

*В.В. ФРОЛОВ*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МОДУЛИ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ С ЧПУ**

В статье рассматриваются разработка интегрируемых модулей автоматизированного расчета режимов резания для многоцелевых станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы на основе фреймово-продукционных моделей знаний.

У статті розглядаються розробка інтегрованих модулів автоматизованого розрахунку режимів різання для багатопільових верстатів з ЧПУ свердильно-фрезерно-розточувальної групи на основі фреймово-продукційних моделей знань.

Широкое применение многоцелевых станков для нужд многономенклатурного производства – одна из основных тенденций современного машиностроительного производства. Подходы к технологическому проектированию для данного типа оборудования должны давать возможность технологу быстро и эффективно решать задачи технологической подготовки производства на этапе разработки технологического процесса. Одной из таких задач, которая решается в комплексе с другими, является расчет режимов резания на конкретные технологические переходы. Вопросам автоматизации этого этапа технологического проектирования посвящено большое количество работ, поскольку здесь наблюдается наибольшая формализация предметной области, что позволяет максимально эффективно применять программные средства. При современном уровне развития программных средств технологического проектирования остро возникает вопрос интеграции САПР различных разработчиков в единую инструментальную среду, обеспечивающую максимальную эффективность работы технолога.

Решение проблемы видится в разработке функционально независимых модулей, которые затем объединяются в единую инструментальную среду для конкретного производства. Интеграция на этом уровне решается за счет разработки протоколов передачи данных между модулями различных разработчиков. [1-7] Это направление сейчас широко используется в конструкторских САПР, где передача информации выполняется за счет специальных форматов STEP, IGES, SAT, DXF, STL, или за счет функций API, OLE. Наиболее характерным примером является система SolidWorks, где разработаны специальные протоколы, обеспечивающие не только передачу информации во внутрь модели, но и управление построением модели. Такой подход позволяет широко использовать эту систему при разработке интегрированных приложений. При передаче технологической информации такого широкого внедрения указанных технологий не наблюдается, поскольку не разработаны на уровне стандартов структуры по передаче технологической информации.

Это объясняется сложностью взаимосвязей и разным уровнем детализации информации на различных предприятиях. В протоколах STEP AP-238 и AP-224 разработчики предлагают одно из направлений передачи технологической информации в контексте разработки единой информационной модели изделия при применении CALS технологий.[8]

Структурирование или разметка технологической информации для интеграции может быть выполнена на основе использования фреймово-продукционных моделей знаний. Один из таких подходов предлагается для решения задач автоматизации расчета режимов резания в данной статье.

На этой основе разработана система расчета режимов резания для обработки отверстий. Она состоит из типовых модулей для различных методов обработки, где используются данные по расчету режимов резания из [9]. Рассмотрим основы построения и реализацию типового модуля на примере расчета режимов резания для сверления.

Фрейм расчета режимов резания для сверления (см. рис 1) состоит из одного субфрейма 2 и одного слота 1. Слот 1 содержит данные об интенсивности формообразования для различных условий функционирования технологической системы. Каждый слот имеет опорное множество, с помощью которого фрейм адаптируется к конкретной ситуации. Опорное множество включает в себя производственные правила с детерминированными ядрами. Каждое производственное правило содержит информацию о применимости к конкретной ситуации и режимные параметры процесса обработки, характерные для нее.

