

**Министерство образования и науки Украины  
Дружковский техникум  
Донбасской государственной машиностроительной академии**

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

**по дисциплине «Технологические основы гибких  
производственных систем»  
для специальности 5.090227 «Обработка материалов  
на станках и автоматических линиях»**

Конспект лекций по дисциплине «Технологические основы гибких производственных систем» (для студентов специальности 5.090227 «Обработка материалов на станках и автоматических линиях» дневной формы обучения). /Сост. Н.В. Ковалева. – Дружковка: ДТ ДГМА, 2008. – 39с

Конспект лекций разработан на основании программы по дисциплине технологические основы ГПС. В нем рассмотрены вопросы разработки технологических процессов, расчетов технологических параметров, проектирования ГПС. Представлены также необходимые сведения по системам обеспечения работоспособности ГПС.

Утверждено на заседании цикловой комиссии спец.дисциплин 5.090227  
«Обработка материалов на станках и автоматических линиях»  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
Председатель \_\_\_\_\_ (Т. Н. Макаренко)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Содержание курса. Перспективы развития.....	5
Классификация ГПС.....	6
Область применения ГПС.....	8
Структура ГПС.....	9
Последовательность выполнения проекта ГПС.....	12
Проектирование транспортно – складских систем.....	12
Проектирование автоматизированной системы контроля.....	16
Оборудование ГПС. Основные направления ГПМ.....	26
Принцип построения производственных процессов.....	29
Требования к деталям для сборки в условиях ГПС.....	31
Понятия.....	33
Список рекомендуемой литературы.....	38

## **Введение**

На ряду с развитием ЭВМ и их массовым использованием в промышленности в промышленности всё большее применение получает оборудование с ЧПУ, которое следует рассматривать как технологический исполнительный орган вычислительной техники.

Новые оборудования отличаются широкими технологическими возможностями и гибкостью – свойством быстрой переналадки на выпуск других деталей. Появилась возможность замены рабочего роботом. Во многих случаях традиционная технология может органично сочетаться с гибкой.

В цехе можно устанавливать отдельные гибкие производственные модули, автоматизированные линии и участки. Из отдельных модулей, скомпонованных на базе станков с ЧПУ, можно создавать гибкие производственные системы централизованным управлением от ЭВМ.

Всё это значительно повышает эффективность не только крупносерийного, но и единичного производства.

При изучении этой темы необходимо уяснить то, что гибкие производственные системы (ГПС) являются особой формой современного производства. Первым этапом в автоматизации многономенклатурного производства стало появление станков с числовым программным управлением, которые позволяют быстро переходить на обработку других деталей путем смены управляющих программ, оснастки и инструментальных наладок. Замена универсальных металлорежущих станков станками с ЧПУ позволила в 5 раз сократить трудоемкость изготовления деталей. Однако осталось достаточно много ручных операций, связанных с переходом на обработку новых изделий. Сокращение потерь вспомогательного времени и повышение эффективности станков с ЧПУ достигались путем увеличения числа инструментов в магазине станка, оснащением станков автоматическими устройствами подачи заготовок на стол станка и удаления готовой продукции на позицию ожидания. Управление станками с ЧПУ по программам, поступающим от центральной ЭВМ, позволило снизить затраты на подготовку управляющих программ и централизовать работу участков и цехов.

Дальнейшее совершенствование производства определило создание ГПС в которых в качестве технологического оборудования применяются гибкие производственные модули (ГПМ). Технические возможности оборудования ГПС постоянно совершенствуются. Различные системы в ГПМ позволяют осуществлять: автоматическую смену заготовок, инструмента и измерительных устройств; автоматический отвод стружки из зоны резания и подачу СОЖ: работу по программе ЧПУ.

ГПМ по сравнению со станками с ЧПУ характеризуются:

- высокой точностью, а также повышенной надежностью всех систем, что исключает постоянное присутствие оператора;
- наличием средств контроля качества и технической диагностики;
- возможностью встраиваться в ГПС путем связи с ЭВМ высшего уровня.

В современном станкостроении наблюдаются тенденции создания широкой гаммы ГПМ с высокой степенью автоматизации и надежности. Именно разработка гибких производственных модулей различного технологического назначения позволяет решить проблему повсеместного внедрения ГПС и принципов гибких технологий.

ГПС обладает сравнительно большой производственной и структурной гибкостью, что выражается в возможности автоматического перехода на обработку любой освоенной детали и функционирования при отказе отдельных элементов. ГПС может автоматически функционировать во вторую и третью смены при ограниченном количестве персонала.

## Классификация ГПС

**Гибкая производственная система** – это совокупность металлообрабатывающего и вспомогательного оборудования (транспортного, накопительного, погрузочно-разгрузочного и т. д.), роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования снабженного средствами и системами обеспечения его функционирования в автоматическом режиме.

**Гибкий производственный модуль (ГПМ)** - это единица технологического оборудования, оснащенная системой ЧПУ или каким-либо другим устройством программного управления, функционирующая как самостоятельно, так и в составе ГПС; при этом все функции, связанные с изготовлением деталей, должны осуществляться автоматически.

**Классификацию ГПС определяет ГОСТ26962-86 по следующим признакам:**

- **по организационным признакам** ГПС подразделяют на гибкие автоматические линии (ГАЛ), гибкие автоматизированные участки (ГАУ) и гибкие автоматизированные цеха (ГАЦ).

**ГАЛ** — это ГПС, состоящий из гибких производственных модулей с ЧПУ или из оборудования, управляемого программируемыми контроллерами, объединенного единой автоматизированной системой управления. Структурной особенностью ГАЛ является расположение технологического оборудования в принятой последовательности технологических операций. Отличие от традиционных автоматических линий заключается в том, что на ГАЛ можно обрабатывать заготовки, номенклатура которых была заранее известна в период создания ГАЛ. Однако эти заготовки по своим типоразмерам и характеру обработки однотипны и соответствуют техническим возможностям оборудования ГАЛ. На ГАЛ обрабатываемые заготовки перемещаются в транспортной системе только по заранее определенным маршрутам. При этом гибкость производства обеспечивается за счет применения станков с ЧПУ, возможности смены на станках отдельных агрегатов, узлов и многошпиндельных головок, поворота обрабатываемой заготовки на 360° в транспортной системе и других мероприятий.

**ГАУ** — это ГПС, состоящая из ГПМ, объединенных автоматизированной системой управления, в которой в отличие от ГАЛ предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования. В состав ГАУ могут дополнительно входить отдельно функционирующее технологическое оборудование, не связанное с остальной системой управления или общей транспортной системой, а также неавтоматизированные рабочие места для выполнения отдельных ручных операций. Например, загрузка-выгрузка обрабатываемых заготовок на приспособления-спутники может выполняться

вручную, а доставка спутников с заготовками на станки и закрепление их в рабочей зоне станка — автоматически.

В состав ГАУ и ГАЛ могут входить роботизированные технологические комплексы (РТК). В состав РТК входят технологическое оборудование (станки), промышленный робот (ПР) и дополнительные средства оснащения комплекса, например, магазин заготовок, тактовый стол и т. п. Из РТК komponуют роботизированные технологические линии (РТЛ) или участки (РТУ), которые представляют собой совокупность РТК, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, обслуживаемых одним или несколькими ПР. Отличие между РТЛ и РТУ заключается в том, что в РТЛ оборудование устанавливают в последовательности, необходимой для выполнения данного технологического процесса (или процессов), а в РТУ предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

**ГАЦ** — это ГПС, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность ГАЛ, ГАУ, РТЛ, РТУ и отдельных единиц технологического оборудования (в том числе ГПМ) для изготовления изделий заданной номенклатуры.

**Гибкий автоматизированный завод** — это комплексная производственная система, состоящая из ГАЦ, ГАЛ, ГАУ и других подразделений, оснащенных многоцелевым и другим технологическим оборудованием, работающим в режиме малолюдной или безлюдной технологии. В ГАЗ обычно используют современные передовые технологические процессы обработки. Непременным условием ГАЗ является наличие аппаратных средств и программного обеспечения для проектирования продукции, производственного планирования, изготовления, контроля и управления производством.

- **по функциональному назначению и комплексности изготовления изделий ГПС подразделяют на:**

**операционные** — предназначенные для выполнения однородных технологических операций, являющихся частью комплексного технологического процесса обработки определенной группы заготовок (валов, корпусов, станин и др.), например литья, обработки давлением, сварки и пайки, обработки резанием, термообработки, нанесения покрытий, сборки, контроля, испытаниям и т. п.;

**предметные** — системы машин, на которых производят полную (комплексную) обработку (от заготовки до готового изделия) определенной группы изделий, например, валов, втулок, корпусов, планок и т.п.;

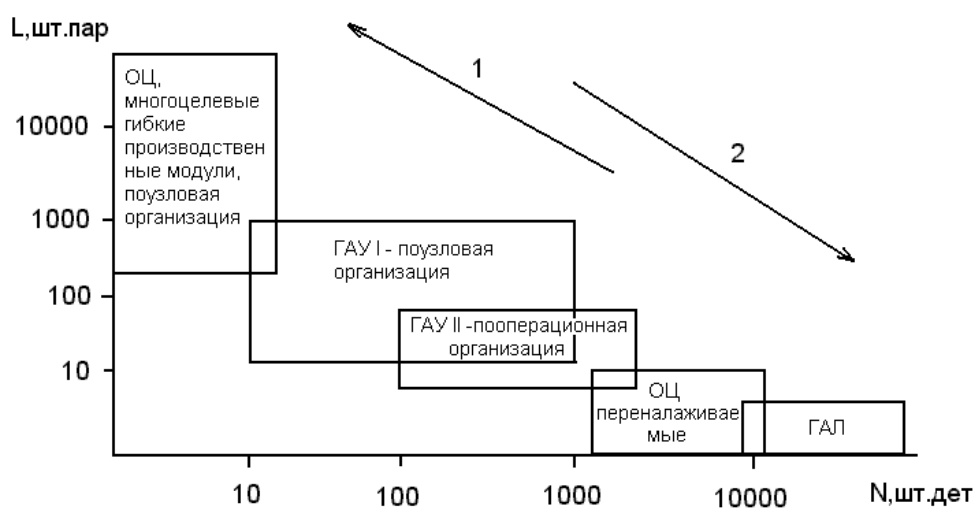
**узловые** — системы машин, продуктом производства которых являются комплекты деталей и узлы определенных типоразмеров. Доукомплектацию узлов производят из склада покупных изделий. Узловые ГПС обеспечивают возможность ритмичного поступления узлов на автоматизированный сборочный участок, на котором собирает и при необходимости упаковывает собранные изделия.

