

зультатов особенно полезны для студентов и инженеров при исследовании существующих планетарных механизмов.

Библиографические ссылки

1. Планетарные передачи : справочник / В. Н. Кудрявцев, Ю. Н. Кирдяшев [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1977. – 536 с.
2. Крайнев А. Ф. Словарь-справочник по механизмам. – М. : Машиностроение, 1987. – 560 с.
3. ITI GmbH (разработчик SimulationX). – URL: <http://www.simulationx.com/>

A. A. Jomartov, DSc in Engineering, Professor, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Almaty
S. U. Joldasbekov, DSc in Engineering, Professor, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Almaty

Simulation of Planetary Gears Dynamics by SimulationX Software complex

The paper shows that the dynamics of the planetary gear can easily be modeled by SimulationX complex software, using versatile base structures.

Key words: dynamics, planetary gear, model, SimulationX.

УДК 62-114.003.13

А. Б. Чуваков, кандидат технических наук, Павловский филиал Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева
Д. С. Пахомов, кандидат технических наук, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ С ЧПУ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

Рассмотрена задача повышения производительности обработки деталей на многоцелевых станках токарной группы с двумя инструментальными револьверными головками и двухканальной системой ЧПУ. Решение поставленной задачи осуществлялось на базе рационального программирования последовательно-параллельного выполнения переходов с использованием имитационного моделирования процесса обработки детали.

Ключевые слова: производительность, моделирование, программирование, обработка.

Многоцелевые станки с ЧПУ находят все более широкое применение в машиностроительном производстве. Конструктивные схемы и системы управления станков постоянно совершенствуются, что существенно расширяет их технологические возможности. Так, широкое распространение в последнее время получили многоцелевые станки с ЧПУ токарной группы с двумя инструментальными револьверными головками (рис. 1). Станки оснащены двухканальными системами ЧПУ, обеспечивающими раздельное управление револьверными головками. Обработка деталей задается с помощью двух независимых управляющих программ (УП), каждая из которых предназначена для передачи команд на соответствующую револьверную головку. Двухканальные системы ЧПУ позволяют программировать параллельное выполнение части технологических переходов, что может существенно повысить производительность обработки деталей. Однако следует признать, что в настоящее время методы рационального программирования выполнения переходов освоены недостаточно. Это препятствует эффективной эксплуатации оборудования на машиностроительных предприятиях.



Рис. 1. Рабочая зона станка с двумя револьверными головками

Рассмотрим задачу повышения производительности обработки детали на многоцелевом токарно-фрезерном станке марки *Index* с двумя револьвер-

ными головками и двухканальной системой ЧПУ (см. конструктивную схему станка на рис. 2). Револьверная головка № 1 (РГ1) обозначена на схеме как поз. 3, револьверная головка № 2 (РГ2) – как поз. 4.

В рамках поставленной задачи оптимальным представляется размещение в РГ1 радиально расположенных инструментов, осуществляющих черновую подрезку торца и точение наружных поверхностей, а в РГ2 – инструментов, осуществляющих черновое сверление центрального отверстия и расточку внутренних поверхностей (см. табл. 1, 2). Исходный цикл обработки детали включал в себя последовательное выполнение переходов двумя револьверными головками (рис. 3, а, табл. 1).

Задача повышения производительности обработки детали решалась на базе разработки имитационной модели, отображенной в виде сети Петри [1]. В рамках модели каждый переход считается событием Π_i . Модель разрабатывалась для определения условий P_i , выполнение которых обеспечивает возможность протекания событий Π_i . Принцип построения сети Петри заключается в следующем. После события Π_i в рассматриваемой цикле возникает условие P_i , которое открывает возможность для вы-

полнения следующего события Π_{i+1} [2]. При последовательном выполнении переходов сеть Петри представляет собой цепочку чередующихся событий Π_i и условий P_i (рис. 3, б).