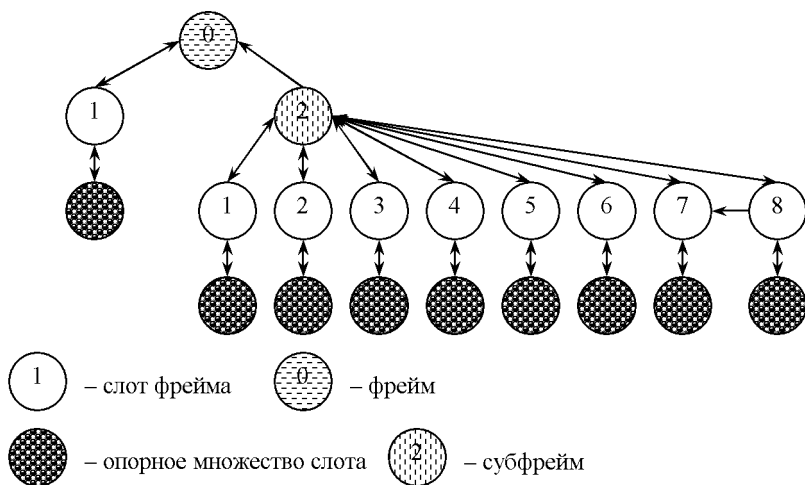


Рис. 1 – Фреймовая структура модуля автоматизированного расчета режимов резания для сверления.

Субфрейм состоит из слотов, которые конкретизируют условия формообразования для возникающей стереотипной ситуации: в зависимости от

механических свойств обрабатываемого материала (1); применения охлаждения (2); состояния поверхности заготовки (3); инструментального материала (4); формы заточки (5); длины рабочей части сверла (6); в зависимости от фактической стойкости инструмента (7). Эти слоты также связаны с опорными множествами. Слот 7 связан отношением со слотом 8, поскольку здесь необходимы данные о нормативной стойкости инструмента.

Стратегия обработки производционных правил одинакова для всех элементов фрейма (см. рис. 2). Продукция представляется в виде фрейма (1) (см. рис. 2б), в слотах которого содержатся ссылка на субфрейм правил применения продукции (1) и слота, содержащего информацию, которая используется при активации продукции. Общий алгоритм процедуры отбора продукции выглядит следующим образом (см. рис. 2а): информация передается (2) от слота «родителя» (3); заполняются слоты условий каждой продукции из опорного множества, при этом продукция активизируются или не активизируются (4); производится отбор активных продукций из множества по алгоритму на рис. 2в – условие 5 определяет активна продукция для конкретной ситуации или нет, и осуществляет отбор активных продукций; данные из слота 2 активной продукции передаются фрейму «родителю» (6) см. рис. 2а.

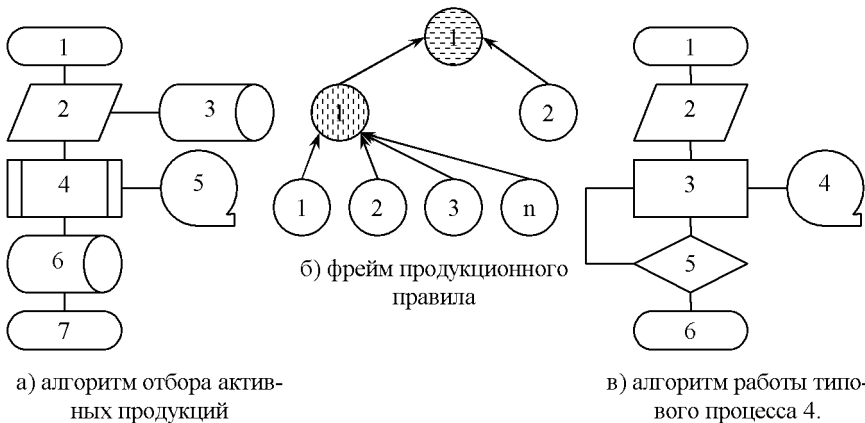


Рис. 2 – Схемы работы с производционными правилами

Во фрейме 0 рис. 1 выполняется расчет режимных параметров, таких как: скорость резания; подача; мощность резания; осевое усилие. При детальном рассмотрении (см. рис. 3) фрейм 0 состоит из слотов, которые можно разбить на несколько крупных блоков: исходные данные; данные субфреймов; результаты расчета. Причем такой подход позволяет оптимально с точки зрения интеграции в другие системы САПР использовать расчет режимов резания.

