

УДК 621. 922:621.21; 658.512.624:621

Ю.П. Ракунов, канд. техн. наук, В.В. Абрамов, д-р техн. наук

А.Ю. Ракунов, инженер

Московский государственный строительный университет, Россия

Тел/Факс: +7 (499) 1834683; E-mail: Rakunov1991@mail.ru)

САПР ГРУППОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУППОВЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАЛАДОК

В статье рассматриваются научно-методические основы разработки системы автоматизированного проектирования (САПР) групповых технологических процессов, использующей подсистему «анализа-синтеза» многоуровневой базовой технологии в групповом производстве на основе комплексного подхода к решению задач интегрирования (синтезирования) переходов, деталеопераций и установов технологического процесса. Приведена методика формализации и синтеза процесса проектирования групповых инструментальных наладок, использующая типаж унифицированных резцов, созданный специально для групповой обработки деталей на токарных станках с ЧПУ.

Ключевые слова: групповые технологические процессы, многоуровневая базовая технология, автоматизация проектирования, метод «анализа-синтеза», групповая инструментальная наладка. типаж резцов унифицированных конструкций, правый контур обработки, деталеоперация, инструментальная позиционная контурная наладка.

1. Введение

Применение группового метода должно быть принято как одно из многих направлений технического прогресса, в качестве основной доминирующей концепции осуществления технологической подготовки и организации серийного производства. Правомерность такого подхода подтверждается, как в научном плане, так и многолетним практическим опытом отечественной и зарубежной промышленности [1].

Унификация технологических проектных решений – это один из важнейших результатов группирования, т.к. позволяет сократить разнообразие оснастки, инструмента, осуществить специализацию рабочих мест и снизить издержки проектирования и производства [2]..

2. Постановка задачи

Решение задачи унификации проектного решения сводится к задачам классификации и оптимизации. На первом этапе производится классификация технологических установов и деталеопераций (ДО) по предварительно выбранным признакам, на втором – оптимизация по заданным критериям (стоимости, производительности, комплексности и т.д.).

В основе создания групповых технологических процессов (ГТП) лежат задачи унификации, типизации и стандартизации ТП и их элементов. Одна из основных проблем, предшествующих разработке САПР групповой технологии, заключается в определении и формализации аналогий в технологических свойствах различных деталей, которые можно представить как совокупность типоразмеров элементарных поверхностей или их сочетаний – контуров обработки.

Для решения задач разработки САПР групповой технологии в общем виде необходимо:

- определить типоразмер базового элемента технологического группирования (штучная или групповая заготовка);
- разработать формализованную методику синтеза ГТП на группу деталей;
- разработать формализованную методику проектирования типовых установов и, прежде всего, групповой установочной оснастки и ГИН;
- решить вопросы организации и ведения базы данных САПР ГТП.

Разработка ГТП происходит после классификации деталей и образования из них групп. Должен быть создан такой ГТП, который позволил бы обработать любую деталь группы с минимальными отклонениями от общей технологической схемы. Решение этой задачи облегчается тем, что уже при классификации деталей учитываются возможные методы обработки каждой из них (т.е. определяется инструмент и оборудование, номенклатура и последовательность переходов), обеспечивающие получение качества рабочих поверхностей готовой детали и точности их взаимного положения.

Ограничением для объединения ДО в одну группу являются требования к единству оснастки и комплекта инструмента в групповой инструментальной наладке (ГИН). Для объединения ДО в одну технологическую группу необходимо задать предельные требования по диапазону и точности к базовым и обрабатываемым в типоразмере установкам поверхностям, которые учитывают ограничения оснастки и ГИН [3].

3. Решение задачи

Рассмотрим методику синтеза групповых наладок режущего инструмента для обработки группы ДО, объединённых по единству установочной оснастки и режущего инструмента на станках патронно-центрового типоразмера, например, ТПК-125В высокой точности с контурной системой числового программного управления (ЧПУ).

Считается, что для реализации группирования по конструктивно-технологическим признакам необходимо разработать системы классификации и кодирования, с помощью которых формируется код детали, содержащий всю необходимую информацию для группирования [2].

Основой этих систем является установление функциональных зависимостей между конструктивно-геометрическими свойствами деталей и технологическими методами её изготовления. Сложность установления таких зависимостей ограничивает область решения технологических задач при использовании этого подхода. Гораздо большие возможности предоставляет система группирования по производственно-технологическим признакам, т.е. технологическое проектирование ГТП [3].

