

УДК 338.45:621

Н.И. ПОГОРЕЛОВ, к.э.н., проф. НТУ «ХПИ»,
С.А. МЕХОВИЧ, к.э.н., проф.,
С.Н. ПОГОРЕЛОВ, к.э.н., доц. НТУ «ХПИ»

УРОВНИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

В статье приведены основные тенденции развития та структура ГПС, рассмотрены экономические вопросы технического обслуживания и ремонта оборудования в условиях роста НТП.

In the article basic progress trends are resulted that structure of GPS, the economic questions of technical service and repair of equipment in the conditions of growth of NTP are considered.

Введение:

В современных условиях бурного развития и внедрения достижений НТП во все сферы производственной деятельности, рассмотрение организации технического обслуживания производства невозможно представить без ГПС. Для достаточно полного понимания значения ГПС в современном производстве, рассмотрим основные тенденции развития ГПС, их структуру, место и роль в производственном процессе и на этой базе основу их технического обслуживания и ремонта.

Первые ГПС появились в мире во второй половине 60-х годов. Основами их востребованности являлась необходимость постоянного обновления продукции при снижении ее себестоимости, а также сокращение длительности производственного цикла. Такие требования предъявляла рыночная конкурентная среда.

Промышленные фирмы во всех странах мира сосредоточили свои усилия на разработке производственных систем, которые в максимальной степени удовлетворяли бы требованиям многономенклатурного производства в условиях его автоматизации и гибкости. Важным фактором при этом выступили экономия трудовых ресурсов, производительность и эффективность.

Широко применяемый термин «ГПС» означает по существу возможность изменять процесс обработки.

ГПС наиболее успешно решают задачи автоматизации и средне- и мелкосерийного производства. На небольших промышленных предприятиях для этой цели используются гибкие производственные модули, работающие в автоматическом режиме.

В условиях средне- и мелкосерийного производства особенно важны высокая производительность и гибкость. Поскольку объектами обработки стала большая номенклатура изделий, появилось много различных типов гибких систем: для автоматической обработки резанием, для обработки листового металла, сборочные системы и целые заводы-автоматы.

Методология:

Начиная с 80-х годов прошлого столетия, наблюдается активное внедрение ГПС на участках обработки резанием. При этом происходит постоянный поиск оптимальных технических решений. В Японии, например, развитие гибкой технологии за короткий период прошло через такие этапы, как групповая технология, активное внедрение металлорежущих станков с ЧПУ, многоцелевых станков, широко используются промышленные роботы, высоко развит технологический транспорт и постоянно совершенствуется вычислительная техника.

ГПС - это производственная система по обработке металлов резанием снабженная роботом, сочетающая в себе высокую производительность и переналаживаемость, в которой основными объектами автоматизации являются не только процесс обработки, но и межоперационный транспорт, средства манипулирования заготовкой и средства контроля. ГПС структурно состоит из отдельных подсистем, которые технологически и организационно функционируют в рамках одной производственной системы.

1. Гибкие производственные модули (ГПМ). Это автономные станки с ЧПУ (часто называемые многоцелевыми станками или обрабатывающими центрами), оборудованные автоматическими инструментальными магазинами и автоматическими устройствами для замены спутников, оснащенные накопителями спутников, работа в которых чаще всего организуется по принципу «безлюдной» технологии. Обычно автоматические устройства для замены спутников бывают объединены с накопителями спутников.

2. Гибкий автоматизированный участок (ГАУ) - это производственное подразделение гибких обрабатывающих модулей. Это системы, состоящие из нескольких обрабатывающих модулей, между которыми нет связи автоматическим межоперационным транспортом. Каждая отдельная

заготовка независимо обрабатывается на одном модуле, и передача в другой модуль для последующей обработки не организована.

3. Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) - это группа обрабатывающих станков, объединенных автоматическим межоперационным транспортом с заданным маршрутом перемещений, в которой возможна обработка заготовок определенной номенклатуры. В такой системе применяются станки с ЧПУ со сменными многошпиндельными коробками, что повышает производительность и гибкость системы.

4. ГПС - производственная система, состоящая из отдельных ГПМ, ГАП и ГАЛ, а также других подсистем, обеспечивающих их взаимодействие в автономном режиме.

При распределении систем на эти четыре группы основное внимание уделяется форме и степени автоматизации процесса управления потоком заготовок. Это обычный принцип классификации, и на нем основан анализ систем. Если принять во внимание эту классификацию, то к ГПС нужно отнести маломасштабные системы из обрабатывающих модулей, объединенных промышленным роботом (ПР).

ГПС в Японии внедрялись неравномерно, но начиная с 1979 г. число внедренных систем резко возрастает (рис.1). В период с 1979 по 1982 г.г. внедрение ГПС шло небывалыми темпами.

