

## ВВЕДЕНИЕ

Конкурентноспособность продукции является основополагающим требованием современных рыночных отношений и зависит от качества, сроков изготовления и себестоимости продукции.

К настоящему времени основным средством для обеспечения конкурентноспособности продукции является компьютеризация производственных процессов и создание Компьютеризованных Производственных Систем (КПС). Концептуально, КПС можно представить как совокупность двух элементов - Компьютеризованные Технологические Оборудования (КТО) и Компьютеризованные Системы Обеспечения (КСО).

Простейшими элементами КТО являются станки с Числовым Программным Управлением (ЧПУ), а более сложными - Гибкие Производственные Модули (Flexible Manufacturing Cell - FMC) состоящие из отдельных станков с ЧПУ совместно с автоматическими системами смены инструмента и загрузки/разгрузки; Гибкие Производственные Системы (Flexible Manufacturing System - FMS), объединяющие несколько FMC и автоматические транспортно-складские системы.

КСО состоит из компьютеризованных систем моделирования изделия (Product Modeling) и моделирования производственных процессов (Process Modeling). Составными частями которых являются системы конструкторского проектирования (CAD - Computer Aided Design), системы технологического проектирования (CAM - Computer Aided Manufacturing), интегрированные системы конструкторско-технологического проектирования (CAD/CAM), системы управления и планирования производственными процессами (CAPP - Computer Aided Process Planning).

Эффективность КПС помимо уровня развития упомянутых выше систем также зависит от совершенства технологии реализуемых в КПС (рис.1).

В настоящее время в КПС применяются передовые технологии, такие как Интегрированное Производство (Computer Integrated Manufacturing - CIM) эксплуатирующие такими известными производителями как Trumpf GmbH + Co Maschinenfabrik Renault [14], Valiant Machine & Tool Inc [18] и др.; технология производства "строго во времени" (Just-In-Time - JIT) используемые на Chicago Pneumatic Tool Co. [19] и др.

Однако уже первый опыт эксплуатации показал что в большинстве случаев полностью раскрыть потенциальные возможности КПС не удастся. Вследствие этого не только не обес-

печивается повышение эффективности производства, но зачастую происходит ее снижение [1].

Причин этому несколько: это резкое увеличение темпов роста стоимости используемого оборудования по сравнению с увеличением его производительности; низкий уровень специализации и использование устаревших, малоэффективных технологий, что препятствует применению прогрессивных средств автоматизации и приводит к значительным потерям по организационно-техническим причинам; низкий показатель надежности оборудования и др. Как свидетельствуют заключения экспертов из Ассоциации National Machine Tool Builder's (USA) [20], Ассоциации Manufacturing Engineers (USA) [23], а также согласно Европейских [22], Японских [21], Российских [2] экспертов, важнейшим фактором эффективности КПС является совершенство технологических решений реализуемых в КПС. Несовершенство технологических решений не может быть компенсировано даже самыми современными техническими средствами. КПС базирующаяся на новых технических средствах и ориентированная на минимальное участие человека в Технологической Подготовке Производства (ТПП) и неучастие его в освоении и последующем выполнении технологического процесса, является принципиально новым видом производственных систем, которому должна соответствовать и принципиально новая технология.

Наиболее важными задачами технологии КПС являются обеспечение быстрой переналаживаемости и малолюдности. Об этом свидетельствуют исследования Гарвардского Университета [25] согласно которому, стратегией Американских производителей является “безлюдное” производство, а Японских производителей “малолудное” производство; другой Американский эксперт, президент фирмы Hardinge Brothers Inc., Robert E. Agan считает [4], что к 2000 году самыми приоритетными направлениями развития технологии в США, будет обеспечение минимальной времени переналадки и в этой связи предпочтение отдает групповой технологии и производству типа ЛТ. В работе профессора Уилдмана [5], дается анализ факторов развития конкурентноспособного производства и делается вывод что основным фактором влияющим на конкурентноспособность продукции является сокращение сроков ТПП. Такие же

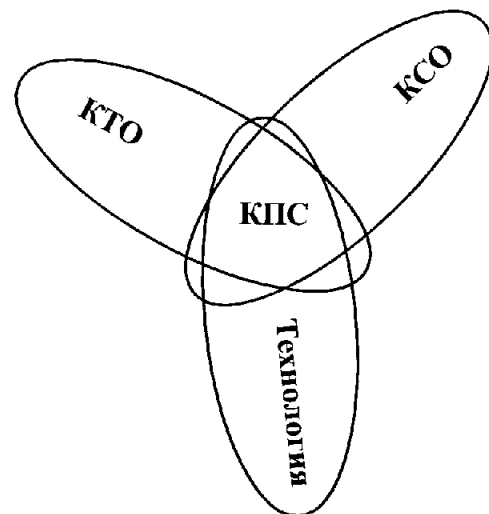


Рис. 1

выводы относительно задач технологии КПС сделаны Академиком В.Ф.Горневым [2], [3].

