

Орукари Б.

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ**

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Представлен анализ возможностей современных САМ-систем для токарных станков с ЧПУ. Показано, что системы отличаются главным образом интерфейсом и некоторыми специализированными функциями, которые включаются в опционные модули. Установлено, что разработка программного модуля, реализующего функцию автоматизированного синтеза оптимальной операции для двухсуппортных токарных станков с ЧПУ с независимым управлением суппортами, позволит повысить эффективность их использования в условиях многономенклатурного серийного производства.

Одним из направлений развития современного машиностроения является создание гибких автоматизированных производств. В основу их функционирования положены принципы централизованной переработки с помощью ЭВМ конструкторской и технологической информации, а также обеспечение управления станками с ЧПУ, промышленными роботами, системами транспортирования инструмента и заготовок. Централизация переработки всех видов информации приводит к необходимости интеграции (объединения) систем проектирования, использующих и порождающих эту информацию, т.е. к созданию интегрированных САПР. Использование таких систем открывает возможности «безлюдной» технологии, главной особенностью которой является переработка и передача информации с помощью вычислительной системы от проектировщика непосредственно к исполнительному элементу производственной системы – станку или роботу без промежуточного носителя информации.

Основными компонентами интегрированной САПР являются: система автоматизации проектно-конструкторских работ, система автоматизации технологической подготовки производств, система подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ и промышленных роботов, банк данных. Управление процессом проектирования осуществляется программной частью операционной системы – монитором. Основными функциями монитора являются: формирование задания на выбор программ и установление приоритета для решения отдельных задач; выполнение директив диалогового режима; управление процессом проектирования в автоматическом режиме (анализ качества каждого этапа проектирования и выработка условий для перехода к следующим этапам).

Применение ЭВМ для автоматизации программирования обработки на станках с ЧПУ требует разработки специального программно-математического обеспечения (ПМО), реализующего комплекс алгоритмов для решения геометрических и технологических задач подготовки управляющих программ (УП), а также для записи и ввода в ЭВМ исходной информации. Данное ПМО принято называть системой автоматизации программирования (САП) для станков с ЧПУ. Схема построения современной САП показана на рис. 1. [1]