Начиная с 1982г. количество внедренных систем постоянно наращивается, при этом постоянно совершенствуется автоматизация самого производственного процесса в ГПС.

Классификация систем по уровню автоматизации приведена в таблице 1. Гибкие производственные системы для обработки металлов резанием предназначены для выполнения технологических операций, транспортировки к станкам заготовок и инструмента, загрузки в станок заготовок, а инструмента - в автоматический инструментальный магазин. Системы классифицируются в зависимости от того, автоматизированы или не автоматизированы эти функции. Естественно, в любой ГПС операция обработки заготовки автоматизирована, и классификация по уровню автоматизации проводится с учетом автоматизации остальных функций.

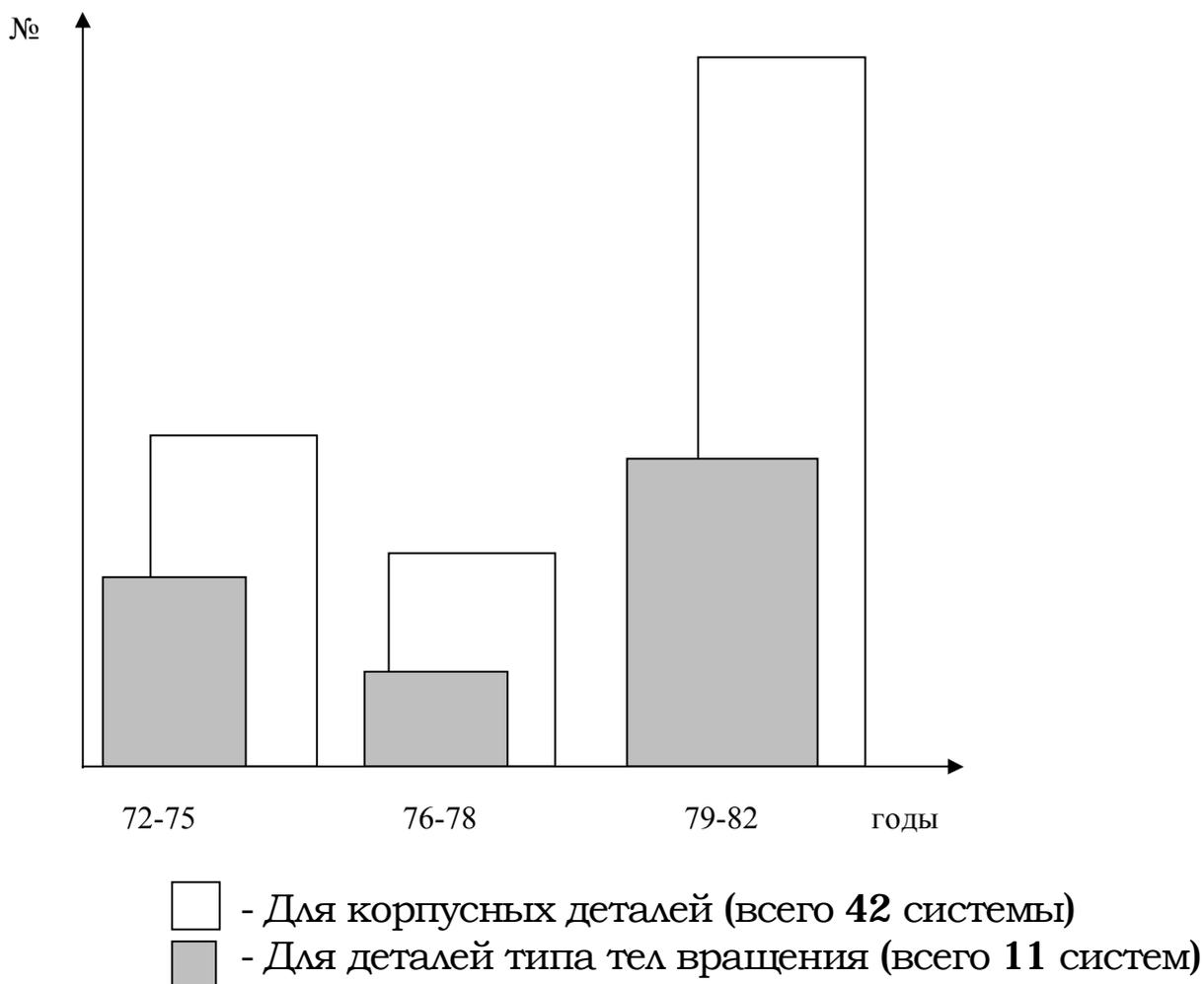


Рис. 1 – Темпы внедрения ГПС в Японии с 1972г. по 1982г.

