

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Гомельский государственный технический университет имени  
П.О.Сухого  
Кафедра «Технология машиностроения»

Н.А.Старовойтов, Д.В.Мельников

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В  
МАШИНОСТРОЕНИИ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

к курсовому проектированию по одноименной дисциплине для студентов  
специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
дневной и заочной форм обучения

Гомель 2020

УДК 658.52.011.56(075.8) ББК

34.5-5я73 В39

М91

*Рекомендовано научно-методическим советом машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого (протокол №7 от 10.03.14)*

Рецензент: канд. технич. наук, доц. каф. «Сельскохозяйственные машины» ГГТУ им.П.О.Сухого А.В.Голопятин.

Старовойтов Н.А, Мельников Д.В.

М91 «Автоматизация производственных процессов в машиностроении»: учебно - метод. пособие к курсовому проектированию по одноименной. дисциплине для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 1-3 01 01 «Технология машиностроения», в уточненной редакции./Старовойтов Н.А. Мельников Д.В. - Гомель ГГТУ им. П О Сухого, 2020. - 33с

Изложены принципы создание автоматизированных групповых технологических процессов, рассмотрен анализ конструкции деталей с точки зрения возможности их обработки на автоматическом оборудовании, даны рекомендации по выбору оборудования и проектированию средств автоматизации.

Для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»

УДК658.52.011.56(075.8) ББК 4.5-5я73

Старовойтов Н.А, Мельников Д.В, Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого, 2020

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью курсового проектирования является закрепление теоретических знаний полученных в процессе изучения дисциплин «Автоматизация производственных процессов в машиностроении», «Технология обработки на станках с ЧПУ», «Технология машиностроения», «Технологическая оснастка», «Проектирование механо-сборочных участков и цехов», «Технология пневмо- и гидроприводов», «САПР технологических процессов» и др.

Характерным признаком современного производства является частая сменяемость изделий. При этом требования к производительности в условиях мелко-, среднесерийного и серийного производства значительно возрастают. Противоречия требований мобильности и производительности находят разрешение в создании гибких производственных систем (ГПС). Высокая эффективность производства достигается рациональным сочетанием оборудования, организацией транспортных операций и управления ГПС.

Использование связанных гибких производственных систем в составе гибких производственных модулей (ГПМ), гибких производственных ячеек (ГПЯ), гибких производственных островов (ГПО) и гибких производственных систем (ГПС), позволяет изготавливать детали в любом порядке и варьировать их выпуск в зависимости от производственной программы и партий запуска в производство, сокращает затраты и время на подготовку производства, а также прослеживание их в межоперационных заделах, увеличивает оборачиваемость капитала, изменяет характер работы персонала, повышая удельный вес творческого, высококвалифицированного труда.

Основная задача курсового проектирования заключается в том, чтобы студенты приобрели умение самостоятельно решать комплекс задач и вопросов, связанных с автоматизацией производственных процессов, а именно:

- на основании выбранного оборудования, используя групповой метод обработки деталей, определять группы деталей, подлежащих обработке на выбранном оборудовании.

- разрабатывать групповые технологические процессы механической обработки для выбранной группы деталей, производить расчеты производительности с выбором оптимально-эффективных вариантов, производить выбор технологического оборудования для механической обработки в гибком автоматизированном производстве;

- производить расчет количества ГПМ отдельных и входящих в ГПЯ, ГПО и ГПС, емкости складов для хранения заготовок, готовых деталей, оснастки и инструмента, транспортных средств и устройств доставки деталей и инструмента к местам обработки при реализации этих процессов;

- компоновать из выбранного технологического оборудования

ГПЯ, ГПО и ГПС при механической обработке в машиностроении.

Конечной целью курсового проектирования является: спроектировать ГПО для обработки группы деталей, состоящий из однотипных и разнородных единиц оборудования.

Студент выполняет работу в соответствии с заданием, выданным руководителем работы, который проводит консультации и осуществляет ее рецензирование.

За качество работы, принятые решения и выполнение ее в срок ответственность возлагается на студента.

## **2. ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Курсовое проектирование состоит из расчетно-пояснительной записки на 30 - 35 страницах и графической части - 1.5 - 2 листа формата А1. Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с общими требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.106-77.

Первым листом записки является «Содержание». На последнем листе приводится перечень литературы, которая использована при выполнении курсовой работы. Этот лист оформляется в соответствии с ГОСТ 2.107.1-84. Перечень литературных источников располагают либо в алфавитном порядке, либо в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки. Приложения к расчетно-пояснительной записке располагаются после перечня литературы.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать нижеследующие разделы и соответствовать техническому заданию, которое должно быть вложено в нее первым листом:

### **Введение.**

#### **1. Технологический раздел.**

1.1. Назначение детали.

1.2. Анализ детали с точки зрения ее возможности обработки на автоматическом оборудовании.

1.3. Разработка группового технологического маршрута обработки деталей в автоматизированном производстве

1.4. Нормирование технологического процесса.

1.5. Составление циклограммы работы РТК при загрузке-выгрузке детали с максимальным синхронизированным тактом производства на одной из операций.

1.6. Составление диаграммы загрузки ГПО.

1.7. Выбор технологического оборудования.

1.8. Выбор систем транспортирования, складирования, доставки заготовок, (деталей), инструмента к местам обработки и на склад, а также системы управления.

1.9. Структурная схема системы автоматизированного управления ГПО.

1.10. Разработка планировки ГПО для групповой обработки деталей.

#### **2. Конструкторский раздел.**

Содержит нижеследующие варианты:

2.1. Расчет усилия зажима захвата робота, разработка его конструкции для одной из операций, где деталь претерпевает максимальное изменение своей формы после обработки.

2.2. Разработка конструкции поддона (кассеты) для укладки заготовок и готовых деталей. Расчет его на точность базирования и прочность.

2.3. Разработка конструкции транспортного устройства приемки поддонов со склада на линию перегрузки их на транспортные тележки.

2.4. Разработка конструкции автоматизированного приспособления для крепления детали при обработке на одной из операций. Расчет усилия зажима, на прочность и точность базирования.

2.5.Разработка чертежа наладки при обработке на токарной операции одним из приводных инструментов.

Студент по своему усмотрению, по согласованию с руководителем, может выбрать один или несколько вариантов конструкторской разработки по п.п. 2.1 - 2.5.

Графическая часть должна быть выполнена в соответствии с действующими стандартами ЕСКД, и оформлена в виде приложений и содержать чертежи и схемы.

### **3. Выводы**

### **4. Литература**

**5.Приложения к расчетно-пояснительной записке. Приложение 1** - Чертеж детали на листе формата А4 - А2 с указанием номеров обрабатываемых поверхностей, соответствующих номерам переходов и операций.

**Приложение 2** - Маршрутно-операционный технологический процесс базовой детали. Операционные карты по ГОСТ3.1404-86, форма 3 без операционных эскизов.

**Приложение 3** - Чертеж общего вида средства механизации или автоматизации механической обработки на 1 листе формата А2 - А1 со спецификацией, *одного или нескольких вариантов*, выбранных в соответствии с п.п. 2.1 -2.5.

**Приложение 4** - Планировку ГПО с автоматизированной транспортно-складской системой (АТСС), автоматизированным складом (складами) заготовок, инструмента и оснастки, технологическим оборудованием, на 1 листе формат А1 со спецификацией.

Более подробное содержание разделов расчетно-пояснительной записки приведено ниже:

## **ВВЕДЕНИЕ**

В данном разделе необходимо изложить роль гибкости при групповой механической обработке деталей в серийном производстве. Обосновать, почему способ групповой обработки для данного типа производства является наиболее эффективным.

## **1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **1.1. Назначение и описание конструкции детали**

Описать назначение детали, ее материал, химический состав, и механические свойства. Необходимо указать, если есть такая информация, для чего предназначена деталь и в какой узел она входит. Описать назначение рабочих поверхностей детали. Химический состав и механические свойства детали должны быть представлены в виде таблиц. *Условно предполагается, что профиль детали повторяет профиль заготовки, полученной способом поперечной клиновой прокатки или на ГKM и для получения чистовых размеров наружных поверхностей детали, припуск снимается за два прохода.*

### **1.2 Анализ детали с точки зрения возможности ее обработки в гибком автоматизированном производстве**

Цель такого анализа - выявление недостатков конструкции по сведениям, со

держась в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции. При анализе вопросов технологичности конструкции целесообразно выделить вопросы технологичности деталей и технологичности изделия в целом.

Общие требования, предъявляемые к деталям изделия:

- детали должны иметь ясно выраженные базы и признаки ориентирования, позволяющие организовать их транспортирование и складирование в ориентированном виде с использованием стандартизированной оснастки.
- поверхности для базирования и захвата, должны быть однородными по форме и расположению, что необходимо для установки деталей в рабочую зону обрабатывающего оборудования без дополнительной выверки.
- конструкция деталей должна обеспечивать возможность надежного захвата, удержания и переноса ее захватными устройствами, а при выдаче их из бункерно-ориентирующих устройств они не должны взаимно сцепляться.
- для предупреждения заедания и торможения деталей в лотках их поверхность должна быть достаточно гладкой, на ней не должно быть заусенцев.
- детали, подлежащие обработке на РТК и ГПС должны характеризоваться возможностью группирования по конструктивно-технологическим признакам с целью обеспечения применения групповой формы организации производственных процессов и использования однородного основного и вспомогательного оборудования.
- при корректировке конструкции детали следует стремиться к максимальной унификации ее отдельных элементарных поверхностей.

Приведенные требования технологичности конструкций деталей и изделий в условиях групповой обработки на автоматическом оборудовании носит общий характер. Более подробно эти вопросы рассматриваются в рекомендуемой литературе [1, 2].