- **по уровню автоматизации ГПС** характеризуются числом вспомогательных функций, выполняемых в автоматическом режиме. Уровень

автоматизации ГПС в значительной степени зависит от уровня автоматизации основного технологического оборудования (ГПМ), из которых комплектуют ГПС.

## Область применения ГПС

Область применения ГПС достаточно широка. Вначале они создавались для автоматизации мелкосерийного производства. Однако, учитывая высокие показатели, их область применения расширилась в крупносерийное и массовое производство, а также в единичное производство. При внедрении ГПС важно определить оптимальное соответствие между гибкостью и производительностью. Повышение гибкости (или универсальности), любого технологического оборудования практически всегда влечет за собой снижение его производительности. Наибольшая производительность достигается на автоматических линиях, а наибольшая гибкость — на универсальном оборудовании. Совмещение высокой производительности и универсальности можно добиться в условиях применения ГПС. На рисунке 1 приведены области использования ГПС, а также направления повышения гибкости и производительности при использовании различного оборудования.



L – количество партий деталей

N – количество деталей в партии

1 – направление повышения гибкости

2 – направление повышения производительности.

Рисунок 1 – Области использования ГПС

Перед производством при переходе на выпуск новой продукции должны стоять следующие задачи:

- высокое качество выпускаемой продукции;
- сокращение доли ручного и тяжёлого труда;
- сокращение сроков создания, запуска в производство и выпуска новой продукции;
- снижение себестоимости новой продукции;



- выпуск изделий при условии их постоянной модернизации в ходе производства.

## Структура ГПС

Функционирование ГПС поддерживают системы обеспечения работоспособности. Их условно можно разделить на технические и информационные. Согласно ГОСТ 26228-85 в состав ГПС входят следующие системы:

- АТСС – автоматизированная транспортно складская система;
- АСИО – автоматизированная система инструментального обеспечения;
- АСУО – автоматизированная система уборки отходов;
- АСУ – автоматическая система управления;
- АСК – автоматическая система контроля;
- САПР ТП – система автоматизированного проектирования технологических процессов;
- АСТПП – автоматическая система технологической подготовки производства;
- АСНИ – автоматическая система научных исследований.

**Автоматизированная транспортно – складская система (АТСС)** – это система взаимосвязанных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

**Автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО)** – это система взаимосвязанных элементов, включающая участки подготовки инструмента, его транспортирование, накопление, устройство смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение автоматической установки и замену инструмента.

На рисунке 2 приведены наиболее общие связи в структуре ГПС.

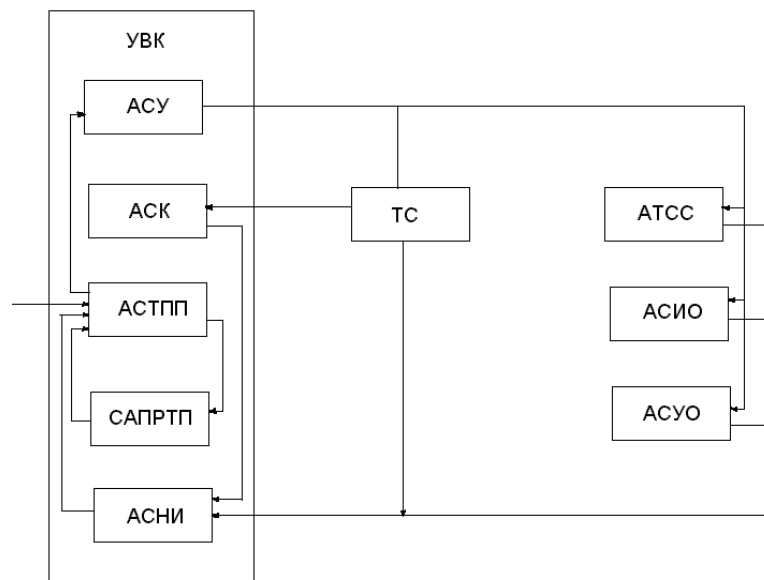


Рисунок 2 – Структура ГПС

УВК – управляющий вычислительный комплекс  
 ТС – технологическая система

В АСТПП ведется подготовка производства (подготовка заготовок, расходных материалов и т.д.) и после разработки технологических процессов в САПР ТП все данные передаются в АСУ которая в свою очередь управляет информационными и техническими системами. АСК отслеживает проходящие процессы в технологической системе и передает полученные данные в систему анализа АСНИ. Благодаря обратной связи в АСНИ поступают данные и с других систем. После анализа полученных данных АСНИ передает рекомендации в АСТПП где происходит коррекция данных. ГПС построены по иерархическому принципу. Это обеспечивает высокую надежность в работе. Такие системы характерны на всех уровнях.



Рисунок 3 – Трехуровневая система управления ГПС

где: сплошная стрелка – управляющая связь, пунктирная - информационная связь. На каждом уровне первичная информация поступает в АСТПП.

Также в состав ГПС входит: роботизированный технологический комплекс (РТК) и система обеспечения функционирования ГПС.

**Роботизированные технологические комплексы (РТК)** – это совокупность единиц технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы.

РТК должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в ГПС. Средства оснащения РТК – устройства накопления, ориентации, выдачи деталей и т.д.

**Система обеспечения функционирования ГПС** – это совокупность взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление гибкой производственной системой с помощью ЭВМ и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки.

## **Последовательность выполнения проекта ГПС**

На первом этапе разрабатывают структурную модель, используя принцип декомпозиции сложных систем, в которой отражают состав и взаимосвязь элементов ГПС. Одновременно разрабатывают функциональные модели, отображающие свойства элементов ГПС, необходимые для выполнения ими своего назначения. На следующем этапе переходят к построению алгоритмических моделей, которые отражают последовательность взаимодействия элементов при работе ГПС. Затем следует параметрический этап, на котором определяют количественные значения взаимосвязей между физическими параметрами элементов ГПС. Параметрические модели описываются уравнениями материально - энергетического баланса. На окончательном этапе решают задачу построения моделей размерных связей между элементами ГПС.

На основании исходных данных проектируют основные и вспомогательные системы. ГПС строят путём синтеза основных и вспомогательных систем и установления единой системы материальных, информационных и энергетических связей в пространстве и времени. Каждый вариант проекта формируется после прохождения всех блоков схемы. Путём изменения параметров систем при многократных циклах генерируется несколько вариантов, причём разработка каждого последующего варианта проекта осуществляется только после анализа результатов предыдущего. Выбор оптимального варианта происходит по системе критериальной оценки. Число разрабатываемых вариантов зависит от уровня унификации проектных решений, сложности объекта проектирования и уровня автоматизации проектных операций.

## **Проектирование транспортно – складских систем**

АТСС – основная функция заключается в организации накопления и перемещения обрабатываемых изделий в ГПС.

Автоматические склады предназначены для накопления исходного сырья, основных материалов и заготовок, вспомогательных материалов, порожней тары, хранения инструментов и приспособлений, сменных захватов для промышленных роботов, накоплений готовых изделий, временного хранения отходов производства, бракованных деталей.

Роботы-штабелеры транспортируют грузовые единицы; загружают и выгружают стеллажи, приемные устройства технологического оборудования, транспортные механизмы; распределяют грузовые единицы между основным технологическим оборудованием. В их состав могут входить автоматические краны-штабелеры, мостовые краны и др.

Накопители предназначены для накопления грузовых единиц перед технологическим оборудованием, создания технологических заделов, необходимых для ритмичной и бесперебойной работы оборудования, сглаживания нарушений технологического ритма. В качестве накопителей могут быть использованы также приемные устройства, транспортные устройства (например, конвейерные накопительные линии, набираемые из отдельных секций) и др.

Перегрузочные и загрузочно-разгрузочные устройства позволяют изменять направление движения грузовой единицы без ее поворота, поворачивать грузовую единицу на 90-360 градусов, загружать и выгружать краны-штабелеры, транспортные роботы, конвейерные механизмы, связывать между собой погрузочно-разгрузочное транспортное и технологическое оборудование.

Транспортные роботы (рельсовые) транспортируют грузовые единицы, загружают и выгружают приемные устройства технологического оборудования, транспортные механизмы, распределяют грузовые единицы между основным технологическим оборудованием.