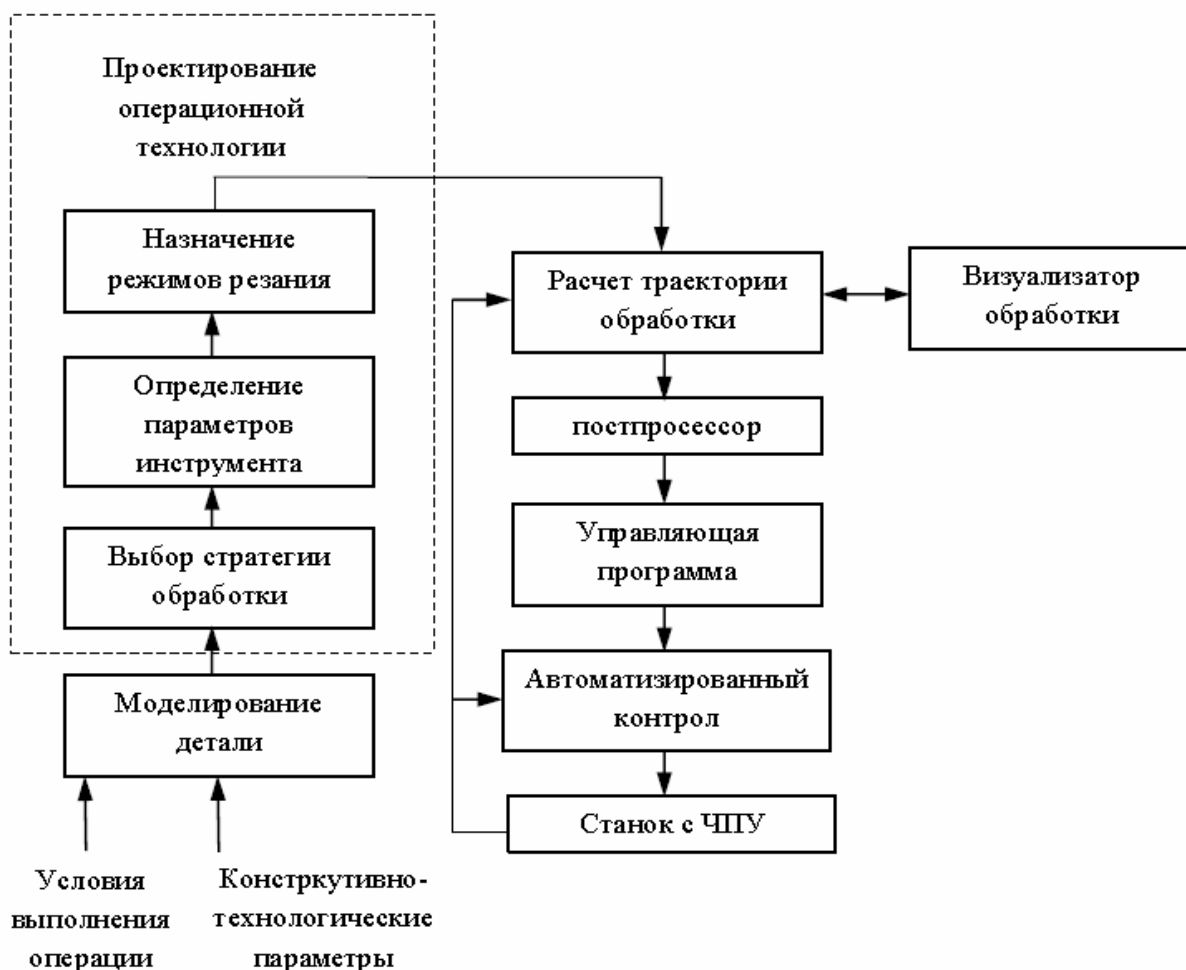


Рис. 1 – Схема подготовки УП для станков с ЧПУ

Усложнение конструкции деталей, а также необходимость использования в процессах механической обработки на станках с ЧПУ управления по нескольким координатам, требует постоянного усовершенствования систем автоматизированного программирования. Ниже представлен анализ САМ-систем, которые широко применяются для программирования современного технологического оборудования с ЧПУ.

Система **SprutCAM**. Система предназначена для генерации управляющих программ с целью изготовления деталей любой сложности на электроэрозионных, токарных, фрезерных и токарно-фрезерных 3, 2.5, 3, 4, 5 координатных станках с любым типом устройства ЧПУ. Система обеспечивает предварительную виртуальную обработку с контролем кинематики по 3D-схеме станка и всех его узлов, что позволяет наглядно программировать сложное многокоординатное оборудование. В версии SprutCAM 7.1.0 добавлена новая схема токарного станка с двумя револьверными головками (рис. 2). В режиме «Технология» формируется процесс изготовления детали, который представляет собой последовательность технологических переходов различных типов. Изменение их очередности и редактирование параметров возможны на любом этапе проектирования техпроцесса.

Большинство технологических операций системы не требует составления управляющей программы команда за командой, кадр за кадром, а требует только указания что и как обработать. Технолог должен задать модель детали и общие требования к процессу обработки (высота гребешка, максимальный угол врезания, способы подхода к обрабатываемой поверхности и т.п.). По введенной информации система автоматически определяет оптимальную траекторию с учетом заданных ограничений [1].