Конкретно оценку степени подготовленности изделий для автоматизированного производства необходимо производить в соответствии с «Приложением 2», а определение категории сложности по «Таблице 2», приведенные в литературе [2].

Если деталь соответствует первой или второй степени сложности автоматизации, то она соответствует наименьшей и средней категории сложности автоматизации соответственно. Третья категория сложности требует необходимого экономического обоснования. Четвертая категория сложности целесообразна только для исключения вредных условий труда, когда невозможно выполнение операций на оборудовании с более низкой степенью автоматизации и наличия персонала.

После проведенного анализа технологичности все предложения по изменению конструкции деталей или сборочной единицы должны быть систематизированы в расчетно-пояснительной записке, некоторые предложения по согласованию с консультантом курсовой работы могут быть внесены в конструкцию детали.

### 1.3. Разработка группового технологического маршрута обработки детали в автоматизированном производстве

Для получения максимальной эффективности технологического процесса необходимо создание гибкого производства для групповой обработки деталей, в основу которого положена быстрая переналаживаемость при переходе на производство партий новых деталей, количество наименований которых должно быть максимальным в перспективе. При разработке технологических маршрутных процессов групповой обработки деталей должны соблюдаться основные принципы [35]:

- принцип завершенности.
- принцип малооперационной технологии.
- принцип «малолюдной» технологии.
- принцип «безотладочной» технологии.
- принцип активно-управляемой технологии.
- принцип оптимальности.
- принцип групповой технологии.

Принцип групповой технологии является определяющим, так как обеспечивает гибкость.

При подборе группы деталей, состоящей из  $i$  наименований деталей, для обработки в гибком производстве, **в основу положены технические характеристики, применяемого для этого оборудования.** Исходя из принципа завершенности и малооперационной технологии выбираются гибкие обрабатывающие многооперационные центры (модули), которые, обеспечивали бы более полную обработку выбранной наиболее сложной «детали-представителя», группы (рис.1), с максимальным количеством операций (переходов) и имели бы возможность обработки других переходов, которые имеются у других деталей группы и отсутствуют у «детали-представителя»

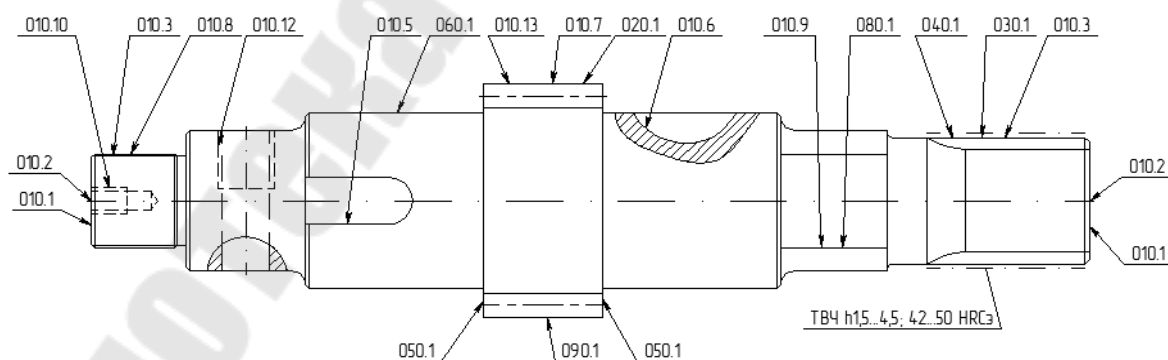


Рис.1 «Деталь-представитель» при групповой технологии обработки.

Эффективность ГПС возрастает с ростом количества наименований деталей. Для этого составляют сводную таблицу (Таблица 1) переходов, присутствующих у «детали-представителя» группы с добавлением переходов, которые имеются у дру

гих деталей группы и отсутствуют у «детали представителя». Затем производят разработку маршрутной технологии «детали представителя» и для других деталей с последующим нормированием процесса с целью определения времени такта их об

работки. Время такта обработки других деталей группы определяют путем исключения у них отсутствующих переходов и нормирования времени обработки имеющихся подобных и дополнительных переходов обрабатываемых на ней. В перспективе необходимо учитывать дополнительно новые операции (переходы), которые могут появиться при обработке новых деталей, например, зубошевингование и др. В этом случае такие операции (переходы) включают в таблицу операций и переходов, и оставляют свободные производственные площади для наращивания мощностей.

Таблица 1 Свод операций и переходов при обработке поверхностей группы деталей.

Наименование операции	Наименование перехода	Номер операции	Номер перехода	Номер детали				
				1*	2	...	i-1	i
Токарная комплексная	Подрезка торца	10	1	+	+	+	+	+
	Центрование	010	2	+	+	+	+	+
	Точение черновое и чистовое		3	+	+	+	+	+
	Растачивание отверстий		4	+	-	+	+	-
	Фрезерование канавок, пазов в т.ч. шпоночных		5	+	+	+	-	+
	Фрезерование сегментных шпоночных пазов		6	+	-	-	-	+
Токарная комплексная	Фрезерование шлицев, зубьев	010	7	+	+	-	+	-
	Нарезание резьб резцом на наружных поверхностях		8	+	+	+		+
	Фрезерование лысок		9	+	-	-	+	-
	Нарезание резьб метчиком параллельно оси вращения		10	+	+	-	-	+
	Нарезание резьбы резцом на внутренних поверхностях		11	+	-	-	+	-
	Нарезание резьбы метчиком перпендикулярно оси вращения и под углом к ней		12	+	+	-	-	+



Продолжение таблицы 1

Зубо- фре- зерная	Зубофрезерование черновое, чистовое	020	13	+	-	+	-	-
Термическая	Закалка ТВЧ	030	14	+	-	+	+	-
Шли- цеш- лифо- валь- ная 1-я	Шлифование наружной поверхности шлицев	040	15	+	-	+	-	-
Шли- цеш- лифо- валь- ная 2-я	Шлифование боковых и внутренних поверхностей шлицев	050	16	+	-	+	-	-
Круг- лош- лифо- валь- ная	Круглое шлифование наружных поверхностей детали	060	17	+	-	+	-	-
Внут- риш- лифо- валь- ная	Круглое шлифование внутренних поверхностей	070	18	+	-	+	+	-
Плос- кош- лифо- валь- ная	Плоское шлифование поверхностей	080	19	+	-	-	+	+
Зубо- шлифо- валь- валь-	Зубошлифование	090	20	+	+	+	-	+
Прот- тяжная	Протягивание внутренних отверстий, шпоночных пазов и шлицев.	100	21	+	+	+	+	+
Моеч- ная	Моечная	110	22	+	+	+	+	+
Примечание: В таблице указывается «плюс», если данный переход присутствует «минус», если он отсутствует.*обозначена «комплексна «деталь-представитель» группы деталей.								

Если в таблице 1 отсутствуют некоторые операции и переходы у новых деталей при добавлении их в группу, то их необходимо в нее добавить.

Основной задачей этого этапа является составление общего плана обработки деталей, формулировка содержания операций технологического процесса и выбор

типа оборудования. При проектировании технологических процессов для автоматизированного производства необходимо стремиться к достижению равной или кратной длительности такта обработки на отдельных операциях в пределах одного ГПО и уменьшению количества технологических единиц в линии за счет повышения степени концентрации технологических операций и применения многоинструментальной обработки. В большинстве случаев при групповой обработке в начале трудно добиться равномерной загрузки оборудования. По мере увеличения количества наименований деталей группы, за счет оптимизации длительности время обработки по отдельным операциям, этот показатель можно значительно улучшить.

Для этого существуют математические программы оптимизации, которые позволяют из группы деталей на основании разработанных маршрутных процессов, подобрать группу деталей обеспечивающих наиболее оптимальную загрузку по отдельным операциям. Для этого, с учетом наращивания мощностей с учетом добавления новых деталей, на планировке цеха оставляют места для монтажа «задним числом» новых обрабатывающих центров.

Особое внимание при подборе деталей группы, следует обращать на выбор установочных баз. Желательно выдерживать в максимальной степени принцип постоянства баз, и принцип совмещения конструкторских, технологических и измерительных баз. Это необходимо для того, чтобы обрабатываемые детали занимали как можно меньше различных положений в процессе перемещения от одной к другой операции.

Завершается этот раздел разработкой маршрутно-операционного технологического процесса, который оформляется в виде маршрутной карты и чертежа «детали-представителя» с указанием размеров и номеров поверхностей, соответствующим номерам переходов при ее обработке. В маршрутной карте детали указываются: номер и наименование операции, номер и наименование перехода, штучно-калькуляционное время и его составляющие. Выбор технологических баз в случае оформлении эскизов, производится в соответствии с ГОСТ 3.1107-81.

#### **1.4. Нормирование технологического процесса**

При нормировании технологического процесса необходимо стремиться к тому, чтобы длительность цикла обработки на всех операциях была приблизительно одинаковой или кратной целому числу. Нормирование технологического процесса как раз и позволяет определить, выполняется ли это условие. В случае не выполнения этого условия, необходимо подбирать дополнительно детали для дополнительной загрузки оборудования на операциях не загруженных.

Технические нормы времени в условиях мелкосерийного, серийного и крупносерийного производства для обработки деталей групп устанавливаются укрупнено в соответствии с литературой [4;5;6;7;8;9].

Если ( $T_{onij}$ ) меньше ресурса стойкости инструмента, и если позволяет емкость инструментальной головки, то необходимо предусмотреть установку инструментов-дублеров.

В общем случае в гибком автоматизированном производстве штучно - калькуляционное время  $T_{шкij}$  детали  $i$  - того наименования  $j$  - той операции определяется по формуле:

$$T_{шкij} = T_{пзij} / n_{ij} + T_{штij} = T_{пзij} / n_{ij} + T_{оij} + T_{вij} + T_{обij} + T_{отij} + T_{загij} + T_{выгij} \quad (1)$$

где  $T_{шт}$  - штучное время, мин.