Под технологической группой деталей понимается их множество, обладающее свойствами технологического подобия (единий маршрут обработки, единый комплект оснастки, групповая инструментальная наладка). Однако считается, что существенным недостатком такого подхода является требование к наличию индивидуально разработанных ТП. Наиболее эффективным путём преодоления этого недостатка может быть широкое использование автоматизированной системы технологического проектирования (САПР ТП), которая не только проектировала бы ТП, но и формировала бы базу технологических знаний для целей группирования [4].

Основными направлениями при сформулированном подходе, по которым подразделяются задачи групповой обработки, являются:

- унификация типоразмеров оборудования, оснастки, инструмента, т.е. методов обработки и элементов технологических установов и позиций;

– проектирование групповой технологии на базе формирования типажа унифицированного инструмента, групповых инструментальных наладок и таблиц-матриц назначения режимов резания механической обработки;

– динамического группирования в условиях изменения конкретных производственных ситуаций на участках многономенклатурной мелкосерийной групповой обработки.

На основе комплексного (качественного и количественного) подхода к решению задач синтеза переходов, позиций и установов разработана методика выбора оптимального варианта номенклатуры инструмента (резцов) установочной (деталеоперационной) инструментальной токарной наладки, в том числе групповой инструментальной наладки (ГИН) [5,7].

Описание и демонстрация приёмов группирования, структура и содержание документов с конкретной информацией базируется на типаже контурных резцов унифицированных конструкций (КРУК) (рис. 1) [4].

Технологические возможности КРУК указаны в таблице рис. 1 и графически отражены на схеме типовой ДО с правым контуром (рис. 2).

Инструментальная позиционная наладка (ИПН) – резец конкретной модели в рабочем положении инструментальной оснастки на станке.

Схема включает данные по номенклатуре контурных и специализированных поверхностей, шероховатости, точности и взаимному расположению поверхностей, характеризующие технологические особенности деталей, необходимые для выбора установочного комплекта ИПН. Каждой ИПК наладке для обработки отверстий присваивается код, определяемых минимальным диаметром растачиваемого отверстия: 02, 03, 04, 06, 10, 18.

Система группирования ДО включает следующие основные этапы:

- подготовка исходной информации,
- группирование по обрабатываемым материалам в их состоянии;
- выбор установочных комплектов ИПН для каждой ДО;
- выбор вариантов установочных ГИН.

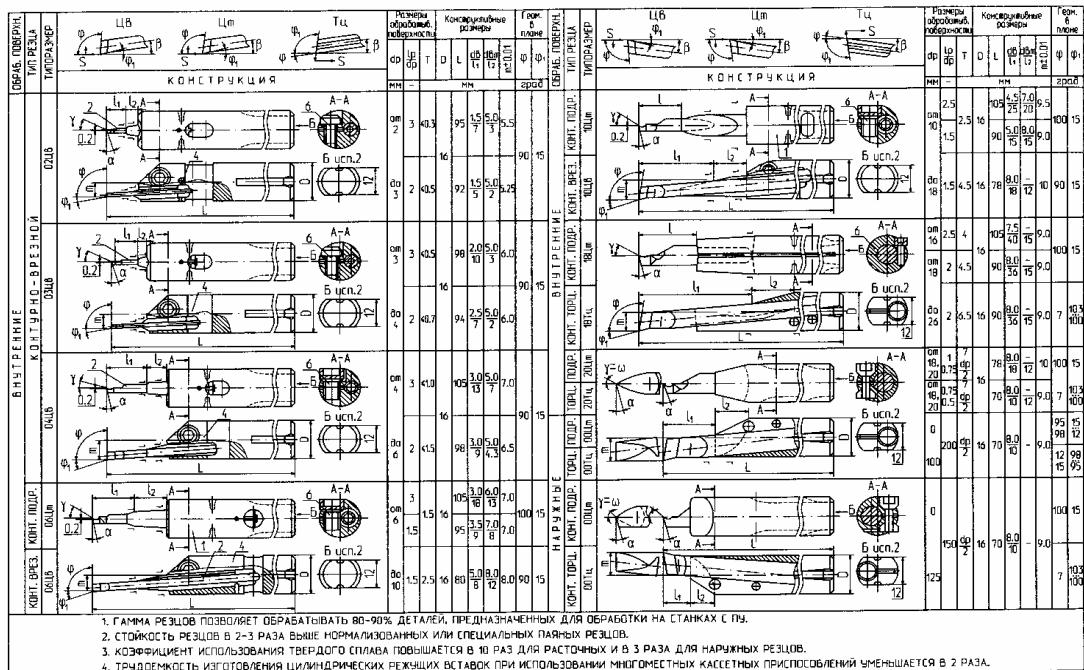
Групповые ИН делятся на два вида: контурные (ГКН) и комбинированные (КИН). Введение двух видов наладок вызвано тем, что контурные наладки позволяют объединить в группу наибольшее количество деталей и наиболее эффективно могут быть использованы при обработке номенклатуры деталей без специализированных поверхностей (канавочных, резьбовых и т.д.) [6,8].

