

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**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2014

УДК 658.52.011.56(075.8)

ББК 34.5-5я73

С77

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 10.03.2014 г.)*

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

Старовойтов, Н. А.

С77

Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учеб.-метод. пособие к курсовому проектированию по одной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / Н. А. Старовойтов, Д. В. Мельников. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 38 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-236-6.

Изложены принципы создания 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» дневной и заочной форм обучения.

УДК 658.52.011.56(075.8)

ББК 34.5-5я73

ISBN 978-985-535-236-6

© Старовойтов Н. А., Мельников Д. В., 2014
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2014

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 механосборочных 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 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 курсового проектирования. 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 нижеприведенные разделы и соответствовать техническому заданию, которое должно быть вложено в нее первым листом:

Введение.

1. Технологический раздел.

- 1.1. Назначение и описание конструкции детали.
- 1.2. Анализ детали с точки зрения возможности ее обработки в гибком автоматизированном производстве.
- 1.3. Разработка группового технологического маршрута обработки деталей в автоматизированном производстве.
- 1.4. Нормирование технологического процесса.

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

1.6. Составление диаграммы загрузки гибких производственных островов.

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 гибких производственных островов.

1.10. Разработка планировки гибких производственных островов для групповой обработки деталей.

2. Конструкторский раздел.

Содержит следующие 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 согласованию с руководителем может выбрать один или несколько вариантов конструкторской разработки по пп. 2.1–2.5.

Графическая часть должна быть выполнена в соответствии с действующими стандартами ЕСКД и оформлена в виде приложений, а также содержать приведенные в Приложении 2 чертежи и схемы.

3. Выводы.

4. Литература.

5. Приложения к расчетно-пояснительной записке.

Приложение 1 – чертеж детали на одном 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 одном листе формата А2–А1 со спецификацией *одного или нескольких вариантов*, выбранных в соответствии с пп. 2.1–2.5.

Приложение 4 – планировка ГПО с автоматизированной транспортно-складской системой (АТСС), автоматизированным складом (складами) заготовок, инструмента и оснастки, технологическим оборудованием, на одном листе формата 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 ГКМ, 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 данного анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся 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 носят общий характер. Более подробно эти вопросы рассматриваются в рекомендуемой литературе [1], [2].

Оценку степени подготовленности изделий для автоматизированного производства необходимо производить в соответствии с Приложением 2 [2], а определение категории сложности по [2, табл. 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 обоснование. Четвертая категория сложности целесообразна только для исключения вредных условий труда, когда невозможно выполнение операций на оборудовании с более низкой степенью автоматизации и наличием 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 [3]:

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

Принцип групповой технологии является определяющим, так как обеспечивает гибкость.

При подборе группы деталей, состоящей из i -х 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». Для этого составляют сводную таблицу (табл. 1) переходов, присутствующих у «детали-представителя» группы с добавлением переходов, которые имеются у других деталей группы и отсутствуют у «детали представителя». Затем производят разработку маршрутной технологии «детали представителя» и для других деталей с последующим нормирова-

нием процесса с целью определения времени такта их обработки. Время такта обработки других деталей группы определяют путем исключения у них отсутствующих переходов и нормирования времени обработки имеющихся подобных и дополнительных переходов.

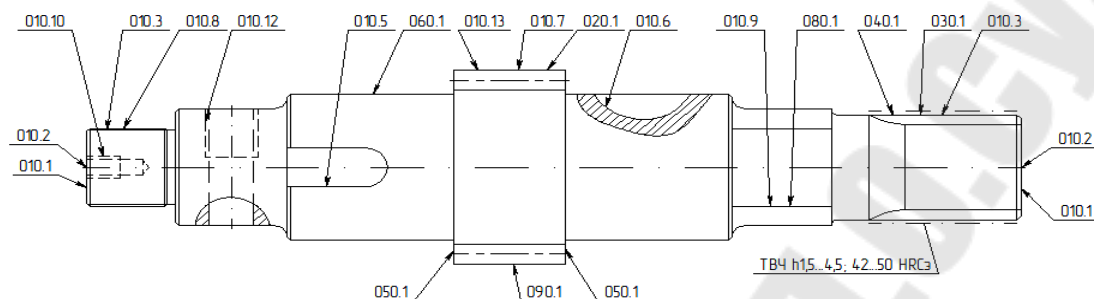


Рис. 1. «Деталь-представитель» при групповой технологии обработки

Эффективность ГПС возрастает с ростом количества наименований деталей обрабатываемых на ней. В перспективе необходимо учитывать дополнительно новые операции (переходы), которые могут появиться при обработке новых деталей, например, зубошвингование 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	010	1	+	+	+	+	+
	Центрование		2	+	+	+	+	+
	Точение черновое и чистовое		3	+	+	+	+	+
	Растачивание отверстий		4	+	-	+	+	-
	Фрезерование канавок, пазов, в том числе шпоночных		5	+	+	+	-	+
	Фрезерование сегментных шпоночных пазов		6	+	-	-	-	+