$T_{пз}$  - подготовительно-заключительное время детали  $i$  - того наименования на  $j$  - той операции, мин;

$n$  - количество деталей в партии детали  $i$ -того наименования на  $j$  операции, шт.

$T_o$  - основное время, мин. обработки детали  $i$ -того наименования на  $j$ -той операции;

$T_v$  - вспомогательное время мин. обработки детали  $i$ -того наименования на  $j$  операции на многооперационных станках с ЧПУ, мин.;

$T_{об}$  - время, мин. на обслуживание рабочего места при обработке детали  $i$ -того наименования на  $j$ -той операции;

$T_{от}$  - время мин. перерывов на отдых и личные надобности при обработке детали  $i$ -того наименования на  $j$ -той операции;

$T_{заг}$  - время мин. загрузки (заготовки) детали  $i$ -того наименования на  $j$ -той операции роботом (трансманипулятором);

$T_{выг}$  - время мин. выгрузки детали  $i$ -того наименования на  $j$ -той операции роботом (трансманипулятором);

При этом нормируют нижеследующие работы:

1).  $T_{пз}$  - подготовительно-заключительное время детали, в которое входит:

1.1 Замена блоков инструментальных с инструментами в токарных многооперационных станках. На снятие и замену одного блока необходимо время  $T_{зи}$  равное 3 - 4 мин. если блоки крепятся 4-мя болтами. При цанговом зажиме блоков, время смены сокращается до 0,5 мин. Количество используемых блоков выбирается по техпроцессу. Если ( $T_{шт} n_{ij}$ ) меньше ресурса стойкости инструмента, и если позволяет емкость инструментальной головки, то необходимо предусмотреть установку инструментов-дублеров.

1.2 Привязка инструмента к системе координат детали. Производится вручную или с помощью датчика касания при условии, что инструменты были настроены предварительно вне станка на приборе для наладки инструмента и все необходимые данные были загружены в устройство ЧПУ. На привязку одного инструмента вручную приблизительно необходимо от 0,3 до 0,5 мин. в зависимости от скорости быстрых ходов станка. Если инструменты были настроены предварительно вне станка на приборе, то этого время достаточно для привязки всех инструментов.

1.3 Прогон управляющей программы на мониторе ЧПУ без движения по осям в покадровом режиме с целью выявления грубых ошибок. В зависимости от слож-

ности детали необходимо 5 - 6 мин;

1.4 Прогон управляющей программы на холостом ходу с ускоренным движением по осям со сменой инструмента. Это время приблизительно равно 20 - 30% от  $T_{шт}$ , мин;

1.5 Обработка первой пробной детали из партии в покадровом режиме с контролем процесса обработки, контроля размеров и подналадкой. Для этого необходимо дополнительное время равное

$$(2-3) \cdot T_{шт};$$

2) Количество деталей  $n$  в партии определяется при годовом оперативном планировании на предприятии. В партию деталей включается дополнительно одна пробная заготовка для отладки техпроцесса обработки партии деталей. Основными критериями количества выбора деталей в партии, является цикличность выпуска готовых изделий при сборке и эффективность производства. В гибком производстве количество деталей в партии и количество партий деталей на протяжении годового периода изготовления может быть разной, в связи с тем, что одновременно на протяжении года могут выпускаться различные изделия с различной месячной производственной программой;

3)  $T_0$  - основное время, мин. обработки детали  $i$  - того наименования на  $j$ -той операции. Рассчитывается по литературе [4;5;7;9];

4)  $T_v$  - вспомогательное время мин. обработки детали  $i$  того наименования на  $j$  операции на **многооперационных** станках с ЧПУ, мин,

$$T_{vij} = T_{сс} \cdot N_{см}, \quad (2)$$

где  $T_{сс}$  время мин. смены инструмента от «стружки до стружки», мин., имеется в технической характеристике большинства станков;

$N_{см}$  - число смен инструмента при выполнении операции. Для станков, где нет данных - по литературе [27];

5)  $T_{об}$  и  $T_{от}$  - время, мин. на обслуживание рабочего места при обработке детали  $i$  - того наименования на  $j$  - той операции, рассчитывается по литературе [27] и выбирается в % от оперативного времени ( $T_{0ij} + T_{vij}$ );

6)  $T_{заг}$  и  $T_{выг}$  – равно соответственно промежутку времени от открытия двери ограждения для загрузки-выгрузки детали (заготовки) и до закрытия двери после вывода захвата робота (трансманипулятора) из зоны обработки

$T_{заг}$  - время мин. загрузки (заготовки) детали  $i$  - того наименования на  $j$  - той операции роботом (трансманипулятором), рассчитывается по циклограмме работы робота, исходя из его технической характеристики;

$T_{выг}$  - время мин. выгрузки детали  $i$  - того наименования на  $j$  -той операции технологическим роботом (трансманипулятором), рассчитывается по циклограмме работы робота исходя из его технической характеристики.

При обработке на многооперационных сверлильно-фрезерно-расточных станках

время ( $T_{\text{заг}} + T_{\text{выг}}$ ) равно времени смены палет, которое приведено в технической характеристике станка.

Производственная годовая программы выпуска детали  $i$  - того наименования, задается в техническом задании на проектирование и равна:

$$P_{\text{гi}} = n_i m_i \quad (3)$$

где  $m$  - количество партий запуска в год деталей,  $i$  - того наименования, задается в техническом задании на проектирование.

Время цикла  $T_{\text{цд}}$  обработки  $i$ -того наименования равно

$$T_{\text{цдi}} = \sum_{i=1}^j T_{\text{умi}} \quad (4)$$

Годовое операционное время  $T_{\text{го}}$  час. необходимое для изготовления группы деталей из  $i$  наименований на  $j$  - той операции будет равно

$$T_{\text{гоi}} = [\sum_{i=1}^i (\tau_i n_i m_i + \tau_i (n_{\text{пи}} - 1) m_i)] / 60 \quad (5)$$

где  $\tau$  такт обработки детали, мин., который определяет производительность на операции, будет равен

$$\tau = T_{\text{умкij}} / N_{\text{oj}} \quad (6)$$

$N_{\text{oj}}$  - число единиц оборудования при обработке на  $j$  - той операции.

$n_{\text{пи}}$  - количество деталей на поддоне  $i$  - того наименования на  $j$  - той операции.

Максимальный такт обработки детали на одной из операций, который определяет производительность поточной линии, будет равен, мин.:

$$\tau_{\text{max}} = T_{\text{умкij max}} / N_{\text{oj}} \quad (7)$$

где  $T_{\text{умкij max}}$  - максимальное штучно-калькуляционное время мин. обработки детали  $i$  - того наименования на  $j$  - той операций;

$\tau_{\text{max}}$  - максимальный такт обработки детали,  $i$  - того наименования на  $j$  - той операции.

Годовой эффективный фонд рабочего времени  $\Phi_{\text{г}}$  РТК равен

$$\Phi_{\text{г}} = \Phi_{\text{гсм}} K_{\text{см}} K_{\text{з}} \quad (8)$$

где  $\Phi_{\text{гсм}}$  - годовой фонд рабочего времени при работе в одну смену, может приниматься в среднем равным 2040 часов;

$K_{\text{см}}$  - количество рабочих смен, устанавливается в соответствии с техническим заданием на проектирование;

$K_{\text{з}}$  - плановый коэффициент загрузки оборудования ГПО, принимается равным 0,95-0,98.

Годовая станкоёмкость оборудования на операции, будет равна

$$Q_{\text{го}} = \Phi_{\text{г}} N_{\text{oj}}, \quad (9)$$

где  $Q_{\text{го}}$  -, часовая станкоёмкость единицы задействованного оборудования.

Для выполнения годовой производственной программы группы деталей, для каждой операции должно выполняться условие

$$Q_{\text{го}} \geq T_{\text{гн}} \quad (10)$$

Годовое часовое время на одной из операций  $T_{zo}$ , час, необходимое для изготовления годовой программы из группы деталей, будет определяться по формуле (23).

Годовое время  $T_{гг}$ , час, необходимое для изготовления группы деталей необходимо рассчитывать по формуле (5), исходя из условия, что станки в поточной линии будут работать синхронно, принимая для каждой детали  $T_{шкi} = \tau_{max}$  на одной из операций.

Чтобы производственная годовая программа была выполнена, необходимо, чтобы для каждой из операций, было выполнено условие

$$T_{zo} \geq \Phi_z \quad (11)$$

Действительный годовой коэффициент загрузки при обработке группы детали на одной отдельной операции будет равен

$$K_{zo} = \frac{T_{го}}{\Phi_z} \quad (12)$$

Действительный годовой коэффициент загрузки при обработке группы деталей на поточной линии будет равен

$$K_{zo} = \frac{\sum_1^i T_{го}}{\Phi_z} \quad (13)$$

Если коэффициент загрузки  $K_{zo}$  отдельной операции больше **единицы**, то необходимо на наиболее загруженной операции увеличит число единиц  $No$  оборудования до двух, если более **двух**, то **трёх** и т.д.

Таблица 2 - Нормирование технологического процесса «детали представителя»

№ опер	Наименование операций	$T_{шк}$	$T_{пз}$	$T_o$	$T_v$	$T_{от}$	$T_{об}$	$T_{заг}$	$T_{вы}$
10	Токарная комплексная								
20	Зубофрезерная								
30	Термическая								
40	Шлицешлифовальная 1-я								
50	Шлицешлифовальная 2-я								
60	Круглошлифовальная								
70	Внутришлифовальная								
80	Плоскошлифовальная								
90	Зубошлифовальная								
100	Протяжная								
110	Моечная								
Итого									

После расчета  $T_{шт}$  и  $T_{пз}$  необходимо рассчитать  $T_{шк}$  и все данные из задания и таблицы 2 внести в сводную таблицу 3 параметров группы деталей, обрабатываемых на ГПО.

