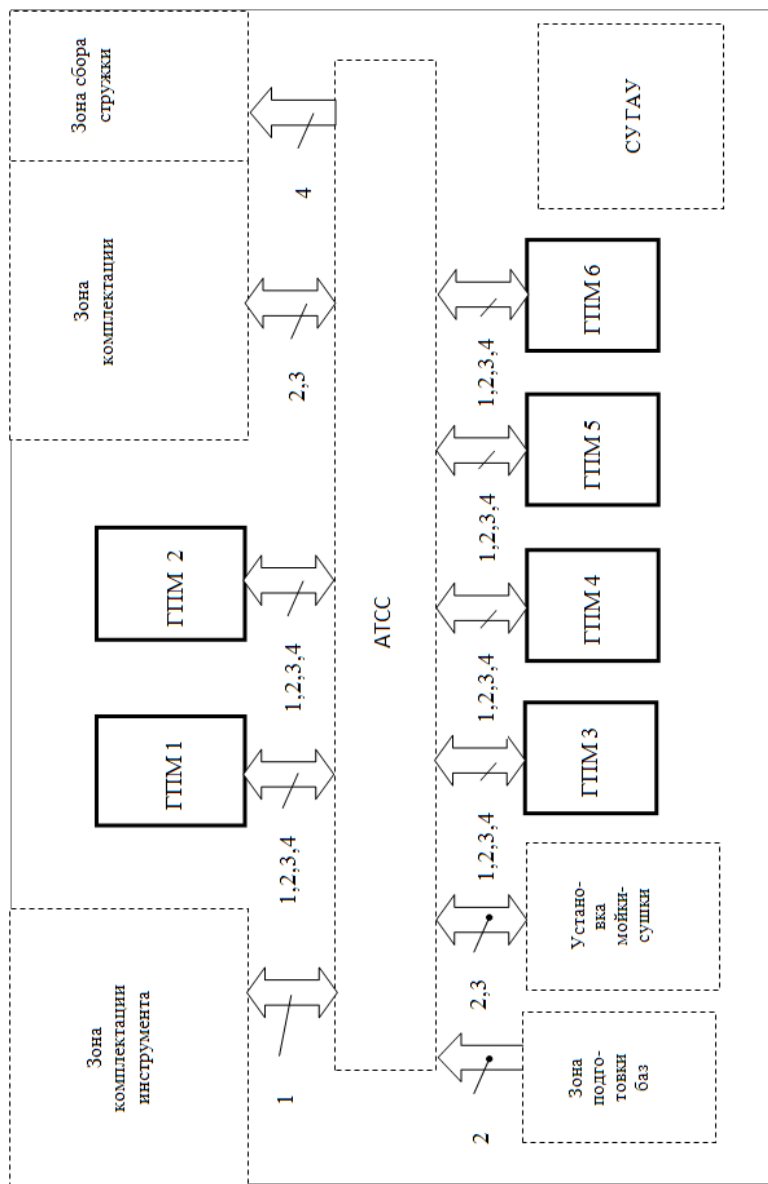


Рис. 1.1. Пример схемы общей компоновки ГАУ

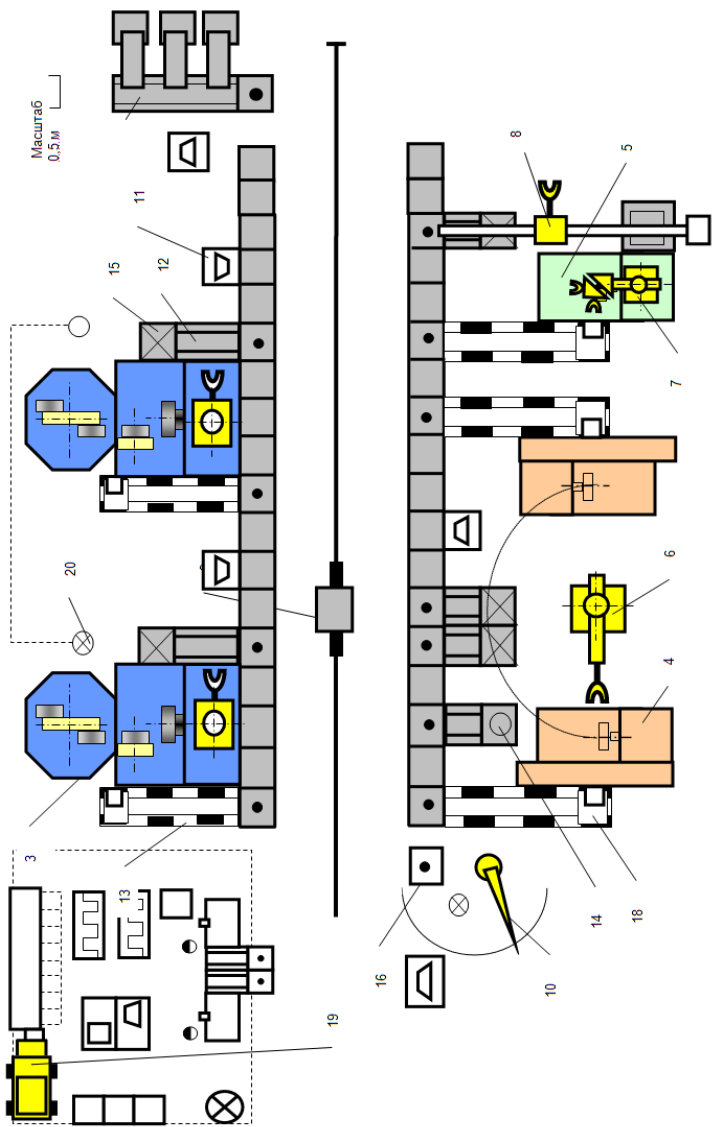


Рис. 12. Пример фрагментов компонентов ГАУ для обработки корпусных деталей



### **3. Рекомендуемый библиографический список Основной**

1. Медведев А.Е. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие / А.Е. Медведев, А.В. Чупин. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2009. — 325 с. <https://e.lanbook.com/book/6606>.
2. Силич А.А. Автоматизация технологической подготовки производства с использованием САПР ТП: учеб. пособие — Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. — 112 с. <https://e.lanbook.com/book/55414>.
3. Трусов А.Н. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. пособие — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2010. — 200 с. <https://e.lanbook.com/book/6609>.
4. Храменков В.Г. Автоматизация производственных процессов: учебник — Томск: ТПУ, 2011. — 343 с. <https://e.lanbook.com/book/10325>.

### **Дополнительный**

5. Ганзбург Л.Б. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. пособие / Л. Б. Ганзбург, В. В. Максаров, А. Г. Схиртладзе. - СПб: Изд-во СЗТУ, 2001. - 177 с.
6. Дмитриев В.Г. Основы автоматизации проектирования горных транспортных машин: учеб. пособие / В.Г. Дмитриев, П.Н. Егоров, В.А. Малахов. - Москва: Горная книга, 2004. — 233 с. <https://e.lanbook.com/book/3457>.
7. Зубарев Ю.М. Автоматизация координатных измерений в машиностроении: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев, С.В. Косаревский. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 160 с. <https://e.lanbook.com/book/93000>.
8. Страшун Ю.П. Основы сетевых технологий для автоматизации и управления: учеб. пособие — Москва: Горная книга, 2003. — 111 с. <https://e.lanbook.com/book/3485>.

### **Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>.
2. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>.
4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>.
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>. <https://e.lanbook.com/books>.
7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru](http://www.garant.ru).
9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань».
10. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ).
11. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>.
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru>.
14. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru>.

## **Содержание**

1. Цель и задачи курсовой работы.....	3
2. Задание на курсовую работу и методические указания к ее выполнению.....	4
3. Рекомендуемый библиографический список.....	33