Наименование операции	Наименование перехода	Номер операции	Номер перехода	Номер детали				
Токарная комплексная	Фрезерование шлицев, зубьев	0010	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	+	+	-	-	+
Зубофрезерная	Зубофрезерование черновое, чистовое	020	1	+	-	+	-	+
Термическая	Закалка ТВЧ	030	1	+	-	+	+	-
Шлицешлифовальная 1-я	Шлифование наружной поверхности шлицев	040	1	+	-	+	-	-
Шлицешлифовальная 2-я	Шлифование боковых и внутренних поверхностей шлицев	050	1	+	-	+	-	-
Круглошлифовальная	Круглое шлифование наружных поверхностей детали	060	1	+	-	+	-	-
Внутришлифовальная	Круглое шлифование внутренних поверхностей	070	1	+	-	+	+	-
Плоскошлифовальная	Плоское шлифование поверхностей	080	1	+	-	-	+	+

Наименование операции	Наименование перехода	Номер операции	Номер перехода	Номер детали				
				+	-	+	-	+
Зубошлифовальная	Зубошлифование	090	1	+	-	+	-	+
Протяжная	Протягивание внутренних отверстий, шпоночных пазов и шлицев	100	1	+	-	-	+	-
Моечная	Моечная	110	1	+	+	+	+	+

Примечание. В таблице указывается «плюс», если данный переход присутствует и «минус», если он отсутствует.

*Обозначена «комплексная деталь-представитель» группы деталей.

Если в табл. 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 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, а также добавления новых деталей на планировке цеха оставляют места для монтажа «задним числом» новых обрабатывающих центров.

Особое внимание при подборе деталей группы следует обратить 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, соответствующих 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 оформления 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 более полной загрузки оборудования.

Технические нормы времени в условиях мелко-, крупносерийного и серийного производства для обработки деталей групп устанавливаются укрупнено в соответствии с [4]–[9].

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

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

где $T_{шт}$ – штучное время, мин;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время детали i -го наименования на j -й операции, мин.

При нормировании $T_{пз}$, необходимого на переналадку ГПО на обработку новой партии деталей, можно использовать настоящую методику и литературу [6], [9].

При этом нормируют нижеперечисленные работы:

– замену блоков инструментальных с инструментами в токарных многооперационных станках. На снятие и замену одного блока необходимо время $T_{з.и}$, равное 4–5 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;

– привязку инструмента к системе координат детали. Производится с помощью датчика касания при условии, что инструменты были настроены предварительно вне станка и все необходимые данные были загружены в устройство ЧПУ. На привязку одного инструмента необходимо от 0,3–0,5 мин в зависимости от скорости быстрых ходов станка;

– прогон управляющей программы на мониторе ЧПУ без движения по осям в покадровом режиме с целью выявления грубых ошибок. В зависимости от сложности детали необходимо 5–6 мин;

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

– обработку первой детали из партии в покадровом режиме с контролем процесса обработки, контроля размеров и подналадки. Для этого необходимо дополнительное время, равное $(2–3)T_{шт}$;

n – количество деталей в партии детали i -го наименования на j -й операции, шт. Определяется при годовом оперативном планировании на предприятии. Основными критериями 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;

T_0 – основное время, мин, обработки детали i -го наименования на j -й операции, рассчитывается по [4], [5], [7], [9];

$T_в$ – вспомогательное время, мин, обработки детали i -го наименования на j -й операции на многооперационных станках с ЧПУ, мин, равно:

$$T_{vij} = T_{c.c} N_{cm}, \quad (2)$$

где $T_{c.c}$ – время, мин, смены инструмента от «стружки до стружки», указывается в технической характеристике станка;

N_{cm} – число смен инструмента при выполнении операции. Если для станков нет данных по $T_{c.c}$, то $T_{c.c}$ рассчитывается по [6], [9];

$T_{об}$ – время, мин, на обслуживание рабочего места при обработке детали i -го наименования на j -й операции, рассчитывается по [6], [9] и выбирается в процентах от оперативного времени ($T_{oij} + T_{vij}$);

$T_{от}$ – время, мин, перерывов на отдых и личные надобности при обработке детали i -го наименования на j -й операции. При расчете в гибких автоматизированных системах не нормируется, в связи с тем, что процесс обработки не прерывается;

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

$T_{выг}$ – время, мин, выгрузки детали i -го наименования на j -й операции роботом (трансманипулятором), рассчитывается по циклограмме работы робота исходя из его технической характеристики;

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

При обработке на многооперационных сверлильно-фрезерно расточных станках время ($T_{заг} + T_{выг}$) равно времени смены паллет, которое приведено в технической характеристике станка.

Время перемещения паллеты (поддона) с заготовками (детальями) от одной операции на другую не входит во время $T_{шк}$, так как происходит параллельно циклу обработки.

Производственная годовая программа выпуска детали i -го наименования задается в техническом задании на проектирование и равна:

$$П_{г.и} = n_i m_i, \quad (3)$$

где m – количество партий запуска в год деталей i -го наименования задается в техническом задании на проектирование.

Время цикла обработки $T_{ц.д}$ детали, мин, i -го наименования равно:

$$T_{ц.д} = \sum_1^j T_{шк_i}. \quad (4)$$

Годовое операционное время $T_{г.о}$, час, необходимое для изготовления группы деталей из i -х наименований на j -й операции будет равно:

$$T_{г.о} = \left[\left(\sum_1^j T_{шк_j} (n_i - 1) m_i \right) + (T_{ц.д} m) + T_{шк_i} (n_{п_i} - 1) m \right] / 60, \quad (5)$$

где $n_{п_i}$ – количество деталей на поддоне i -го наименования на j -й операции.