После расчета всех параметров, необходимо составить диаграмму длительности производственного цикла группы деталей и степени загрузки поточной линии. Диаграмма представлена в таблице 3.

Таблицу 2 лучше выполнить в редакторе Excel. Это позволит быстро производить вычисления при расчете такта обработки деталей путем изменения количества единиц оборудования на операциях. Остальные данные для других деталей группы, необходимые для расчетов, указываются в «Приложении 5.1» к настоящей методике и техническом задании на проектирование.

Таблица 3. Сводные параметры группы деталей

Деталь		Номер операции $j$ и ее наименование											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
№ детали	Параметры	Токарная комплектная	Зубофрезерная	Термическая ТВ	Шлицевали-фовальная	Шлицевали-фовальная	Круглошлифовальная	Внутрешлифовальная	Плоскошлифовальная	Зубошлифовальная	Протяжная	Моночная	Тцд
1 *	Тшк												
	□												
	Тпз												
	No												
	Тшт												
	n												
2	m												
	Тшк												
	□												
	No												
	n												
	m												
3	Тшк												
	□												
	No												
	n												
	m												
4	Тшк												
	□												
	No												
	n												
	m												

Примечание: Для детали обозначенной звездочкой \*) параметры рассчитаются студентом самостоятельно.

При этом, условно считается, что деталь взятая из «Приложения 5.1» имеет те же операции, что и деталь №1, т.е. «лишние» операции деталей №№ 2 – 4 из «Приложения 5.1» в расчетах не учитываются.

Для упрощения таблицы 2, можно указывать только операции и переходы присутствующие у «детали-представителя» и добавлять до полнительные, если они отсутствуют. Необходимо также выделить по операциям такт  $\tau_{ij}$  так, который определяет производительность при изготовлении детали.

### 1.5 Составление циклограммы работы ТР при загрузке-выгрузке детали на одном рабочем месте.

Составление циклограммы работы ТР (Таблица 4) при загрузке-выгрузке детали на одном из станков или с автоматизированного склада заготовок и готовых деталей производится по настоящей методике и по литературе [3]

Таблица 4.Пример циклограммы работы ТР.

Обор- у- дова- ние	Движение (операция)	Время загрузки Т <sub>заг.</sub> сек													Время выгрузки Т <sub>выг.</sub> сек						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7
Стан- ок	Останов вращения шпинделя	3с																			
Стан- ок	Открытие двери				2с																
ТР	Перемеще- ние заготовки на линию центров станка							3с													
ТР	Захват детали									1с											
Стан- ок	Разжим детали										1с										
ТР	Поворот руки, зажим заготовки												3с								
ТР	Разжим руки														1с						
ТР	Перемещение детали в ложе- мент поддона															4с					
СТ	Закрытие двери																			2с	
ИТОГО		Т <sub>заг</sub> = 0,22мин													Т <sub>выг</sub> = 0,12мин.						



Составление циклограммы начинается из определения исходного положения оборудования и его механизмов.

Исходное положение станка: деталь в патроне станка зажата деталь, ограждение закрыто, шпиндель вращается, деталь обрабатывается.

Технологический робот (ТР) с двойным схватом: во время обработки детали захватил с поддона заготовку, переместил ее в устройство точной ориентации (УТО), повторно захватил с УТО и переместил деталь в позицию ожидания. Схват робота зажал заготовку, ось заготовки в схвате параллельна оси шпинделя.

Эти движения робота происходят параллельно процессу резания и время перемещения не учитываются в вспомогательном времени. Дальнейшие движения механизмов станка и робота происходят в соответствии с циклограммой (Таблица 4). Время перемещения в циклограмме приведено приблизительно и должно рассчитываться и уточняться исходя из технических характеристик ТР в конкретном случае. Составление циклограммы работы крана штабелера производится по настоящей методике, исходя из расстояния перемещения поддонов на линию перегрузки на индуктивные или рельсовые тележки и скорости перемещения тележки крана штабелера и литературе [29;30].

Пример циклограммы работы ТР при загрузке-выгрузке заготовки/детали токарного РТК на одном рабочем месте приведен в таблице 4.

#### 1.6.Составление диаграммы загрузки гибкого производственного острова (ГПО).

После расчета всех параметров, необходимо составить диаграмму длительности цикла производства группы деталей и степени загрузки ГПО. В таблице 4 приведен пример составления диаграммы группы состоящей из 4-х деталей ( $i=4$ ),изготавливаемой партиями по  $n$  деталей при обработке, при условии, что запуск партий деталей производится ежемесячно ( $m=12$ ), и дополнительно по операциям для группы деталей.

Таблица 4.Диаграмма загрузки поточной линии.

№ операции, j	Параметры	Длительность годового цикла изготовления группы				
		Деталь 1	Деталь 2	Деталь 3	Деталь 4	Итого
$J_{гп}$	Фг, час					3670
	Тгп, час	771	1064	844	624	3303
	Кзп	0,21	0,29	0,23	0,17	0,90
	Фг, час					3670
	Тго, час	807	661	918	550	2936
	Кзо	0,22	0,18	0,25	0,15	0,80
	Фг, час					3670
	Тго, час	697	771	477	624	2569
	Кзо	0,19	0,21	0,13	0,17	0,70
	Фг, час					3670
	Тго, час	551	551	734	366	2202
	Кзо	0,15	0,15	0,20	0,10	0,60

В примере заполнения диаграммы РТК ГПО, где приведена загрузка по операциям на одном рабочем месте и ГПО в целом. Расчеты производятся в соответствии с настоящей методикой, раздел 1.4. При расчете  $\Phi_g$  принят коэффициент загрузки равный 0,9.

### **1.7. Выбор технологического оборудования.**

Наиболее полно требованиям для встройки в гибкие производственные системы отвечают многооперационные станки с ЧПУ(модули). Эти требования изложены в ГОСТ 26228-90 «Системы производственные гибкие. Термины и определения, номенклатура показателей». Требования к токарным моделям изложены в ГОСТ 28354-89 «Модули гибкие производственные токарные». Требования к сверлильно-фрезерным расточным станкам изложены в ГОСТ 37491-87. «Гибкие производственные модули и станки многоцелевые сверлильно-фрезерные расточные».

ГПС могут состоять из отдельных гибких производственных модулей (ГПМ), гибких производственных ячеек (ГПЯ), гибких производственных островов (ГПО). ГПЯ и ГПО управляться локальной ЭВМ с которой связаны УЧПУ модулей, входящих в них.

**Гибкий производственный модуль (ГПМ)** — система, состоящая из единицы технологического оборудования (обрабатывающий многооперационный центр), оснащенная устройством числового программного управления (УЧПУ) и средствами автоматизации технологического процесса (автоматическая смена инструмента и заготовок), которая автономно функционирует и ее можно встраивать в систему более высокого уровня. В модуль входит обрабатывающий центр с роботизированной или манипуляторной сменой инструмента и заготовок, имеющий возможность интеграции в погрузочно-разгрузочную и транспортно-накопительную системы, контрольно-измерительную систему и возможность управления от ЭВМ верхнего уровня.

**Гибкая производственная ячейка (ГПЯ)** содержит несколько однородных, могущих полностью заменять друг друга ГПМ, связанных в одну общую, управляемую от ЭВМ верхнего уровня, систему посредством общего автоматического снабжения заготовками и инструментами, с единой транспортно-накопительной системой и системой измерения, с возможностью встраивать в систему более высокого уровня.

**Гибкий производственный остров (ГПО)** содержит несколько одно- и разнотипных дополняющих друг друга в технологии производства металлообрабатывающих ГПМ (сверлильно-фрезерных токарных шлифовальных и т.д.) или иных ГПЯ и машин, например, моечных, для полной обработки одной или группы деталей, связанных в одну систему на основе общего снабжения заготовками и инструментами с интегрированным управлением на базе ЭВМ, с возможностью встраивать в систему более высокого уровня.

**Гибкая производственная система (ГПС)** содержит ГПМ, ГПЯ и ГПО связанные в одну общую, управляемую от ЭВМ верхнего уровня, систему посредством общего автоматического снабжения заготовками и инструментами, с единой транспортно-накопительной системой и системой измерения, с возможностью встраивать в систему более высокого уровня, для полной комплектной обработки группы деталей какого либо изделия.

В соответствии с техническим заданием необходимо спроектировать ГПО для обработки группы деталей. Для определения состава основного технологического оборудования ГПО необходимо:

- исходя из анализа конструктивно-технологических характеристик обрабатываемых деталей, технических характеристик, имеющихся в распоряжении ГПМ, разделить их предварительно на группы и закрепить их за выбранными модулями;
- спроектировать для деталей технологический процесс и уточнить состав группы;
- выбрать, исходя из технологического процесса обработки необходимые для загрузки выгрузки деталей промышленные роботы;
- выбрать транспортные средства снабжения заготовками и изделиями в ГПО;
- выбрать транспортно-складские системы для хранения заготовок, готовых деталей, спецоснастки и инструмента;
- выбрать систему снабжения инструментами;
- выбрать систему управления ГПО.

В литературе [12;13] приводятся рекомендации по выбору промышленных роботов в зависимости от конструктивно-технологических характеристик обрабатываемых деталей.

При окончательном выборе технологического оборудования необходимо учитывать также производительность станков, точность обработки.

### **1.8. Выбор систем транспортирования, складирования, доставки заготовок, деталей, инструмента к местам обработки и на склад и систем управления ими.**

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) является важным элементом ГПО, выполняющим роль основного организующего и связующего звена. АТСС - это система взаимосвязанных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки заготовок, готовых деталей, технологической оснастки и инструмента. АТСС в значительной степени определяет компоновку, функциональные возможности и стоимость линий, а также надежность ее работы.

