

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ
ЯРОСЛАВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УДК 621.9:681.3.001.66

О. Н. Калачев

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА В РАЗМЕРНОМ АНАЛИЗЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

ЯРОСЛАВЛЬ 1994

При проектировании технологических процессов механообработки важное место отводится расчетам технологических размеров. Задачей размерного анализа является определение таких технологических размеров, при выдерживании которых на различных стадиях обработки заготовки достигается заданная точность конструкторских размеров, шероховатость поверхностей и другие параметры чертежа детали. Для этого на стадии проектирования рассматриваются различные варианты размерной структуры технологического процесса с целью выбора оптимального с точки зрения критериев: \min числа установок, \min суммарной точности обработки, — влияющих в конечном счете на глобальную целевую функцию — \min себестоимости (max производительности) обработки.

Наиболее эффективная методика размерного анализа основана на моделировании размерных изменений заготовки посредством графовых структур. Впервые использование теории графов было предложено Б.С. Мордвиновым [1], а затем доведено до концептуальных алгоритмов И.А. Иващенко [2]. Подробная алгоритмическая проработка и программная реализация графоного моделирования на ЕС ЭВМ и ПЭВМ рассмотрена в статьях и методических работах автора [3-8]. Общим недостатком созданных программных систем, выявленным при промышленном внедрении, является, во-первых, необходимость выполнять абстрактные структурные построения на этапе формирования исходных данных, причем, до выхода на ЭВМ; во-вторых, ввод большого объема информации вспомогательного характера, описывающей топологию (взаимное расположение вершин и ребер) построенного графа.

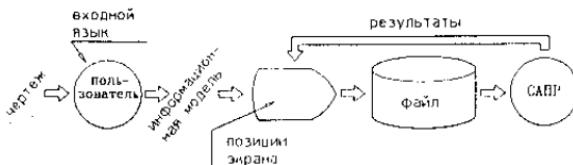


Рис. 1. Схема пакетного режима

В ранних вариантах системы [3-5] для ЕС ЭВМ избежать отмеченных недостатков было невозможно из-за отсутствия на ЕС ЭВМ развитых диалоговых средств. Схема функционирования такой системы соответствует пакетному режиму (рис.1): пользователь, выполнив подготовительную работу на бумаж-

ном носителе, вводят символы в заданные позиции экрана, используя текстовый редактор. В результате формируется файл исходных данных на магнитном диске (МД), который затем считывается проектирующей системой, выполняющей проектирование без участия пользователя, т.е. в пакетном режиме.

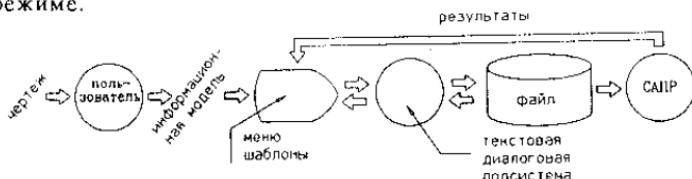


Рис. 2. Текстовый интерфейс

В более развитых операционных системах ЭВМ (СВМ ЕС, MS-DOS) появилась возможность [6-8] освободить пользователя от ответственности за правильность физического ввода. Это достигается (рис.2) за счет использования меню и фиксированных полей шаблона специального пользовательского интерфейса, жестко ограничивающего позиции ввода и органи-

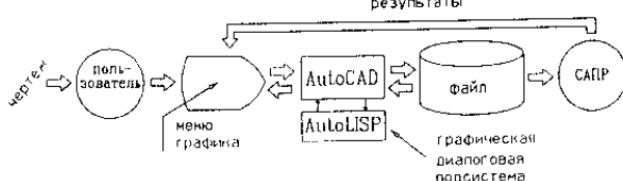


Рис. 3. Графический интерфейс

зующего физическую и, частично, логическую диагностику вводимой информации. В таком варианте системы [8] пользователь по-прежнему обременен бумажными геометрическими построениями, а проектирующая часть системы отделена от диалогового интерфейса и фактически выполняется автономно в пакетном режиме.