Кодами 00 и 00 обозначены, соответственно, предварительная и финишная ИПК наладки для обработки наружных поверхностей. Кодами НС и ВС отмечены ИПС наладки для обработки, соответственно, наружных и внутренних специализированных поверхностей.

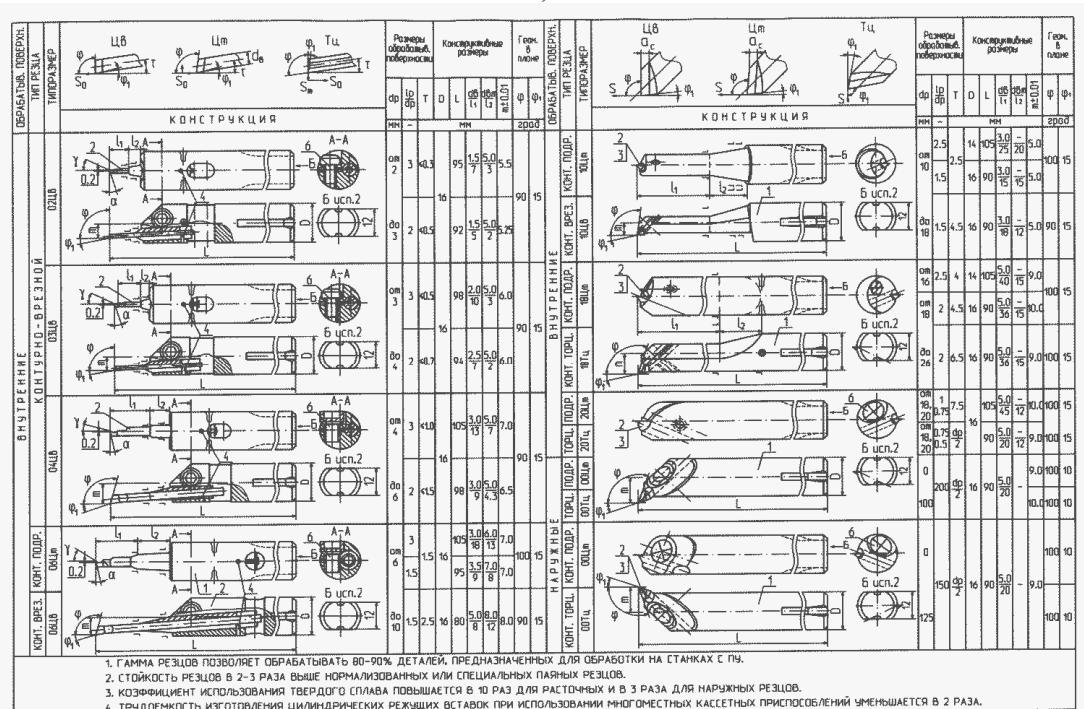
Выбор вариантов ГИН можно реализовать по одному из двух разработанных методов – универсальному или статистическому – в зависимости от особенностей номенклатуры деталей производства. В основе обоих методов лежит единый принцип – группируют выбранные предварительно на каждую ДО установочные комплекты ИПН [8].