Направление, взаимосвязь и мощность грузопотоков на участке определяют выбор транспортных средств. На основе последовательного уточнения технологических требований к грузопотокам с учетом технологического процесса формируется и схема транспортных связей совместно со схемой компоновки технологического оборудования. Транспортные связи komponуются чаще всего по двум схемам: линейной, и замкнутой.

При выборе и обосновании АТСС предварительно необходимо решить вопрос о способе транспортирования изделий поштучно либо на поддонах (кассетах). Выбор способа транспортирования зависит от такта обработки детали и ее конструктивных параметров: «корпусная» или типа «тела вращения», а также устройств загрузки в рабочую зону модуля и выгрузки из нее.

В качестве средств доставки предметов обработки к пристаночным накопителям в АТСС могут быть использованы рельсовые и индуктивные безрельсовые

транспортные тележки. Для перегрузки рабочую зону станка - напольные стационарные и подвижные технологические промышленные роботы (ПР), подвесные монорельсовые и порталные ПР.

Компоновочные решения АТСС, во многом определяющие планировку и компоновку участка, в значительной степени зависят от типа транспортных устройств для перемещения грузовых единиц и наличия необходимых производственных площадей.

В основном для деталей типа «тел вращения» применяют транспортирование к пристаночным накопителям токарных модулей на поддонах с помощью индуктивных безрельсовых тележек, а перегрузку в зону обработки с помощью напольных стационарных или подвижных роботов. Применяются поддоны(кассеты) со стандартной величиной: **600x400, 800x600 и 1200x800мм**. При длительном такте обработки детали, целесообразно применять порталные или монорельсовые подвижные ПР для группового обслуживания при загрузке деталей в зону обработки одностипных модулей.

Укладку заготовок типа «тел вращения» на поддоны перед загрузкой на склад производят вручную.

Индуктивные безрельсовые тележки, как правило, используются для транспортирования заготовок типа «тел вращения» на поддонах длиной не более 1000мм и крупногабаритных корпусных деталей, превышающих эти габариты.

Для транспортирования корпусных деталей к пристаночным накопителям сверлильно-фрезерно расточных модулей производится на сменных палетах с габаритами не более 1250мм с помощью рельсовых транспортных тележек, а перегрузку в зону обработки с помощью устройства смены палет, которое встроено в модуль.

Транспортирование инструмента и оснастки с инструментального склада, может производиться с помощью АТСС или вручную на тележках. Замену инструментальных блоков в токарных модулях при обработке новой партии деталей производится вручную или с помощью трансроботов.

Основными критериями при принятии решений при компоновке ГПО является их эффективность. Необходимо размещать все компоненты АТСС на минимально допустимом расстоянии друг от друга, сокращая тем самым расстояния перемещения транспортных тележек. При коротких тактах обработки детали, транспортных тележек может быть несколько на одном ГПО. Здесь преобладают индуктивные безрельсовые транспортные тележки, детали, уложенные вручную, транспортируются на них, на поддонах. Основное преимущество индуктивных транспортных тележек заключается в том, что они могут перемещаться по любым проложенным маршрутам без видимых коммуникаций на полу цеха, бесшумно, недостатком – малая скорость: 10-15м/мин.

Расчет необходимого количества единиц поддонов, максимальной их грузоподъемности, необходимого числа секций, общей площади механизированного склада, средняя длительность цикла перемещения краном-штабелером поддона на станцию загрузки-выгрузки поддонов транспортными тележками, можно производить по настоящей методике и по литературе [10;11].

Для разработки планировки ГПО необходимо определить приблизительно габариты автоматизированного склада для хранения заготовок, готовых деталей и деталей для наладки поддонов (ложементы, торцовые ограничители, крепежные детали).

Габариты склада в основном зависят от габаритов выбранного поддона(паллеты) для транспортировки заготовок (готовых деталей) и годовой программы выпуска деталей  $\Pi_i$  и суточного запаса  $\Pi_{\text{сут}}$  хранения готовых деталей на складе, который зависит от организации производства и выбирается в пределах  $K_c=2-3$  суток и могут рассчитываться укрупненным образом. Расчёт суточной программы производится по формуле:

$$\Pi_{\text{сут}} = \frac{\sum \Pi_i}{n_p} \quad (14)$$

где  $\Pi_{\text{сут}}$  – суточная программа выпуска; шт.

$\Pi_i$  – годовая программа выпуска  $i$ -ой детали;

$n_p$  – количество рабочих дней в году.

С учетом расположения количеств  $n_p$ , заготовок, (готовых деталей ) на поддоне, суточного запаса  $K_c$ , количество ячеек для хранения деталей для наладки поддонов  $K_{np} = 1,2-1,4$ , необходимое количество поддонов будет равно:

$$N_n = \frac{\Pi_{\text{сут}} \cdot K_c \cdot K_{np}}{n_p} \quad (15)$$

Количество ячеек склада должно быть не менее количества поддонов. Если размеры поддона равны  $B_p \times L_p$ , где  $B_p$  – ширина,  $L_p$  – длина поддона, то габариты ячейки склада с учетом размеров несущей конструкции и веса загруженных поддонов выбираются следующим образом: ширина  $B_{яс} = 1,15-1,25B_p$ , высота  $H_{яс} = 1,15-1,25B_p$ , длина  $L_{яс} = 1,15-1,25L_p$ .

Высота склада  $H_c$  зависит от высоты цеха, кратна  $H_{яс}$  и принимается в пределах 3000-4000мм. Ширина склада  $B_c$  определяется после определения высоты склада  $H_c$  по формуле:

$$B_c = \frac{N_n \cdot H_{яс} \cdot B_{яс}}{H_c} \quad (16)$$

Полученные значения округляются в большую сторону кратную  $B_{яс}$ . Глубина склада принимается равной  $L_{яс} = 1,15-1,25L_p$ .

Склад для хранения инструмента и спецоснастки может быть совмещенным со складом заготовок и готовых изделий или быть отдельным при большом количестве наименований деталей, обрабатываемых на ГПО и его габариты могут рассчитываться укрупненно приведенным выше способом. Средняя скорость перемещения крана-штабелера в горизонтальном направлении равна около 75м/мин, в вертикальном - 120÷150м/мин. Склады могут размещаться в любом месте ГПО. Основным критерием для размещения складов, служат соображения направленные на сокращение расстояний транспортирования поддонов, т.е. времени транспортирования. Расчет габаритов и емкости складов можно производить по литературе [10;11]

При разработке компоновки АТТС для корпусных деталей, где преобладает сверлильно-фрезерно расточная обработка. Здесь детали транспортируются закрепленные в приспособлениях на паллетах, с помощью рельсовых транспортных тележек.

Габариты деталей не превышают, как правило, 1250мм и закрепляются в приспособлениях вручную. При коротких циклах обработки и больших усилиях зажима, зажим должен быть автоматизирован. Преимущество рельсовых транспортных тележек заключается в их высокой скорости перемещения: 100-120м/мин. Недостатками – наличие коммуникаций на полу цеха и то, что при изменении направления маршрута, необходимо наличие перегрузочных устройств с одной транспортной линии на другую. Необходимо помнить, что выбор транспортных средств зависит во многом от Тшт обработки детали. Поэтому время транспортирования поддона Тп от места загрузки заготовок до станков, выполняющих операцию должно быть не более:

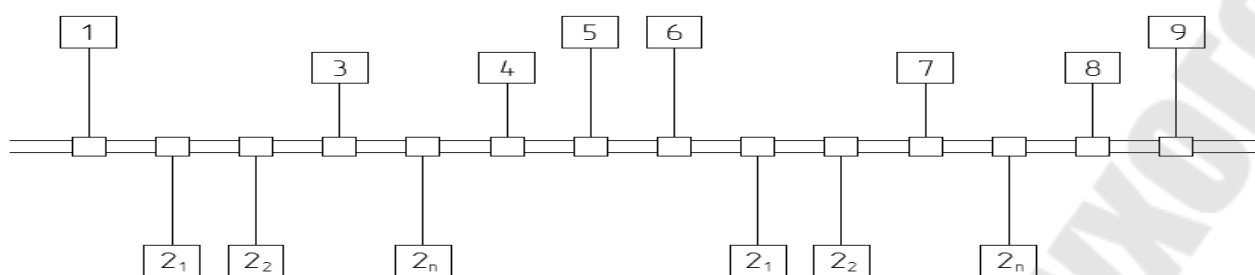
$$T_{\text{п}} \leq T_{\text{шт}i,j} \cdot N_{\text{п}ij} \quad (17)$$

В связи с этим необходимо стремиться располагать места загрузки заготовок как можно ближе к станкам, выполняющим первую операцию и выбирать транспорт исходя из условия (17). Если недостаточно одного транспортного средства для обслуживания ГПО, тогда применяют несколько транспортных средств, распределив между ними приоритеты и зоны обслуживания станков. Время перемещения поддонов к местам обработки рассчитывается исходя из расстояния и скорости перемещения тележки. Для коротких расстояний (до 2-х метров) применяют нижние значения скорости, а для более длинных – средние. Расчет АТСС можно производить по литературе [10;11]

### **1.9. Система автоматизированного управления ГПО.**

Управление ГП обладает универсальной функциональной структурой аппаратного и программного обеспечения, при которой связь между сопряжёнными вычислительными машинами осуществляется через местную коммуникационную сеть LAN (рис 2). Таким образом обеспечивается индивидуальное приспособление системы к различным вариантам спроса, расширение шаг за шагом и высокий коэффициент готовности системы. Управление островом и транспортом, а также управление централизованной системой снабжения инструментами и контроля за качеством осуществляются автономными, (1) и управление потоков материалов (5), а также управление процессом контроля за качеством (9) представляют собой самостоятельные узлы управления, которые непосредственно с подключенными CNC (2), а также между собой могут осуществлять связь через системную шину (LAN).