Таблица 1 - Уровни автоматизации ГПС

Уровень автоматизации	Транспортирование к станку		Загрузка в станок с автоматическим инструментальным магазином	
	заготовок	инструмента	заготовок	инструмента
0				
1	да			
2			да	
3	да	да		
4	да		да	
5	да	да	да	
6	да	да	да	да

Из табл. 1 следует, что все системы имеют уровень автоматизации выше первого.

Второй уровень автоматизации имеют пять систем. Любой участок с гибкими обрабатывающими модулями имеет такой уровень

автоматизации. Третий уровень, предполагающий автоматизацию подачи заготовок и инструмента в зону станка, имеют четыре системы. Если у станка такой системы имеется автоматический инструментальный магазин, его замена осуществляется вручную. Особенностью этих четырех систем является наличие в них одной транспортной тележки, применяемой для подачи и заготовок, и инструмента.

Четвертый уровень предполагает автоматизацию подачи заготовки и загрузки ее в станок. Транспортировка инструмента и замена автоматического инструментального магазина производится вручную. Типичные ГПС и гибкие автоматические линии относятся к группе систем с четвертым уровнем автоматизации. При пятом уровне дополнительно предполагается автоматизированная подача инструмента в зону станка.

Шестой уровень - это полная автоматизация ГПС.

В Японии ГПС развиваются в следующих направлениях:

Автоматизация транспортирования и манипулирования заготовкой (спутником).

Автоматизация транспортирования и манипулирования рабочим инструментом.

Совмещение в одной системе обработки корпусных деталей и деталей типа тел вращения.

В ГПС обрабатывают изделия многих типов (см. табл. 2). Характерной для них является возможность введения в цикл обработки единичной заготовки.

Таблица 2 - Распределение ГПС по типам обрабатываемых изделий

<i>Изделие</i>	<i>Обрабатываемые детали</i>
Дизели	Головки блоков, корпуса цилиндров, картеры

Детали металлорежущих станков	Шпиндельные головки, стойки, каретки, станины, основания
Трансмиссии	Корпуса, акселераторы, корпуса коробок передач
Компрессоры	Картеры, корпуса
Насосы, клапаны	Седла, корпуса

Для японских систем, предназначенных для обработки корпусных изделий, наиболее характерна обработка деталей с максимальными габаритными размерами 500 мм. В то же время следует отметить, что имеется вполне достаточно систем для обработки крупногабаритных изделий размером более 8000 и даже более 1000 мм.

Если обратить внимание на связь между типом ГПС и габаритными размерами обрабатываемых заготовок, то обнаруживается следующая тенденция: заготовки до 400 мм в основном обрабатываются на гибких автоматических линиях, а заготовки более 400 мм - в основном на участках из гибких обрабатывающих модулей и в типичных ГПС.

Масштабы ГПС. О масштабе ГПС судят по количеству входящих в нее обрабатывающих станков. В процессе исследования нами рассмотрено восемь примеров систем с 13 станками и более (рис. 2). Многие системы включают 4-12 станков. Больше всего (12) систем, в состав которых входят два-три станка. К категории таких систем можно отнести так называемые маломасштабные ГПС. Естественно, к этой категории относятся и гибкие обрабатывающие модули, что совпадает с принципами классификации европейских и американских примеров ГПС. Если из-за спорной принадлежности маломасштабных ГПС к типичным ГПС исключить их из классификации, то следует считать, что больше всего существует ГПС с 4 - 6 станками.

Среди ГПС для обработки деталей типа тел вращения можно заметить другие тенденции. Наибольшее количество систем имеют 4-6 станков, а систем с 13 станками и более, вообще, нет. Это можно объяснить тем, что по сравнению с корпусными деталями форма деталей типа тел вращения значительно проще, и требуется небольшое число операций.

