

УДК 621.9.06:658.512.011.56

**ОБЩИЙ АЛГОРИТМ РАННИХ СТАДИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАММЫ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СТАНКОВ**

*канд. техн. наук, доц. Д.Н. СВИРСКИЙ, А.С. ФИРСОВ
(Витебский государственный технологический университет)*

Рассмотрена проблема автоматизации ранних стадий проектирования для обеспечения конкурентоспособности металлорежущих станков. Предлагаемый алгоритм проектирования основан на использовании QFD-метода и IDEF-моделирования. Созданы предпосылки для автоматизации ранних стадий проектирования с последующей интеграцией программного продукта в систему CALS-технологий.

Проектный процесс является ядром периода «Исследования и разработка» в начале жизненного цикла любого промышленного изделия, когда закладывается соответствующий технический уровень качества и эффективности [1], в конечном итоге объективно определяющий его товарную конкурентоспособность [2]. В свою очередь, в проектировании и конструировании важнейшими в плане качества создаваемого технического объекта являются процедуры первых стадий творческого процесса. В таблице представлены результаты системно-структурного анализа временной организации ранних стадий проектирования.

Ранние стадии проектного процесса

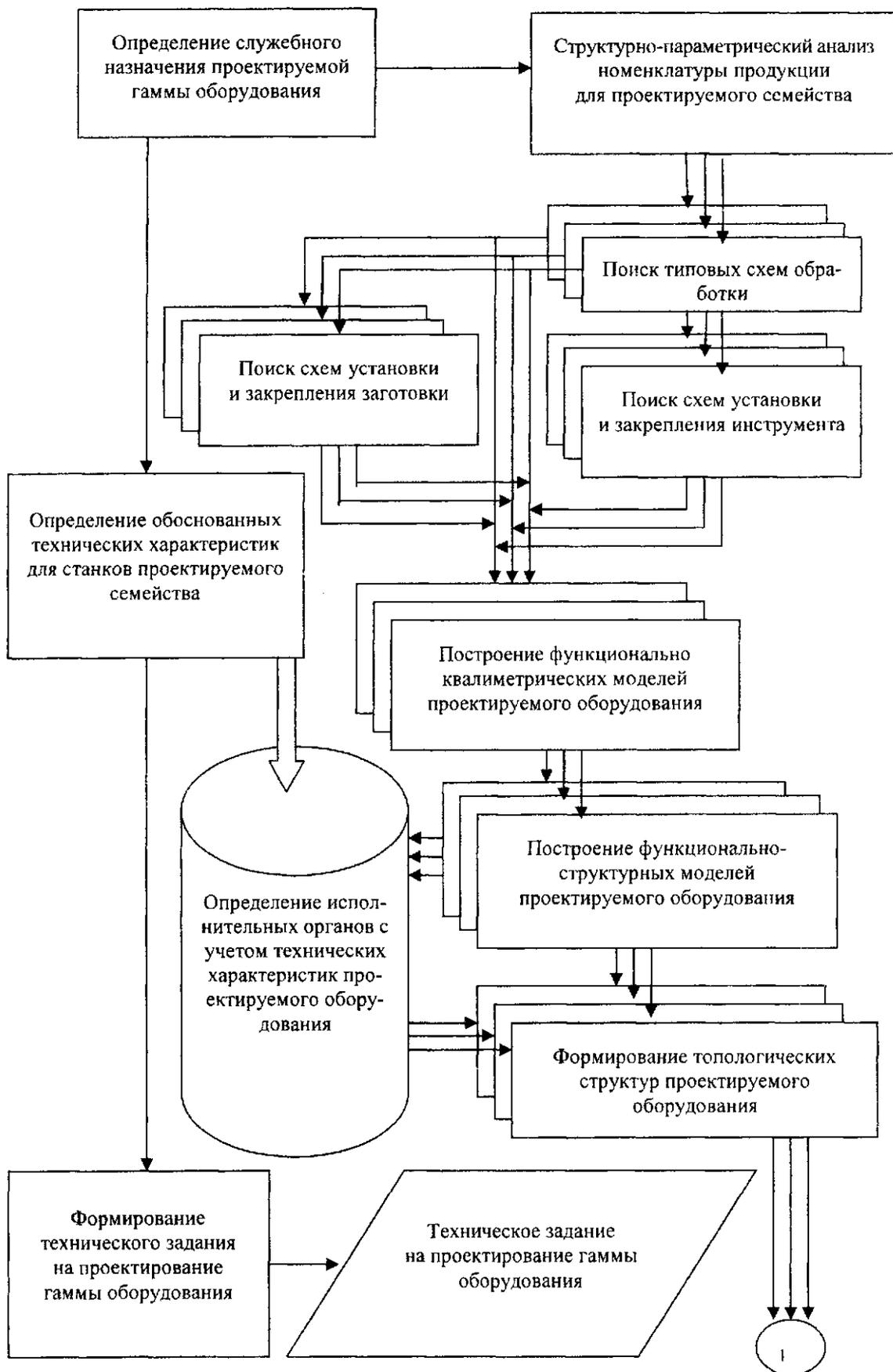
0	<i>Время</i> →		
Ранние стадии проектирования			...
Научно-технические и маркетинговые исследования	Техническое задание	Техническое предложение	
Макропроектирование		Концептуальное проектирование	...
Функционально-квалиметрический анализ	Функционально-операторный синтез	Структурный синтез	
Функционально-параметрический метод		Структурно-параметрический метод	
QFD-моделирование		IDEF-моделирование	...