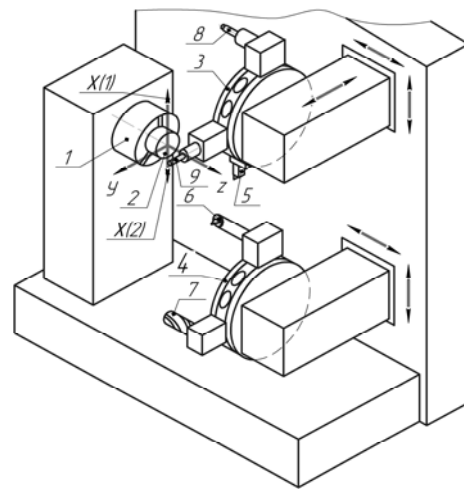


Рис. 2. Структурная схема станка с двумя револьверными головками: 1 – шпиндель; 2 – деталь; 3 – РГ1; 4 – РГ2; 5 – резец в РГ1; 6 – резец в РГ2; 7 – сверло в РГ2; 8, 9 – приводные блоки с инструментами

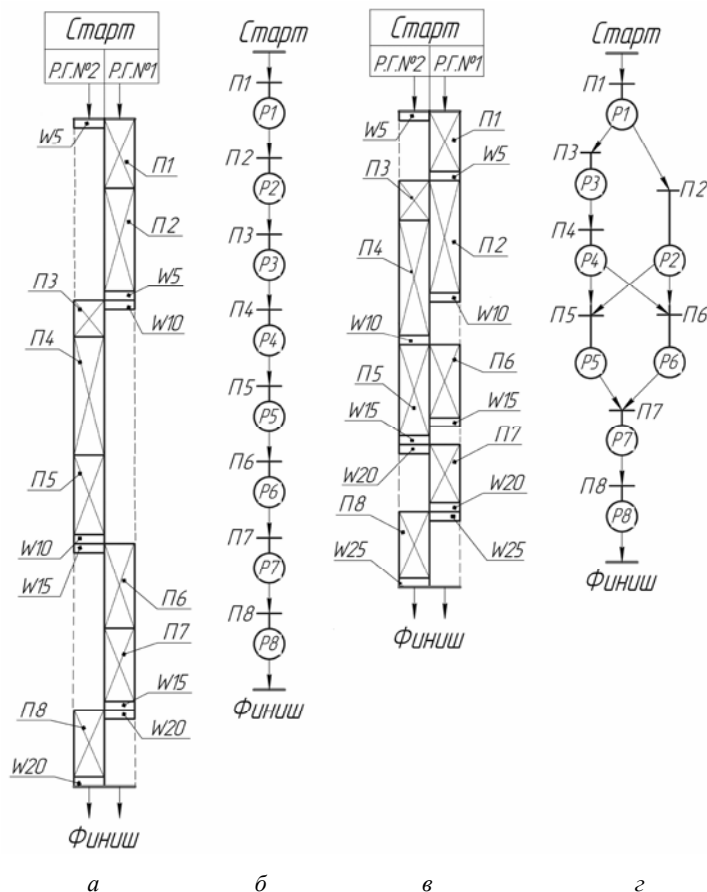


Рис. 3. Моделирование процесса обработки детали при последовательном и последовательно-параллельном выполнении переходов: а, б – циклограмма выполнения операции и сеть Петри при последовательном выполнении переходов (табл. 1); в, г – циклограмма выполнения операции и сеть Петри при последовательно-параллельном выполнении переходов (табл. 2); РГ1 – револьверная головка № 1; РГ2 – револьверная головка № 2; P_i – условия модели; W_j – метки согласования действий программ во времени; Π_i – события модели: Π_1 – подрезка черновая; Π_2 – точение черновое; Π_3 – сверление черновое; Π_4 – расточка черновая; Π_5 – расточка чистовая; Π_6 – точение чистовое; Π_7 – точение повышенной точности; Π_8 – расточка повышенной точности

Таблица 1. Структура УП для станка с двумя револьверными головками и двухканальной системой ЧПУ при последовательном выполнении переходов