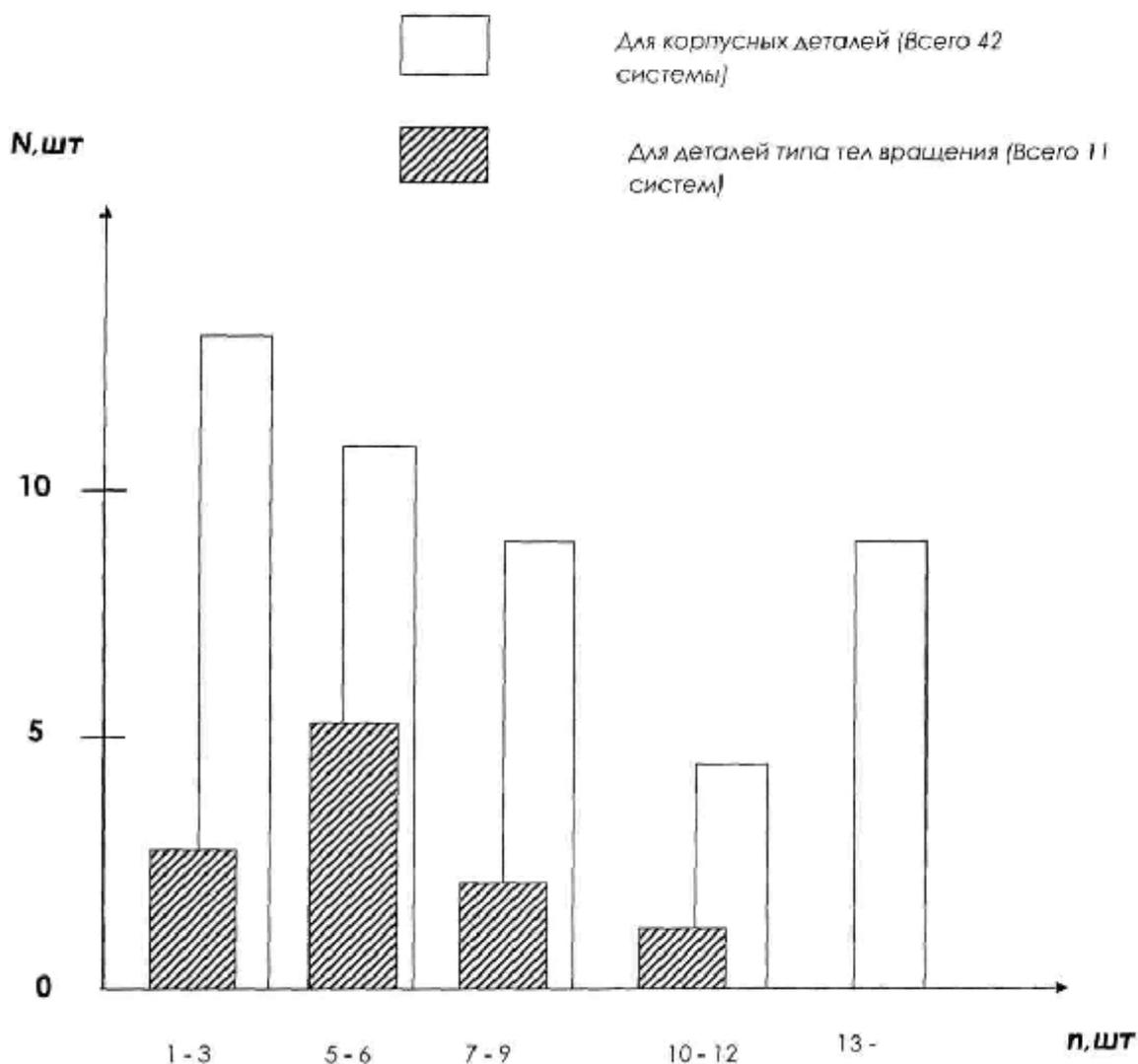


Рис. 2 - Количество станков (п,шт.), встраиваемых в различные ГПС

На рис. 3 показаны станки различных типов, применяемых в ГПС. В состав ГПС входит много металлорежущих станков различных типов. Основу станочного парка ГПС для обработки корпусных деталей составляют многоцелевые станки, а ГПС для обработки деталей типа тел вращения - токарные станки. И те, и другие применяются примерно в одинаковом соотношении на уровне 60%.