Универсальный метод выбора вариантов ГИН, в основе которого лежит поиск групповых представителей с количеством ИПН не более, чем возможно установить в инструментальной планшайбе или магазине станка (для ТПК-125В – не более 6-ти гнёзд). Сам метод может быть эффективно использован на производстве с любой номенклатурой инструментов и деталей. Однако на стадии компоновки ГИН, когда из на-

ладок, укомплектованных частично, необходимо собрать полные наладки, этот метод может потребовать индивидуальный анализ деталей и синтез возможных вариантов сочетаний ИПН и последовательности переходов.



A)



Б)

Рис. 1. Типаж унифицированных резцов для групповой обработки деталей на токарных станках с ЧПУ: А) - предварительной; Б) - окончательной (финишной)

Статистический метод позволяет формализовано провести выбор вариантов полных ГИН. При этом методе выбора вариантов установочных ГИН используют по два типоразмера расточных ИПК наладок для предварительных проходов. Если нет деталей с двумя расточными предварительными ИПК наладками, следует произвести суммирование ДО по каждому типоразмеру расточных предварительных ИПК наладок и взять (желательно) по два наиболее близких типоразмера. ГКН при этом методе формируют следующим образом: к расточным предварительным ИПК наладкам двух типоразмеров каждого группового представителя присоединяют ИПК наладки тех же типоразмеров для финишных проходов и две ИПК наладки (предварительные и финишные) – для обработки наружных поверхностей (коды 00 и 00). Статистический метод базируется на признаках, установленных в результате анализа достаточно большой номенклатуры деталей, охватывающей несколько заводов машиностроительной и приборостроительной отраслей.

При группировании по этому методу в контурные наладки не попадают детали, требующие более двух типоразмеров расточных предварительных и финишных резцов. Для включения в группы таких деталей нужно принимать индивидуальные решения по сокращению количества резцов в установочном комплекте. В тех случаях, когда нет возможности сократить количество резцов, а номенклатура деталей небольшая, их целесообразно обрабатывать индивидуальными наладками, полученными из комбинированных путём добавления недостающих ИПН. Если номенклатура значительна, выбор базовых наладок следует производить по универсальному методу.

В комбинированных наладках определены по четыре ИПК наладки, две позиции свободны и могут быть заняты ИПС и дополнительными ИПК наладками. На производствах, где сравнительно небольшая номенклатура ДО и основная часть из них требует не более одного типоразмера расточной ИПК наладки, при определении вариантов ГИН можно не выделять контурные наладки, а взять только одни комбинированные по статистическому методу (см. табл. 2).

При такой системе ГИН две свободные позиции могут быть заняты ИПС или дополнительными ИПК наладками, которые будут меняться в зависимости от установочного комплекта ИПН на каждую ДО.

3.1 Выбор базовых ГИН

Групповые наладки, состоящие из пяти, четырёх и трёх ИПН, при возможности объединяют между собой в целях получения групповых наладок с шестью ИПН (при универсальном методе).

Далее суммируют деталеоперации по вариантам ГИН и отмечают наладку с наибольшим количеством ДО (сумму записывают в соответствующей данной наладке графе см. табл. 1).

Исключают ДО данной наладки, закрыв соответствующие им горизонтальные строки, суммируют ДО, соответствующие оставшимся групповым наладкам, и отмечают следующую наладку с наибольшей суммой ДО. Последовательно исключают ДО выбираемых наладок, повторяют процесс до тех пор, пока не останутся групповые наладки с одной ДО. Базовыми считают ГИН, охватывающие более одной ДО.

3.2 Выбор ГИН по установочной оснастке

В целях сокращения времени на переналадку установочной оснастки после распределения ДО для каждой ГИН её разбивают на 6 подгрупп в зависимости от схемы базирования и размеров базовых поверхностей:

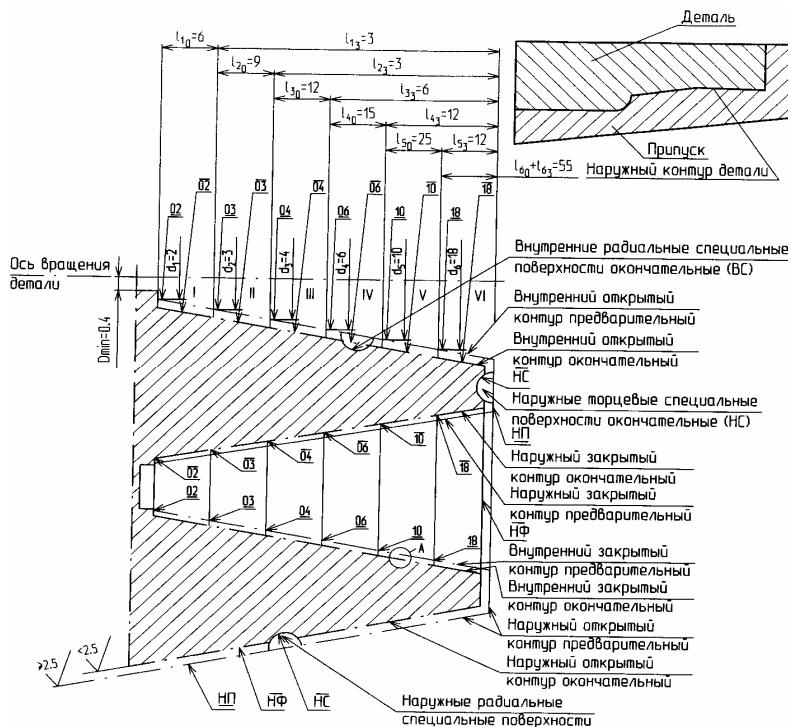


Рис. 2. Схема правого контура, отражающая технологические возможности типажа КРУК для типовой ДО: I...VI – диапазоны обрабатываемых поверхностей наружного и внутреннего открытых, наружного и внутреннего закрытых контуров

- в цанговом патроне при диаметре наружной базовой поверхности: до 15 мм, от 15 до 45 мм, от 45 до 70 мм;
- в трёхкулачковом патроне при диаметре наружной базовой поверхности выше 70 мм и внутренней – выше 55 мм;
- в разжимной оправке при диаметре внутренней базовой поверхности от 3 до 55 мм;
- в индивидуальной оправке при прочих схемах базирования.

3.3 Группирование по обрабатываемым материалам

Деталеоперации в соответствии с рекомендациями первичной подсистемы многоуровневой базовой технологии (МБТ) разбиты на 4 группы пар обрабатываемых и инструментальных материалов [6]. ДО каждой группы материалов подразделяют на контурные и комбинированные и заносят шифры деталей и ДО в таблицы группирования, соответственно, контурных (табл. 1) и комбинированных (табл. 2) ДО.

Затем проводят кодирование базовых контурных и комбинированных ГИН [7,8].

Структуру кода ГКН составляют так: номер группы пар материалов, коды входящих ИПК наладок располагают по порядку их установки на позициях револьверной головки, совпадающему с последовательностью их работы в установочном процессе. длина вылета резцов (см. рис 3) Две позиции (обычно средние) резервируют под ИПС наладки в дополнительные ИПК наладки.

Таблица 1. Группирование контурных деталеопераций

Диапазон вылета резца 15...70 мм
материалов № 4

Группа пар обрабатываемых и инструмен-

тальных материалов № 4

№№ п/п	Деталь	№ установка (пози- ции) ДО по ТП	Диапазоны и коды контурных инструментальных наладок (ГКН)																
			для предварительной обработки								для окончательной обработки								
			Наруж- ной	внутренней														Наруж- ной	
				Св. 18	10 -18	6 -10	4 -6	3 -4	2 -3	2 -3	3 -4	4 -6	6 -10	10 -18	св. 18	10 -18			
			00	18	10	06	04	03	02	02	03	04	06	10	18	00			
1	Стакан	1 2	+ +													+ +	+		
2	Втулка	1 2	+ +													+ +	+		
3	Крышка	1 2	+ +													+ +	+		
4	Кольцо	1 2	+ +													+ +	+		
5	Шайба	1 2	+ +													+ +	+		
6	Гильза	1 2	+ +													+ +	+		
7	Фланец	1 2	+ +													+ +	+		
Сумма выполняемых деталеопераций			14	5	4	5										5	4	5	14

№№ п/п	Деталь	№ установка (позиции) ДО по ТП	Варианты возможных контурных групповых наладок														
			1 00 18 10	2 00 18 06	3 00 10 06	4 00 10 04	5 00 06 04	6 00 06 03	7 00 06 03	8 00 04 02	9 00 03 02	10 00 02 00	11 00 18 04	12 00 18 03	13 00 10 02	14 00 10 02	15 00 10 02
1	Стакан	1 2	1 1	1	1												Возможные, но не рекомендуемые по критерию минимизации холостых ходов
2	Втулка	1 2	1	1 2	1												
3	Крышка	1 2	1	1 2	1												
4	Кольцо	1 2	1 1	1	1 3												
5	Шайба	1 2	1	1	1 3												
6	Гильза	1 2	1	1 2	1												
7	Фланец	1 2	1	1	1 3												
Сумма выполняемых деталеопераций			9	10	19												