На примере субфрейма 2 (см. рис. 3) рассмотрим типовые структуры субфреймов 2, 3, 4, 5: подача; скорость резания; мощность; осевое усилие. Слоты 1,2 получают данные от субфреймов базы знаний и передают данные в слот 3, где осуществляется расчет подачи, для конкретных условий работы,

также этот слот исполняет роль стыковочного слота, за счет которого осуществляется интеграция с другими фреймами технологического проектирования.

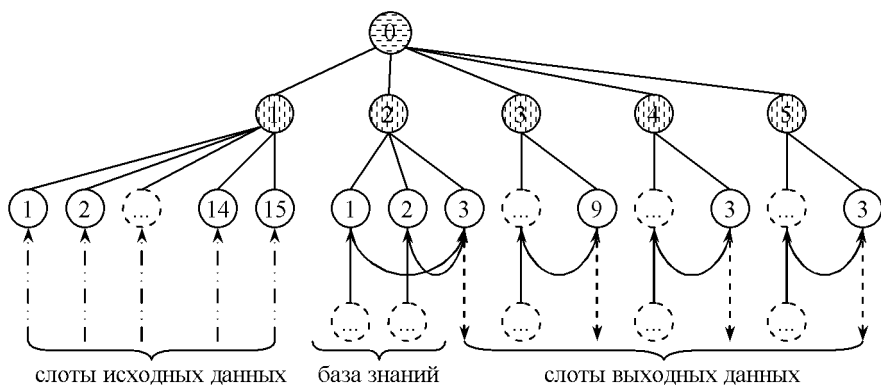


Рис. 3 – Стыковочный фрейм расчета режимов резания

Вышеуказанный подход был реализован при проектировании отдельных модулей автоматизированного расчета режимов резания для операций обработки отверстий: сверления; рассверливания; зенкерования; развертывания; нарезания резьбы метчиком. Наиболее удобная программная реализация этого подхода возможна при использовании электронных таблиц, поскольку ячейку таблицы можно идентифицировать со слотом фрейма, а так же связать с ней необходимые процедуры расчета, обеспечивающие обработку информации при фреймово–продукционной организации информационного обеспечения технологического проектирования для многоцелевых станков с ЧПУ сверлильно–фрезерно–расточной группы. Другой аспект, который повлиял на выбор электронных таблиц для программной реализации подхода, это очень широкое применение данного программного обеспечения на отечественных предприятиях и, что очень важно, в САПР различных разработчиков. Здесь электронные таблицы интегрируются в САПР для различных целей, например, при конструкторском проектировании обеспечивается передача данных для конкретных конфигураций параметрической модели машиностроительной детали; при технологическом проектировании электронные таблицы используются для хранения данных и для формирования отчетности по технологической документации.

Структура программной реализации модуля при использовании табличных алгоритмов выглядит следующим образом: 1) Каждый модуль реализован в виде книги Excel; 2) Книга состоит из трех листов, реализующих фреймово-продукционный подход: лист 1 – бланк (используемый для интеграции); лист 2 и 3 – базы продукционных правил; 3. Слот – ячейка таблицы. Взаимосвязь слотов реализована на основе вышеуказанных теоретических положений.

Каждый программный модуль можно ассоциировать с функцией от многих переменных, поэтому можно провести анализ чувствительности модели к воздействию внешних факторов. Проведем анализ чувствительности на примере модуля сверления. Будем изменять следующие исходные данные в диапазоне от -10% до +10%: твердость обрабатываемого материала по Бриннелю; диаметр сверла; длина рабочей части сверла; период фактической стойкости сверла. На выходе модуля получаем значение минутной подачи. Изменяя поочередно каждый параметр, считаем значение минутной подачи и сравниваем его с базовым значением. Исходные данные сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные для анализа чувствительности