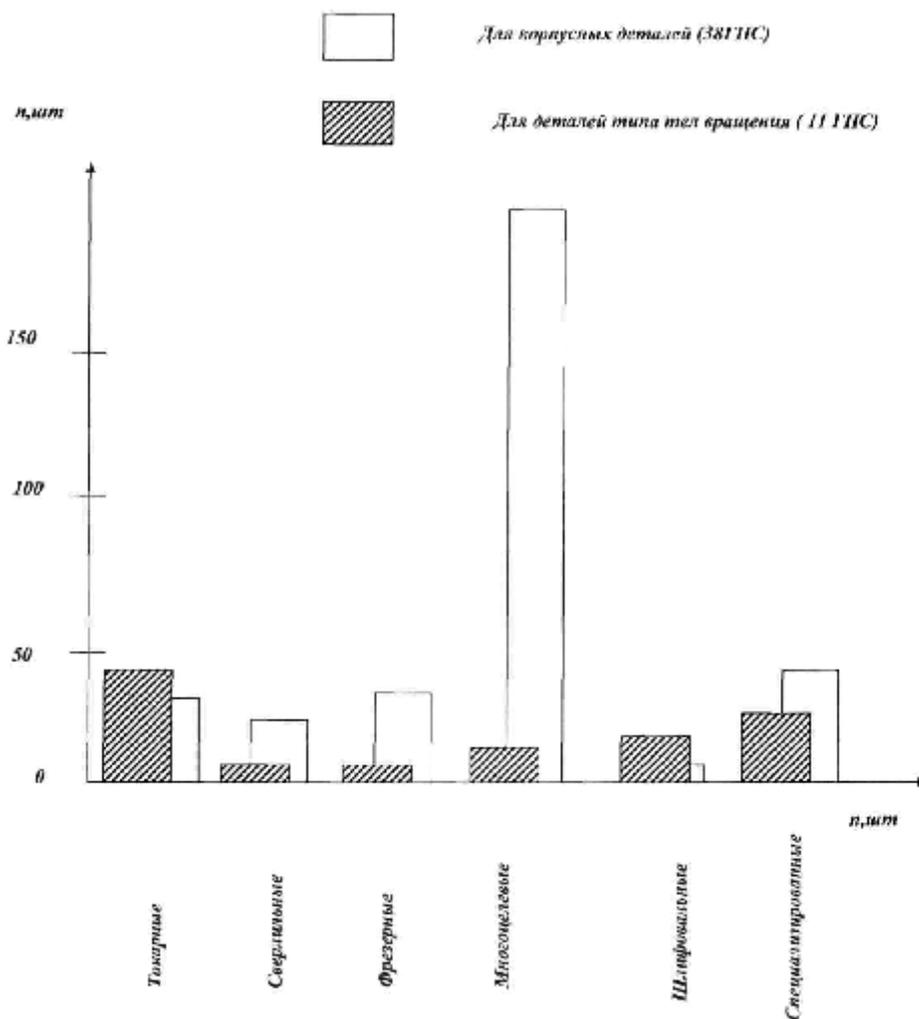


Рис. 3 - Станки, встраиваемые в ГПС (шт)

Гибкость. Гибкость системы - это комплексное понятие. Первоначально оно включало в себя переналадку оборудования на основе управляющих программ для станков с ЧПУ, подготовленных комплектов инструмента, организационно-технической подготовки и планирования производства и др. Понятия, вкладываемые в смысл гибкости, бывают различными, и всегда необходим индивидуальный подход к описанию конкретной производственной системы. В то же время с нашей точки зрения, наиболее обобщающим фактором в этом вопросе можно считать гибкость компоновочной структуры или отдельных элементов. ГПС, предназначенные для обработки корпусных деталей, можно еще характеризовать количеством типов обрабатываемых деталей и размерами партий запуска.

По количеству типов обрабатываемых изделий существует классификация ГПС, состоящая из 34 систем (рис. 4). В большинстве систем обрабатывается от 5 до 30 деталей. Но есть 14 примеров систем, в которых идет обработка более 31 детали.