Транспортные перегрузочные рельсовые роботы предназначены для межоперационного транспортирования грузовых единиц, автоматической загрузки (разгрузки) конвейеров, штабелирования грузовых единиц.

Транспортные перегрузочные напольные (конвейерные) роботы предназначены для автоматической загрузки (разгрузки) тары на движущийся подвижной транспорт по заданной программе, транспортирования и накопления грузовых единиц.

Автоматические безрельсовые транспортные средства (робокары) позволяют осуществлять транспортирование грузов с автоматического склада к модулям обработки и обратно по командам центральной ЭВМ или бортового компьютера.

Конвейеры и подвесные дороги могут быть цепными, роликовыми, ленточными, пластинчатыми, подвесными и напольными, с автоматическим адресованием др. Их основными функциями является транспортирование и накопление грузовых единиц.

Главными параметрами модулей АТСС является грузоподъемность (масса брутто) и габариты в плане перерабатываемой грузовой единицы.

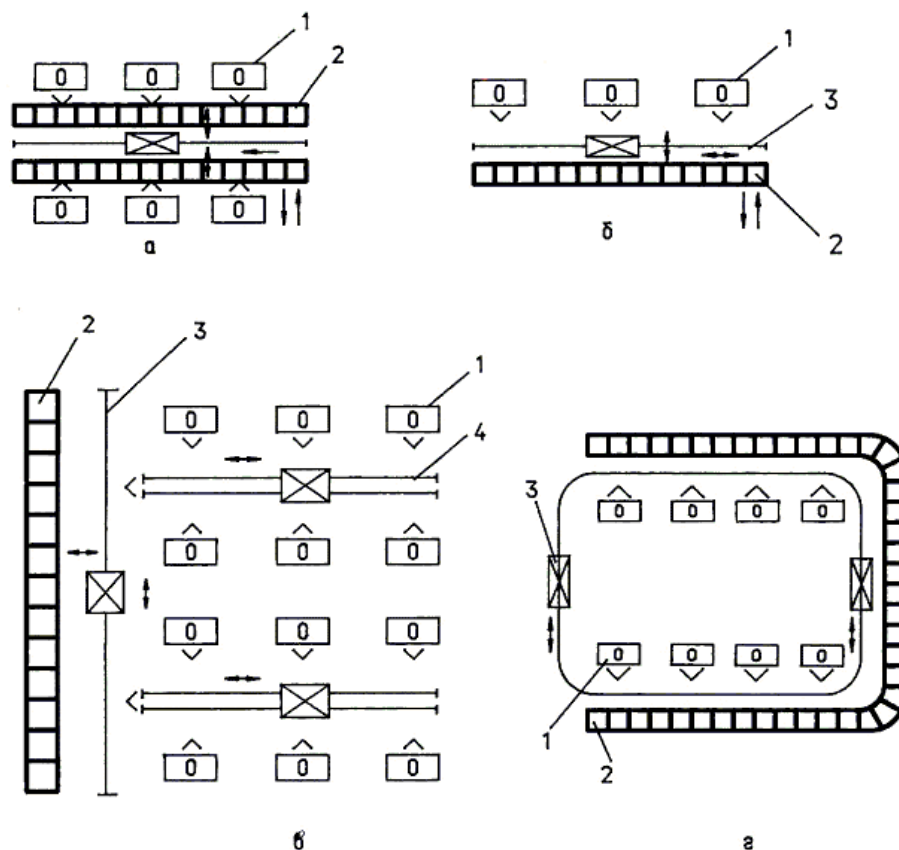
В таблице 1 приведены области применения транспортно-складского оборудования по типам производства.

Таблица 1 – Области применения транспортно-складского оборудования по типам производства.

<b>Виды работ</b>	<b>Единичное производство</b>	<b>Мелко-серийное производство</b>	<b>Средне-серийное производство</b>	<b>Крупно-серийное производство</b>
<b>Складирование</b>	Накопители (2-5 дет.)	Тактовые столы (18-20 дет.)	Стеллажные склады	Роторно-конвейерные склады
<b>Перемещение внутри склада</b>	Манипуляторы, поворотные столы	Портальные роботы	Роботы-штабелёры	Конвейеры
<b>Перемещение деталей по участку</b>	Робототехническая тележка	Робототехническая тележка	Робототехническая тележка	Конвейеры
<b>Загрузка в ГПМ</b>	Роботы, манипуляторы	Роботы, манипуляторы	Роботы, манипуляторы	Питатели

Существуют следующие принципы организации складирования: централизованный, децентрализованный и комбинированный.

Централизованный принцип организации заключается в том, что все заготовки хранятся в одном центральном складе цеха (или участка цеха). Обмен заготовками между различными группами оборудования также осуществляется через центральный склад. Этот принцип организации складирования используется в многономенклатурном производстве с небольшим грузопотоком и при малых сроках и объемах хранения заготовок. Для снижения величины грузопотоков необходимо заготовки хранить и передавать группами на одном поддоне. Схемы участков с централизованным принципом хранения приведены на рисунке 4.



1 – технологическое оборудование; 2 – склад; 3 – кран-штабелёр;  
4 – транспортная тележка.

Рисунок 4 – Схемы планировочных решений с центральным складом

Децентрализованный принцип хранения заготовок предусматривает наличие складов только на производственных участках. Такие склады обычно называются межоперационными накопителями. Кроме специальных межоперационных накопителей используются также накопители и тактовые столы, входящие в состав производственных модулей. Такой принцип хранения используется при наличии больших грузопотоков.

Комбинированный принцип хранения предусматривает наличие централизованного склада и межоперационных накопителей. Преимущество такого принципа заключается в большой гибкости и эффективности изготовления изделий широкой номенклатуры.

Необходимость передачи заготовок через склад вызвана тем, что непоточное производство характеризуется нестабильными входящим и исходящим грузопотоками.

Основной причиной нестабильности грузопотоков является многономенклатурность производства и, как следствие, изменяющаяся станкоемкость выполнения операций. Поэтому условие функционирования автоматизированного склада состоит в том, чтобы принимать с транспортной системы материальный поток с одними параметрами, размещать и хранить грузы и выдавать их обратно в транспортную систему с другими параметрами.

Выбор принципов организации хранения заготовок следует проводить на основании расчетов емкости складов. При этом оптимальным принципом считается тот, который предполагает меньшее количество ячеек склада.

## Проектирование автоматизированной системы контроля

### Система контроля реализует следующие функции:

1. контроль технических средств ГПС и деталей;
2. диагностика работоспособности автоматического оборудования, входящего в состав технологической, транспортной, складской систем и системы инструментаобеспечения, контроля;
3. контроль положения заготовок и деталей;
4. контроль положения рабочих органов технологического и вспомогательного оборудования;
5. хранение информации об изготавливаемых изделиях (их конфигурации, технических требованиях и др.);
6. настройка контрольно-измерительных устройств;
7. своевременное обнаружение брака;
8. операционный и приемочный контроль качества;
9. выдача информации по результатам контроля в АСНИ и систему управления.

Номенклатура основных контролируемых параметров в ГПС и применяемость технических устройств контроля может быть систематизирована по трем периодам контроля:

✓ контроль, производимый перед началом цикла обработки с целью определения исправности и готовности к работе технологического оборудования, наличия и надежности закрепления приспособления, заготовки и инструмента, проверки заданного положения и идентификации всех технологических объектов, участвующих в обработке;

✓ контроль, производимый во время цикла обработки (или при прерывании цикла), имеющий целью проверку параметров технологического процесса – усилия резания, температуры в зоне резания, точности обработки перемещений, диагностику состояния инструмента, контроль основных размеров детали по переходам;

✓ контроль, проводимый после окончания цикла обработки, задачей которого является проверка конечных положений рабочих органов станка (возврат в заданную точку), контроль состояния инструмента и размеров обработанной детали.

Номенклатура основных контролируемых параметров ГПС на различных этапах обработки и применяемость устройств контроля приведены в таблице 2



Таблица 2- Этапы контроля в ГПС и их содержание

Объект контроля	Контролируемый параметр	Тип устройств
<b>Контроль до начала цикла обработки</b>		
Станок	исправность основных систем;	А
	положение рабочих органов в исходной точке;	В
	отсутствие посторонних предметов в рабочей зоне станка;	Б
Приспособление	Наличие приспособления на рабочей позиции	Б
	Шифр приспособления	Г
	Положение приспособления	В
	Надежность крепления	А
Инструмент	Наличие инструмента	Д
	Шифр инструмента	Г
	Положение инструмента	В
	Надежность крепления	А
	Состояние инструмента	Д, В
	Размеры инструмента	В, Д
Деталь	Наличие заготовки	Б
	Шифр заготовки	Г
	Положение заготовки	В
	Надежность крепления	А
<b>Контроль во время обработки</b>		
Станок	Исправность основных систем	А
	Точность обработки перемещений	А
	Технологические параметры обработки	А
Приспособление	Положение приспособления	В
	Надежность крепления	А
Инструмент	Диагностика в процессе обработки	Д
	Контроль во время прерывания цикла	
Деталь	Надежность крепления	А
	Контроль размеров по переходам во время прерывания цикла	В
<b>Контроль после окончания цикла обработки</b>		
Станок	Возврат рабочих органов в заданное положение (исходную точку)	В
Приспособление	Положение приспособления	В

Инструмент	Контроль степени затупления	Д, В
Деталь	Контроль всех размеров	Е
	Контроль качества поверхности	Е

### **Примечания:**

1. В таблице приняты следующие обозначения: А – устройство контроля исправности основных систем технологического и вспомогательного оборудования; Б – устройства определения наличия объекта на заданной технологической позиции; В – устройства контроля положения контролируемых объектов в пространстве; Г – устройства идентификации технологических объектов; Д – устройства контроля состояния режущего инструмента; Е – модули контроля качества продукции.