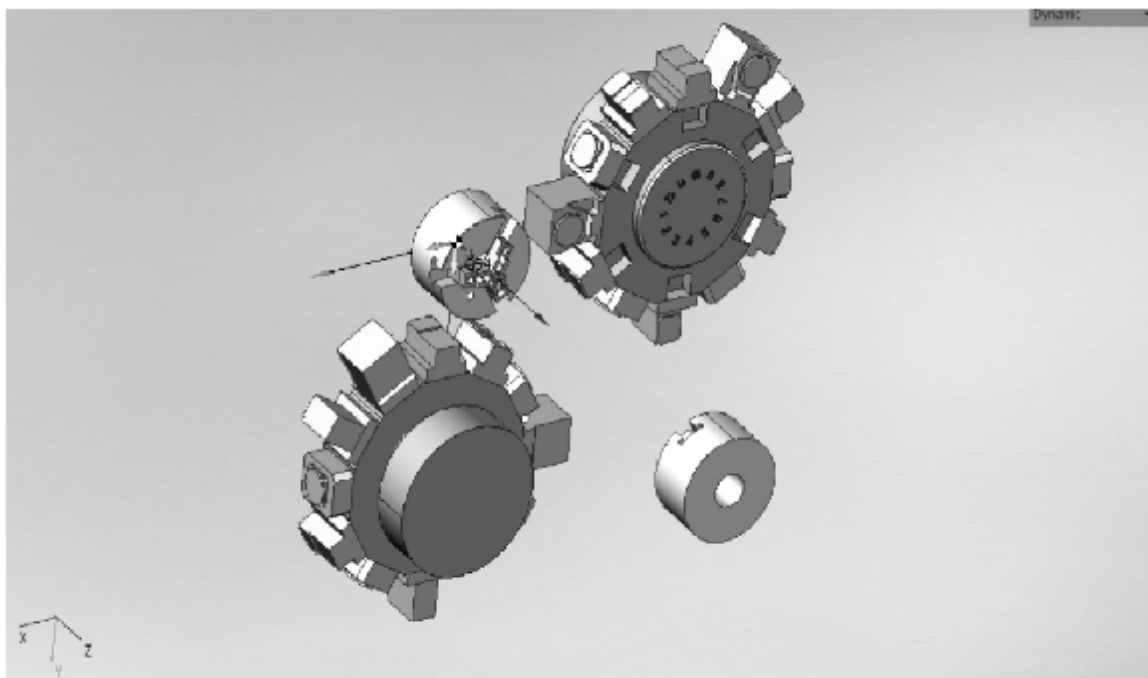


Рис. 2. – Схема станка с двумя револьверными головками на программе SprutCAM

Система имеет полный набор способов обработки для решения сложных задач по программированию многоосевой обработки на токарном и токарно-фрезерном оборудовании с ЧПУ. Сквозная межоперационная передача заготовки в совокупности с автоматическим определением режимов резания позволяет получить наиболее оптимальную по трудоемкости и обеспечению стойкости инструмента траекторию обработки. Расчет траектории при этом производится с учетом технологических параметров станка и оснастки. Проверка качества управляющих программ осуществляется посредством моделирования токарной обработки с возможностью интерактивного редактирования траектории [2].

Система САТИА. Система является одной из самых распространенных САПР высокого уровня. Система имеет модульную структуру, при которой набор программных модулей формируется вокруг базового ядра. Модуль NC Manufacturing позволяет выполнять расчет УП для многошпиндельных токарно-фрезерных станков с несколькими револьверными головками [3]. Модуль предоставляет в распоряжение технолога интеллектуальные инструменты для быстрого создания набора переходов для каждой револьверной головки токарного станка. При этом оптимизация и синхронизация операций обеспечивает максимальную производительность. Для этого пользователю доступны визуальные инструменты, например диаграмма Ганта (рис. 3). Они наглядно представляют все программы обработки в виде временных функций. В результате технолог может выбрать самый производительный вариант. При проектировании многоинструментальной обработки технолог может выявить потенциальные столкновения между инструментами или другие несоответствия в УП. После компьютерной проверки УП первая деталь может быть изготовлена с минимальными затратами на ее отладку.

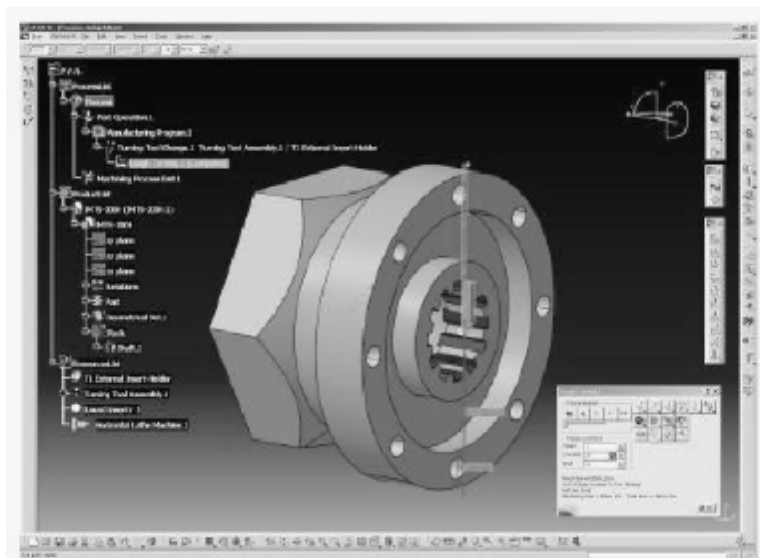


Рис. 3. – Применение диаграммы Ганта для определения траектории движений инструментов в программе CATIA

Система **Unigraphics NX**. Данная система является одной из лучших систем твердотельного трехмерного моделирования. Она базируется на ядре PARASOLID и включает в себя весь комплекс конструкторско-технологических модулей [4]. Модуль CAMUnigraphics NX позволяет пользователю разрабатывать управляющие программы для изготовления деталей любой сложности, в том числе программы для токарной обработки двумя суппортами (рис. 4). При этом пользователь имеет все преимущества, которые присущи объектно-ориентированным языкам программирования (наследование, переопределение, шаблоны и т.д.).