Центральная ЭВМ (1) выполняет задачу вышестоящего контроля и координации, например, управляет производственными заданиями (нарядами), программами ЧПУ, рабочими планами, а также управляет подсистемами, планированием сроков и мощностей, и центральной обработкой эксплуатационных параметров.



*Рис.2* Сеть LAN сопряжение вычислительных машин для управления двух ГПО

1.- Центральная ЭВМ. 2 - УЧПУ модулей. 3;7 – ЭВМ – управления островами. 4;8 – ЭВМ управления транспортной системой. 5 - ЭВМ управления нарядами (заданиями). 6 – ЭВМ управления снабжением инструментами. 9 - ЭВМ контроля за качеством.

Такого рода сеть связанных между собой ЭВМ благодаря своей открытой структуре делает возможным индивидуальное согласование с различными видами потребности, а также все вышестоящие задачи организации и управления. Соединение всех относящихся к ГПО вышестоящих компонентов ЭВМ и управлений через общую шину системы имеет значительные преимущества по сравнению со структурой шины ГПО и потому должно применяться во всех тех случаях, когда это позволяет имеющаяся плотность передачи данных. Все эти положения при известных условиях можно усовершенствовать за счет широкополосной передачи информации (параллельные интерфейсы), поскольку при этом возможна одновременная передача нескольких сигналов параллельно по времени через различные каналы частоты.

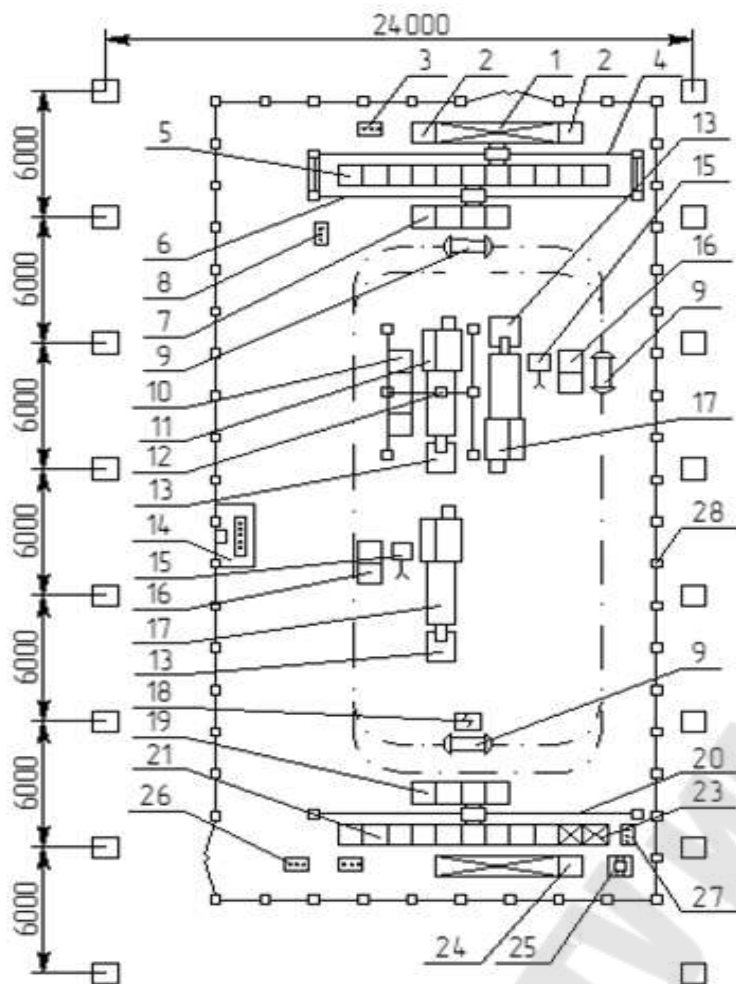
#### **1.10.Разработка планировки ГПО для групповой обработки деталей.**

На рис.3 и 4 представлены примеры наиболее часто применяемые компоновки ГПО для групповой обработки деталей типа «тел вращения» и «корпусных» деталей соответственно.

В состав ГПО входит автоматизированный склад заготовок(изделий), автоматизированный склад инструмента и технологической оснастки, АТСС, технологическое оборудование и система автоматизированного управления ГПО. При незначительном количестве наименований инструмента и оснастки оба склада могут быть объединены в единый автоматизированный склад.

Технологическое оборудования должно быть расположено по технологической цепочке, таким образом, чтобы пути перемещения транспортных тележек были минимальным. В данном разделе необходимо кратко обосновать принятую планировку участка.

При расположении технологического оборудования принимается принцип одинаковой направленности потока перемещения для большинства деталей участка и установление минимально- допустимых расстояний между станками, рядами станков, от станков до стен и колонн здания, нормы на ширину проходов и проездов.



- 1 - Стеллаж для приемки выгрузки заготовок и готовых деталей. 2 - Приемные места загрузки-выгрузки поддонов с заготовками и готовыми изделиями. 3 - Пульт ручного управления краном-штабелером поз.4. 4 - Кран - штабелер для загрузки-выгрузки заготовок. 5 - Склад автоматизированный стеллажный. 6 - Кран штабелер для загрузки-выгрузки заготовок и готовых деталей. 7 - Четырех-местный накопитель палет. 8 - Пульт ручного управления краном-штабелером поз.7. 9 - Безрельсовая транспортная тележка. 10 - Четырехместный накопитель палет. 11 - ГПМ (Токарный многооперационный обрабатывающий центр с противопинделем. 12 - Портальный робот. 13 - Передвижная тара для стружки. 14 - Центральный пульт управления ячейкой. 15 - Напольный робот. 16 - двухместный накопитель палет. 17 - ГПМ Токарный многооперационный обрабатывающий центр. 18 - Станция для зарядки робокар. 19 - Четырехместный накопитель палет.

20-Кран штабелер для загрузки-выгрузки палет с инструментальной оснасткой и режущим инструментом.. для монтажа и наладки сборного инструмента и оснастки. 25 - Прибор для измерения и наладки инструмента на размер вне станка. 26 - Пирамиды д21 Склад автоматизированный стеллажный. 22 - Стеллаж для приемки-выгрузки инструментальной оснастки и режущего инструмента. 23 - Приемные места загрузки-выгрузки поддонов с инструментальной оснасткой и режущим инструментом. 24 - Место для ручного транспортирования оснастки и инструмента. 27 - Пульт ручного управления краном - штабелером поз.21. 28 - Ограждение.

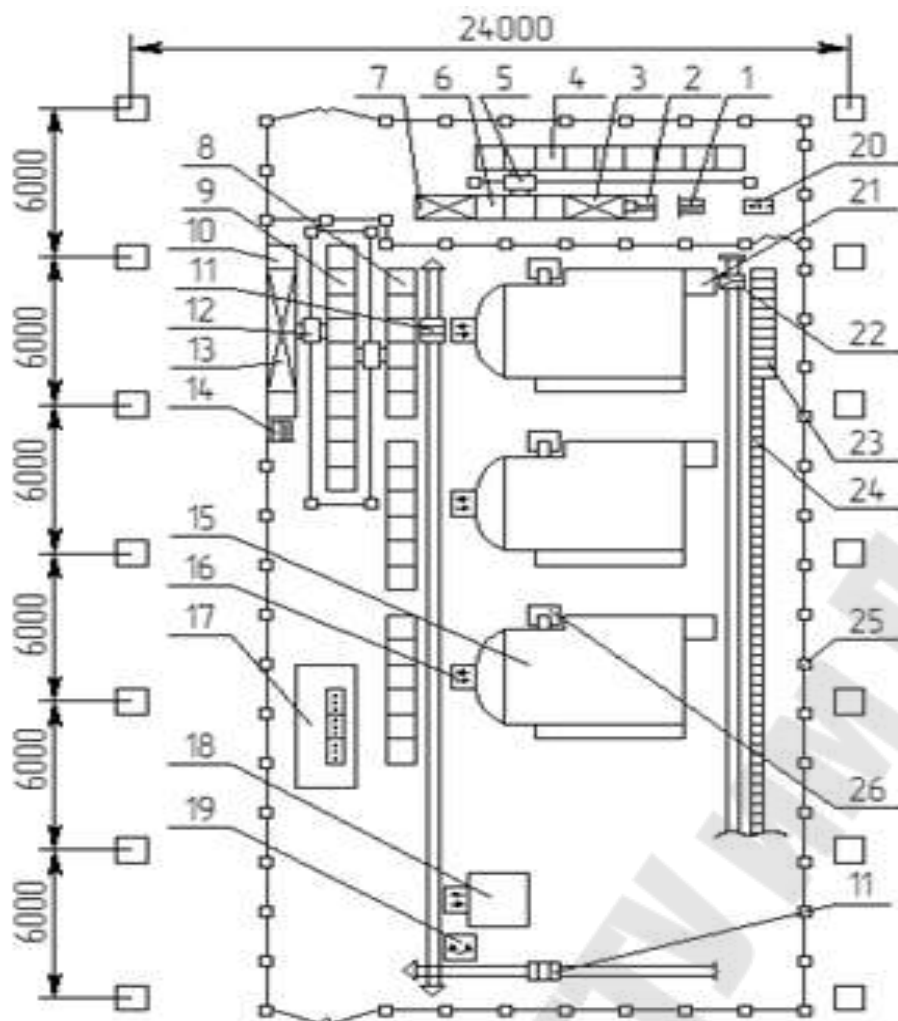
Рис.3 Пример компоновки ГПО для обработки типа «тел вращения».