Развитие компьютерной графики на ПЭВМ позволяет отаться от текстового режима подготовки данных и перейти к естественному для пользователя языку традиционных геометрических построений непосредственно на экране компьютера (рис.3). Для реализации графического диалога целесообразно использовать ориентированную на автоматизацию чертежных

работ систему AutoCAD. Интерфейс пользователя в этой системе может быть создан на встроенным языке AutoLISP. Включение такого интерфейса не требует, как и в рассмотренных

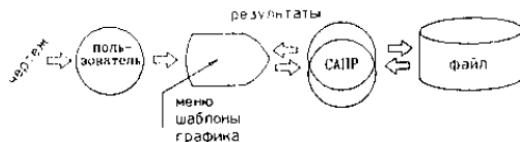


Рис. 4. САПР со смешанным диалогом

выше вариантах, изменения проектирующей системы, передача данных в которую происходит через МД.

Наконец, наиболее эффективным и перспективным вариантом системы размерного анализа технологических процессов представляется система (рис.4), объединяющая достоинства графического диалога (автоматическое формирование данных

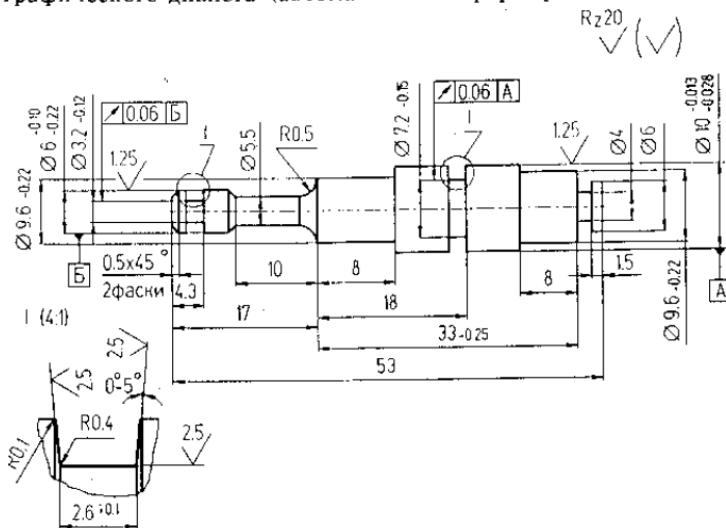
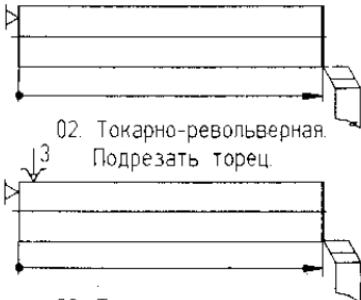


Рис. 5. Чертеж детали

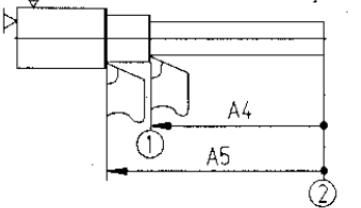
Прокат горячекатаный
повышенной точности.



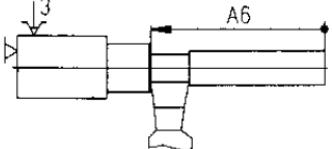
01. Токарно-револьверная.
Подрезать торец.



02. Токарно-револьверная.
Подрезать торец.

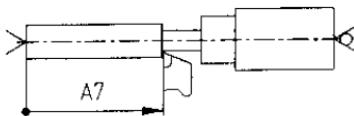


03. Токарно-револьверная.
Точить поверхности. ①②

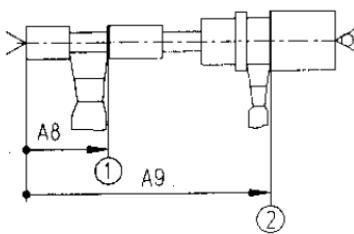


04. Токарно-револьверная.
Точить канавку.