Удовлетворение требований оперативной переналаживаемости и малолюдности наилучшим образом возможно путем интеграции отдельных подсистем КПС и созданием интегрированных производственных систем (Computer Integrated Manufacturing - CIM). При этом существуют различные уровни интеграции. Самым простым уровнем интеграции является создание единой информационной инфраструктуры - например, как на предприятии NovATEL (Канада), где внедрена компьютерная сеть CIMplex [6], которая объединяет все компьютеры производственного и непроизводственного подразделения, включая системы ЧПУ; или же разработка единой информационной базы [7]? которая обслуживает все подсистемы КПС и др.

Однако требования оперативной переналаживаемости и малолюдности является интегральными критериями, которые зависят от множества факторов, которые в свою очередь в меньшей степени зависят от информационной или т.н. "горизонтальной" интеграции КПС.

К таким факторам в первую очередь относится обеспечение работоспособности и надежности Технологических Процессов (ТП) и Управляющих Программ (УП) для станков с ЧПУ. Как обычно, работоспособность и надежность ТП и УП обеспечиваются отладочными процедурами, которые выполняются технологами-программистами непосредственно в цеху, у станка. Эти процедуры являются наиболее длительными и дорогостоящими и требуют "вмешательства" со стороны высококвалифицированных специалистов. Об этом свидетельствуют результаты производственных наблюдений и данные приведенные в работах Т.Н.Лоладзе [11], Fruhwald [8], Hirsch и соавт. [9], Colin [10], Beckert и соавт. [24] и др.

В таких условиях, для решения проблемы, помимо создания единой информационной инфраструктуры, необходима более сложная интеграция подсистем КПС - на методологическом уровне. Это в частности относится к подсистемам автоматизированного проектирования, контроля и управления.

Проектирование, как известно является совокупностью процессов синтеза и анализа проектных решений. Современное понятие процесса проектирования довольно широкое и не ограничивается только формированием проектного решения и проектной документации, а включает также этапы внедрения и ввода в серийное производство. Так в частности, профессор И.П.Норенков предлагает представить проектирование как процесс состоящий из 8 стадий [13]:

#### 1. Предпроектные исследования

2. Формирование технического задания
3. Формирование технического предложения
4. Эскизное проектирование
5. Разработка технического проекта
6. Рабочее проектирование
7. Опытное производство
8. Отладка и внедрение в производство.

Суммируя вышесказанное можно подитожить что для удовлетворения требованиям быстрой переналаживаемости и малолюдности необходимо разработать методологию проектирования ТП и УП, которая обеспечила бы:

- 1) Оперативность процесса проектирования, что с учетом приведенной классификации подразумевает не только быструю формализацию исходной информации (стадии 1-4) и подготовку проекта (стадии 5,6) но и быструю апробацию и внедрение проекта (стадии 7,8).
- 2) Работоспособность и высокую надежность принятых проектных решении, что с одной стороны увеличивает оперативность проектирования за счет сокращения объема стадии 7 и 8 и с другой стороны устраняет необходимость привлечения технологов-программистов для выполнения отладочных операции.

В этой связи, в диссертационной работе разработана новая методология интеграции и проектирования технологических процессов механической обработки - методология КТМ.

КТМ - Конструкторско-технологический модуль представляет собой формализм объединяющий конструкторские модели отдельных элементов деталей и модели производственных процессов их обработки.

КТМ является основным интеграционным элементом, на базе которого происходит интеграция отдельных структурных единиц КПС - систем автоматизированного конструирования и технологического проектирования; систем управления, контроля и планирования. Это обуславливает взаимосвязанное решение задач и тем самым обеспечивает получение:

- на этапе конструирования - наиболее технологичной конструкции;
- на этапе технологического проектирования - оптимальной структуры операционного технологического процесса механической обработки;

- на этапе технологического программирования - работоспособных и надежных управляющих программ;
- на этапе производства - оптимальных параметров управления станками.

В результате существенно сокращается время отладки УП непосредственно у станка, возможен переход на полностью безотладочной технологии; сокращается объем технологического проектирования операции механической обработки; повышается экономичность и надежность процесса механической обработки.

В первой главе диссертации рассматривается современный уровень развития методологии и систем автоматизированного конструкторско-технологического проектирования.

Во второй главе анализируется проблема работоспособности и надежности технологических процессов и управляющих программ для станков с ЧПУ; дан анализ основных технологических возмущений по справочным данным, по производственным наблюдениям и по литературным источникам. Произведен сравнительный анализ возможных методов компенсации возмущений.

В третьей главе разработана технологическая основа для формирования формализма конструкторско-технологических решений. произведен количественный анализ зависимости элементов технологической операции от действия возмущений и выделены те, которые находятся в дискретной зависимости и непрерывной зависимости от возмущений.

В четвертой главе разработан формализм конструкторско-технологических модулей. Рассмотрены типовые геометрические структуры с особенностями схем параметризации и с частными модификациями. Приводятся исследования по выделению и дано научно-обоснованное множество законов оптимального управления.

В пятой главе рассмотрены методы автоматизированного проектирования технологической операции на базе КТМ. Описаны методы синтеза зон обработки, выбора режущего инструмента и схем перемещения инструмента. Разработаны методы параметрической и структурной оптимизации операции на основе КТМ.

В седьмой главе разработана архитектура и подсистемы автоматизированного проектирования операции на базе КТМ. Описаны объекты интерактивной параметризации КТМ, объекты программирования технологических модулей и объекты синтеза траектории перемещения инструмента.