Нормы вышеперечисленных расстояний, а также варианты размещения оборудования приведены в литературе [14;15;16].

На планировке участка должны быть нанесены: сетка колонн здания с сечением колонн, технологическое оборудование и устройства относящиеся к нему, АТСС, контрольные пункты, места сбора стружки, проезды, проходы, место расположения ЭВМ ГПО, подводы всех видов энергии в т.ч. для зарядки индуктивных тележек, стеллажи, накопители, рабочие места операторов, наладчиков, мастера участка, места расположения противопожарных средств.

Условные изображения, применяемые на планировках приведены в литературе [14].





1-Пульт ручного управления краном- штабелером поз.5. 2- Прибор для изме- рения и наладки ин- струмента на размер вне стака.3 - Место для монтажа и наладки сборного ин- струмента и оснастки.4 - Склад автома- тизированный стеллажный для хранения инструмента. 5-Кран-штабелердля згрузки-выгрузки поддонов с инст- рументальной оснаст- кой и режущим ин- струмен- том.6 - При- емные места загрузки-выгрузки поддонов с инструмен- тальной оснаст- кой и режущим инструмен- том.7-Стеллаж для приемки инструментальной оснастк режущего инструмента.8 - Линейный накопитель палет. 9 -Склад автоматизированный стеллажный для хране- ния заготовок, готовых изде- лий и технологической осна- стки.10 - Приемные места загрузки палет заготовками и

выгрузки готовых деталей краном-штабелером.11 - Рельсовая транспортная тележка.12 – Кран-штабелер загрузки-выгрузки палет с заготовками и го- товыми деталями. 13 - Приемные места вы- грузки заготовок и загрузки готовых дета- лей.14 - Пульт ручного управления крано - штабелером поз.12. 15 - ГПМ (Многоопера- ционный обрабатывающий центр).16 - Приемное устройство для перегрузки палет .17 - Центральный пульт управления ГПО .18.- Моечная машина.19 - Поворот- ное устрой- во для перегрузки палет с одной рельсовой транспортной тележки на другую.20 - Пи- рамиды для ручного транспортирования оснастки и инструмента. 21 - Цепной магазин для хранения инструмента.22 - Робот-манипулятор для автоматической замены инст- румента.23 - Станция для ручного ввода инструмента в эксплуатацию.24 - Стеллаж на- копитель инструмен- та.25 - Ограждение.26 - Передвижная тара для стружки.

Рис 4 Пример компоновки ГПО для обработки корпусных деталей.

На планировке должны быть указаны все основные размеры: длина и ширина пролета, шаг колонн, длина и ширина участка, показана привязка оборудования к ко- лонкам здания.

Планировка выполняется в масштабе 1:100 на чертежной бумаге формата А2 - А4 и снабжается спецификацией оборудования.

## **2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **Общие требования**

Чертежи разработанных конструкций должны иметь не менее двух проекций, каждая деталь, входящая в нее, так же должна быть видна в двух проекциях, за исключением деталей тел вращения, которые достаточно показать в одной проекции. Если двух проекций общего вида недостаточно, чтобы выполнить эту задачу, следует дать третью проекцию. Если же и третья проекция не показывает всех деталей, то даются дополнительные сечения и разрезы.

На законченном чертеже должны быть даны основные принципиальные размеры, являющиеся исходными при его сборке, проверке и приемке. Во всех чертежах должны быть показаны размеры, определяющие размеры установочных элементов.

Пояснительная записка должна содержать описание конструкции механизмов и порядок их работы, например, как устанавливается и базируется деталь при обработке или транспортировании, как производится, например, установка и крепление ее в приспособлении и извлечение из приспособления. Необходимо иметь в виду, что приспособления, должны иметь автоматизированный зажим и позволять автоматизированную загрузку-выгрузку детали роботом.

#### **2.1. Расчет усилия зажима захвата робота, разработка его конструкции для одной из операций**

Расчет усилия зажима захвата робота, разработка его конструкции и спецификации производится для одной из операций, где деталь претерпевает максимальное изменение своей формы после обработки в соответствии с практическим пособием [17].

#### **2.2 Разработка конструкции поддона для укладки заготовок и готовых деталей. Расчет на точность базирования и прочность.**

При разработке конструкции и спецификации поддона, необходимо разработать его конструкцию, произвести расчет на точность базирования и усилия подъема поддона при базировании на базовые пальцы. Расчет приспособления на точность, расчет усилия зажима, рекомендуется производить по литературе [18].

#### **2.3. Разработка конструкции транспортного устройства приемы поддонов со склада на линию перегрузки их на транспортные тележки.**

При разработке конструкции и спецификации транспортного устройства приема поддонов со склада на линию перегрузки их на транспортные тележки, необходимо разработать его конструкцию, произвести расчет на точность базирования и усилия подъема поддона при базировании на базовые пальцы. Расчет приспособления на точность, расчет усилия зажима, рекомендуется производить по литературе [18].

#### **2.4. Разработка конструкции автоматизированного приспособления для крепления детали при обработке на одной из операций. Расчет усилия зажима, на прочность и точность базирования.**

Исходя из технических условий на деталь и технологического процесса вычерчивается обрабатываемая деталь в стадии обработки, соответствующей данному

приспособлению, в трех проекциях, раз двинув их на расстояния, достаточные для вычерчивания соответствующих проекций будущего приспособления. Заканчивают проектирование соединением всех нанесенных элементов общим корпусом приспособления.

При проектировании приспособлений следует строго придерживаться правила: элементы приспособлений преимущественно применять из числа стандартизированных или из ведомственных и заводских нормалей. Расчет приспособления на точность, расчет усилия зажима, рекомендуется производить по литературе [18;19].

## **2.5. Разработка чертежа наладки при обработке на токарной операции одним из приводных инструментов.**

При разработке чертежа наладки вычерчивается в масштабе деталь, элементы патрона токарного станка (цанги) в котором базируется и зажата заготовка, поддерживающий центр с задней бабкой, если это необходимо, приводной инструмент в револьверной головке. Остальные требования необходимо выполнять в соответствии с литературой [9]

## **3.ВЫВОДЫ**

После выполнения всех разделов в пояснительной записке необходимо представить выводы и предложения по проделанной работе. В выводах следует указать основные задачи, решаемые в работе, методы их обеспечения, оценку эффективности и достигнутые результаты.

## **4.ЛИТЕРАТУРА**

1. Лебедевский М.О, Автоматизация в промышленности./ М. О.Лебедевский, А. И. Федотов. - Л.: Лениздат, 1976., 243с.
- 2.Трусов А.Н. Оценка степени подготовленности изделия к автоматическому производству. Методические указания к лабораторной работе по курсу "Автоматизация технологических процессов и производств"/ А.Н.Трусов,-, ГУ КузГТУ, Кемерово, 2007г - 19с.
- 3«Автоматизация производственных процессов в машиностроении», /Н.М.Капустин [и др.] под ред. Н.М.Капустина. – Москва: Высшая школа, 2007г. – 415с/
- 4.Режимы резания. Справочник. /Ю.В.Барановский [и др.] под ред. Барановского Ю.В. М, Машиностроение 1972 - 408с.
- 5.Общемашиностроительные нормы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемые на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ 1 и 2 том, - Москва: Экономика 1990 – 474с.
- 6.Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 421с.
- 7.Обработка металлов резанием: Справочник технолога/А.А.Панов [и др ];под общей редакцией А. А. Панова. - М.: Машиностроение, 1988. - 736с.

- 8.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах,А.М.Дальский [и др.]/ Под редакцией А.М.Дальского. - М.: Машино- строение-1, 2001 – 944с.
- 9.Горбачев А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие /А.Ф.Горбачев, В.А.Шкред - Минск: Высшая школа, 2001. - 256с.
10. Трухин В.Н. Расчет и выбор оборудования АТСС для складирования и транспортирования деталей в кассетах. Методические указания к лабораторной работе по курсу "Автоматизация технологических процессов и производств"/ В.Н.Трухин, ГУ КузГТУ, Кемерово, 2010г - 22с.
11. Егоров В.А. Транспортно-накопительные системы для ГПС./ В.А. Егоров, В. Д. Лизунов, С.М. Щербаков. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1989 – 342с
- 12.Козырев Ю.Г, Промышленные роботы. Справочник /Ю.Г.Козырев,-М, Машиностроение, 1988 - 385с.
- 13.Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. Практ. пособие в 14 кн./ Б.И.Черпаковский [и др] под общ. редакцией Б.И. Черпаковского. - М.: Высшая школа, 1989.
14. В.Ф.Соболев Практическое пособие по курсу «Проектирование механообрабатывающих участков и цехов», /В.Ф.Соболев, ГГТУ им П.О.Сухого, г.Гомель, 1999г, - 85с.
- 15.Мельников Г.Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов/  
Г.Н.Мельников, В.П.Вороненко/под общ. редакцией А.М. Дальского/- М.: Машиностроение, 1990 – 352с.
- 16.Проектирование машиностроительных заводов и цехов. Справочник в 6-ти томах / Е.С. Ямпольский [и др.] под общей редакцией Е.С. Ямпольского. -М.: Машиностроение, 1976 – 326с.
- 17.Люцко В.А, Практическое пособие к лабораторным работам по курсу ««Автоматизация производственных процессов в машино- строении»/ В.А.Люцко, ГГТУ им П.О.Сухого, г.Гомель, 1999г - 24с.
- 18.Вечер Р И, Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Методические указание к курсовой работе по одноименной дисциплине /Р.И.Вечер, С.И.Красюк, С.В.Рогов, ГГТУ им.П.О.Сухого, г.Гомель, 2008 - 36с.
- 19.Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки. Учебник для спец. машиностроительных специальностей высш. учебных заведений/В.А. Горохов В. А. - МН.: Бервита,1997-344с.

