

УДК 621.9.06

ГРУППОВАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Шариков Михаил Юрьевич⁽¹⁾, Горбатенков Георгий Юрьевич⁽²⁾

Студент 4 курса⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾

кафедра «Технология машиностроения»

Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

Научный руководитель: И.В. Бухтеева,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения»

Применение высокопроизводительного оборудования с использованием станков с ЧПУ позволяет создавать гибкие производственные системы в условиях серийного производства, предназначенного для групповой обработки деталей. Главная особенность такого оборудования – возможность его переналадки путем быстрой смены программ и элементов групповой технологической оснастки, что позволяет обрабатывать различные группы деталей без больших потерь времени на переналадку.

Групповая технология поставила ряд задач по увеличению эффективности серийного производства. К ним относится классификация деталей, группирование их в соответствии с принятой системой кодирования, выбор последовательности обработки деталей в каждой группе и определение оптимального числа запусков каждой группы деталей на обработку.

В основу разработки переналаживаемого оборудования и автоматической системы инструментального обеспечения для обработки группы деталей типа крышек, колец, сепараторов, фланцев (всего 25 наименований) была положена общность их по конструктивно-технологическим признакам и технологическому процессу обработки. В частности, общность диаметров и углов расположения крепежных отверстий, диаметров выточек под головки болтов, размеров резьб, материала, а также общность технологических операций: в большинстве случаев выполняются сверление, зенкерование, снятие фасок, нарезание резьбы.

При группировании деталей с целью уменьшения числа подгрупп была проведена унификация отдельных конструктивных элементов, оказывающих влияние на условия групповой обработки, например, унифицированы диаметры расположения крепежных отверстий.

В результате унификации 25 наименований деталей были сгруппированы в восемь подгрупп (таблица 1).

Таблица 1

Подгруппы	Число деталей в подгруппе	Унифицированный диаметр, мм
П ₁	1	60
П ₂	3	65
П ₃	3	74 (120)
П ₄	7	122
П ₅	6	110 (60) (200)
П ₆	1	110 (185)
П ₇	1	196
П ₈	3	230

Примечание: В скобках указаны размеры расположения крепежных отверстий у деталей, входящих в подгруппу, но находящихся на концентрических окружностях разных диаметров.

Разработка группового технологического процесса велась для сверлильного станка с ЧПУ 2P135Ф2 с автоматической револьверной головкой на шесть инструментов, автоматизированным перемещением координатного стола и с инструментальным магазином. Салазки крестового стола перемещаются по горизонтальным направляющим основания, а верхняя часть стола – по направляющим салазок.

Отдельные подгруппы деталей объединялись между собой посредством условной комплексной детали, на которую ориентировалась программы последовательности выполнения требующихся по ходу обработки переходов: сверления, зенкования, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы, цекования. Наличие инструментального магазина, многопозиционной револьверной головки для автоматической смены режущего инструмента и крестового стола позволило создать инструментальные наладки для координатной обработки всех 25 наименований групп деталей типа крышек, колец, сепараторов и фланцев без предварительной разметки и применения кондукторов. На рисунке 1 в качестве примера показана условная комплексная деталь для первой группы деталей. На ее основе разработана программа выполнения всех переходов для обработки 12 наименований деталей. На ее основе и разработана схема многошпиндельной насадки (рисунок 2), предназначенной для обработки 12 наименований деталей.