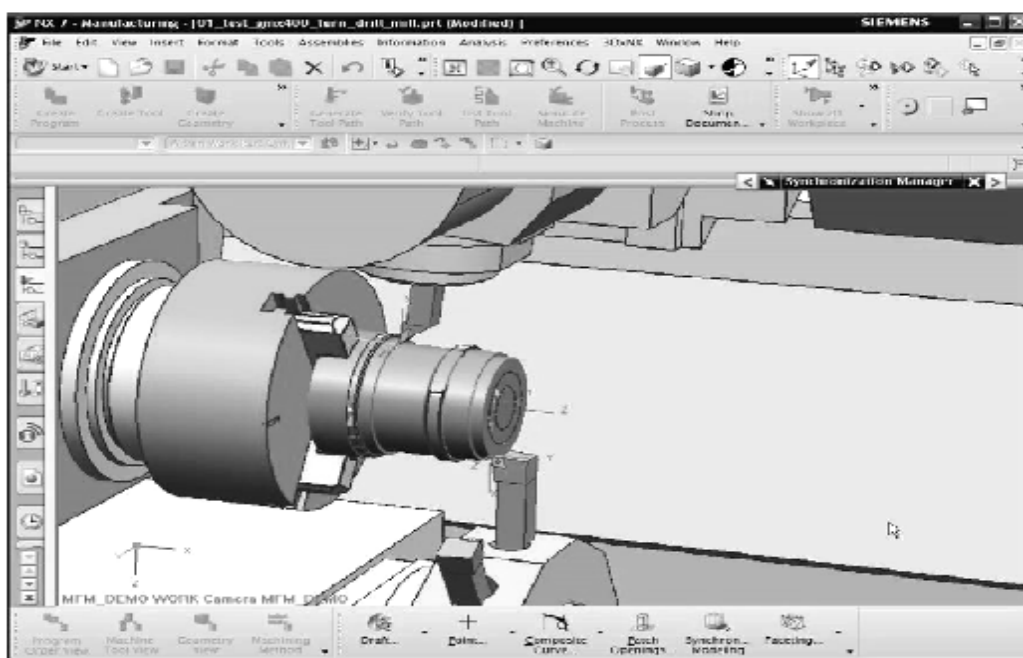


Рис. 4. – Моделирование обработки двумя револьверными головками в программе Unigraphics NX

Фактически модуль CAMUnigraphics NX – это не отдельное приложение, а полностью интегрированная в систему технология, которая позволяет пользователю активно использовать все преимущества гибридного и параметрического моделирования, например, такие как мастер-

модель. При этом обеспечивается полная ассоциативная связь между обрабатываемой моделью и управляющими программами, что позволяет при изменении модели автоматически изменять управляющие программы для станков с ЧПУ.

Система **ADEM** предназначена для автоматизации конструкторской и технологической подготовки производства. Имея модульную структуру, ADEM может быть использована как для решения частных задач проектирования, так и для сквозной подготовки производства [5]. В состав системы входят модули: ADEM CAD; ADEM CAPP/CAM; ADEM GPP; ADEM Vault. Для поддержки современных двухшпиндельных станков в модуль ADEM CAPP/CAM введена двухсуппортная обработка с функцией синхронизации работы инструментальных головок (рис. 5).

