**Программный комплекс «Sapr\_100\_W»**

Владимир Войтенко

Системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) машиностроения ещё не нашли достаточного применения. Первые варианты систем полностью алгоритмического типа, выполнявшие проектирование в «пакетном» режиме отступили при смене технического обеспечения и переходе на применение ПК. Большинство современных САПР ТП являются интерактивными. По сравнению с алгоритмическими они позволяют полнее использовать широкую многовариантность технологии. Выбор варианта реализации соответствующего фрагмента ТП производится при этом в процессе диалога. Часто выбором из предлагаемого меню. Возможная многовариантность обеспечивает высокую «гибкость» системы и значительно увеличивает время проектирования. Поэтому интерактивные системы значительно уступают алгоритмическим по производительности проектирования.

Опыт преподавания дисциплины «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов машиностроения» подсказывает, что применение в учебном процессе «промышленных систем» не удовлетворяет основному назначению процесса образования: развитию интеллектуальных возможностей учащихся. К тому же применение таких систем мало способствуют изучению основной дисциплины будущих технологов – «Технологии машиностроения». В результате для учебного процесса была принята концепция изучения дисциплины САПР ТП по схеме: «Обучаясь – научи ПЭОМ решать фрагменты технологических задач». Этой цели способствует программный комплекс «Sapr\_100\_W» (ПК), являющийся и реальным средством проектирования процессов механообработки так и учебным полигоном.

ПК может использоваться как в условиях производства, так и в условиях учебных заведений машиностроительного профиля. ПК включает: интерактивно-алгоритмическую систему автоматизированного проектирования технологических процессов механообработки (САПР ТП «Sapr\_2003»), а также программные средства развития САПР: «P\_Eskiz\_4» для ускоренного программирования средств графического интерфейса и программное средство «P\_Plan\_5x5\_13» для синтеза формул из таблиц.

Диалогово-алгоритмическая САПР ТП «Sapr\_2003»

САПР ТП позволяет проектировать в диалоговом режиме технологические процессы обработки деталей произвольной формы. Sapr\_2003 также оснащена модулями, предназначенными для алгоритмического назначения маршрутов обработки типовых поверхностей деталей машин. Одновременно также выполняется техническое нормирование спроектированных операций.

Основные отличия Sapr\_2003 от существующих систем:

использование графического интерфейса при формировании информационных моделей технологических переходов;

наличие алгоритмических модулей назначения маршрута (плана) обработки наиболее распространенных типов поверхностей.

Наличие алгоритмических модулей предоставляет проектировщику возможность получения рекомендаций о целесообразном варианте плана (маршрута) обработки в зависимости от конечных требований к размерным и качественным параметрам необходимой поверхности. План обработки детализируется до межоперационных размеров с назначением также требований точности к ним, а также к шероховатости поверхности.

При назначении режимов обработки применяются многофакторные математические модели, ориентированные на назначение элементов режимов резания (включая и подачи) в зависимости от значений множества параметров реальных условий обработки.

При проектировании технологического процесса (ТП) распределение функций между технологом и ЭОМ (техническое и программное обеспечение) предусматривает назначение структуры ТП (набору и последовательности технологических операций) непосредственно самим технологом. Средства автоматизации проектирования при этом обеспечивают проектировщика необходимой справочной информацией и инициируют диалоговые процедуры формирования информационных моделей элементов технологических систем и самого технологического процесса. В процессе диалога, при использовании стилизованных макетов экрана, задаются реквизиты детали, заготовки и производства.

Процессы диалога назначения технологических операций, моделей станков к ним, конструкций и параметров инструментов и т.п. обеспечиваются альтернативными меню и соответствующими базами данных. При задании информационных характеристик технологических переходов обеспечивается возможность оперативного редактирования при возникновении случайных ошибок.

Типовые расчеты: массы заготовки из проката, режимов обработки и норм времени на выполнение операций и переходов, выполняются алгоритмически.

Программное обеспечение системы состоит из базового программного обеспечения (монитора – ядра системы), алгоритмических модулей назначения маршрутов обработки типовых поверхностей деталей машин, а также взаимозаменяемых программных модулей интерактивного проектирования основных технологических переходов.

Модульная структура системы позволяет эксплуатировать систему на IBM-совместимых ПК с объёмом оперативной памяти от 900кб.

Ядро программного обеспечения системы составляют: монитор главных команд системы, СУБД материалов и заготовок из проката, монитор операций и СУБД соответствующих им станков, монитор технологических переходов, СУБД основного инструмента, текстовый редактор для редактирования рабочего варианта технологического процесса и программный модуль формирования технологической документации в стандартных формах.

Алгоритмические модули назначения маршрута (плана) обработки типовых поверхностей (МОП) выполняют назначение методов обработки с назначением припусков и расчетами межоперационных размеров с требованиями к их точности и к шероховатости соответствующей специализации модуля поверхности.