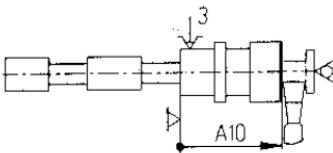
05. Токарно-винторезная.
Расточить канавку.



06. Токарно-винторезная.
Точить поверхности ①②



07. Токарно-винторезная.
Точить канавку.



08. Токарно-винторезная.
Точить поверхность.

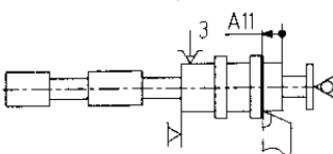


Рис. 6. Операционные эскизы

в требуемом формате естественными для технолога построениями) и диалог непосредственно в ходе проектирования (отказ от обособленного функционирования проектирующей системы фактически в пакетном режиме).

Рассмотрим схему и принципы организации графического интерфейса при размерном анализе для вариантов системы (см. рисунки 3,4) на примере детали "вал" (рис.5). Предполагаемый технологический процесс обработки показан на рис.6.

Этап I — отрисовка конфигурации детали. На основе анализа структуры существующего чертежа детали (переход из формата .DWG в формат .DXF) программно выявляются все поверхности, связанные конструкторскими размерами; отфильтровываются вспомогательные элементы, не влияющие на расположение связанных поверхностей. Таким образом, программно создается модель детали, отображающая размерные связи (в частности, линейные) между поверхностями.

Загружается AutoCAD и AutoLISP, и на экран выводится модифицированный чертеж (схема) детали.

В упрощенном варианте системы конфигурация детали создается пользователем (в ходе диалога с интерфейской про-