Исходя из нормативной модели конструкторской подготовки производства новой техники, традиционно выполняют этапы предпроектных исследований, разработки технического задания (ТЗ) и технического предложения (ТП), результаты которых оформляются в соответствующей документации (СТБ 972-2000 и ГОСТ 2.118-88).

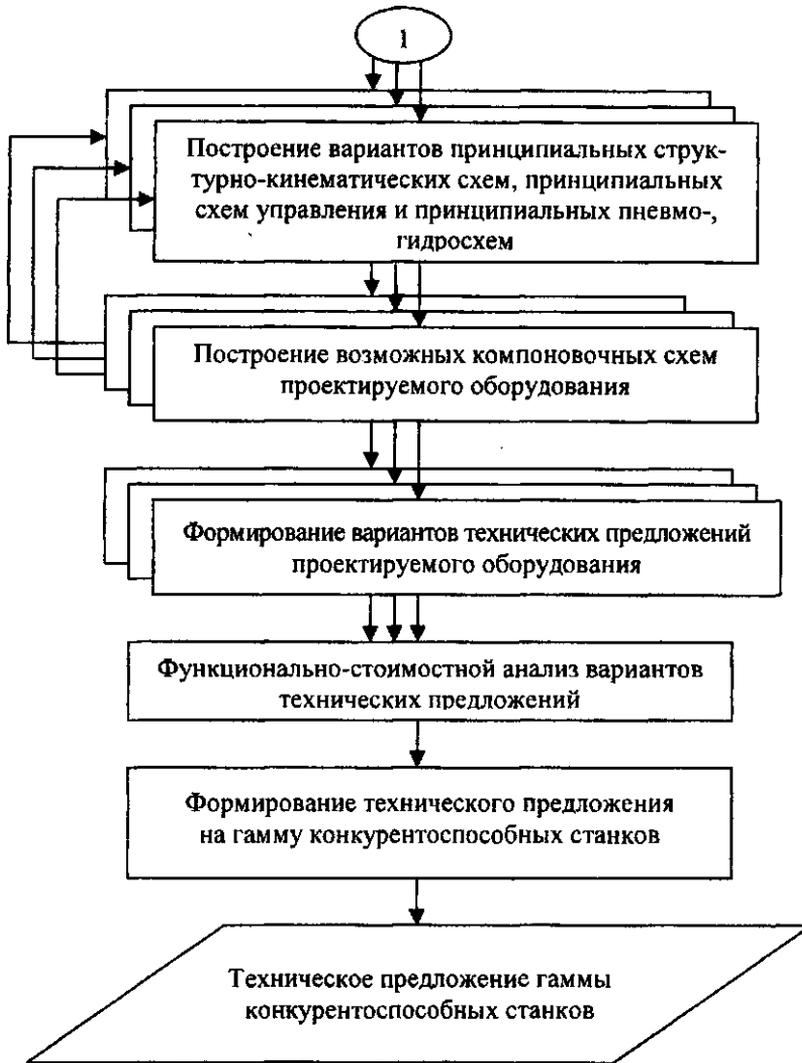
В соответствии с системным подходом выделяют внешнее проектирование, или макропроектирование, заключающееся в формулировании служебного назначения изделия и определении его основных технических характеристик, и внутреннее, или микропроектирование, результатом которого является рабочая документация (РД), удовлетворяющая требованиям ТЗ [3]. В начале детальной разработки конструкции изделия на этапе внутреннего проектирования лежит формирование его концепции, т.е. «общего замысла», принципиальных инженерных решений, предопределяющих совершенство и экономичность технической реализации требований ТЗ. Эти процедуры, результат которых отражается в ТП, в настоящее время объединены понятием «концептуальное проектирование» [4].