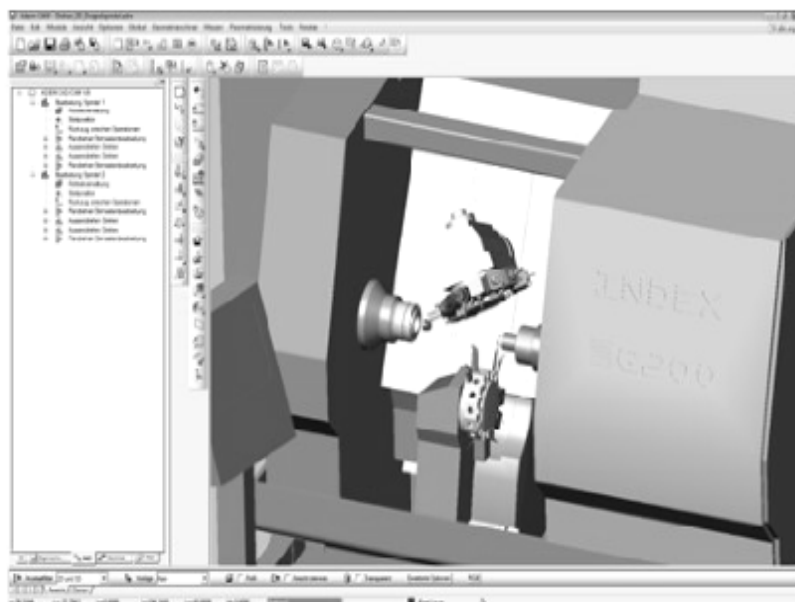


Рис. 5. – Моделирование последовательной токарной обработки двумя головками в программе ADEM

Система **Pro/ENGINEER**. Модуль Pro/MANUFACTURING этой системы рассчитывает требуемую траекторию движения инструмента и моделирует результаты выполнения технологической операции над заготовкой. Далее эта информация обрабатывается с целью создания управляющих программ для станков с ЧПУ. Фактически Pro/MANUFACTURING параметрически связывает конструкторскую модель Pro/ENGINEER и модель заготовки. Изменения, внесенные в любую модель, вызывают автоматическое обновление траекторий движения инструмента и технологического процесса. Подобная связь между разработкой технологического процесса и технологией ее изготовления облегчает внесение изменений на поздних стадиях проектирования [6].

Система **Mastercam** является наиболее широко используемым CAD/CAM программным обеспечением и остается лидером при выборе технологами-программистами среди других систем подготовки программ для управления станками с ЧПУ. Модуль Mastercam X4 Lathe обеспечивает процесс программирования токарной и токарно-фрезерной обработки с поддержкой современных технологий.

Система **CimatronE NC** содержит модуль токарной и токарно-фрезерной обработки, который обеспечивает: программирование 2-координатной токарной обработки с 4-координатным фрезерованием; возможность автоматического выявления конструктивных элементов и задания технологии их обработки в соответствии с правилами, определяемыми пользователем; программирование токарных станков с протившпинделями и возможностью одновременной обработки несколькими инструментами [7].

Компания Delcam предлагает следующие программные продукты для автоматизированного программирования станков с ЧПУ: Delcam PowerMILL; Delcam FeatureCAM; Delcam Part Maker.

Delcam PowerMILL предназначена для программирования фрезерной обработки изделий со сложной геометрией.

Delcam FeatureCAM – система подготовки управляющих программ, основанная на базе знаний и обладающая высокой степенью автоматизации принятия решений, что позволяет минимизировать время подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. В базе знаний этой системы заложены типовые технологии обработки разных элементов с рекомендуемым инструментом и режимами резания. Фактически FeatureCAM позволяет автоматически идентифицировать элементы в твердотельной модели и по указанию технологом-программистом элементов заготовки, которые следует обработать, готовит управляющую программу. Если решение по какому-то элементу не удовлетворяет проектировщика, он может вмешаться в процесс проектирования в режиме диалога. Модуль FeatureCAM TURN/MILL позволяет создавать УП для изготовления деталей на современных токарно-фрезерных и многошпиндельных токарных станках с ЧПУ. С использованием этого модуля отпадает необходимость создавать две или более УП в разных модулях САМ-системы. Программирование токарной и фрезерной обработки всех элементов заготовки осуществляется в рамках единого проекта, а на выходе система выдает одну управляющую программу, что позволяет сократить время для расчета и вывода УП. Возможность запрограммировать синхронную обработку заготовки с двух револьверных головок, перехват детали, а также одновременную обработку в главном и противоположном шпинделе, позволяет существенно снизить время изготовления детали на станке [8]. Для реализации этой возможности на станке в составе системы FeatureCAM используется дополнительный модуль, повышающий производительность при обработке больших партий точных деталей за счет сокращения цикла синхронизации токарной обработки несколькими револьверными головками (рис. 6). Модуль позволяет «в ручном режиме» синхронизировать работу нескольких револьверных головок на токарных станках.