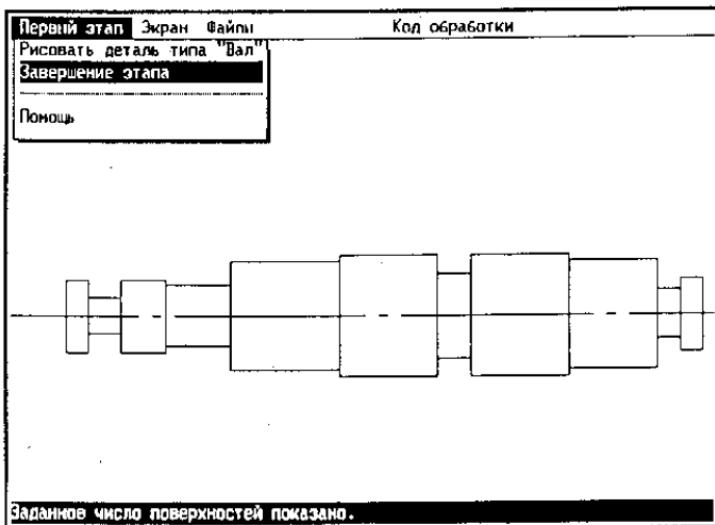


Рис. 7. Результаты выполнения этапа I

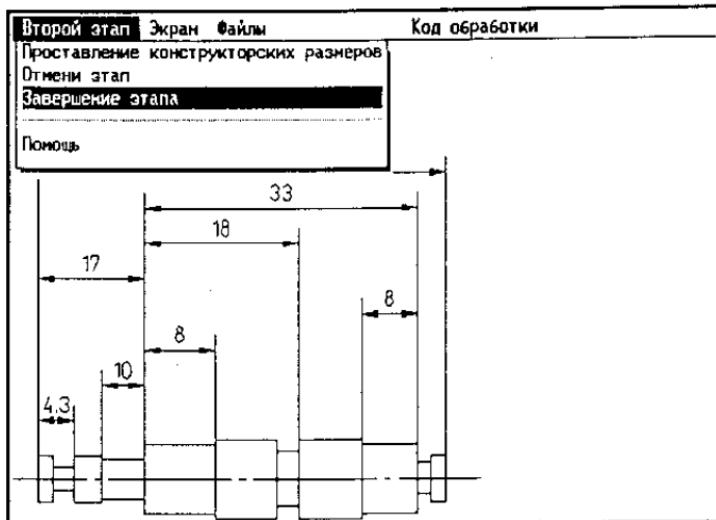


Рис. 8. Результаты выполнения этапа 2

граммой) в виде комбинации прямоугольников. Для этого "мышью" указывается базовая (крайняя левая точка проекции детали), а затем — в ответ на запрос — вводится число ступеней. Для каждой ступени система последовательно запрашивает длину и диаметр (достаточно ввести ориентировочные значения) и автоматически пристыковывает на экране новый прямоугольник, отслеживая при этом число введенных ступеней. Ввод последней ступени активизирует программный анализ соотношений между размерами всех элементов и имеет следствием автоматическое перестроение эскиза с целью увеличения мелких элементов. Это необходимо для нормальной их идентификации рамкой прицела на последующих этапах. Результат выполнения этапа показан на рис.7.

Этап 2 — простановка заданных чертежом конструкторских размеров. В общем случае выполняется автоматически. В упрощенном варианте системы пользователю предлагается указать прицелом (стрелкой) сначала левую, а затем правую поверхности (линии), связанные конструкторским размером. Система запросит в командной строке номинальное значение размера, верхнее и нижнее отклонения. Указанные поверхности перекрашиваются в зеленый цвет и соединяются размер-

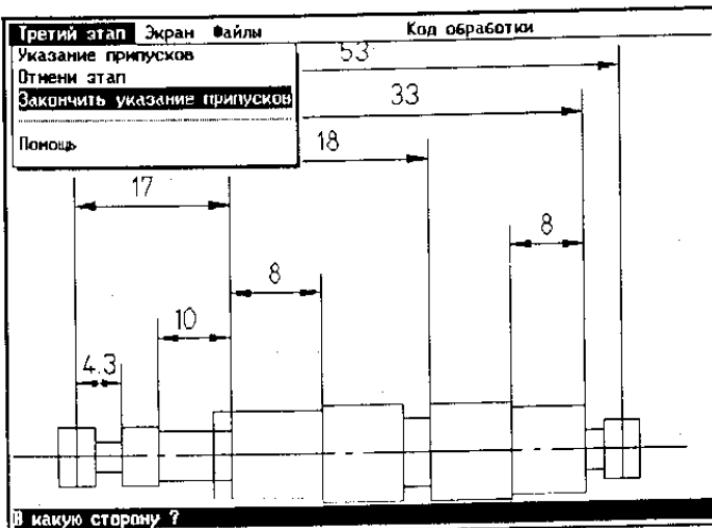


Рис. 9. Результаты выполнения этапа 3

ными линиями того же цвета; появляется обозначение размера. Для каждого размера в оперативной памяти формируется списковая структура вида: номер поверхности, координаты, наибольшее и наименьшее значения. Число размеров не должно превышать заданное число ступеней. Результаты этапа представлены на рис.8.

Этап 3 — указание припусков, удаляемых в ходе намеченного технологического процесса. На экране появляется запрос на выбор поверхности, к которой следует пристроить припуск. Пользователь ставит прицел на линию проекции поверхности и нажимает кнопку "мыши", после чего следует запрос: в какую сторону. Пользователь передвигает перекрестье курсора вправо или влево от указанной поверхности и нажимает кнопку "мыши" — к поверхности пристраивается прямоугольник красного цвета. Возможно повторение описанной операции в случае многократной обработки поверхности. В процессе указания припусков эскиз перестраивается, сжимаясь в пределах экранного поля. В результате выполнения этапа системой формируется конфигурация заготовки, а в оперативной памяти — список границ припусков. Пользователь должен сам сообщить системе об окончании этапа — выбрать из падающе-