2. Устройства контроля по п. А, Б, В и Г могут быть использованы для контроля аналогичных параметров других составных частей ГПС – промышленных роботов, транспортных и загрузочных устройств, автоматических складов и др.

### **Технические устройства контроля ГПС в общем случае включают:**

- информационные устройства, представляющие собой первичные измерительные преобразователи (датчики) для сбора информации о свойствах, техническом состоянии и пространственном положении контролируемых объектов, а также о состоянии технологической среды;
- промежуточные преобразователи, приборы или вычислительные устройства, осуществляющие анализ полученной информации и сравнение полученных фактических значений с заданными.
- управляющие вычислительные устройства, вырабатывающие сигналы оповещения, индикации или управления, необходимые для своевременного введения коррекции или принятия других мер.

Рассмотрим основные модули АСК, их характеристики и функциональное назначение.

### ***Устройства контроля исправности основных систем технологического и вспомогательного оборудования***

Системы технологического и вспомогательного оборудования ГПС, включающие станки, промышленные роботы, транспортные и загрузочные устройства, автоматические склады, являются сложными объектами контроля и диагностирования, имеющими в своем составе устройства, в которых происходят физические процессы различного вида, характеризующиеся как непрерывно, так и дискретно изменяющимися параметрами.

Заключение о техническом состоянии таких систем и их элементов может основываться на контроле достаточно большого количества как статических, так

и динамических характеристик, например, напряжений и токов в цепях электроприводов и блоков их управления, частот вращения роторов двигателей, крутящих моментов, давления и температуры масла в гидросистемах, расхода рабочей жидкости, температуры ответственных механических узлов, скоростей и ускорений рабочих органов, точности линейных и угловых перемещений, усилий и деформаций в механизмах, шума и вибраций при работе узлов, времени срабатывания реле или муфт, спектральных характеристик колебаний упругой системы и др.

*Средства получения информации о характеристиках элементов систем  
можно разделить на три группы:*

1. штатные устройства, как правило, уже имеющиеся в оборудовании для обеспечения его циклов работы (реле, электромагниты, путевые переключатели, датчики скорости и перемещений);
2. дополнительные устройства, встраиваемые в соответствии с выбранными параметрами диагностирования (вибродатчики, реле давления, расходомеры, датчики температуры, тока и т.д.);
3. специальные контрольно-измерительные устройства, работающие автономно или подключаемые по запросам (контрольно-измерительные системы, измерительные роботы-манипуляторы, виброизмерительные стенды и т.п.).

***Устройства для определения наличия технологических объектов, их  
положения в пространстве и идентификации***

Устройства определения наличия объекта (инструмента, приспособления, заготовки, детали и пр.) на технологической позиции, предназначенные для сигнализации о наличии объекта в поле зрения системы излучатель-приемник, могут применяться как в модулях обработки, так и транспортно-накопительных складских системах, а также в промышленных роботах в качестве элементов их осязательства.

Принцип действия основан на обнаружении инфракрасного излучения, отраженного объектом, и прерывание объектом потока инфракрасного излучения, поступающего от излучателя на приемник.

В качестве устройств для определения положения технических объектов в пространстве используют индикаторы контактов типов, которые позволяют определить координаты заданных точек объектов в системе координат станка и осуществить контроль размеров заготовок, деталей и инструмента на станке перед циклом обработки, в период прерывания обработки и после ее окончания. С помощью индикаторов может быть также определено наличие повреждений кромки инструмента.

Основным элементом индикаторов является щуповая головка, работающая по принципу электроконтактного датчика и выдающая электрический сигнал при касании наконечником щупа поверхности детали или инструмента.

В комплект индикатора входят щуповые головки для детали, хранящиеся в магазине инструментов и при измерении устанавливаемые в шпиндель станка, щуповые головки для инструмента, закрепляемые на базовой поверхности станка, передатчики сигналов, приемники, электронные блоки и некоторые вспомогательные элементы.

Щуповые головки для детали имеют бескабельную связь с электронным блоком. Питание и передача сигнала щуповой головки осуществляется через воздушный трансформатор, либо сигнал преобразуется в оптическое излучение инфракрасного диапазона, которое принимается фотоприемником и в виде сигнала поступает в электронный блок.

Щуповые головки для инструмента имеют штепсельный разъем, позволяющий осуществлять их кабельную связь с электронным блоком. Идентификация технологических объектов – инструмента, приспособления-спутника с заготовкой или деталью, грузового контейнера и других объектов – осуществляется с помощью специальных устройств, состоящих из носителей информации (кодовых гребенок), закрепляемых на объектах, и считывающих головок, устанавливаемых на позициях контроля материальных потоков ГПС.

Считывание кодов, определяющих шифр инструмента, детали или груза может осуществляться либо при установке объекта на позиции контроля (например, на столе станка или в ячейке склада), либо в динамическом режиме – при перемещении объекта мимо считывающей головки, установленной неподвижно.

### ***Устройства контроля состояния режущего инструмента***

Существует несколько типов устройств, основанных на различных принципах действия.

Фотоэлектрические устройства контроля режущего инструмента предназначено для определения поломок инструмента, контроля предельного износа инструмента типа резцов, а также идентификации типа заготовки, поступающей на станок. Устройства работают на принципе машинной обработки изображения рабочей зоны технологического оборудования.

Оптоэлектронные датчики положения (ОДП-1), вырабатывающие электрические сигналы при совмещении поверхности объекта с фиксированной точкой пространства, могут применяться для определения поломки инструмента, измерения геометрических размеров инструментов, контроля, позиционирования рабочих органов технологического оборудования, обнаружения технологических объектов в заданных зонах.

Лазерные измерители объектов предназначены для определения размерного износа резца перед началом обработки. Могут использоваться для контроля координатных перемещений суппорта станка.

Измерители работают на основе дифракции Фраунгоффера в зоне отверстия, образованного диафрагмой прибора и режущей кромкой резца.

Контроль состояния инструмента в процессе обработки в настоящее время производится косвенными методами. К ним относятся контроль тока,

потребляемого главным приводом, измерение усилия резания и его составляющих, температуры в зоне резания, электрических характеристик в зоне контакта «инструмент - деталь», характеристик механических колебаний, возникающих в зоне резания.

На измерении мощности или тока, потребляемых электродвигателем главного привода, основан принцип действия устройств активного контроля режимов резания и состояния режущего инструмента. Такие устройства позволяют также поддерживать постоянной мощность резания за счет коррекции скорости подачи для токарной и фрезерной обработки при совместной работе с УЧПУ модуля обработки.

### ***Модули контроля качества продукции***

В СКК ГАП (средства контроля качества) входит ОТК, включающий измерительную лабораторию, которая разрабатывает схемы и планы контрольных проверок средств измерений и выполняет наиболее сложные из них, контрольно-проверочные пункты (КПП), цеховые контрольные пункты (КП) и испытательные отделения.

Способы контроля качества изделий классифицируют по назначению – приемочный, профилактический, прогнозирующий; взаимодействию с объектом изготовления – активный (прямой и косвенный), пассивный (после каждой операции или через несколько операций), параметрический (количественный, допусковый), и функциональный; конструктивному решению – внутренний (самоконтроль) и внешний; реализации во времени – непрерывный (в процессе изготовления) и периодический (тестовый).

Перспективным является активный контроль при обработке, позволяющий исключать брак путем своевременной коррекции процесса изготовления и повысить производительность за счет совмещения времени изготовления с временем контроля.

При проектировании СКК следует уделять внимание вопросам снижения трудоемкости контрольных операций путем использования автоматических контрольных устройств, позволяющих проводить контроль широкой номенклатуры изделий.

Классификация СКК в ГАП представлена на рисунке 5



Рисунок 5 - Классификация СКК

Выбор контрольных средств и методов контроля зависит от точности измеряемых изделий, их номенклатуры, формы и размера, числа контролируемых параметров, условий измерений, требуемой производительности и экономичности. Каждый метод и используемые при этом методе средства измерения обладают собственной погрешностью и эффективной областью использования. При выборе средств измерения погрешность измерения принимается не более 10...15% допуска контролируемого параметра. Контрольно-измерительные средства действуют по одному из трех методов: прямому, косвенному и комбинированному.

При прямом методе используют средства, имеющие контакт с измеряемой поверхностью и бесконтактные средства, определяющие контролируемый параметр как при обработке, так и после нее.

Косвенный метод не обладает указанным свойством, но позволяет получать информацию о контролируемом параметре по характеристике одного или нескольких элементов оборудования, например по величине перемещения рабочего органа станка, несущего режущий инструмент. При комбинированном методе измерения одновременно происходит контроль параметров изготавливаемого изделия и элементов оборудования.

Большое влияние на выбор средств контроля оказывают условия протекания процесса обработки, в частности возможность доступа контрольно-

измерительных средств в рабочую зону, температура в зоне обработки и др. При механообработке важным фактором, оказывающим влияние на выбор средств контроля, является тип стружки.