## 5. ПРИЛОЖЕНИЯ К МЕТОДИЧЕСКИМ УКАЗАНИЯМ

### 5.1 Приложение 1

#### Варианты исходных данных для выполнения курсового проекта.

Таблица 5.

Деталь		Номер и наименование операции										
№ варианта и № детали	Параметры детали	010 Токар-кар-ная комплекс-ная	020 Зубоф-резер-ная	030 Тер-ми-чес-кая	040 Шли-цеш-лифо-валь-ная 1-я	050 Шли-цеш-лифо-валь-ная 2-я	060 Круг-лош-лифо-валь-ная	070 Внут-риш-лифо-валь-ная	080 Пло-ско-шли-фо-валь-ная	090 Зубош-лифо-валь-ная	100 Протяж-ная	110 Мо-еч-ная
2	Тшк	16	12	6	8	16	14	15	14	13	3	0,1
	n	250										
	m	12										
3	Тшк	15	15	5	11	29	17	17	11	14	4	0,2
	n	250										
	m	12										
4	Тшк	17	28	4	17	25	15	14	6	17	3	0,2
	n	250										
	m	12										
5	Тшк	14	13	3	14	15	16	13	17	16	4	0,1
	n	250										
	m	12										
6	Тшк	29	25	3	15	18	13	14	13	22	3	0,1
	n	260										
	m	12										
7	Тшк	32	17	5	16	27	17	13	16	16	4	0,1
	n	260										
	m	12										
8	Тшк	34	26	4	17	18	16	17	12	17	2	0,1
	n	260										
	m	12										
9	Тшк	16	14	3	18	17	15	16	11	15	3	0,1
	n	260										
	m	12										
10	Тшк	32	15	4	15	30	17	15	14	11	4	0,2
	n	250										
	m	12										
11	Тшк	36	16	5	16	32	15	17	12	14	3	0,1
	n	260										
	m	12										

Продолжение таблицы 5

Деталь		Номер и наименование операции										
№ вари-анта и № детали	Па-ра-мет-ры де-тали	010 Токар-кар-ная ком-плекс-ная	020 Зу-боф-резер-ная	030 Тер-ми-чес-кая	040 Шли-цеш-лифо-валь-ная 1-я	050 Шли-цеш-лифо-валь-ная 2-я	060 Круг-лош-лифо-валь-ная	070 Внут-риш-лифо-валь-ная	080 Пло-ско-шли-фо-валь-ная	090 Зу-бош-лифо-валь-ная	100 Про-тяж-ная	110 Мо-еч-ная
12	Тшк	35	17	3	15	16	17	13	8	15	3	0,1
	n	250										
	m	12										
13	Тшк	32	18	3	17	14	16	15	6	15	2	0,1
	n	260										
	m	12										
14	Тшк	16	16	3	14	16	14	15	5	13	3	0,1
	n	250										
	m	12										
15	Тшк	15	15	5	17	28	15	11	9	14	3	0,2
	n	250										
	m	12										
16	Тшк	17	14	4	15	17	15	14	4	18	3	0,2
	n	250										
	m	12										
17	Тшк	34	13	3	17	14	16	15	6	16	4	0,1
	n	250										
	m	12										
18	Тшк	29	26	3	15	18	13	17	4	17	3	0,1
	n	260										
	m	12										
19	Тшк	32	17	5	12	15	17	15	7	16	4	0,1
	n	260										
	m	12										
20	Тшк	34	25	4	14	18	16	17	3	15	3	0,1
	n	260										
	m	12										
21	Тшк	16	14	7	15	17	15	17	3	15	3	0,1
	n	260										
	m	12										
22	Тшк	32	33	4	18	16	17	15	3	18	4	0,2
	n	250										
	m	12										

Продолжение таблицы 5

Деталь		Номер и наименование операции										
№ варианта и № детали	Параграфы детали	010 Токар- кар- ная ком- плекс- ная	020 Зубо- фре- зер- ная	030 Тер- ми- чес- кая	040 Шли- цеш- лифо- валь- ная 1- я	050 Шли- цеш- лифо- валь- ная 2- я	060 Круг- лош- лифо- валь- ная	070 Внут- риш- лифо- валь- ная	080 Пло- ско- шли- фо- валь- ная	090 Зубо- лифо- валь- ная	100 Прот- тяж- ная	110 Мо- лоч- ная
23	Тшк	36	16	5	16	32	15	17	8	14	4	0,1
	п	260										
	м	12										
24	Тшк	17	15	3	16	16	17	13	7	15	3	0,1
	п	250										
	м	12										
25	Тшк	32	18	3	17	15	16	14	8	15	4	0,1
	п	260										
	м	12										
26	Тшк	34	17	4	16	18	16	17	6	17	4	0,1
	п	250										
	м	12										
27	Тшк	32	16	4	17	16	17	15	4	16	4	0,2
	п	250										
	м	12										
28	Тшк	14	13	3	15	17	16	18	6	17	4	0,2
	п	250										
	м	12										
29	Тшк	16	15	5	17	16	14	15	7	16	4	0,1
	п	250										
	м	12										
30	Тшк	29	16	3	15	18	13	16	5	17	5	0,1
	п	260										
	м	12										
31	Тшк	30	17	7	15	17	15	17	6	17	3	0,1
	п	260										
	м	12										
32	Тшк	24	15	9	16	15	14	16	5	16	3	0,1
	п	260										
	м	12										
33	Тшк	36	16	5	18	17	15	17	6	14	3	0,1
	п	260										
	м	12										

## 5.2 Приложение 2

Примерный вариант технического задания на проектирование ГПО.

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени П.О. СУХОГО» Наиме-

нование факультета – \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ» Зав. ка-  
федрой Д.Л.Стасенко (подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ЗАДАНИЕ

#### по курсовому проектированию АППМ

Студенту \_\_\_\_\_ Группы \_\_\_\_\_

**1.Тема проекта: Курсовая работа: «Разработать гибкий производственный остров (ГПО) автоматизированной механической обработки группы деталей:**

Деталь №1 \_\_\_\_\_,  $P_{г} = 3000$  шт/год,  $m=12$ ,

Деталь, №2 вариант № \_\_\_\_\_, Деталь №3 вариант № \_\_\_\_\_, Деталь №4 вариант № \_\_\_\_\_,

- Приложение №5.1 к настоящим МУ».

2. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

3. Срок защиты студентом законченного проекта \_\_\_\_\_ (Дата)

4. Исходные данные к проекту:

4.1 Чертеж детали №1, источник - материалы производственной практики.

4.2. Детали №№ 2 - 4- в соответствии с Приложением 5.1 к настоящим МУ

4.2 Режим работы предприятия – двухсменный

4.3 Объем выпуска деталей №2-4 в год в соответствии с Приложением 5.1 к на- стоя- щим МУ

4.4 Материалы производственной практики

4.5 Практическое пособие по курсу ПМУЦ №2360

4.6. М/у по проектированию приспособлений №266

5. Содержание расчетно-пояснительной записки

Введение

1 Технологический раздел

1.1. Назначение детали.

1.2. Анализ детали с точки зрения ее возможности обработки на автоматиче- ском оборудовании.

1.3. Разработка группового технологического маршрута обработки деталей в ав- тома- тизированном производстве

1.4. Нормирование технологического процесса.

1.5. Составление циклограммы работы РТК при загрузке-выгрузке детали на од- ном из станков или с автоматизированного склада заготовок и готовых деталей

1.6. Составление диаграммы загрузки ГПО.

1.7. Выбор технологического оборудования,

1.8 Выбор систем транспортирования, складирования, доставки заготовок, дета- лей, инструмента к местам обработки и на склад, а также системы управления.

1.9. Структурная схема системы автоматизированного управления ГПО.

1.10. Разработка планировки ГПО для групповой обработки деталей.



## 2. Конструкторский раздел.

Содержит нижеследующие варианты:

2.2 Разработка конструкции поддона для укладки заготовок и готовых деталей. Расчет его на точность базирования и прочность.

2.3. Разработка конструкции транспортного устройства приемки поддонов со склада на линию перегрузки их на транспортные тележки.

2.4. Разработка конструкции автоматизированного приспособления для крепления детали при обработке на одной из операций. Расчет усилия зажима, на прочность и точность базирования.

Студент по своему усмотрению, по согласованию с руководителем, может выбрать любой вариант конструкторской разработки по п.п. 2.1 - 2.4.

## 5. Приложения к расчетно-пояснительной записке.

Приложение 1 – Чертеж детали на 1 листе формата А4-А2 с указанием номеров обрабатываемых поверхностей, соответствующих номерам переходов и операций.

Приложение 2 - Маршрутно-операционный технологический процесс базовой детали. Операционные карты по ГОСТ 3.1404-86, форма 3 без операционных эскизов.

Приложение 3- Чертеж общего вида средства механизации или автоматизации механической обработки на 1 листе формата А2 - А1 со спецификацией, выбранных в соответствии с п.п. 2.1-2.4.

Приложение 4 - Планировка ГПО с автоматизированной транспортно-складской системой (АТСС), автоматизированным складом (складами) заготовок, инструмента и оснастки, технологическим оборудованием, на 1 листе формат А1 со спецификацией.

6. Консультант по проекту (с указанием разделов проекта) по всем разделам \_\_\_\_\_ (должность, уч. степень, Ф.И.О)

7. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов)

№п/п	Наименование разделов проектной работы	Проценты	Срок выполнения
1	Технологический раздел	30	
2	Комплект технологических карт	10	
3	Конструкторский раздел	20	
4	Графическая часть проекта	30	
5	Оформление пояснительной записки и устранение замечаний	10	

Руководитель \_\_\_\_\_ (Подпись, Ф.И.О)

Студент: Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ (Дата) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (подпись)