Методическое обеспечение системы учитывает использование её в учебном процессе машиностроительных специальностей при освоении студентами автоматизированного проектирования.

С этой целью используются оригинальные программные средства ускоренного программирования, ориентированные на разработку взаимозаменяемых программных модулей формирования информационных моделей типовых поверхностей и технологических переходов: программные средства «Eskiz», «Eskiz2», «Eskiz3» и «P\_Eskiz\_4»; модули «SaprTp2000» и «M\_Rizba» процедур для декомпозиции чертёжных размеров гладких и резьбовых поверхностей, определения допустимых отклонений, допусков и номинальных и допускаемых размеров. Такая методика обучения способствует совершенствованию знаний по дисциплинам машиностроительного цикла, а также развитию формализованного мышления при углублении навыков использования ЭВМ.

Главное меню системы Sapr\_2003 включает режимы интерактивного проектирования: «Новая деталь»; «Материал»; «Операция»; «Calc»; «Edit»; и «Форма\_3». Также предлагаются режимы алгоритмического назначения МОП типовых поверхностей: плоскостей, внешних и внутренних цилиндрических поверхностей, метрических резьб, инструментальных конусов, а также прямозубых зубчатых поверхностей. Выбор режима обеспечивается размещёнными на экране специализированными «клавишами», открывающими соответствующие альтернативные меню. Типовые поверхности выбираются из меню.

Режим «Новая Деталь»

Режим обеспечивает:

1. Ввод общих сведений о детали в процессе диалога на экране стилизованном под главную надпись чертежа. В процессе диалога возможен произвольный переход по зонам надписи, что позволяет оперативно редактировать реквизиты при случайных ошибках ввода. Веденные реквизиты сохраняются в текстовом рабочем файле с названием «Detal.txt» на диске в рабочем разделе пользователя.

2. Выбор марки материала детали из альтернативных меню, включающих 8 групп материалов: 26 марок «Сталей углеродистых», 23 марки «Сталей легированных», 27 марок «Сталей нержавеющих», 7 марок «Сталей специальных», 14 марок «Чугунов», 38 марок «Цветных сплавов» (10 алюминиевых, 28 медных), 4 марки «Титановых сплавов», 11 марок «Неметаллических материалов». Также назначаются реквизиты заготовки. При этом обозначение стандарта на материал и необходимые для дальнейших расчетов характеристики материала назначаются автоматически с использованием специализированной базой данных.

Принятая система кодирования групп материалов и другие сведения о материале, составляющие базу данных, обеспечивают все необходимые технологические расчеты. Код группы представляется трехзначным числом. Диалоговое назначение реквизитов заготовки обеспечивает кортеж альтернативных меню. Для заготовок из проката предлагается: меню типов проката («Круг», «Шестигранник», «Квадрат», «Пруток», «Лист», «Полоса», «Лента», «Проволока»); меню вида обработки проката (например: «Лист горячекатаный», «Лист холоднокатаный»). Размеры проката и обозначение его подгруппы (например: «ГПРХХ») назначаются проектировщиком. Расчет массы заготовки из проката выполняется программно, и результат согласовывается с проектировщиком. При определении реквизитов литой заготовки (детали из чугуна) имеется возможность использования режима «Calc» – специализированного калькулятора расчетов массы типовых внешних и внутренних поверхностей: цилиндров, конусов, параллелепипедов, шаров и полушарий. Массы внешних поверхностей добавляются к общей сумме массы заготовки, внутренних соответственно – вычитаются из неё.

Режим «Материал»

Применяется автоматически при проектировании нового ТП, но может назначаться и интерактивно, что позволяет изменить назначенные ранее, в режиме «Новая Деталь», марку материала детали или реквизиты заготовки.

Режим «Операция»

Предназначен для формирования структуры технологического процесса в интерактивном режиме. Диалог назначения типа и названия очередной операции обеспечивается меню, включающем 9 групп операций резания, а также названия общих операций, операций термообработки, контроля и испытаний (всего 60 названий). При назначении операций резания обеспечивается диалог выбора модели станка из меню моделей, соответствующих коду проектируемой операции.

Режим «Edit» Позволяет выполнять просмотр и, при необходимости, редактирование сформированных файлов. Такая возможность позволяет при проектировании анализировать рабочий вариант ТП – содержимое файла «Text.txt». Так, например, если спроектировано несколько вариантов некоторой операции, то можно удалить «лишние» строки, описывающие худшие варианты операций, или перенести фрагменты описания некоторых операций, или переходов в другие места, руководствуясь технологической целесообразностью.

Режим «Forma3» используется для оформления и выпуска описания спроектированного технологического процесса, выполненного в стандартных картах технологического процесса по ГОСТ 3.1118-82. Форма 3 САПР и Форма 3a САПР.

Программное средство «P\_Eskiz\_4»

Программное средство «P\_Eskiz\_4», при последовательном взаимодействии с наличным графическим редактором, например AutoCAD, обеспечивает автоматизированный синтез графических Delphi-программ, предназначенных для формирования информационных моделей технических систем.