Перспективным путем сокращения трудоемкости контроля качества изделий является использование систем адаптивного управления процессом обработки изделий, повышающих качество изготавливаемой продукции. Разработаны системы адаптивного управления: упругими перемещениями ТС за счет изменения размера статической и динамической настройки; скоростью изнашивания режущего инструмента, относительным положением деталей и усилиями при сборке, а также многомерные адаптивные системы, позволяющие управлять одновременно несколькими параметрами.

По техническим требованиям некоторые изделия должны проходить контроль параметров качества не только в статическом состоянии, но и в динамическом, для чего в ГПС применяют испытательные станции. Испытания подразделяют на производственные и испытательные.

Производственные испытания обычно входят в процесс изготовления изделия и, в свою очередь, подразделяются на обкатку вхолостую и испытание под нагрузкой. Экспериментальные испытания не связаны с производственной программой и проводят в экспериментальных цехах.

Контроль качества изделий может быть организован на рабочей позиции и в контрольных отделениях. Контроль на рабочей позиции осуществляют на технологическом оборудовании или около него. Контроль качества при обработке с помощью средств активного контроля не удлиняет цикл изготовления изделия, а контроль изделия на оборудовании после изготовления приводит к его простоям. Причем точность проведения контроля в этом случае ниже по сравнению с внешним контролем.

Применение пассивного контроля качества часто не оказывает влияния на продолжительность производственного цикла, так как контроль изделий может быть проведен при транспортировании или складировании изделия. Контроль качества на КП организуется, если: применяют разнотипные или крупногабаритные средства контроля, которые неудобно доставлять к рабочим позициям; средства контроля на рабочих позициях не обеспечивают необходимую точность из-за температурных деформаций, вибраций и др.; проверяют большое количество изделий, удобных для транспортирования; проверяют продукцию после последней операции перед ее сдачей на склад.

Основные этапы технологического процесса контроля качества изделия представлены на рисунке 6.

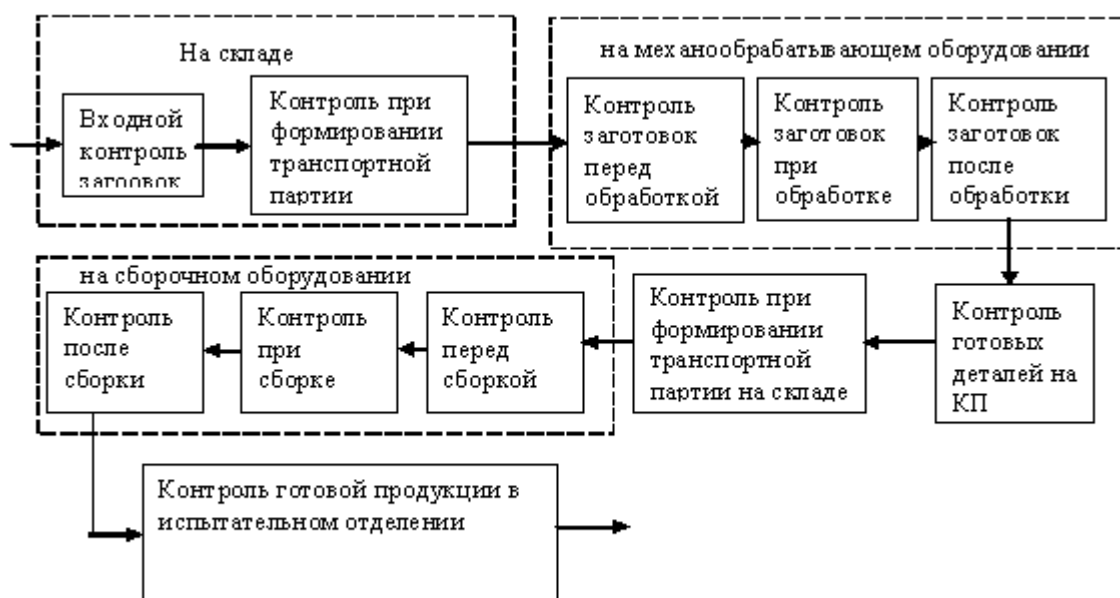


Рисунок 6— Основные этапы технологического процесса контроля качества изделия

При входном контроле заготовок проверяют их соответствие по размерам, массе, физико-химическим параметрам, внешнему виду. Контролируются геометрические размеры поверхностей, используемых в качестве баз.

Контроль при установке заготовок в тару производится для обеспечения ориентации заготовок при их автоматической установке.

Контроль заготовок на механическом оборудовании предполагает измерение размеров соответствующих поверхностей и их положение на станке, что снижает погрешность установки.

Контроль точности готовых деталей проводят на КП. Здесь же контролируют точность, шероховатость и др. Заключительный этап – испытание готовой продукции.

Детали машиностроения, особенно корпусные, изготовленные в ГПС, являются достаточно сложными объектами контроля. Как правило, в структуре технологического процесса механической обработки предусматривается транспортирование деталей к месту их измерения и точная установка в приемном устройстве модуля контроля качества.

Модуль контроля качества осуществляет входной, межоперационный и окончательный контроль размерно-геометрических параметров деталей. После обработки результатов контроля на ЭВМ может быть выдано заключение о годности детали, определены возможные отклонения размеров, и, при необходимости, внесена коррекция в технологический процесс.

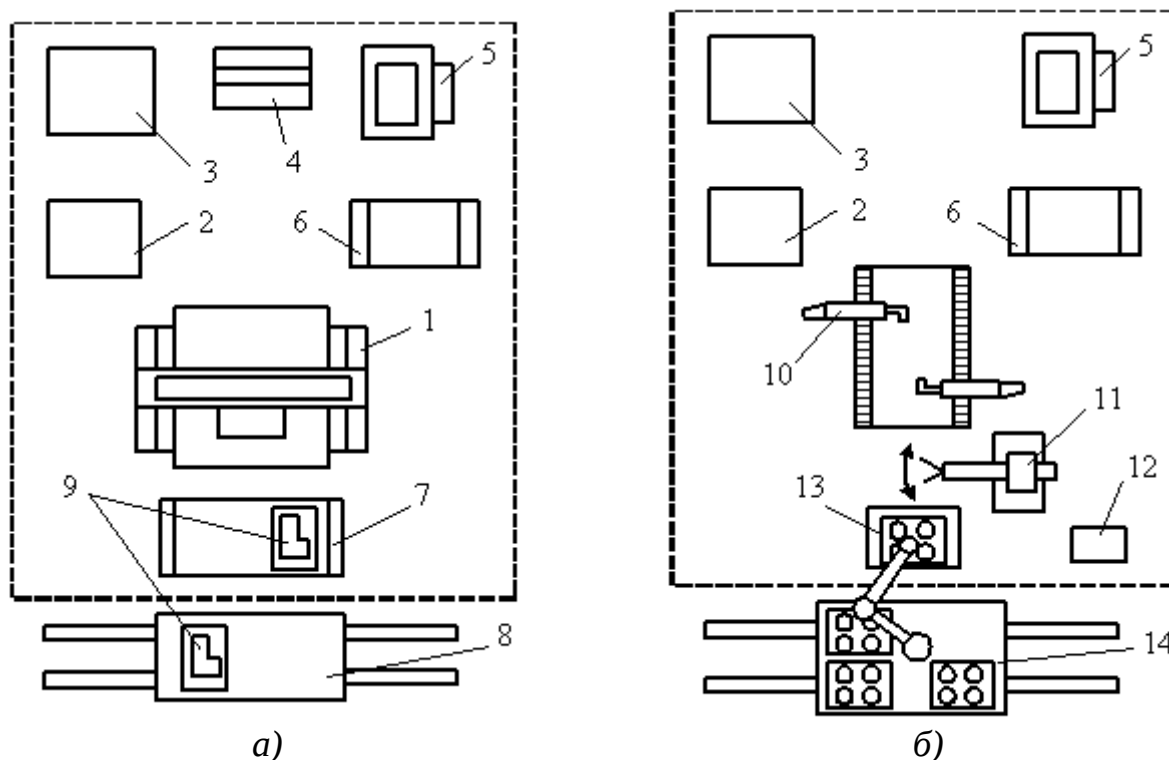
Модули контроля качества корпусных деталей строятся на базе программируемых координатно-измерительных машин (КИМ) с использованием контактных и бесконтактных измерительных устройств (щуповых головок) различного назначения. Управление модулем осуществляется в автоматическом режиме – от собственной ЭВМ. Модуль может контролировать следующие параметры: внутренние диаметры отверстий, длину внутренних и наружных поверхностей, ширину канавок, точность цилиндрических, конических и



сферических поверхностей, отклонения расположения и формы, углы, радиусы, резьбы и пр.

Модули контроля качества деталей тел вращения могут быть построены с использованием специальных прецизионных стандов, обеспечивающих точную установку, центрирование, зажим и перемещение деталей, индикаторов контакта или измерительных роботов. Контролируемыми параметрами являются внутренние и наружные диаметры, длина внутренних и наружных поверхностей, ширина и глубина канавок, отклонение формы и расположения поверхностей, радиусы, углы и пр.

Компоновочные схемы модулей контроля качества продукции для корпусных деталей и деталей типа тел вращения показаны на рисунке 7.



1- координатно-измерительная машина; 2 – управляющая ЭВМ; 3 – устройство связи с АСНИ; 4 – фотосчитывающее устройство; 5 – АЦПУ; 6 – дисплей; 7 – устройство перегрузки деталей; 8 – транспортная тележка; 9 – паллета с деталью; 10 – измерительное устройство; 11 – промышленный робот; 12 – система управления роботом; 13 – стол-накопитель; 14 – транспортный робот.