Таблица 2 Группирование комбинированных деталеопераций. Диапазон вылета резца 15...70 мм Группа пар обрабатываемых и инструментальных материалов № 4

№№ п/п	Деталь	№ установка (позиции) ДО по ТП	Диапазоны и коды комбинированных инструментальных наладок (КИН)																
			для предварительной обработки						для окончательной обработки						наружной канавки				
			Наружной	внутренней															
				Св. 18	10- 18	6- 10	4- 6	3- 4	2- 3	2- 3	3- 4	4- 6	6- 10	10- 18	св. 18				
			00	18	10	06	04	03	02	02	03	04	06	10	18	00	HK	BK	
1	Стакан	1 2	+											+		+	+		
2	Втулка	1 2	+	+			+							+		+	+	1	
3	Крышка	1 2	+											+		+	+	1	
4	Кольцо	1 2	+		+	+	+							+		+	+	1	
5	Шайба	1 2	+			+	+							+		+	+	1	
6	Гильза	1 2	+		+		+							+		+	+	1	
7	Фланец	1 2	+		+	+	+							+		+	+	1	
Сумма выполняемых ДО			14	5	4	5								5	2		14	4	3

№№ п/п	Деталь	№ установка (позиции) по ТП	Варианты возможных комбинированных групповых наладок															
			1 00	2 00	3 00	4 00	5 00	6 00	7 00	8 00	9 00	10 00						
			18 10 HK 10 00	18 06 HK 06 00	10 06 HK 06 00	18 10 HK 10 00	18 06 HK 06 00	06 04 04 00	06 03 03 00	04 03 03 00	04 03 03 00	04 03 02 00						
1	Стакан	1 2	1 1															
2	Втулка	1 2			1 2													
3	Крышка	1 2							1 5									
4	Кольцо	1 2						1 4										
5	Шайба	1 2				1 3												
6	Гильза	1 2			1 2													
7	Фланец	1 2				1 3												
Сумма выполняемых ДО			2	4	4	2	2											

Перед группированием на каждую деталь должны разрабатываться маршрутные и типовые установочные технологические процессы. Установы, осуществляемые на токарных станках с ЧПУ любого типа, должны быть разделены на ДО по технологическим принципам, обеспечивающим точность размеров взаимного положения поверхностей.

Пример кодирования ГКН. Группа пар материалов «заготовка – инструмент» – 4; коды входящих ИПК наладок – 00Цт.18Цт.10Цт.18Цт.10Цт.00Цт, длина вылета резцов одинакова – 45 мм. Код инструментальной наладки – 4.00Цв.18Цт.10Цт.18Цт.10Цт.00Цт.45. (рис. 3).

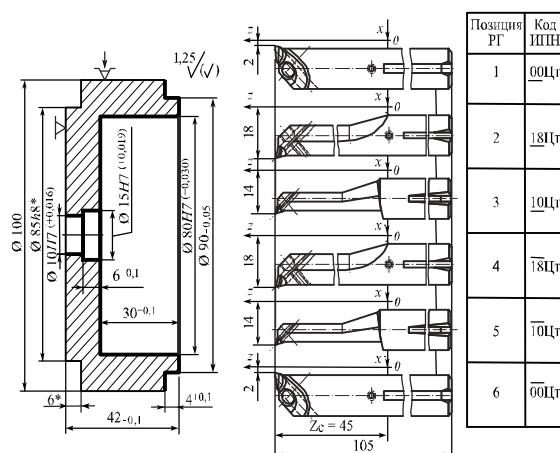


Рис. 3. Схема контурной групповой инструментальной наладки (ГКН) из 6-ти унифицированных контурных резцов для обработки деталей из цветных сплавов (код 4. 00Цв.18Цт.10Цт.18Цт.10Цт.00Цт.45).

4. Заключение

1. Проблема разработки САПР ГТП заключается в определении и формализации аналогий в технологических свойствах различных деталей, которые можно представить как совокупность типоразмеров поверхностей или их сочетаний – контуров обработки.