Структура УП для РГ1	Структура УП для РГ2
СТАРТ ПЕРЕХОД П1: подрезка черновая ПЕРЕХОД П2: точение черновое МЕТКА W5 МЕТКА W10 ПЕРЕХОД П6: точение чистовое ПЕРЕХОД П7: точение повышенной точности МЕТКА W15 МЕТКА W20 ФИНИШ	СТАРТ МЕТКА W5 ПЕРЕХОД П3: сверление черновое ПЕРЕХОД П4: расточка черновая ПЕРЕХОД П5: расточка чистовая МЕТКА W10 МЕТКА W15 ПЕРЕХОД П8: расточка повышенной точности МЕТКА W20 ФИНИШ

Таблица 2. Структура УП для станка с двумя револьверными головками и двухканальной системой ЧПУ при последовательно-параллельном выполнении переходов

Структура УП для РГ1	Структура УП для РГ2
СТАРТ ПЕРЕХОД П1: подрезка черновая МЕТКА W5 ПЕРЕХОД П2: точение черновое МЕТКА W10 ПЕРЕХОД П6: точение чистовое МЕТКА W15 ПЕРЕХОД П7: точение повышенной точности МЕТКА W20 МЕТКА W25 ФИНИШ	СТАРТ МЕТКА W5 ПЕРЕХОД П3: сверление черновое ПЕРЕХОД П4: расточка черновая МЕТКА W10 ПЕРЕХОД П5: расточка чистовая МЕТКА W15 МЕТКА W20 ПЕРЕХОД П8: расточка повышенной точности МЕТКА W25 ФИНИШ

Сеть Петри при последовательно-параллельном выполнении переходов (рис. 3, з) имеет более сложный характер, и ее разработка требует предварительного задания технологических ограничений и рациональной компоновки инструментов в револьверных головках. В рассматриваемом примере на выполнение переходов при обработке детали (рис. 4) были наложены следующие технологические ограничения:

- черновая подрезка торца должна выполняться отдельно от других переходов;
- переходы по обработке поверхностей повышенной точности должны выполняться отдельно от других переходов;
- черновые переходы не могут выполняться в параллельном режиме с чистовыми переходами.

Было решено выполнять в параллельном режиме:

- черновые переходы обработки внутренних и наружных поверхностей детали;
- чистовые переходы обработки внутренних и наружных поверхностей детали.

В рассматриваемом примере цикл обработки детали начинается с черновой подрезки торца (переход П1). Его выполнение – необходимое условие Р1 для начала выполнения последующих черновых переходов. Далее начинается работа РГ1 и РГ2 в параллельном режиме: РГ1 выполняет черновое точение (переход П2), а РГ2 – черновое сверление центрального отверстия (переход П3) и черновую расточку (переход П4). Сеть Петри отображает условие модели, согласно которому продолжение операции возможно только при одновременном выполнении условий Р2 и Р4, т. е. при условии совместного окончания черновых переходов револьверными го-

ловками РГ1 и РГ2. Чистовые переходы П5 и П6 также производятся в параллельном режиме. После выполнения чистовых переходов (одновременное выполнение условий Р5 и Р6) РГ1 и РГ2 приступают к последовательному выполнению переходов повышенной точности П7 и П8.

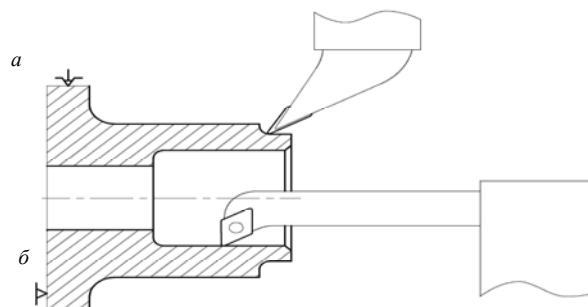


Рис. 4. Схема параллельного выполнения переходов точения и растачивания: а – инструмент в РГ1; б – инструмент в РГ2