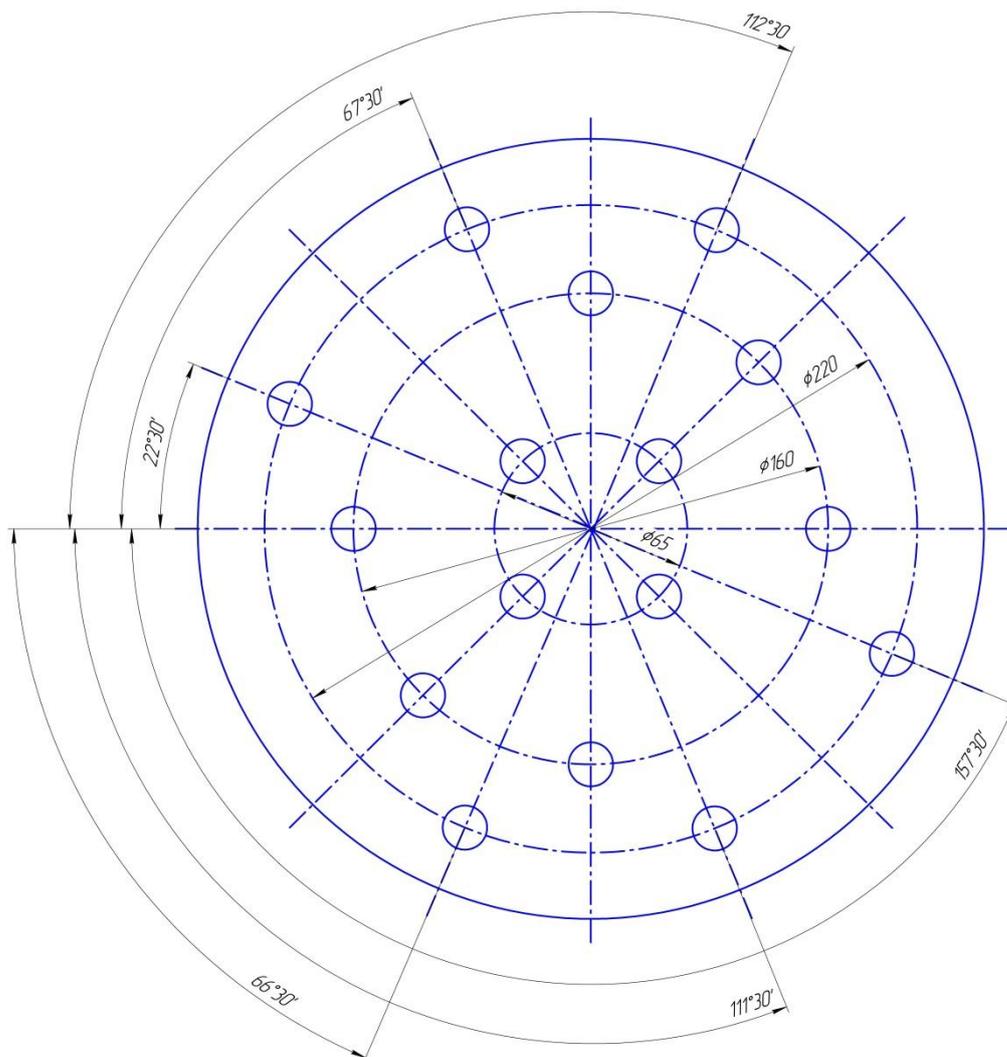
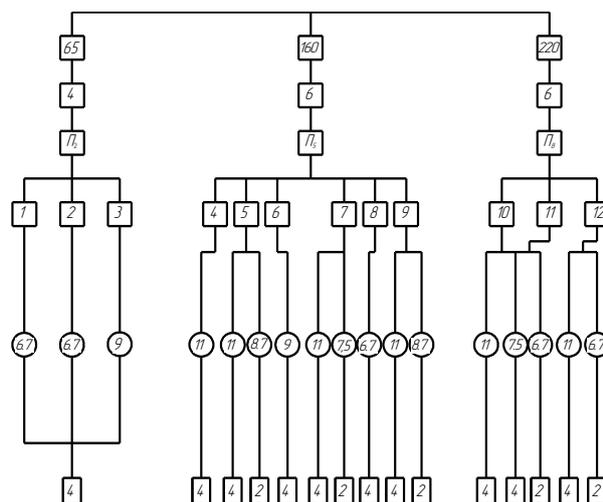


Рисунок 1. Условная комплексная деталь

- 1) Диаметр расположения отверстий
- 2) Число перемещений стола по координатам
- 3) Подгруппы обрабатываемых деталей
- 4) Номера обрабатываемых деталей



- 5) Диаметр сверл, мм

- 6) Число обрабатываемых отверстий в деталях

Рисунок 2. Схема многошпиндельной насадки

Как видно из рисунков, первую группу для обработки составили детали из подгрупп Π_2 , Π_5 и Π_6 . У них обрабатываются отверстия, расположенные на концентрических окружностях с диаметрами 65, 160 и 220 мм. Позиционное ЧПУ позволяет автоматически установить сверлильный шпиндель по осям x и y для обработки отверстий на указанных диаметрах, число перемещений стола при этом будет равно 4, 6 и 6, что соответствует числу обрабатываемых отверстий в деталях.

Аналогичным образом, исходя из числа и условного расположения обрабатываемых отверстий в деталях, сконцентрированных в подгруппы, разработаны условные комплексные детали и программы обработки последующих групп деталей. Число перемещений стола и их траектория, повороты револьверной головки определялись, исходя из числа выполняемых технологических переходов и их распределения по группам обработки.

Критерием оценки разработанных программ обработки представленных групп деталей является минимизация перемещений координатного стола и поворотов револьверной головки с целью уменьшения величины вспомогательного времени при обработке.

Полученное распределение деталей по числу перемещений стола по координатам и радиусам смещения шпинделя в радиальном направлении на столе станка показано на рисунке 3. Из него видно, что для обработки 25 наименований деталей необходимо восемь программ переналадок станка.