Delcam Part Maker базируется на технологии визуального программирования. Данная технология заключается в разделении процесса изготовления сложных деталей на простые операции. Каждая обрабатываемая поверхность программируется в отдельном окне, при этом проводится визуальная имитация работы станка. Далее операции объединяются и синхронизируются. Встроенная база знаний позволяет определить набор применяемых инструментов с предпочтительными режимами резания для определенных материалов, а также создать и хранить циклы обработки, последовательности переходов. Однако данная система не поддерживает токарные станки с двумя револьверными головками.

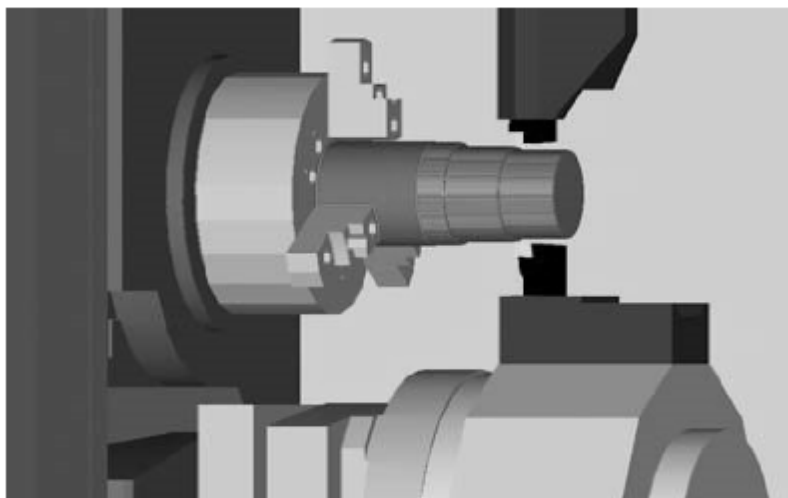


Рис. 6. – Обработка двумя револьверными головками в программе FeatureCAM

Система **EdgeCAM**. Используя инновационные подходы к программированию, EdgeCAM разрабатывает стратегии обработки, которые оптимизируют траектории работы инструмента, исключают «холостые» проходы, продлевают срок его службы, сокращают время программирования и повышают производительность в целом. Система поддерживает 4-осевую токарную обработку (4-Axis Turning).

EdgeCAM обеспечивает легкое программирование станков с двумя револьверными головками, добиваясь при этом синхронизации их работы. Применение односторонних и зеркальных циклов работы режущего инструмента позволяет использовать все возможности обработки материалов, доступные на станках с несколькими револьверными головками. Индивидуальный контроль работы каждой револьверной головки и их синхронизация обеспечивают максимальную эффективность обработки. Отдельные инструкции на каждую револьверную головку позволяют легко редактировать точки синхронизации и указания по обработке. Визуализатор EdgeCAM Simulator обеспечивает полное 4-осевое представление перемещений револьверных головок (верхней и нижней), гарантируя таким образом проверку надежности процесса обработки еще до его начала.

Для станков с двумя револьверными головками возможность одновременного просмотра инструкций представляет собой идеальную среду для программирования. Револьверные головки синхронизируются, а для предотвращения конфликтов при программировании кодов шпинделей четко указывается приоритетная револьверная головка. При этом позиции синхронизации могут быть выбраны таким образом, чтобы сократить время работы оборудования за счет минимизации холостых ходов. А отображение временной шкалы с информационными подсказками относительно взаимодействия револьверных головок и шпинделей полезно при проверке программы.

Система **InventorCAM** представляет широкий спектр стратегий токарной обработки, таких как радиальное и торцовое точение, обработка канавок, обработка осевых отверстий и резьбонарезание. InventorCAM автоматически производит расчет остаточного материала после каждого рабочего хода, что позволяет оптимизировать траекторию движения инструмента и сократить протяженность холостых перемещений. InventorCAM поддерживает все циклы токарной обработки.

Программный комплекс **PartMaker**. Наряду с подготовкой УП для традиционной группы металлообрабатывающих станков (токарных, фрезерных и электроэрозионных) PartMaker позволяет разрабатывать программы для станков-автоматов продольного точения (Swiss Type) и многоцелевых токарно-фрезерных станков. Модуль SwissCAM, входящий в состав комплекса, предназначен для станков-автоматов продольного точения и выполняет функцию программирования специализированных кодов синхронизации и ожидания [9].