2. Формирование ГИИ целесообразно начинать по статистическому методу. Это одновременно позволит и оценить структуру основной номенклатуры ДО. Если количество ДО, несгруппированных по статистическому методу, велико, это значит, что признаки распределения данной номенклатуры отличны от статистически установленных. Для такой номенклатуры варианты ГИИ следует определять по универсальному методу. Опыт группирования деталей на ряде заводов показал, что статистический метод в большинстве случаев даёт удовлетворительные результаты.?

3. Практика последних лет подтверждает, что групповой метод находит применение в условиях не только единичного и серийного, но и массового выпуска продукции, где также всё больше требуется «гибкость» производственной системы. Эффективность производства после внедрения групповой обработки повышается в 2 раза.

Список литературы:

1. Технология и организация группового машиностроительного производства: в 2-х ч. Ч.1 Основы технологической подготовки группового производства // С.П. Митрофанов, А.Г. Братухин, О.С. Сироткин и др. – М.: Машиностроение. 1992. – 480 с.

2. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2-х т. Т.1 Организация группового производства. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. 1983.- 407 с.
3. Ракунов Ю.П. Золотова Н.А. Методология построения подсистемы синтеза многоуровневой базовой технологии в групповом производстве // Сб. материалов науч.-практ. конф. «Технологическое обеспечение качества машин и приборов». – Пенза, 2004. С.210-214.
4. Ракунов Ю.П. Типаж унифицированных резцов с назначением режимов резания для прецизионных токарных станков с программным управлением // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня: Материалы 13-й междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2011 г., с.399-404.
5. Ракунов Ю.П. Управление качеством токарной обработки высокоточных деталей машин.// Наукоёмкие технологии в машиностроении.– № 2, 2013.– С.36-48.
6. Ракунов Ю.П. Подсистема синтезирования многоуровневой базовой технологии // Наукоёмкие технологии в машиностроении.– №10, 2012.–С.36-46.
7. Ракунов Ю.П., Абрамов В.В., Боровских А.В. Разработка комплексной САПР групповых технологических процессов // Механизация строительства. 2014. №11. С.56-60.
8. Ракунов Ю.П., Абрамов В.В., Богацкая И.Г. Методика проектирования групповых инструментальных наладок // Механизация строительства. 2015. №2. С.56-60.?

Надійшла до редколегії 16.12.2014.

Y. P. Rakunov, V. V Abramov, A.Y. Rakunov

CAD GROUP TECHNOLOGICAL PROCESSES BASED ON THE TECHNIQUE OF DESIGNING GROUP INSTRUMENTAL ADJUSTMENT

The article deals with scientific and methodological basis of the development of computer aided design (CAD) group process using subsystem “analysis-synthesis” multilayer basic technology in the production of the group through of an integrated approach to solving the problems of integration of technology transition, part-operations (pozishions) and install the process of turning. Describes a method of the formalization and synthesis of the design process group instrumental adjustments, using a type of unified cutters designed specifically for collective processing of various parts on CNC lathes.

Keywords: group process, multilayer basic technology, computer-aided design, “analysis-synthesis” method, group of instrumental setup unification of technology, a type of cutters unified design, the right contour processing, part-operation, tool positional contour adjustment

Ю.П. Ракунов, В.В. Абрамов, А.Ю. Ракунов

САПР ГРУПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ ГРУПОВИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ НАЛАГОДЖЕНЬ

У статті розглядаються науково-методичні основи розробки системи автоматизованого проектування (САПР) групових технологічних процесів, що використовує підсистему «аналізу- синтезу» багаторівневої базової технології в груповому виробництві на основі комплексного підходу до вирішення завдань інтегрування (синтезування) переходів, деталеоперацій і встановили технологічного процесу. Наведено методику формалізації та синтезу процесу проектування групових інструментальних наладжень, що використовує типаж уніфікованих різців, створений спеціально для групової обробки деталей на токарних верстатах з ЧПУ

Ключові слова: групові технологічні процеси, багаторівнева базова технологія, автоматизація проектування, метод «аналізу-синтезу», групова інструментальна наладка. типаж різців уніфікованих конструкцій, правий контур обробки, деталеоперація, , інструментальна позиційна контурна наладка.