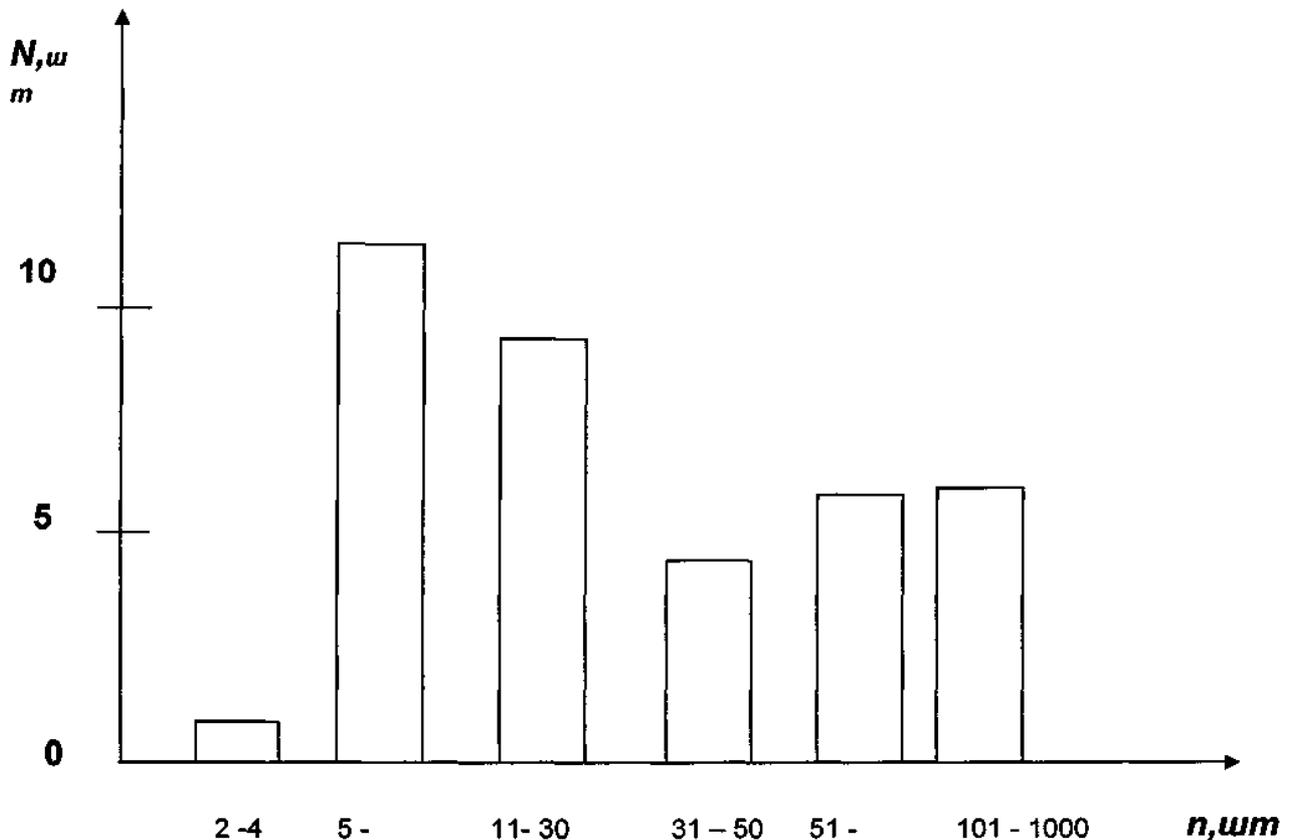


Рис. 4 - Распределение ГПС ($N, \text{шт}$) по числу типов обрабатываемых корпусных деталей ($n, \text{шт.}$) (всего 34 системы)

Сейчас ГПС развиваются в направлении увеличения количества типов обрабатываемых деталей. Известно, что при изменении партии обрабатываемых заготовок в системе очень трудно изменить технологию обработки. Поэтому при разработке большинства ГПС основным показателем является размер партии заготовок, которые будут обрабатываться в системе. Этот анализ подтверждает рис 5. Системы распределены в зависимости от размера средней партии запуска. Естественно не учитываются временные изменения размера.

Из рис. 5, видно, что наибольшее количество систем рассчитано на размер партии от 11 до 100 заготовок, причем большая часть систем рассчитана на размер партий от 31 до 100 заготовок. Количество систем,

рассчитанных на обработку меньших партий, сокращается по экономическим соображениям. Нетрудно понять, что ГПС обеспечивает возможность обработки и меньших партий деталей, чем те, на которые она рассчитана, с учетом тех предварительных и финишных операций, которые в основном могут быть выполнены в ручном режиме. Поскольку таких примеров немного, оставим эту проблему открытой, чтобы не делать поспешных выводов. Здесь представлены шесть примеров ГПС, рассчитанных на обработку партий заготовок менее десяти штук. Очень важно отметить, что в трех системах возможна обработка единичных изделий.

Транспортные средства и организация потока заготовок.

Основу ГПС составляют стенки с ЧПУ (преимущественно многоцелевые станки), которые имеют широкие возможности для обработки и зависят от автоматизации транспорта и процессов манипулирования заготовками. В последние годы, когда ГПС особенно бурно внедряются в производство, активное развитие получают индуктивные тележки*. Технология совершенствуется применением устройств ЧПУ, автоматических инструментальных магазинов, автоматических устройств замены спутников, а также развитием таких способов управления, как DNC/CNC.

На рис. 6 показано, как распределяются ГПС. Для обработки корпусных деталей по типам применяемых транспортных средств в период их наиболее активного внедрения, можно выделить наиболее характерные этапы развития: 1972 - 1975 гг. - применяют только транспортеры; 1976 - 1978 гг. - начинается применение рельсовых тележек; 1979 - 1982 гг. - внедряются индуктивные тележки, продолжается применение транспортеров и рельсовых тележек, а также имеет место транспортирование в ручном режиме.