Модуль GibbsCAM позволяет создать программы фрезерной, токарной, токарно-фрезерной обработки, включая программы для станков с многоканальным управлением. При программировании токарно-фрезерной обработки на станках с многоканальным управлением имеется возможность выполнения ряда сервисных функций. Основными из них являются: синхронизация выполняемых одновременно переходов по их началу или концу с возможностью ожидания инструментами друг друга возле заготовки или с отводом от нее; синхронизация выполняемых одновременно токарных переходов с явным указанием величины взаимного сдвига инструмента вдоль оси заготовки; автоматическая проверка разного рода ошибок синхронизации, таких как попытка одновременного выполнения токарных и фрезерных переходов или использование одного инструмента для обработки двух разных заготовок одновременно; автоматическая коррекция режимов резания выполняемых одновременно токарных переходов [10].

Представленный выше обзор САМ-систем показал, что большинство из них обладают приблизительно одинаковыми возможностями. Отличие состоит лишь в интерфейсе и в некоторых узких специализированных функциях, которые включаются в опционные модули и поставляются за дополнительную оплату. К таким модулям, например, относится модуль, предназначенный для программирования 4-осевых токарных станков с ЧПУ. Многие из рассмотренных выше САМ-систем позволяют разрабатывать УП для двухсуппортных токарных станков с ЧПУ с последующим постпроцессированием для конкретных станков. Однако технолог-программист должен сам присвоить каждой NC последовательности номер суппорта. Также технолог-программист может в ручном режиме синхронизировать CL-данные, полученные для первого суппорта, с NC последовательностью, предусмотренной для второго суппорта. САМ-системы при этом представляют лишь средства для оценки варианта синхронизации обработки, выбранного технологом-программистом, например в виде диаграммы Ганта. При этом оптимизация режимов резания, выполненная САМ-системой, заключается в выборе частоты вращения шпинделя соответствующей меньшей из частот, рассчитанных для каждой револьверной головки в отдельности. Большое число вариантов синхронизации обработки делает практически невозможным полный их перебор, что делает процесс разработки УП в значительной степени субъективным. Наиболее развитые САМ-системы позволяют автоматически использовать револьверные головки для установления определенных NC-последовательностей, что значительно упрощает решение задачи сокращения времени обработки, однако, не может считаться наилучшим решением, поскольку автоматическая синхронизация выполняется лишь для обработки определенных элементов детали, а не всей операции в целом.

Таким образом, отсутствие методических рекомендаций и математических моделей для синхронизации двухсуппортной токарной обработки, делают невозможным полное использование потенциала современного оборудования, оснащенного системами с ЧПУ. В связи с этим представляется, что разработка программного модуля, реализующего функцию автоматизированного синтеза оптимальной операции для двухсуппортных токарных станков с ЧПУ с независимым управлением суппортами, позволит повысить эффективность их использования в условиях многономенклатурного серийного производства

ЛИТЕРАТУРА

1. Пестрецов, С.И. CALS - технологии в машиностроении: основы работы в CAD/CAE-системах / С.И. Пестрецов. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 212 с.
2. Официальный сайт компании SprutCAM [Электронный ресурс] – режим доступа: www.sprutcam.com/home/lathe.
3. Официальный сайт компании CAMCOE Manufacturing Solutions – режим доступа: www.camcoe.com/catlthadv.htm - CATIA V5 advanced lathe course.
4. Официальный сайт компании SIEMENS PLM Software – Режим доступа: m.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/.
5. Официальный сайт компании Omega ADEM Technologies – Режим доступа: www.omegat.com/index.php?id=109 - ADEM CAD/CAM Losungen.

6. Симуни, А.Е., Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ в интегрированной САПР PRO/ENGINEER с применением разработанных схем виртуальной подготовки производства / А.Е. Симуни, М.В. Терехов // Наука, техника и технологии XXI века (НТТ-2009): материалы IV международной научно-технической конференции. – Нальчик, 2009. С. 79-82.
7. Официальный сайт компании Cimatron Group – Режим доступа: www.cimatron.com.
8. Галкин, В. «FeatureCAM» - эффективное решение для многозадачных станков с ЧПУ / В. Галкин // САПР и графика. – 2008. – №6. – С. 85-87.
9. Официальный сайт компании InventorCAM – Режим доступа: www.inventorcam.com.
10. Официальный сайт компании GibbsCAM – Режим доступа: www.gibbscam.com.