Максимальный такт τ_{\max} , мин, обработки детали, который определяет производительность, будет равен:

$$\tau_{\max} = T_{шк_{ij\max}} / N_{о_j}, \quad (6)$$

где $T_{шк_{ij\max}}$ – максимальное штучно-калькуляционное время, мин, по обработке детали i -го наименования на j -й операции; τ_{\max} – максимальный такт обработки детали i -го наименования на j -й операции; $N_{о}$ – число единиц оборудования при обработке на j -й операции.

Годовой эффективный фонд рабочего времени $\Phi_{г}$ ГПО равен:

$$\Phi_{г} = \Phi_{гсм} K_{см} K_з, \quad (7)$$

где $\Phi_{гсм}$ – годовой фонд рабочего времени при работе в одну смену, может приниматься в среднем равным 2040 часов; $K_{см}$ – количество рабочих смен, устанавливается в соответствии с техническим заданием на проектирование; $K_з$ – плановый коэффициент загрузки оборудования ГПО, принимается равным 0,85–0,90.

Годовая станкоемкость $Q_{г.о}$, час, задействованного оборудования на операции, будет равна:

$$Q_{г.о} = \Phi_{г} N_{о_j}. \quad (8)$$

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

$$Q_{г.о} \geq T_{г.о}. \quad (9)$$

Если $Q_{г.о}$ меньше на какой-либо операции $T_{г.о}$, то необходимо увеличить его за счет количества единиц оборудования N_o , на этой операции для выполнения условия (9), что приведет к увеличению в разы $Q_{г.о}$ и в столько же раз уменьшит на этой операции такт τ . Далее процедуру (9) необходимо провести для всех операций группы деталей. Также необходимо помнить, что необоснованное увеличение количества единиц оборудования приводит к его низкой загрузке и потере эффективности. После этого необходимо произвести перерасчеты время такта τ на всех операциях для всех деталей. В результате получим новый **синхронизированный максимальный такт** $\tau_{с_{max}}$ на одной из операций каждой детали, который и будет определять производительность и удовлетворять условию (9).

Годовое операционное время $T_{г_i}$, час, необходимое для изготовления i -й детали, будет равно:

$$T_{г_i} = \tau_{с_{maxij}} P_{г_i} / 60. \quad (10)$$

Годовое операционное время, час, необходимое для изготовления группы деталей, состоящей из i -х наименований, будет равно:

$$T_{г} = \sum_1^j \tau_{с_{maxij}} P_{г_i} / 60. \quad (11)$$

Чтобы производственная годовая программа была выполнена, необходимо, чтобы было выполнено условие

$$T_{г} \leq \Phi_{г}. \quad (12)$$

Если условие (12) соблюдается, это означает, что синхронизация выполнена правильно.

Действительный годовой коэффициент загрузки при обработке группы деталей будет равен:

$$K_{зг.г} = T_{г} / \Phi_{г}. \quad (13)$$

Годовое операционное время $T_{год}$, час, необходимое для изготовления детали, i -го наименования на j -й операции, будет равно:

$$T_{год} = \tau_{с_j} P_{г_i} / 60. \quad (14)$$

Годовое операционное $T_{год}$ время, час, необходимое для изготовления группы деталей, состоящей из i -х наименований на j -й операции, будет равно:

$$T_{г.о.г} = \sum_1^i \tau_{сij} P_{Г_i} / 60. \quad (15)$$

Действительный коэффициент загрузки $K_{зг.о}$ при обработке группы деталей на j -й операции будет равен:

$$K_{зг.о} = T_{г.о} / \Phi_{г}. \quad (16)$$

Если коэффициент загрузки $K_{зг.о}$ при обработке группы деталей на j -й операции будет ниже коэффициента загрузки $T_{г.о.г}$ группы деталей, то это служит основным критерием для анализа его увеличения.

Очередность запуска деталей в группе определяется на стадии оперативного планирования предприятия исходя из процесса сборки изделий.

Необходимо стремиться, чтобы коэффициенты загрузки $K_{зг.о}$ на j -й операции, были как можно ближе к плановому коэффициенту загрузки K_3 во избежание простоев оборудования.

На практике сложно достичь условия одинаковой загрузки по операциям при групповой обработке в гибком производстве. Для достижения равномерной загрузки стремятся использовать как можно больше наименований деталей с коротким оперативным временем обработки, приблизительно равным или кратным времени $T_{шт}$, а также многооперационные центры (модули) с максимальной концентрацией операций, принцип малооперационной технологии, сокращение такта обработки на операциях за счет применения однотипных модулей, параллельную обработку нескольких деталей одновременно и др. Для этого создаются специальные программы оптимизации, которые исходя из выходных критериев оптимальности и входных параметров системы выдают рекомендации по выбору из группы деталей наиболее оптимальный ее состав, определяют наиболее оптимальное количество деталей в партии и количество партий в год.

После проведения синхронизации операций группы деталей необходимо посчитать коэффициенты загрузки для группы деталей и по отдельным операциям деталей группы.

При выполнении курсовой работы студент производит разработку маршрутно-операционной технологии на деталь № 1 и производит расчеты $T_{пз}$ и $T_{шт}$. Все расчетные данные заносятся табл. 2. Результаты нормирования детали № 1 записываются в сводную табл. 2 по операциям, которые у нее имеются.