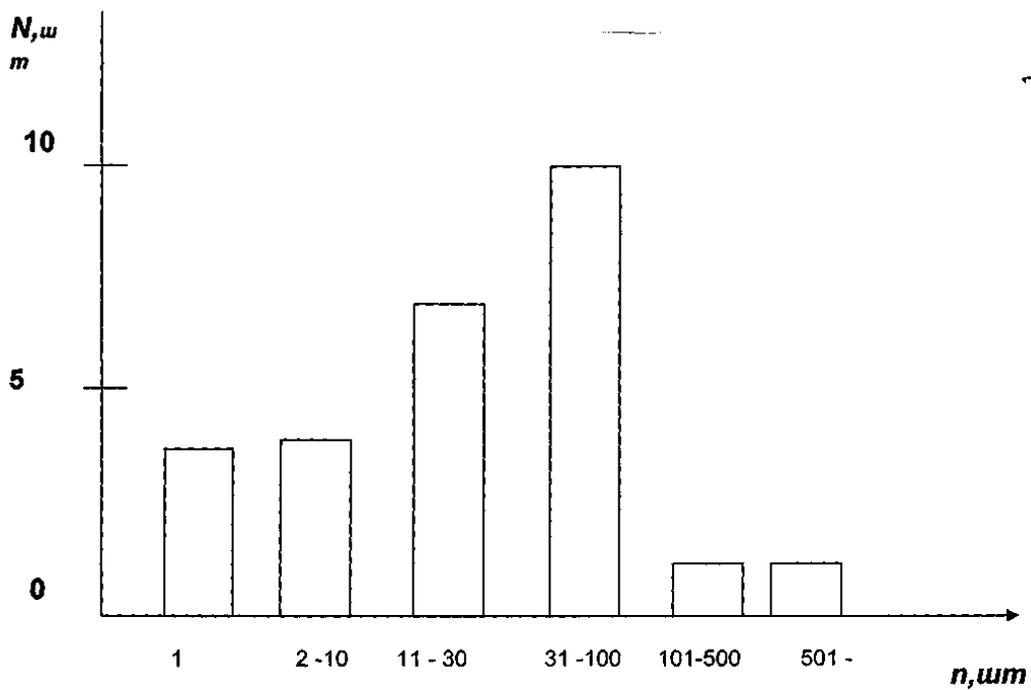


Рис. 5 - Распределение ГПС ($N, \text{шт}$) по числу размерам партий деталей ($n, \text{шт}$.)

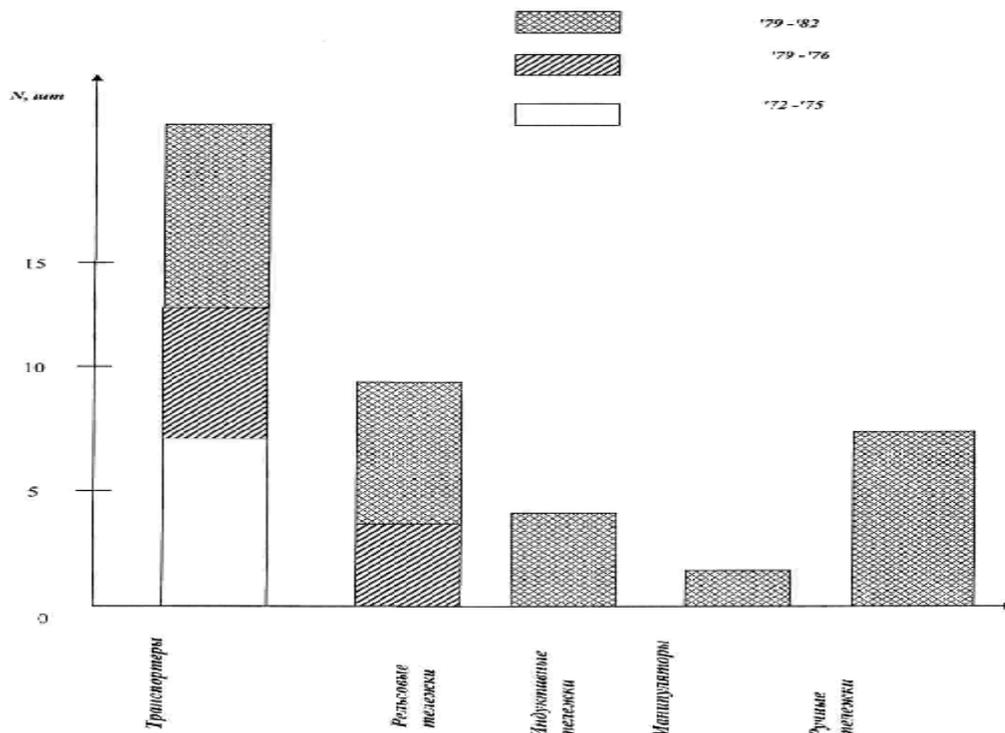


Рис. 6 - Распределение ГПС ($N, \text{шт}$.) для обработки корпусных деталей по типам применяемого межоперационного транспорта (всего 34 системы)

Таким образом, имеется несколько различных типов транспортных средств, из которых можно выбрать средства наиболее подходящие для каждой конкретной системы. Ручной транспорт применяется только на участках из гибких обрабатывающих модулей.