При этом программа обработки части подгрупп деталей включает не все переходы (детали подгрупп Π_1 , Π_3 , Π_4 , Π_6 , Π_7) и в револьверной головке используются не все инструменты.

При переходе с обработки одной детали на другую производится переналадка станка: меняются соответствующие инструменты, элементы групповой оснастки, устанавливаются ограничения в программе по линейным размерам, вводятся другие режимы резания и т.п.

Одним из важнейших вопросов групповой обработки деталей на переналаживаемом оборудовании является планирование загрузки станка с учетом программы выпуска изделий и потерь времени на переналадку для обработки каждой последующей детали группы.

Например, для подгруппы Π_2 , Π_5 и Π_8 , включающих 12 наименований эффективным методом решения задачи рационального планирования загрузки являются направленный перебор и оценка возможных вариантов оптимальной последовательности запуска. Это комбинаторная задача дискретной оптимизации при целочисленных переменных, решаемая методом ветвей и границ. При поиске оптимального решения последовательно за несколько шагов, разбивают множество на конечное число подмножеств. На каждом шаге проверяют, содержит ли данное подмножество оптимальное решение или нет. На каждом шаге для очередного разбиения выбирается подмножество с минимальным значением оценки. Поиск решения заканчивается, если на очередном шаге значение целевой функции будет наименьшим по сравнению с оценками для всех остальных подмножеств.

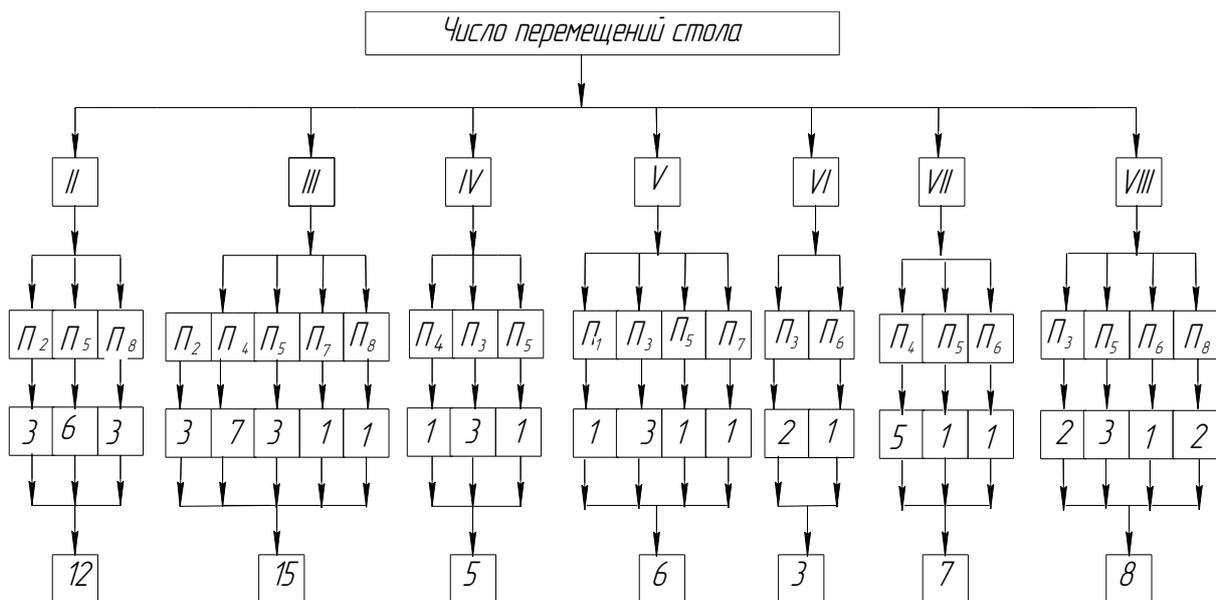


Рисунок 3. распределение деталей по числу перемещений стола по координатам и радиусам смещения шпинделя в радиальном направлении на столе станка

Сходимость процедуры к оптимальному решению, а также увеличение ее быстродействия по сравнению с полным перебором следуют из конечности множества, свойства неубывающей границы оценок для цепочки вложенных подмножеств и правила ветвления.

Процесс решения задачи определения оптимального порядка запуска деталей на обработку основан на переходе всех последовательностей обработки к более мелким подмножествам и вычислении для каждого из них границы затрат на переналадку. Решение задачи носит итерационный характер.

Алгоритм решения задачи – применение метода ветвей и границ для дискретного программирования. Разработана программа, которая позволяет выполнить расчеты при числе различных групп деталей $N=50$. Но данный параметр может быть легко изменен.