В основе реализации процедур макро- и концептуального проектирования лежит функционально-структурный подход [5]. Переход от функций к структуре осуществляется в несколько этапов. Вначале с помощью функционально-квалиметрического анализа служебное назначение проектируемого станка детализируется в иерархии его квалиметрических показателей. Далее функционально-квалиметрическое описание станка преобразуется в функционально-операторное описание и, наконец, в принципиальное описание его структурных компонентов. При этом трансформация описаний из функционального в структурное происходит в N-мерном пространстве их общих параметров. Параметры структуры выявляются посредством QFD-моделирования проектируемой станочной системы, а взаимосвязь между структурными компонентами системы - с помощью IDEF-моделирования.

Разработанный авторами общий алгоритм ранних стадий проектирования гаммы конкурентоспособных станков (рисунок) включает следующие процедуры (рисунок).



Общая схема алгоритма ранних стадий проектирования гаммы конкурентоспособных станков (продолжение рисунка см. с. 105)



Общая схема алгоритма ранних стадий проектирования гаммы конкурентоспособных станков

На первом этапе для формализации служебного назначения проектируемого семейства оборудования проводятся маркетинговые исследования, результатом которых является определение списка требований потребителей и ранжирование их по степени важности. Поскольку каждая станочная система предназначена для обработки определенного спектра деталей, то и служебное назначение формулируется на основе анализа технологических процессов изготовления деталей-представителей и включает в себя описание видов и типоразмеров деталей-представителей, применяемого инструмента, параметров качества поверхности деталей-представителей. При формировании номенклатуры деталей-представителей учитываются следующие условия:

- детали-представители должны иметь сходную конфигурацию поверхности;
- формообразование деталей должно осуществляться одним методом обработки с соответствующими рабочими движениями;
- концентрация технологических операций должна соответствовать служебному назначению проектируемого оборудования и степени их автоматизации.

Следующей проектной процедурой является выбор эффективных схем обработки формообразующих поверхностей для каждой детали-представителя. На схеме обработки уточняются все виды исполнительных движений инструмента и заготовки, необходимых для осуществления полного цикла обработки; определяется последовательность движений во время всего цикла обработки поверхностей заготовки. При этом все движения разделяются на функциональные подгруппы:

- движения формообразования, непосредственно реализующие процесс резания или другой вид обработки;

- установочные движения, обеспечивающие перемещение инструмента или заготовки в исходное положение, при котором может осуществляться процесс формообразования;
- вспомогательные движения - необходимые транспортные перемещения заготовки и инструмента для осуществления на станке полного цикла обработки (установка, закрепление, транспортирование заготовок и инструмента) правка инструмента, удаление отходов и т.п.

С учетом последовательности вспомогательных движений определяются варианты схемы установки и закрепления инструмента и заготовки. Таким образом, для каждой детали-представителя формируются различные варианты схем обработки и соответствующие им варианты схем установки и закрепления инструмента и заготовки и комбинаторно формируются предварительные наборы возможных схем реализации цикла обработки (СРЦО) на проектируемом оборудовании с функционально обоснованным набором движений.