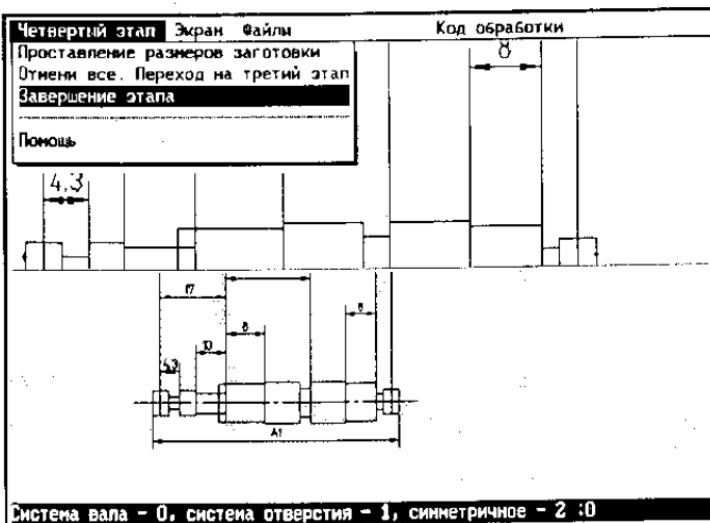


Рис. 10. Результаты выполнения этапа 4

го меню пункт "закончить указание припусков". Содержание экрана после окончания этапа показано на рис.9.

Этап 4 — простановка положения подлежащих расчету размеров заготовки. Размеры заготовки — технологические размеры, с которыми она поступает на механообработку. В ответ на запросы системы следует указать прицелом в верхней половине экрана последовательно левую и правую поверхности, ограничивающие размер, а затем нажать кнопку "мыши". Выбор расположения размеров — задача пользователя — зависит от метода получения: резка проката, отливка, штамповка и др. Метод получения предполагается одинаковым для всех размеров заготовки и вводится из меню в самом начале проектирования. Размеры с последовательно возрастающим индексом будут отрисованы системой в нижней половине экрана, под заготовкой. Заметим, что размерные линии заканчиваются двумя стрелками, технологические базы здесь не выделяются. Завершение этапа инициируется пользователем из падающего меню. Результаты этапа показаны на рис.10.

Этап 5 — простановка положения и выбор метода получения подлежащих расчету технологических размеров, выдерживаемых при обработке заготовки. По запросу системы в