Организация потока заготовок. Поток заготовок ГПС тесно связан с компоновочной структурой системы и является важной характеристикой системы. Наиболее простым способом определения потока является разложение его на составные элементы и выявление соподчиненности этих элементов. Существует много способов выявления типичных маршрутов. Для наглядности и облегчения понимания обратимся к рис. 7, на котором изображены четыре типа потоков и восемь их разновидностей. Для каждого типа наиболее характерный рисунок.

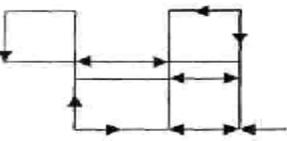
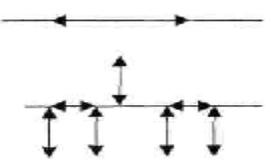
<i>Основные типы</i>		<i>Примеры</i>	<i>Обозначения</i>	
<i>Линейный</i>	<i>Прямолинейный</i>		A ₀	A
	<i>Параллельный</i>		A ₁	
	<i>Разветвленный</i>		A ₂	
<i>Замкнутый</i>	<i>Кольцевой</i>		B ₀	B
	<i>Сложный</i>		B ₁	
	<i>Разветвленный</i>		B ₂	
<i>Сетевой</i>				C
<i>Реверсивный</i>				D

Рис. 7 - Основные типы потоков деталей

Выводы:

При принятии решения об организации системы одним из главных факторов, учитываемых при выборе, должна быть своевременная технология. С учетом всех целей потребителя при автоматизации выбор ГПС производится в пределах целесообразной сложности и уровня технологии. Однако в настоящее время существует очень много типов систем, и технологические факторы все реже и реже имеют решающее значение. С другой стороны, стандартных ГПС не существует, поэтому удовлетворение условий пользователя зависит от степени инженерной проработки. Внедрению должны предшествовать комплексная подготовка и анализ с позиций рациональной степени автоматизации производства, эффективности и соответствия проектируемой ГПС современному уровню технологий.

Список литературы: 1. «Технология ремонта сложной техники», под общей редакцией доктора технических наук профессора *М.И.Марютина*, М, издание АБТВ.1973, 592 с. 2. *Акбердина Р.Н.* Система экономики и планирования ремонтного производства. – Свердловск, 1990, 172с. 3. *Акбердин Р.З., Бахтеев Н.З. и др.* Зарубежный и отечественный опыт и перспективы развития ремонтного производства. М.: ЦРДЗ, 1991. 4. *Акбердин Р.З.* Экономика обновления парка оборудования. М.: Машиностроение, 1987. 5. *Празднов Г.С.* Техническое развитие и эффективность производства. М.: Машиностроение, 1980. 6. *Лисицин В.И.* Система ремонтного обслуживания предприятий региона. Минск, Наука и техника, 1991. 7. *Ильченко М.В.* Организация ремонта машиностроительного оборудования. – К.: Техніка, 1979. 8. *Авдеев М.В., Воловик Е.Л., Ульман И.Е.* Технология ремонта машин и оборудования. М.: Агропромиздат, 1986. 247 с. 9. Ремонт строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин /Под редакцией *А.В. Каракулева*. М.: Транспорт, 1988. 303 с. 10. *Масино М.А.* Организация восстановления автомобильных деталей. М.: Транспорт, 1981. 176 с. 11. Технология ремонта автомобилей / Под ред. *Л.В. Дехтеринского*. М.: Транспорт, 1979. 342 с. 12. Э.А. Сухарев Общая теория капитального ремонта машин: Учебное пособие. Ровно, издательство РГТУ, 2001. –202 с. 13. *Дехтеринский Л.В.* Некоторые теоретические вопросы технологии ремонта машин, М.: Высшая школа, 1970. 196 с. 14. Ремонт машин /Под ред. *И.Е.Ульмана*. М.: Колос, 1982. 446 с. 15. Сухарев Э.А. Общая теория капитального ремонта машин: Учебное пособие/- Ровно, издательство РГТУ, 2001. 202 с. 16. Ремонт строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин /Под ред. *А.В. Каракулева*. М.: Транспорт,1988. 303 с. 17. *Маслов Н.Н.* Эффективность и качество ремонта автомобилей. М.: Транспорт, 1981. 304 с. 18. Ремонт машин/ Под ред. *Н.Ф.Тельнова*.М.: Агропромиздат, 1992. 560 с. 19. *В.М. Семенов.* Организация и планирование вспомогательных цехов. – М.: Высшая школа, 1985.

Надійшла до редакції 27.11.2008 р.