Нормирование технологического процесса «детали-представителя» № 1

Номер операции	Наименование операций	$T_{пз}$	$T_{шт}$	T_0	$T_в$	$T_{об}$	$T_{заг}$	$T_{выг}$
010	Токарная комплексная							
020	Зубофрезерная							
030	Термическая							
040	Шлицешлифовальная 1-я							
050	Шлицешлифовальная 2-я							
060	Круглошлифовальная							
070	Внутришлифовальная							
080	Плоскошлифовальная							
090	Зубошлифовальная							
100	Протяжная							
110	Моечная							
<i>Итого</i>								

После расчета $T_{шт}$ и $T_{пз}$ необходимо все данные из задания и таблицы 1 внести в сводную табл. 3 параметров группы деталей, обрабатываемых на ГПО. Ее лучше выполнить в редакторе Excel. Это позволит быстро производить вычисления при синхронизации такта обработки деталей путем изменения количества единиц оборудования на операциях. Остальные данные для других деталей группы, необходимые для расчетов, указываются в Приложении 1 к настоящей методике и техническом задании на проектирование. **При этом условно считается, что деталь, взятая из Приложения 1, имеет те же операции, что и деталь № 1, т. е. «лишние» операции деталей № 2–4 из Приложения 1 в расчетах не учитываются.**

Для упрощения табл. 3 можно указывать только операции и переходы, присутствующие у «детали-представителя», и добавлять дополнительные, если они отсутствуют. Необходимо также выделить по операциям такт $\tau_{ij_{сmax}}$, который определяет производительность при изготовлении детали.

Сводные параметры группы деталей

Деталь		Номер операции j -й и ее наименование											
Номер детали	Параметры	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	$T_{пл}$
		Токарная комплексная	Зубофрезерная	Термическая ТВЧ	Шлицешлифовальная 1-я	Шлицешлифовальная 2-я	Круглошлифовальная	Внутришлифовальная	Плоскошлифовальная	Зубошлифовальная	Протяжная	Моечная	
1*	$T_{шк}$												
	τ												
	$T_{пз}$												
	N_o												
	$T_{шт}$												
	n												
	m												
2	$T_{шк}$												
	τ												
	N_o												
	n												
	m												
3	$T_{шк}$												
	τ												
	N_o												
	n												
	m												
4	$T_{шк}$												
	τ												
	N_o												
	n												
	m												

Примечание. Для детали, обозначенной звездочкой, параметры рассчитываются студентом самостоятельно.

1.5. Составление циклограммы работы робото-технологического комплекса при загрузке-выгрузке детали на одном из станков или с автоматизированного склада заготовок и готовых деталей

Составление циклограммы работы робото-технологического комплекса (РТК) при загрузке-выгрузке детали на одном из станков или с автоматизированного склада заготовок и готовых деталей производится по настоящей методике и по [3]. Составления 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 литературы [10], [11].

1.6. Составление диаграммы загрузки гибких производственных островов

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

Таблица 4

Диаграмма загрузки ГПО

Номер операции, j	Параметры	Длительность годового цикла изготовления группы деталей				
		Деталь 1	Деталь 2	Деталь 3	Деталь 4	Итого
\sum_{10}^j	$\Phi_{г}$, час					3672
	$T_{г}$, час					3266
	$K_{зг.г}$					0,88
10	$T_{год}$, час	700	750	800	760	3100
	$T_{г.о.г}$, час					3100
	$K_{зг.о}$					0,84
$j-10$	$T_{год}$, час	600	700	650	700	2650
	$T_{г.о.г}$, час					2650
	$K_{зг.о}$					0,72
j	$T_{год}$, час	300	400	300	350	1350
	$T_{г.о.г}$, час					1350
	$K_{зг.о}$					0,36

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». Гибкие производственные системы могут состоять из отдельных ГПМ, ГПЯ, ГПО. ГПЯ и ГПО управляются локальной ЭВМ, с которой связаны УЧПУ модулей, входящих в них.

Гибкий производственный модуль – 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 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 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 инструментом с интегрированным управлением на базе ЭВМ, с возможностью встраивать в систему более высокого уровня.

Гибкая производственная система 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, имеющих 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, а также системы управления

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 значитель-

ной 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 компонуются 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 в 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: 600×400 , 800×600 и 1200×800 мм. При длительном такте обработки детали целесообразно применять порталные или монорельсовые подвижные ПР для группового обслуживания при загрузке деталей в зону обработки однотипных 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 1000 мм и крупногабаритных корпусных деталей, превышающих эти габариты.

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

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

На рис. 2 приведены в качестве примера наиболее часто используемые компоновки АТСС для деталей типа «тел вращения», где преобладает токарная обработка. 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, недостатком является малая скорость: 10–15 м/мин.

Расчет необходимого количества единиц поддонов, максимальной их грузоподъемности, необходимого числа секций, общей площади механизированного склада, средней длительности цикла перемещения краном-штабелером поддона на станцию загрузки-выгрузки поддонов транспортными тележками можно производить по настоящей методике и по [10], [11]. 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. Средняя скорость перемещения крана-штабелера в горизонтальном направлении равна около 75 м/мин, в вертикальном – 120–150 м/мин. Склады могут размещаться в любом месте ГПО. Основным критерием для размещения складов служат критерии, направленные на сокращение расстояний транспортирования поддонов, т. е. времени транспортирования. Расчет габаритов и емкости складов можно производить по [10], [11].