Рисунок 7– Схемы компоновки модулей контроля качества продукции ГПС корпусных деталей а и деталей типа тел вращения.

## Оборудование ГПС. Основные направления развития ГПМ

Состав станков в ГПС зависит прежде всего от технологическое назначения системы для обработки деталей определенного типа. Проектированию набора и компоновки станочного оборудования обычно предшествуют работы по классификации обрабатываемых деталей разделению их на группы, созданию технологических процессов на основе принципов групповой технологии. Станочный парк гибкой системы должен полностью обеспечивать технологические потребности обработки группы деталей, для которой проектируется эта система. Кроме того, он должен обладать запасом технологических возможностей, под которым подразумевается возможное расширение номенклатуры обрабатываемых деталей в связи с изменчивостью производства. Только в этих условиях будет соблюдаться принцип сохранения живучести гибкой системы.

Технологическое оборудование для ГПС выбирают исходя из технологических особенностей обработки деталей на конкретном предприятии с учетом способа получения заготовок, размеров, материалов и формы обрабатываемых деталей, требуемой точности и качества обработанных поверхностей, размеров партий запуска и годовых программ.

В состав гибких систем обработки входят, как правило, станки с ЧПУ. Иногда в систему включают универсальные и автоматизированные станки для выполнения доводочных операций. В гибкие комплексы включают 2—25 станков, причем количество и качественный набор их диктуется технологическими потребностями системы. Для повышения живучести комплексов предусматривают предпочтительное включение однотипных станков или станков-дублеров. Общее количество станочного оборудования также определяется возможностями управляющей ЭВМ. При небольшом числе станков ее использование окажется неэффективным, а при чрезмерно большом (более 20) усложняется система управления гибким комплексом.

В соответствии с принципами построения ГПС к основному технологическому оборудованию предъявляют следующие требования:

- возможность обработки в автоматическом режиме широкой номенклатуры деталей при максимальной концентрации операций, что позволяет сократить количество оборудования и число переустановок, улучшить качество обработки и сократить продолжительность производственного цикла;
- необходимость увязывать технологические базы заготовок с оборудованием и оснащением;
- выполнение принципа постоянства баз при переходе на другой станок;
- обеспечение работы оборудования в автоматическом цикле;
- возможность быстрой переналадки оборудования при смене объекта производства;

- компоновочная и программная стыковка оборудования с транспортно-складскими системами и измерительными установками.

Для использования станков с ЧПУ в составе гибких производственных систем обработки необходимы конструктивные, технологические и организационные решения, направленные на автоматизацию закрепления заготовок, смены инструмента, контроля качества обработки, контроля за износом и поломкой инструмента, удаления стружки из зоны резания, очистки базовых и установочных поверхностей приспособлений, закрытия зоны резания, диагностики неисправностей основных механизмов и др.

Общий подход к подготовке станков с ЧПУ для встраивания их в состав гибких систем заключается в том, чтобы обеспечить их работу в течение 1—2 смены по выпуску качественных деталей без участия оператора (с многостаночным надзором).

Подключение станка к транспортным системам предусматривает оснащение его устройствами автоматизированной подачи заготовок и удаления готовых деталей (зачастую осуществляемую промышленным роботом), подачи требуемого инструмента и удаления изношенного, подачи СОЖ и удаления стружки, ввода управляющей программы (УП).

Оснащение станка комплексом средств обеспечения надежной работы предусматривает применение устройств автоматического контроля размеров и введения необходимых коррекций в УП обработки, поломки и износа инструмента, условий резания, времени работы, инструмента и сопоставления его с гарантированным сроком годности, а также устройств адаптивного управления, предохраняющих станок от перегрузки и обеспечивающих его автоматическую наладку.

### ***Основные направления развития ГПМ***

Одним из наиболее элементарных компонентов ГПС является гибкий производственный модуль, который представляет собой многоцелевой станок в ЧПУ или токарный станок с ЧПУ, оборудованный автоматизированными устройствами (роботом) загрузки заготовок, удаления обработанных деталей и накопителем заготовок и деталей. Такой модуль должен обрабатывать различные детали, а также иметь устройство, определяющее сроки службы инструментов, ставить диагноз неполадок в работе.

Формирование гибких производственных модулей на базе токарных станков с ЧПУ производят путем применения специализированных роботов-автооператоров, а также накопителей заготовок и деталей.

Модули на базе многоцелевых станков предназначены для обработки деталей призматической формы типа корпусов, плит сложной криволинейной формы, дисков, рычагов и обеспечивают одновременную обработку деталей с разных сторон фрезерованием, сверлением, растачиванием, нарезанием резьбы в автоматическом режиме. Управление осуществляется от устройства ЧПУ типа CNC и обеспечивает высокую точность позиционирования. Детали закрепляют на

спутниках, что дает возможность, применяя транспортные роботы, легко встраивать станочный модуль в гибкую производственную систему.

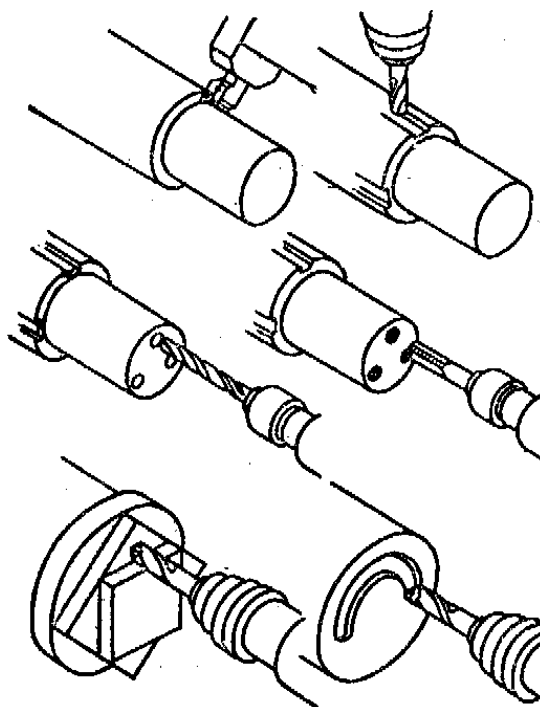


Рисунок 8 –Операции, выполняемые на токарных обрабатывающих центрах

Основными направлениями развития единичных модулей являются увеличение их технологических возможностей путем расширения объема инструментальных магазинов и способов крепления деталей, снижение потерь вспомогательного времени в результате совершенствования транспортно-загрузочных устройств, унификация отдельных элементов станочных модулей (управляющих и транспортно-накопительных систем), способствующая широкому применению модулей при создании гибких систем более высокого уровня.

Гибкие производственные токарные модули создают на, базе одношпиндельных токарных станков с ЧПУ, оснащенных промышленными роботами. Применение портальных роботов позволяет создавать ГПМ меньшего габарита, устанавливать на портале одно- и многорукие роботы, выполняющие кроме загрузки-выгрузки заготовок смену неподвижного и вращающегося инструмента, кулачков патронов или самих патронов; обеспечивает доступ в рабочую зону станка с фронтальной стороны. Функциональные возможности портальных роботов могут быть расширены с помощью устройств автоматической смены захватов, а также путем использования совместно с робокарами.

Перспективными являются ГПС на базе токарных станков типа обрабатывающий центр, инструментальные головки которых оснащены вращающимися инструментами (рис.8), благодаря чему появляется возможность при неизменной установке детали помимо основных токарных операций выполнять различные вспомогательные отделочные операции.

Токарные ГПМ, входящие в состав ГПС, оснащают устройствами автоматической смены кулачков патрона, самих патронов или сменной их части, которую монтируют на детали вне станка.

Компоновка основного технологического оборудования ГПС определяется производственными возможностями, объемом выпускаемой продукции и характером обрабатываемых деталей. Рациональная компоновка оборудования позволяет повысить экономическую эффективность ГПС путем уменьшения занимаемой площади, применения более простых транспортных систем, оптимизации перемещений промышленных роботов, сокращения вспомогательного времени, затрачиваемого на транспортировку деталей и инструментов, повышения ремонтпригодности оборудования.

## **Принцип построения производственных процессов**

Проблема создания эффективного производственного процесса связана с необходимостью учета большого количества факторов, условий и ограничений, которые образуют среду принятия решений. В каждом конкретном случае эта среда оригинальна по составу свойств, используемому критерию и иерархии описывающих ее параметров. Решение указанной проблемы немыслимо без использования вычислительной техники. Однако и при этом часто возникают непреодолимые трудности, когда речь заходит о достаточно сложных процессах. Эти трудности связаны с большой размерностью задач оптимизации функционирования процесса.

Все это позволяет ставить вопрос о поиске принципов и общих рекомендаций для целенаправленного формирования определенных свойств процессов или, как минимум, для реализации текущего контроля за характером принимаемых последовательных решений. Прежде всего обратимся к системе исходных данных и принципам создания процессов.

1 Любое производственное подразделение вне зависимости от его организационного ранга должно рассматриваться, с одной стороны, как единый, интегральный элемент, включающий все происходящие в нем процессы. Условное деление этих процессов на основные и вспомогательные не должно приводить к решениям, при которых улучшение показателей одной группы процессов приводило бы к нарушению функционирования процессов другой группы. С другой стороны, каждый процесс должен восприниматься как элемент более крупного процесса. Последнее обстоятельство важно для формирования

внешних связей, определяющих характер взаимодействия данного процесса с другими процессами.