После формирования вариантов СРЦО станков проектируемой гаммы, определяется соответствующие им наборы технических характеристик. Технические характеристики подразделяются:

- на технологические, формирующие приспособленность проектируемого станка для обработки заданных групп деталей;
- размерные, задающие размеры обрабатываемых деталей и соответствующие им длины рабочих ходов, а также размеры исполнительных органов;
- кинематические, включающие пределы частот вращения и подач рабочих органов станка, осуществляющих все группы исполнительных движений;
- силовые, задающие наибольшие величины сил, крутящих моментов и мощности, допускаемые при формообразовании выбранным методом обработки;
- динамические, определяющие поведение станка под действием нагрузок, изменяющихся во времени.

Для обеспечения конкурентоспособности проектируемого оборудования при выборе технических характеристик СРЦО используется метод «Структурирования функции качества» (QFD-метод) [6]. Полученные значения технических характеристик, определяющие технический уровень проектируемых станков, являются исходными данными при формировании ТЗ на проектирование гаммы разрабатываемого технологического оборудования, в соответствии с ГОСТ 4.93 -86 «СПКП. Станки металлообрабатывающие. Номенклатура показателей».

Следующим этапом проектирования является построение функционально-квал и метрических моделей для проектируемых станков семейства. При построении функционально-квалитетических моделей имеет место переход от внешних функций, задающих технические возможности проектируемого оборудования с учетом требований потребителей, к внутренним функциям, которые определяют топологическую структуру проектируемого объекта. Подобные модели строятся для всех вариантов СРЦО станков проектируемой гаммы.

В соответствии с методикой группового проектирования [7] осуществляется: разработка элементной базы семейства и синтез изделий из компонентов элементной базы. При составлении элементной базы семейства формируется информационная модель по принципу «функция —* компонент», где каждой функции (элементу функционально-квалитетической модели) ставят в соответствие исполнительные органы (узлы), которые реализуют заданную функцию. Выбор функционально обоснованных исполнительных органов производится с учетом принятых значений технических характеристик проектируемых станков семейства. Синтез вариантов станков из компонентов элементной базы осуществляется в несколько этапов:

- построение функционально-структурных моделей по каждому варианту проектируемого оборудования;
- определение соответствующих функционально-структурным моделям вариантов топологических структур станков семейства;
- на основе полученных взаимосвязей между исполнительными органами, реализующих соответствующие функции, формируются принципиальные структурно-кинематическая схема, принципиальная схема управления (квазирелейная) и принципиальные гидро- и пневмосхемы;
- с учетом построенных топологических структур строятся варианты компоновочных структур, при этом учитывается сложность реализации структурно-кинематических и других принципиальных схем.

Далее с целью исключения неперспективных технических решений проводится функционально-стоимостный анализ по каждому варианту частных технических решений в условиях согласованной инженерной деятельности (Concurrent Engineering). Из принятых вариантов ТП формируется общее ТП на проектирование гаммы станков с требуемым уровнем их конкурентоспособности.

Предложенный алгоритм является предпосылкой компьютеризации ранних стадий проектирования и их интеграции в общую структуру CALS-технологий. Последующая программная реализация алгоритма предусматривает корректный интерфейс с основными коммерческими продуктами, используемыми в CALS-технологиях, для поддержки жизненного цикла разрабатываемого станочного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпунин М.Г., Любинецкий Я.Г., Майданчик Б.И. Жизненный цикл и эффективность машин. - М.: Машиностроение, 1989. - 312 с.
2. Дружинский И.А. Концепция конкурентоспособных станков. - Л.: Машиностроение, 1990. - 247 с.
3. Вязгин В.А., Федоров В.В. Математические методы автоматизированного проектирования. - М.: Высшая школа, 1989. - 184 с.
4. Ивахненко А.Г., Пуш А.В. Методология концептуального проектирования металлорежущих систем // СТИН, 1998. - № 4. - С. 3 - 6.
5. Свирский Д.Н., Фирсов А.С. Функциональный подход к формализации структурного синтеза металлорежущего оборудования // Машиностроение: Респ. межведом. сб. научн. тр. Вып. 19. Мн.: Техно-принт, 2003. - С. 214-219.
6. Фирсов А.С. QFD-метод проектирования металлорежущих станков // Вестник ВГТУ. - № 5. - 2003. - С. 72-77.
7. Фирсов А.С. Особенности группового проектирования металлорежущих станков // Тез. докл. XXXVI науч.-техн. конф. преподавателей и студентов ВГТУ. - Витебск: ВГТУ, - 2003. - С. 74.