На рис. 3 приведены в качестве примера наиболее часто используемые 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, 1250 мм и закрепляются в приспособлениях вручную. При больших усилиях зажима и коротких циклах обработки зажим должен быть автоматизирован. Преимущество рельсовых транспортных тележек заключается в их высокой скорости перемещения: 100–120 м/мин. Недостатками является 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 $T_{шт}$ обработки детали. Поэтому время транспортирования поддона $T_{тj}$, мин, от места загрузки заготовок до станков, выполняющих одну из операций, должно быть равно:

$$T_{тj} \leq T_{штj} N_{пj}, \quad (17)$$

где $N_{пj}$ – количество заготовок на поддоне при транспортировании i -й детали к j -й операции.

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 двух метров) применяют нижние значения скорости, а для более длинных – средние. Расчет АТСС можно производить по [10], [11].

1.9. Структурная схема системы автоматизированного управления гибких производственных островов

Управление ГПО обладает универсальной, функциональной структурой аппаратного и программного обеспечения, при которой связь между сопряженными 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, функциональными блоками управления, которые, с одной стороны, подключены непосредственно к цифровым управлениям станками с помощью ЭВМ, а с другой – также поддерживают коммуникацию между собой.

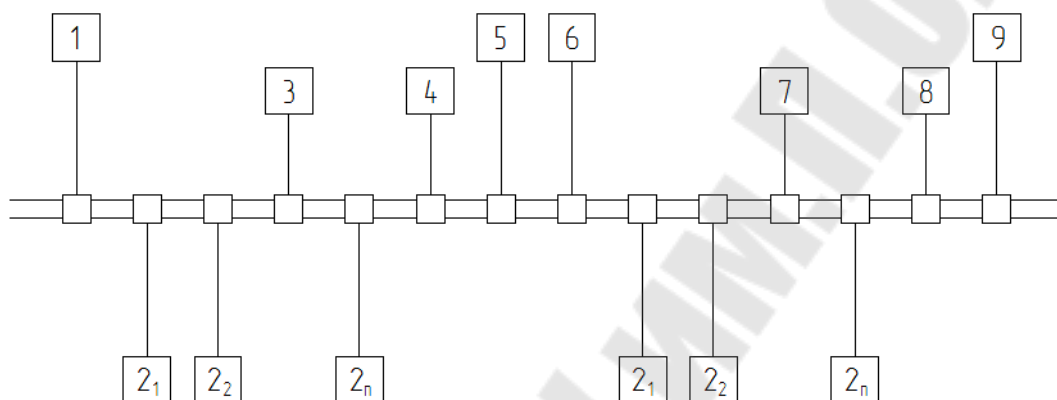


Рис. 2. Сеть LAN, сопряжение вычислительных машин для управления двух ГПО:

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

Таким образом, управление ГПО 3, 7, управление транспортировкой инструмента внутри ГПО 6, вышестоящее управление снабжением инструментами 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, центральной обработкой эксплуатационных параметров. 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 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 гибких производственных островов для групповой обработки деталей

На рис. 3 и 4 представлены примеры наиболее часто применяемых компоновок ГПО для групповой обработки деталей типа «тел вращения» и «корпусных» деталей соответственно. В состав ГПО входят 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 оборудование должно быть расположено по технологической цепочке таким образом, чтобы пути перемещения транспортных тележек были минимальными. 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. Нормы вышеперечисленных расстояний, а также варианты размещения оборудования приведены в [14]–[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 том числе для зарядки индуктивных тележек, стеллажи, накопители, рабочие места операторов, наладчиков, мастера участка, места расположения противопожарных средств.

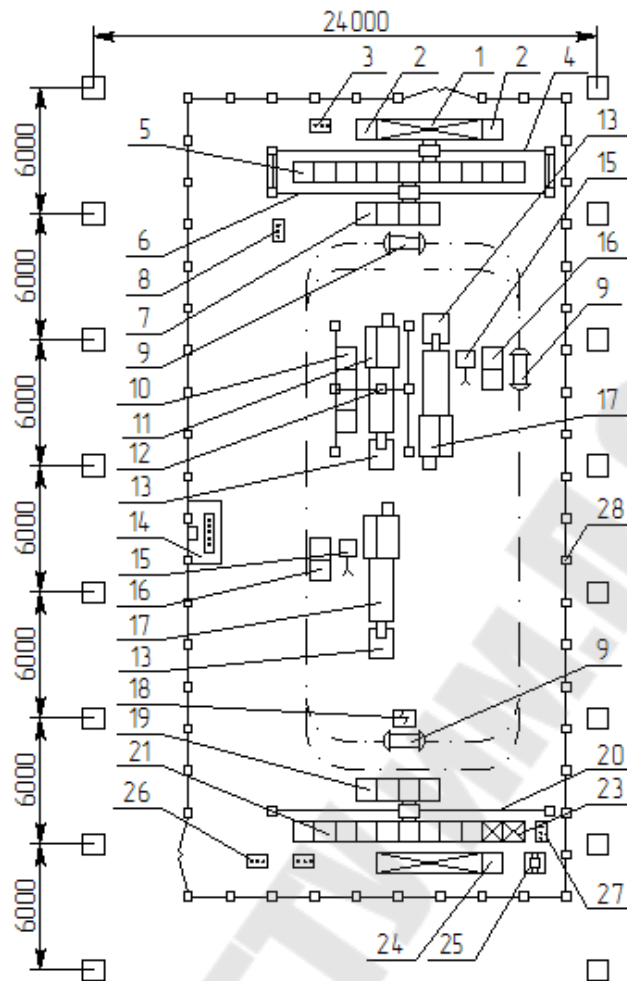


Рис. 3. Пример компоновки ГПО для обработки деталей типа «тел вращения»:

- 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; 4 – кран-штабелер для загрузки-выгрузки заготовок; 5 – склад автоматизированный стеллажный; 6 – кран-штабелер для загрузки-выгрузки заготовок и готовых деталей; 7 – четырехместный накопитель паллет; 8 – пульт ручного управления краном-штабелером; 9 – безрельсовая транспортная тележка; 10 – четырехместный накопитель паллет; 11 – ГПМ (токарный многооперационный обрабатывающий центр с противопинделем); 12 – порталый робот; 13 – передвижная тара для стружки; 14 – центральный пульт управления ячейкой; 15 – напольный робот; 16 – двухместный накопитель паллет; 17 – ГПМ (токарный многооперационный обрабатывающий центр); 18 – станция для зарядки робокар; 19 – четырехместный накопитель паллет; 20 – кран-штабелер для загрузки-выгрузки паллет с инструментальной оснасткой и режущим инструментом; 21 – 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 монтажа и наладки сборного инструмента и оснастки; 25 – прибор для измерения и наладки инструмента на размер вне станка; 26 – пирамиды для ручного транспортирования оснастки и инструмента; 27 – пульт ручного управления краном-штабелером; 28 – ограждение

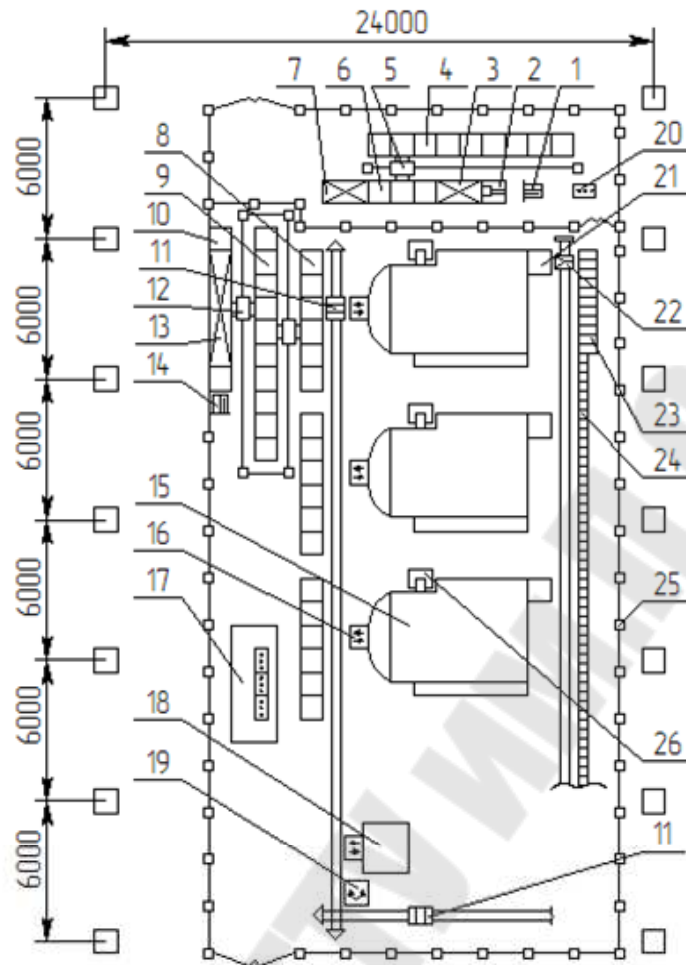


Рис. 4. Пример компоновки ГПО для обработки корпусных деталей:
 1 – пульт ручного управления краном-штабелером; 2 – прибор для измерения и наладки инструмента на размер вне станка; 3 – место для монтажа и наладки сборного инструмента и оснастки; 4 – склад автоматизированный стеллажный для хранения инструмента; 5 – кран-штабелер для згрузки-выгрузки поддонов с инструментальной оснасткой и режущим инструментом; 6 – приемные места загрузки-выгрузки поддонов с инструментальной оснасткой и режущим инструментом; 7 – стеллаж для приемки инструментальной оснастки и режущего инструмента; 8 – линейный накопитель паллет; 9 – склад автоматизированный стеллажный для хранения заготовок, готовых изделий и технологической оснастки; 10 – приемные места загрузки паллет заготовками и выгрузки готовых деталей краном-штабелером; 11 – рельсовая транспортная тележка; 12 – кран-штабелер загрузки-выгрузки паллет с заготовками и готовыми деталями; 13 – приемные места выгрузки заготовок и загрузки готовых деталей; 14 – пульт ручного управления краном-штабелером; 15 – ГПМ (многооперационный обрабатывающий центр); 16 – приемное устройство для перегрузки паллет; 17 – центральный пульт управления ГПО; 18 – моечная машина; 19 – поворотное устройство для перегрузки паллет с одной рельсовой транспортной тележки на другую; 20 – пирамиды для ручного транспортирования оснастки и инструмента; 21 – цепной магазин для хранения инструмента; 22 – робот-манипулятор для автоматической замены инструмента; 23 – станция для ручного ввода инструмента в эксплуатацию; 24 – стеллаж накопитель инструмента; 25 – ограждение; 26 – передвижная тара для стружки

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

На планировке должны быть указаны все основные размеры: длина и ширина пролета, шаг колонн, длина и ширина участка, показана привязка оборудования к колонкам 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, также должна быть видна в двух проекциях, за исключением деталей тел вращения, которые достаточно показать в одной проекции. Если двух проекций общего вида не достаточно, чтобы выполнить эту задачу, следует дать третью проекцию. Если 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 [18].