Модуль:	Расчет режимов резания
Исходные данные:	
Переход:	СВЕРЛЕНИЕ
Использование охлаждения:	ДА
Заготовка:	
наличие корки	ДА
вид заготовки	ПОКОВКА
Материал обрабатываемой поверхности:	
вид	СТАЛЬ
разновидность	ХРОМИСТАЯ
твердость по Бриннелю	163
Сверло:	ГОСТ 10903
диаметр, мм	10
длина рабочей части, мм	90
отношение длины к диаметру	9
материал режущей части	
тип	БС
марка	Р6М5
форма заточки режущей части	Н
Период стойкости, мин	90
Параметры для анализа устойчивости	
твердость по Бриннелю	163
диаметр, мм	10
длина рабочей части, мм	90
Период стойкости, мин	90
Минутная подача	57,06817834

Результаты анализа чувствительности модели приведены на рисунке 4. Анализ показывает, что модель наиболее чувствительна к изменению твердости обрабатываемого материала и диаметру обработки.

Блок данных для графика

	- изменение Smin	Smin	изменение Smin
твердость по Бриннелю	-10%	0	10%
диаметр, мм	-21,08086624	0	11,49630573
длина рабочей части, мм	-6,340908705	0	0,681502721
Период стойкости, мин	0	0	0
			2,282727134

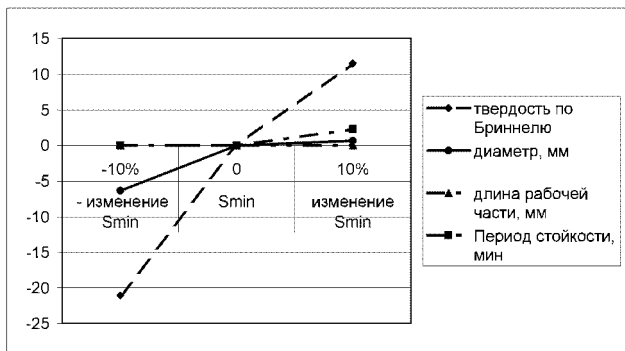


Рис.4 – Анализ чувствительности модели

Достоинства интегрируемых программных модулей, основанных на фреймово-производственных моделях знаний, могут быть выражены в следующем: 1. Открытость алгоритмов с возможностью дополнения и изменения существующей системы производственных правил; 2. Функциональная независимость модулей позволяет использовать их как в одной системе, так и для отдельных расчетов, а так же появляется возможность для развития системы расчета в дальнейшем; 3. Повышается эффективность адаптации данной системы к конкретным производственным условиям; 4. Возможность интеграции в различные системы САПР за счет средств операционной системы, как отдельных модулей, так и всей системы.

Список литературы: 1. Материалы компании STEP Tools Inc. / <http://www.steptools.com/> 2. ISO/DIS 10303-1 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 1: Overview and fundamental principles / ISO TC184/SC4/ WG7 3. ISO/DIS 10303-11 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual / ISO TC184/SC4/ WG7 4. ISO/DIS 10303-22 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 22: Standard Data Access Interface / ISO TC184/SC4/ WG7 5. ISO/DIS 10303-24 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 24: Standard data access interface - C language late binding / ISO TC184/SC4/ WG7 6. ISO/DIS 10303-41 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 41: Integrated generic resources: Fundamentals of product description and support / ISO TC184/SC4/ WG7 7. ISO/DIS 10303-203 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 203: Configuration Controlled Design / ISO TC184/SC4/ WG7 8. Martin Hardwick, Blair Downie, David Loffredo Build Anywhere using STEP-NC: [http://www.steptools.com/library/stepnc/tech\\_resources/omac.pdf](http://www.steptools.com/library/stepnc/tech_resources/omac.pdf) 9. Гузев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ: Справочник/ Под. ред. В.И. Гузеева. –М.: Машиностроение, 2005.– 368с.

Поступила в редколлегию 17.12.07