Использование ПС «P\_Eskiz\_4» позволяет:

автоматизировать разработку графических Delphi-программ, предназначенных для формирования информационных моделей технических систем;

просмотреть результат синтеза Delphi-программы;

редактировать синтезированную Delphi-программу;

ускорить доработку программы за счет применения в синтезированном тексте программы специализированных процедур построения графических примитивов и редактирования их свойств.

На первом этапе разработки программы используется интерактивный графический редактор для разработки необходимого эскиза, соответствующего, например, заданному технологическому переходу, или заданной типовой поверхности. Кроме графических примитивов на изображении выполняются специальные надписи в местах дальнейшего (при необходимости) введения необходимой информации (например, размеров). При завершении синтеза эскиза формируется также и соответствующий ему «файл обмена».

На втором этапе разработки программы используется ПС «P\_Eskiz\_4». Название необходимого «файла обмена» выбирается из меню. В синтезированную программу включаются модернизированные процедуры алгоритмического языка, что обеспечивает размещение на экране заданного графического изображения (линий, дуг, окружностей, размерных линий по правилам машиностроительного черчения). Также формируются требуемые надписи. В программу автоматизировано включаются также процедуры заполнения замкнутых контуров, например для «штрихования» и т.п. Кроме элементов базового алгоритмического языка в программу включаются также процедуры для обеспечения ускоренного редактирования положения всего изображения на экране ЭОМ и габаритов формы проекта. Также обеспечивается автоматизированная коррекция размещения на форме проекта компонентов типу Edit в местах ввода значений соответствующих реквизитов типового объекта.

Программное средство «P\_Plan\_5x5\_13»

Программное средство «P\_Plan\_5x5\_13» предназначено для ускоренной разработки формул аппроксимации табличных моделей.

Преимущественная часть зависимостей, например, для назначения режимов резания, подаётся в справочной литературе как табличные модели. Однако при разработке фрагментов САПР ТП желательно бы использовать зависимости, в виде формул. Опыт работы с опубликованными в некоторых справочниках формул в виде степенных функций убедительно засвидетельствовал их значительную неадекватность таблицам, на основе которых они были разработаны. Поэтому, при подготовке методического обеспечения, для средств автоматизированного назначения режимов резания (фрагментов САПР ТП) преимущество было отдано формулам в виде многочленов, коэффициенты которых синтезируются на основе методик теории планирования экспериментов. Непосредственно использовалась методика [2] планирования двухфакторных экспериментов на матрице аргументов 5 на 5 по 13-ти точкам.

Программное средство «P\_Plan\_5×5\_13», реализующее отмеченную методику выполняет синтез многочлена в две фазы. При первой фазе, после ввода базовой таблицы, выполняется конвертация её к виду матрицы 5×5 с равномерными интервалами между значениями аргументов. Практически таких таблиц в справочниках не существует. Конвертация базовой таблицы выполняется последовательно в два этапа – по строкам и по столбцам. Программирование выполнялось в среде Delphi с использованием графического метода PolyBezier и свойства Pixels. Метод PolyBezier при этом обеспечивает построение, по методу наименьших квадратов, аппроксимирующей кривой (заданным цветом) на экране ЭВМ по заданным координатам базовых точек. Свойство Pixels используется для определения ординаты точки на аппроксимирующей кривой, при задании абсциссы этой точки. Абсциссы задаются после равномерного распределения на 5 точек базового (табличного) диапазона изменений очередного аргумента. Далее, в циклическом процессе, проверяются цвета точек экрана на прямой, условно проведенной с позиции очередного значения абсциссы. При достижении точки, на аппроксимирующей кривой (точки с заданным цветом), фиксируется её ордината. После такой обработки базовой таблицы (как правило, с неравномерными интервалами между значениями аргументов) по строкам и по столбцам таблицы, формируется матрица, имеющая 5 строк и 5 столбцов с равномерными интервалами между значениями аргументов.

Значения функции в соответствующих 13-ти точках этой матрицы используются на втором этапе для расчётов значений коэффициентов многочлена второго порядка.

Программное средство P\_Plan\_5×5\_13 использует две формы (два экрана). Первый (основной) экран используется для введения значений аргументов и функции базовой таблицы, для управления процессом синтеза и для проверки его результатов.

Результат синтеза формируется как фрагмент Delphi – программы для размещения его в блоке расчета значений функции по синтезированной формуле при значениях аргументов в обусловленных пределах.

**Список литературы**

Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. ЧастьII. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990.

Рафалес-Ламарка Э.Э., Николаев В.Г.Некоторые методы планирования и математического анализа биологических экспериментов.» Наукова думка», К., 1971.

Войтенко В.И.Программный продукт «Программный комплекс Sapr\_100\_W» Свидетельство автора №7456 от 18.04.03.