2.3. Разработка конструкции транспортного устройства приемки 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. Расчеты приспособления на точность и усилия зажима рекомендуется производить по [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, раздвинув 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. Расчеты приспособления на точность и усилия зажима рекомендуется производить по [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 зажата заготовка и поддерживающий центр с задней бабкой, если это необходимо, приводной инструмент в револьверной головке. Остальные требования необходимо выполнять в соответствии с [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. – 243 с.

2. Трусов, А. Н. Оценка степени подготовленности изделия к автоматическому производству : метод. указания к лаб. работе по курсу «Автоматизация технологических процессов и производств» / А. Н. Трусов. – Кемерово : КузГТУ, 2007. – 19 с.

3. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Н. М. Капустин [и др.] / под ред. Н. М. Капустина. – М. : Выс. шк., 2007. – 415 с.

4. Режимы резания : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] / под ред. Ю. В. Барановского. – М. : Машиностроение, 1972. – 408 с.

5. Общемашиностроительные нормы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. – М. : Экономика, 1990. – Т. 1, 2. – 474 с.

6. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. – М. : Машиностроение, 1974. – 421 с.

7. Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

8. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / А. М. Дальский [и др.] / под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 944 с.

9. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Выш. шк., 2001. – 256 с.

10. Трухин, В. Н. Расчет и выбор оборудования АТСС для складирования и транспортирования деталей в кассетах : метод. указания к лаб. работе по курсу «Автоматизация технологических процессов и производств» / В. Н. Трухин. – Кемерово: КузГТУ, 2010. – 22 с.

11. Егоров, В. А. Транспортно-накопительные системы для ГПС / В. А. Егоров, В. Д. Лизунов, С. М. Щербаков. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд., 1989 – 342 с.

12. Козырев, Ю. Г. Промышленные роботы : справочник / Ю. Г. Козырев. – М. : Машиностроение, 1988. – 385 с.

13. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы : практ. пособие : в 14 кн. / Б. И. Черпаковский [и др.] / под общ. ред. Б. И. Черпаковского. – М. : Высш. шк., 1989.

14. Соболев, В. Ф. Практическое пособие по курсу «Проектирование механообрабатывающих участков и цехов» / В. Ф. Соболев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 1999. – 85 с.

15. Мельников, Г. Н. Проектирование механосборочных цехов : учеб. для студентов машиностр. специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко ; под общ. ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

16. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: справочник : в 6 т. / Е. С. Ямпольский [и др.] ; под общ. ред. Е. С. Ямпольского. – М. : Машиностроение, 1976. – 326 с.

17. Люцко, В. А. Практическое пособие к лабораторным работам по курсу «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» / В. А. Люцко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 1999. – 24 с.

18. Вечер, Р. И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : метод. указания к курсовой работе по одному из дисциплин / Р. И. Вечер, С. И. Красюк, С. В. Рогов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 36 с.

19. Горохов, В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для студентов машиностр. специальностей высш. учеб. заведений / В. А. Горохов. – Минск : Бервита, 1997. – 344 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Варианты исходных данных для выполнения курсового проекта

Деталь		Номер и наименование операции										
Номер варианта и детали	Параметры детали	010	020	030	040	050	060	070	080	090	100	110
		Токарная ком-плексная	Зубофрезерная	Термическая	Шлицешлифовальная 1-я	Шлицешлифовальная 2-я	Круглошлифовальная	Внутришлифовальная	Плоскошлифовальная	Зубошлифовальная	Протяжная	Моющая
2	$T_{шк}$	16	12	6	8	16	14	15	14	13	3	0,1
	n	250										
	m	12										
3	$T_{шк}$	15	15	5	11	29	17	17	11	14	4	0,2
	n	250										
	m	12										
4	$T_{шк}$	17	28	4	17	25	15	14	6	17	3	0,2
	n	250										
	m	12										
5	$T_{шк}$	14	13	3	14	15	16	13	17	16	4	0,1
	n	250										
	m	12										
6	$T_{шк}$	29	25	3	15	18	13	14	13	22	3	0,1
	n	260										
	m	12										
7	$T_{шк}$	32	17	5	16	27	17	13	16	16	4	0,1
	n	260										
	m	12										
8	$T_{шк}$	34	26	4	17	18	16	17	12	17	2	0,1
	n	260										
	m	12										
9	$T_{шк}$	16	14	3	18	17	15	16	11	15	3	0,1
	n	260										
	m	12										
10	$T_{шк}$	32	15	4	15	30	17	15	14	11	4	0,2
	n	250										
	m	12										
11	$T_{шк}$	36	16	5	16	32	15	17	12	14	3	0,1
	n	260										
	m	12										