В применяемом языке программирования *Simumerik-840D* согласование действий револьверных головок осуществляется кадрами двух задействованных УП, содержащими специальные команды, которые имеют вид *WAITM(5, ...)*, *WAITM(10, ...)*, *WAITM(15, ...)* и т. д., где 5, 10, 15, ... – их метки. В последующем описании примем условное укороченное обозначение команд *Wi*, например: *W5*, *W10*, *W15* и т. д. Кадр УП, содержащий команду *Wi*, задает паузу в работе соответствующей револьверной головки. Приостановленная ранее и находящаяся

в положении ожидания револьверная головка может быть запущена только аналогичной командой Wi , переданной по второму каналу управления на другую револьверную головку. При этом команда Wi должна содержать одноименную метку.

Допустим, $РГ1$ достигла кадра с командой $W10$, и в ее действиях наступила пауза. Одновременно с этим $РГ2$ остается активной и продолжает работать. После выполнения заданных процедур $РГ2$ достигает команды с одноименной меткой $W10$. Система ЧПУ станка совмещает указанные метки, в результате чего $РГ1$ возобновляет работу. Одновременно с этим $РГ2$ также продолжает работу. Таким образом, момент достижения револьверными головками команд Wi с одноименными метками является условной точкой их «встречи». С этого момента начинается работа $РГ1$ и $РГ2$ в параллельном режиме. Структура УП и циклограмма работы станка с двумя револьверными головками и двухканальной системой ЧПУ при последовательно-параллельном выполнении переходов (рис. 4) приведены в табл. 2 и на рис. 3, в.

По команде «Старт» первой к обработке детали приступает $РГ1$ (переход $П1$), а $РГ2$ задерживается в положении ожидания по команде $W5$. После окончания перехода $П1$ система управления $РГ1$ по команде $W5$ запускает работу $РГ2$. При этом сама $РГ1$ не прерывает работу, а приступает к выполнению перехода $П2$. Такая структура программирования позволяет осуществлять черновой переход $П2$ параллельно с черновыми переходами $П3$ и $П4$. После «встречи» двух УП по команде $W10$ револьверные

головки $РГ1$ и $РГ2$ возобновляют работу в параллельном режиме, осуществляя чистовые переходы $П5$ и $П6$. После новой «встречи» двух УП по команде $W15$ станок переходит к последовательному выполнению переходов повышенной точности. Вначале $РГ1$ выполняет переход $П7$ (точение повышенной точности), а $РГ2$ находится в положении ожидания по команде $W20$. Далее $РГ2$ выполняет переход $П8$ (расточка повышенной точности), а $РГ1$ находится в положении ожидания по команде $W25$. Далее после «встречи» двух УП по команде $W25$ происходит завершение цикла обработки детали по УП.

Визуальное сравнение двух циклограмм (рис. 3, а, в) показало возможность существенного – на величину около 30 % – снижения основного времени и, соответственно, повышения производительности обработки детали (рис. 4) на базе оптимизации структуры УП. Представленный подход к формированию структуры УП достаточно универсален и может широко применяться при подготовке процессов обработки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ токарной группы с двумя револьверными головками и двухканальными системами ЧПУ.

Библиографические ссылки

1. Чуваков А. Б. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ. Производственное оборудование и основы программирования операций : учеб. пособие. – Н. Новгород : НГТУ им. Р. Е. Алексеева., 2011. – 148 с.
2. Иванов А. А. Автоматизация технологических процессов и производств : учеб. пособие. – Н. Новгород : НГТУ, 2009. – 204 с.

A. B. Chuvakov, PhD in Engineering, Pavlovo branch of Nizhniy Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev
D. S. Pakhomov, PhD in Engineering, Nizhniy Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev

Increase of CNC Lathe Machining Productivity

Task of increasing the productivity of CNC lathe machining was considered. The proposed method of programming parallel cutting is based on simulation modeling of the machining process.

Key words: productivity, modeling, programming, machining.