2 Необходимо определять полное содержание понятия «выход процесса». Здесь имеется в виду номенклатура основной и дополнительной продукции по всему спектру ее показателей. Кроме того, составляется перечень всех побочных продуктов функционирования данного процесса также с соответствующими им характеристиками. Это связано с вопросами безотходной технологии, вторичного сырья, экологии и др.

3 Определяется место данного процесса в производственном процессе данного подразделения и в системе процессов других производств, а также характер его основной продукции по отношению к продукции указанных процессов. Например, это может быть технологический процесс цеха, участка, станка или данного автономного производства. Продукция может быть: основной, окончательной, товарной или комплектующей в данном производстве, а также дополнительной (в частности, ширпотреба).

4 Определяется степень автономности данного производства: организационная, технологическая, экономическая, социальная, что необходимо для правильного построения внутренней структуры данного производства и его функционирования.

5 Определяется спектр внешних связей данного процесса и их характер, а также основные принципы их реализации.

6 Формируется система внутренних и внешних показателей, характеризующих данный процесс в соответствии с его технико-организационным иерархическим уровнем, что важно для построения системы технических, организационных и экономических показателей, регламентирующих вход и выход процесса. Это является основой гарантии качества функционирования данного процесса как поставщика своей продукции на вход другого процесса, при одновременной такой же гарантии получения качественной продукции на свой вход от предшествующего процесса.

7 Определяется характер исходных элементов и организационных принципов, на основании которых будет строиться данный процесс. От этого зависят характер и уровень декомпозиции процесса, вопросы комплектации на принципах кооперирования.

Вышеизложенное иллюстрирует не только системный подход к формированию исходной информации, но и основу для выработки принципов создания производственных процессов с заданными свойствами.

## Выбор деталей для обработки на ГПС

Является чрезвычайно ответственным этапом технологического проектирования ГПС. Случайно подобранная, непродуманная номенклатура может привести к неэффективности любых, даже самых совершенных в техническом отношении проектных решений.

### Основные критерии выбора деталей для обработки в ГПС:

1. *Конструктивно-технологическое подобие.* Необходимо подбирать детали, имеющие сходство по габаритным размерам, конфигурации, характеру конструктивных элементов, числу и взаимному расположению обрабатываемых поверхностей и особенно по составу операций и маршруту технологических процессов. Чем выше степень подобия, тем больше возможностей для сокращения номенклатуры оснастки и инструмента, применения методов групповой обработки.

2. *Подобие марок материалов.* Одновременная обработка на ГПС деталей из разнородных материалов создаст проблемы, связанные с разделением стружки, ведет к усложнению организации работы ГПС и росту номенклатуры инструментов. Если в процессе обработки возможно образование сливной стружки, методы ее дробления должны быть точно определены до начала разработки проекта

ГПС, в противном случае обработку таких деталей переводить на ГПС не рекомендуется.

3. *Станкоемкость и число установов.* На основе опытов эксплуатации первых ГПС можно рекомендовать, чтобы в состав автоматизированной линии или участка входило не менее четырех и не более 12 станков. Точно установленных ограничений по числу переустановок нет, однако в первую очередь необходимо выбирать детали, которые могут быть полностью обработаны не более чем за два-три установка. Минимальная станкоемкость одной операции (по всей номенклатуре деталей) зависит от числа станков в системе, пропускной способности транспортной системы и вспомогательных технологических позиций. Максимальная станкоемкость операции определяется надежностью оборудования ГПС, наличием и степенью совершенства систем адаптации. В первом, приближении станкоемкость одной операции должна быть не менее 10—15 мин (для ГПС на базе токарных станков с тактовыми столами 0,5—2,0 мин) и не более 2-3 ч.

4. *Состав оборудования ГПС.* Номенклатура переводимых для обработки в ГПС деталей должна по возможности обеспечивать использование однотипного

оборудования. Если необходимо применение специализированных станков разных моделей, в состав ГПС должно входить не менее двух единиц каждой из них. Особое внимание должно быть уделено вопросам совместимости разнотипного оборудования как между собой, так и с основными агрегатами и системами ГПС (одинаковые присоединительные размеры спутников, кассет, хвостовиков вспомогательного инструмента, одинаковые устройства ЧПУ и др.).

5. *Степень замкнутости маршрута обработки.* В первую очередь на обработку в ГПС необходимо переводить детали, которые могут быть полностью обработаны в ней без прерывания маршрута для выполнения вне системы каких-либо специфических операций. Такие операции усложняют организацию производственного процесса в ГПС и увеличивают длительность производственного цикла. На основании опыта создания первых ГПС установлено, что отношение трудоемкости операций, выполняемых в ГПС, к общей трудоемкости обработки деталей должно быть не менее 0,8—0,9.

6. *Стабильность технологических процессов.* На обработку в ГПС можно переводить детали только со стабильной, отработанной технологией. Процесс обработки в ГПС.



## Понятия

**Автоматизированная транспортно – складская система (АТСС)** – это система взаимосвязанных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

**Автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО)** – это система взаимосвязанных элементов, включающая участки подготовки инструмента, его транспортирование, накопление, устройство смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение автоматической установки и замену инструмента.

**Агрегатно модульный принцип** – это формирование состава технических и программных средств на основе применения стандартного аппаратно - программного интерфейса и возможность компоновки на единой конструктивной базе ГПС с различными функциями, разработка типовых проектных решений. Применение этого принципа приводит к минимуму затрат на транспортирование материальных потоков, снижает количество деталей – операций при повышении гибкости ГПС.

**Гибкий автоматизированный завод** — это комплексная производственная система, состоящая из ГАЦ, ГАЛ, ГАУ и других подразделений, оснащенных многоцелевым и другим технологическим оборудованием, работающим в режиме малолюдной или безлюдной технологии.

**Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ)** — это ГПС, состоящий из гибких производственных модулей с ЧПУ или из оборудования, управляемого программируемыми контроллерами, объединенного единой автоматизированной

системой управления. Структурной особенностью ГАЛ является расположение технологического оборудования в принятой последовательности технологических операций. Отличие от традиционных автоматических линий заключается в том, что на ГАЛ можно обрабатывать заготовки, номенклатура которых была заранее известна в период создания ГАЛ. Однако эти заготовки по своим типоразмерам и характеру обработки однотипны и соответствуют техническим возможностям оборудования ГАЛ.

**Гибкий автоматизированный участок (ГАУ)** — это ГПС, состоящая из ГПМ, объединенных автоматизированной системой управления, в которой в отличие от ГАЛ предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования. В состав ГАУ могут дополнительно входить отдельно функционирующее технологическое оборудование, не связанное с остальной системой управления или общей транспортной системой, а также неавтоматизированные рабочие места для выполнения отдельных ручных операций.

**Гибкий автоматизированный цех (ГАЦ)** — это ГПС, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность ГАЛ, ГАУ, РТЛ, РТУ и отдельных единиц технологического оборудования (в том числе ГПМ) для изготовления изделий заданной номенклатуры.

**Гибкий производственный модуль (ГПМ)** - это единица технологического оборудования, оснащенная системой ЧПУ или каким-либо другим устройством программного управления, функционирующая как самостоятельно, так и в составе ГПС; при этом все функции, связанные с изготовлением деталей, должны осуществляться автоматически.

**Гибкая производственная система** — это совокупность металлообрабатывающего и вспомогательного оборудования (транспортного, накопительного, погрузочно-разгрузочного и т. д.), роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования снабженного средствами и системами обеспечения его функционирования в автоматическом режиме.

**Гибкость станочной системы**, способность быстро перестраиваться на обработку новых деталей в пределах, определяемых техническими возможностями оборудования и технологией обработки группы деталей. Сложность автоматизированных станочных систем предопределила наличие различных аспектов гибкости, которые в совокупности характеризуют скорость адаптации системы к изменению производственной ситуации. Высокая степень экономически целесообразной гибкости обеспечивает более полное удовлетворение требований заказчика, оперативный переход к выпуску новой продукции, сохранение оправданного характера мелкосерийного производства, согласование сроков изготовления со сроками поставки оборудования, автоматизацию технологической подготовки производства на базе вычислительной техники, снижение затрат на незавершенное производство.

**Гибкость состояния системы** заключается в ее способности хорошо функционировать при различных внешних и внутренних изменениях. Внешние изменения связаны с появлением нового ассортимента изделий, применением более прогрессивной технологии, повышением квалификации обслуживающего персонала. Внутренние изменения или неполадки определяются наличием сбоев в системе управления станками и материальными потоками, отклонением во времени обработки, отсутствием оператора, качеством обработки.

**Гибкость действия** должна обеспечивать возможность легко включать в систему новые станки и инструменты для увеличения ее мощности в связи с увеличением объема производства. Это свойство позволяет более оперативно следить за изменениями требований рынка, конъюнктуры, проявлений моды и мобильно наращивать мощность выпуска в зависимости от требований развития индустриального производства.

**Гибкость системы группирования** должна проявляться в возможности расширения семейства обрабатываемых деталей путем включения новых, появившихся в связи с изменением номенклатуры производства. Такая система позволяет расширить жесткие рамки типажа деталей, быстро и успешно перестраивать производство однотипной продукции на качественно новом уровне.