Деталь		Номер и наименование операции										
Номер варианта и детали	Параметры детали	010	020	030	040	050	060	070	080	090	100	110
		Токарная комплексная	Зубофрезерная	Термическая	Шлицешлифовальная 1-я	Шлицешлифовальная 2-я	Круглошлифовальная	Внутришлифовальная	Плоскошлифовальная	Зубошлифовальная	Протяжная	Моечная
12	$T_{шк}$	35	17	3	15	16	17	13	8	15	3	0,1
	n	250										
	m	12										
13	$T_{шк}$	32	18	3	17	14	16	15	6	15	2	0,1
	n	260										
	m	12										
14	$T_{шк}$	16	16	3	14	16	14	15	5	13	3	0,1
	n	250										
	m	12										
15	$T_{шк}$	15	15	5	17	28	15	11	9	14	3	0,2
	n	250										
	m	12										
16	$T_{шк}$	17	14	4	15	17	15	14	4	18	3	0,2
	n	250										
	m	12										
17	$T_{шк}$	34	13	3	17	14	16	15	6	16	4	0,1
	n	250										
	m	12										
18	$T_{шк}$	29	26	3	15	18	13	17	4	17	3	0,1
	n	260										
	m	12										
19	$T_{шк}$	32	17	5	12	15	17	15	7	16	4	0,1
	n	260										
	m	12										
20	$T_{шк}$	34	25	4	14	18	16	17	3	15	3	0,1
	n	260										
	m	12										
21	$T_{шк}$	16	14	7	15	17	15	17	3	15	3	0,1
	n	260										
	m	12										
22	$T_{шк}$	32	33	4	18	16	17	15	3	18	4	0,2
	n	250										
	m	12										

Деталь		Номер и наименование операции										
Номер варианта и детали	Параметры детали	010	020	030	040	050	060	070	080	090	100	110
		Токарная комплексная	Зубофрезерная	Термическая	Шлицешлифовальная 1-я	Шлицешлифовальная 2-я	Круглошлифовальная	Внутришлифовальная	Плоскошлифовальная	Зубошлифовальная	Протяжная	Моечная
23	$T_{шк}$	16	5	16	32	15	17	8	14	4	0,1	
	n	260										
	m	12										
24	$T_{шк}$	17	15	3	16	16	17	13	7	15	3	0,1
	n	250										
	m	12										
25	$T_{шк}$	32	18	3	17	15	16	14	8	15	4	0,1
	n	260										
	m	12										
26	$T_{шк}$	34	17	4	16	18	16	17	6	17	4	0,1
	n	250										
	m	12										
27	$T_{шк}$	32	16	4	17	16	17	15	4	16	4	0,2
	n	250										
	m	12										
28	$T_{шк}$	14	13	3	15	17	16	18	6	17	4	0,2
	n	250										
	m	12										
29	$T_{шк}$	16	15	5	17	16	14	15	7	16	4	0,1
	n	250										
	m	12										
30	$T_{шк}$	29	16	3	15	18	13	16	5	17	5	0,1
	n	260										
	m	12										
31	$T_{шк}$	30	17	7	15	17	15	17	6	17	3	0,1
	n	260										
	m	12										
32	$T_{шк}$	24	15	9	16	15	14	16	5	16	3	0,1
	n	260										
	m	12										
33	$T_{шк}$	36	16	5	18	17	15	17	6	14	3	0,1
	n	260										
	m	12										

Приложение 2

Примерный вариант технического задания на проектирование ГПО
Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени П.О. СУХОГО»

Наименование факультета – _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой М. П. Кульгейко

_____ (подпись)

«__» _____ 20__ г.

З А Д А Н И Е

по курсовому проектированию АППМ

Студенту _____ Группы _____

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

Деталь № 1 _____, Пг = 3000 шт./год, $m = 12$,

Деталь № 2, вариант № _____, Деталь № 3, вариант № _____, Деталь № 4 вариант № _____,

Приложение 1 к настоящему учебно-методическому пособию.

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 1.

4.3. Режим работы предприятия – двухсменный.

4.4. Объем выпуска деталей № 2–4 в год в соответствии с Приложением 1.

4.5. Материалы производственной практики.

4.6. М/у к курсовой работе по АППМ № 3664.

4.7. Практическое пособие по курсу ПМУЦ № 2360.

4.8. 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 возможности ее 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 робото-технологического комплекса при загрузке-выгрузке детали на одном из станков или с автоматизированного склада заготовок и готовых деталей

1.6. Составление диаграммы загрузки гибких производственных островов.

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 гибких производственных островов.

1.10. Разработка планировки гибких производственных островов 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 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 любой вариант конструкторской разработки по пп. 2.1–2.4.

5. Приложения к расчетно-пояснительной записке.

Приложение 1 – чертеж детали на одном 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 одном листе формата А2–А1 со спецификацией одного или нескольких вариантов, выбранных в соответствии с пп. 2.1–2.5.

Приложение 4 – планировка ГПО с автоматизированной транспортно-складской системой (АТСС), автоматизированным складом (складами) заготовок, инструмента и оснастки, технологическим оборудованием, на одном 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).

Наименование разделов проектной работы	Проценты	Срок выполнения
Технологический раздел	30	
Комплект технологических карт	10	
Конструкторский раздел	20	
Графическая часть проекта	30	
Оформление пояснительной записки и устранение замечаний	10	

Руководитель _____ (Подпись, Ф.И.О.)

Студент: Задание принял к исполнению _____ (Дата) _____ (подпись)

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Старовойтов Николай Андреевич
Мельников Дмитрий Витальевич

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**

Электронный аналог печатного издания

Редактор
Компьютерная верстка

Н.Г. Мансурова
Н. Б. Козловская

Подписано в печать 30.10.14.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,51.

Изд. № 97.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48