Составленная программа работает в диалоговом режиме, состоит из четырех подпрограмм; для вычисления нижней границы множества значений; построения пониженной матрицы; вычисления понижений для нулевых элементов; построения новой матрицы, содержащей последовательность шагов.

Для решения задачи планирования загрузки станка с ЧПУ для подгрупп Π_2 , Π_5 и Π_8 потери времени на переналадку оборудования при переходе с обработки деталей

одного наименования на другое были заданы специальной матрицей. В результате нижняя граница трудоемкости переналадок оборудования получилась равной 470 мин.

На первом этапе разбиения множеств получилось, что подмножество, содержащее последовательность перехода обработки детали, условно обозначенной четвертым номером, на деталь под номером девять, имеет значение затрат времени на переналадку, равное 345 мин. Поэтому последующее ветвление производится из этого «перспективного» элемента разбиения. На каждом шаге для очередного разбиения выбирается подмножество с минимальным временем на переналадку. На основании граф-дерева, показывающего, какие подпоследовательности имеют минимальное значение оценки, нетрудно составить общую последовательность обработки групп деталей: 9-2-7-1-5-6-3-11-8-12-4-10. Общие затраты времени на переналадку оборудования составили, соответственно матрице, 485 мин. Выбранный порядок запуска групп деталей на обработку сводит к минимуму продолжительность переходного состояния.

Задача выбора оптимального числа запусков групп изделий решается после задачи выбора оптимальной последовательности запуска. Это дает возможность точно установить величину подготовительно-заключительного времени одной переналадки при переходе с одного наименования изделия на другое.

Критерием оптимизации, используемым для выбора оптимального числа запусков партий изделий, был принят размер незавершенного производства при лимитированном подготовительно-заключительном времени. Для решения этой задачи вводится набор переменных, называемых множителями Лагранжа, и составляется функция Лагранжа. Находятся частные производные и приравниваются к нулю.

Авторами статьи составлен оптимизирующий алгоритм для нахождения оптимального числа запусков изделий в производство.

При моделировании для переналаживаемого производственного оборудования устанавливаются следующие предварительные условия: обрабатываемые изделия классифицируются по группам; последовательность запуска групп в производство определена и не меняется; для каждого вида изделий величина подготовительно-заключительного времени одной переналадки не меняется; время изготовления каждой группы складывается из подготовительно-заключительного и суммы времен изготовления всех деталей группы.

Программа может работать в диалоговом режиме. Исходными данными являются: число видов изделий, допустимое подготовительно-заключительное время и штучное время обработки каждого изделия.

После предварительной обработки данных вычисляется отношение величины допустимого подготовительно-заключительного времени к сумме времен переналадок для всех групп изделий. Если требуется взять другое значение этого отношения, то можно ввести его в диалоговом режиме. Решение задачи определения оптимального числа запусков сводится к построению последовательности чисел, отличающихся друг от друга числом запусков каждого вида изделий. Для каждого полученного варианта подсчитывается время, требующееся на переналадку. Если оно меньше допустимого, то найденный вариант удовлетворяет поставленной в задаче цели, если нет, то переходят снова к вводу нового значения.

В таблице 2 даны исходные параметры для расчета оптимального числа запусков каждой партии деталей рассмотренных выше групп.

В результате решения задачи при помощи разработанной программы получилось, что число запусков групп деталей составит: по 3,6,11 – 30 раз, по 7 – 70 раз, по 1,5 – 10-40 раз, по 2,4,8 – 60 раз.

Предложенный метод разработки группового технологического процесса, включающий в себя задачи группирования деталей, поиска последовательности периодической загрузки станка деталями различных групп и определения числа запусков деталей каждой группы, обеспечивает полное использование сверлильного станка с ЧПУ.

Таблица 2. Исходные параметры для расчетов

Номер группы	Размер группы, шт	Станкоемкость, мин	Допустимое подготовительно- заключительное время, мин
1	5000	2,8	35
2	7000	2,4	22
3	10000	1,4	15
4	12000	1,0	15
5	7000	1,6	35
6	20000	0,9	95
7	8000	2,4	20
8	30000	1,2	45
9	15000	1,9	65
10	20000	0,5	36
11	8000	1,3	80
12	6500	0,8	10

Литература

1. Бухтеева И.В., Елхов П.Е. «Групповая гибкая технология сборки задних мостов грузовых автомобилей». Известия МГМУ «МАМИ», 2012, №14 , 2012 г. С. 7-18.
2. Бухтеева И.В., Елхов П.Е. , Аббясов В.М. Направленный выбор компоновки гибкой автоматизированной линии сборки валов КП (статья ВАК) Известия МГТУ «МАМИ», №1(15),2013, т.2-с.136-142