**Гибкость технологии** определяется способностью системы учитывать изменения в составе выполняемых технологических операции и оценивается размером подмножества операций, которые могут быть выполнены системой в случае изменения производственной ситуации.

**Гибкость оборудования**, которая характеризует способность системы справляться с переналадками в станках. Проблема обеспечения гибкости оборудования решается путем организации заделов перед станками, выбора однотипных многооперационных станков с ЧПУ, унификации транспортных устройств, зажимных элементов и наборов инструментов, автоматизации подготовки управляющих программ. Общая гибкость оборудования системы зависит от гибкости станочной единицы, поэтому при проектировании комплексов следует стремиться включить в их состав однотипное оборудование, что позволяет оперативно наращивать мощность системы путем создания параллельных потоков, эффективно бороться со сбоями в отдельных станках и быстро осваивать новые технологические процессы путем выделения для этой же цели группы станков.

**Гибкость транспортной системы** выражается в бесперебойной и оптимальной загрузке металлорежущего оборудования по определенной наперед заданной стратегии управления. Это относится не только к своевременному питанию станочной системы заготовки и решению задач межоперационного транспорта, но и к обеспечению всех станочных единиц режущим инструментом. Система управления транспортными средствами должна учитывать возможные

сбои технологического оборудования, и ее реакция на сбои должна быть адекватной в новой ситуации. Транспортная система должна иметь достаточно объемный склад, который позволил бы свести к минимуму задержки, связанные с ожиданием заготовок. Построение транспортных маршрутов связано с рациональной планировкой комплекса, которая должна решаться с учетом минимизации перемещений материальных потоков. Для повышения гибкости транспортной системы необходимо предусматривать на ее входе наличие сенсорных устройств, обеспечивающих распознавание заготовок и кодированного инструмента.

**Гибкость системы управления** комплексом характеризуется тем, что оптимизация технологического процесса может и должна продолжаться после запуска системы. Гибкая система управления обеспечивает наиболее рациональное построение маршрутов обработки и транспортных потоков с точки зрения различных критериев: обеспечения максимального выпуска продукции, удовлетворения требований сборки, достижения наивысших показателей качества путем оптимизации режимов резания, оптимального календарного планирования выпуска по номенклатуре и т. д. Система управления должна не только иметь библиотеку микроинструкций по управлению процессом механической обработки, но и обладать способностью совершенствования путем запоминания дополнительных инструкций, связанных с изменением производственной ситуации.

**Организационная гибкость** производства, заключающаяся в возможности простого и незамедлительного перехода на обработку любой из освоенных системой деталей, позволяет руководству оперативно ликвидировать организационные простои оборудования, которые не связаны с его надежностью, а в большей степени вызваны отсутствием требуемых заготовок, инструмента, обслуживающего персонала и т. п.

**Принцип агрегатно – модульного построения** – это создание ГПС на базе гибких производственных модулей (ГПМ). ГПМ, являясь компонентами ГПС, сами могут состоять из типовых элементов: станков с ЧПУ, манипулятора, накопителя и др.

**Принцип иерархичности** – это соподчинение функциональных элементов, компонентов и автоматизированных средств управления различных уровней, обеспечение сочетания централизованного управления и автономности функционирования отдельных элементов и подсистем ГПС. На нижнем уровне иерархии находятся ГПМ. Более высокий уровень ГПС содержит два и более элемента низших уровней иерархии.

**Принцип интеграции** – это органическое соединение производственных процессов автоматизированных систем, их слияние в единый производственный процесс и единую систему управления.

**Принцип развития** – это обеспечение возможности пополнения, совершенствования и обновления систем и компонентов ГПС, что предполагает поэтапное развитие ГПС как с точки зрения масштабов и организационной структуры системы, так и с точки зрения уровня её автоматизации.

**Принцип совместимости** – это оптимальное соотношение универсальности и автоматизации программно – управляемого и программно – перестраиваемого оборудования, т.е. информационные, программные, технические, энергетические и другие характеристики элементов ГПС и структурных связей между системами должны обеспечивать их совместное функционирование с минимальными доработками. Технологическое оборудование ГПС при смене обрабатываемых деталей перенастраивается путём ввода новых управляющих программ.

**Производительность** – это определённая совокупность производящих (технологических) свойств ТС по отношению к данной детали при заданной заготовке (исходном предмете труда).

**Роботизированные технологические комплексы (РТК)** – это совокупность единиц технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы.

**Система обеспечения функционирования ГПС** – это совокупность взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление гибкой производственной системой с помощью ЭВМ и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки.

**Технологичность** – это определённая совокупность свойств детали по отношению к средствам производства.

## **Список рекомендуемой литературы**

1 Технологические основы ГПС: Учебник для машиностроительных вузов. /В.А. Медведев, В.Н. Брюханов и др.; Под. ред. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1991. – 239с.

2 Пуховский Е.С. Технологические основы ГАП: Учеб.пособие. – К.: Высшая школа, 1989. – 240 с.

### **Дополнительная**

3 Ратмиров В.А. Управление станками ГПС. М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.

4 Пуховский Е.С. Мясников Н.Н. Технология гибкого автоматизированного производства. К.: Техніка, 1989. – 207с.

5 Основы создания гибких автоматизированных производств. /Под. ред. Тимофеева. И.Н. – К.: Техіка, 1986. – 144с.

6 Гибкие производственные комплексы. /В.А. Лещенко, В.М. Кисилев, Д.А. Куприянов и др.; Под. ред. П.Н. Белянина и В.А. Лещенко. М.: Машиностроение, 1984. – с.

7 Гибкие производственные системы, промышленные роботы, роботизированные комплексы: В 14кн. /Под ред. Б.И. Черпакова. – М.: Высшая школа, 1989 – Кн. 3: Гибкие производственные модули. – 1989. – 108с.

8 Гибкие производственные системы, промышленные роботы, роботизированные комплексы: В 14кн. /Под ред. Б.И. Черпакова. – М.: Высшая

школа, 1989 – Кн. 6: Роботехнические комплексы. – 1989. – 91с.

9 Гибкие производственные системы, промышленные роботы, роботизированные комплексы: В 14кн. /Под ред. Б.И. Черпакова. – М.: Высшая школа, 1989 – Кн. 9: САПР в ГПС /Д.Я. Ильинский: Под ред. Б.И. Черпакова. – М.: Высшая школа. 1990 – 96с.

10 Гибкие производственные системы, промышленные роботы, роботизированные комплексы: В 14кн. /Под ред. Б.И. Черпакова. – М.: Высшая школа, 1989 – Кн. 10: Гибкие автоматические линии массового и крупносерийного производства. – 1989. – 111с.

11 Гибкие производственные системы, промышленные роботы, роботизированные комплексы: В 14кн. /Под ред. Б.И. Черпакова. – М.: Высшая школа, 1989 – Кн. 13: ГПС для сборочных работ. – 1989. – 108с.

12 Гибкие производственные системы: Учеб. пособие для техникумов. /П. Н. Белянин, М.Ф. Идзон, А.С. Жогин. – М.: Машиностроение, 1988. – 256с.

13 Игровое организационно-технологическое проектирование гибкого автоматизированного участка механической обработки. Учеб. пособие для вузов. /Харьковский политехн. ин-т. – К.: УМК ВО, 1989. – 144с.

14 Вальков В.М. Контроль в ГАП. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 232с. /Интенсификация 90/

15 Оперативное управление в ГПС. /В.Ф. Горнев, В.В. Емельянов, М.В. Овсяников. – М.: Машиностроение, 1990. – 256с.

16 Дабанян А.В., Кононенко И.В. Моделирование процессов развития и конструкции гибких автоматических систем. – Харьков: Изд-во при ун-те, 1989. – 155с.

17 Гибкая производственная система: от проекта до эксплуатации. /В.П. Занин, Г.И. Кабанов, В.Г. Логашев. – Л.: Лениздат, 1989 – 110с.

18 Моделирование гибких производственных систем. /О.М. Панин, С.Л. Ямпольский, Л.В. Песков. – К.: Техніка, 1991. – 180с.

19 Лескин А.А. Алгебраические модели гибких производственных систем. – Л.: Наука. 1986. – 150с.

20 Логашев В.Г. Технологические основы гибких автоматизированных производств. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985. – 176с.

21 Меламед Г.И., Турсунов Б.М. Гибкое автоматизированное производство: Станки с ЧПУ и роботы. – Минск: Беларусь, 1986. – 159с.

22 ГПС в действии /Пер. с англ./: Под. ред. В.А. Кудинова. М.: Машиностроение, 1987. – 328с.

23 Технологическое оборудование ГПС. /Под. общ. ред. А.И. Федотова, О.Н. Миняева. – Л.: Політехніка, 1991. – 320с.

24 Модульное оборудование для ГПС механообработки: Справочник /Р.Є.Сафраган, Г.А.Кривов, В.Н.Татаренко и др.; Под ред. Р.Є.Сафрагана. – К.: Техніка, 1989. – 175 с

25 Оборудование и другие компоненты гибких производственных систем стран членов СЭВ. /1987 – 1988/: Каталог /Сост. А.Н. Кочкина, Г.А. Толкачева – М.: ВНИИТЭМР 1990. – 136с.

26 Альбом станочного оборудования и автоматизированных производств: Кинематические схемы, конструкции, компоновки станков, станочных модулей и

станочных комплексов. – М.: ВНИИТЭМР, 1991. Ч.1. – 1991. – 112с., Ч.2. – 1991. – 112с.