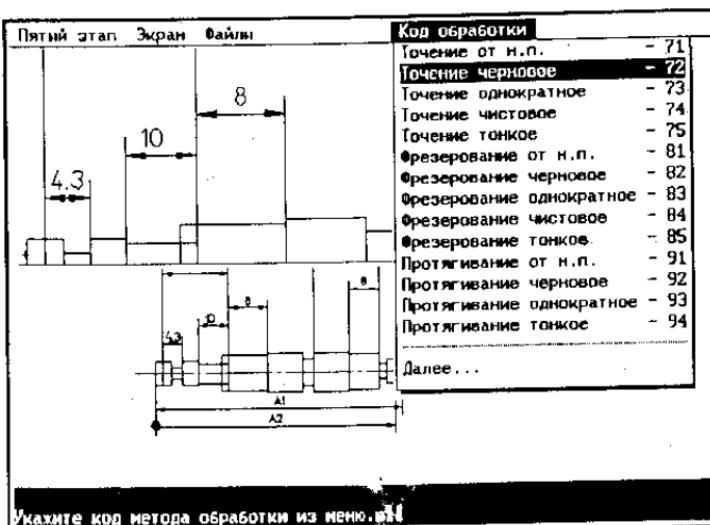


Рис. 11. Результаты выполнения этапа 5

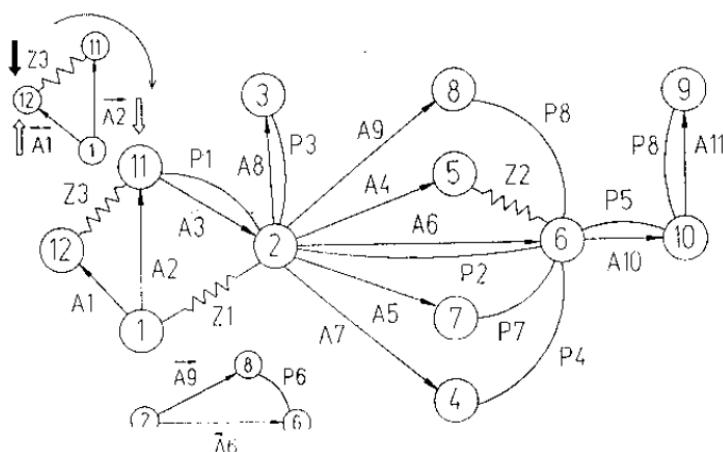


Рис. 12. Графовая модель обработки детали

верхней половине экрана пользователю предлагается указать сначала базовую поверхность, от которой выдерживается размер, а затем обработанную поверхность, полученную после удаления припуска. Технологический размер появляется в нижней части экрана, причем базовая поверхность помечается точкой, а на обработанную поверхность направляется стрелка. После ввода границ размера, система уточняет расположение поля допуска этого размера. Пользователь делает выбор из меню: "вал" — ниже номинала, "отверстие" — выше номинала или "симметричное". Далее, в появляющемся меню система запрашивает, каким методом будет получен размер (рис.11).

Рассмотренная последовательность ввода данных повторяется затем для следующего размера. Заметим, что система контролирует общее количество вводимых технологических размеров в этапах 4 и 5: оно не должно превышать суммы числа конструкторских размеров и припусков.

Размеры могут вводиться в произвольной последовательности, после чего они получают сквозную нумерацию с ранее заданными (этап 4) размерами заготовки. Рекомендуется, однако, осуществлять ввод в последовательности обработки. При большом числе размеров содержание нижней части экрана автоматически смещается вверх, уходя из поля зрения пользователя. Просмотр ранее введенной информации выполняется прокруткой изображения вверх и вниз.

В результате реализации рассмотренной схемы в текстовом файле на МД формируется внутреннее представление [9] исходных данных, соответствующее структурной модели технологического процесса — графу технологических размерных цепей (рис.12). Внешнее, т.е. экранное представление введенной информации (размерная схема) может быть сохранено в файле типа .DWG и/или выведено на печать (рис.13).

В заключение наметим пути развития рассмотренного способа формирования математической модели размерной структуры ТП. Помимо своего прямого назначения — размерного анализа — графический размерный ввод может стать основой для САПР маршрутной (операционной) технологии. В отличие от существующих систем прямого проектирования в текстовом диалоге, для которых технологические размеры обычно априори известны, в предлагаемом подходе размерные расчеты — основа процесса проектирования, обуславливающая к тому же автоматическое формирование операционных эскизов.

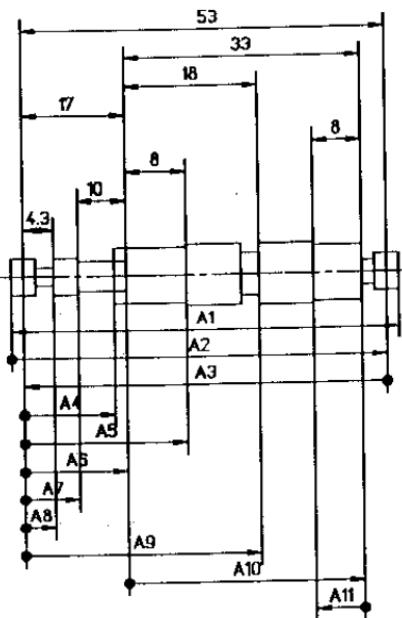


Рис. 13. Размерная схема обработки

Литература

1. Иващенко И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. М.:Машиностроение, 1975.-222 с.
2. Мордвинов Б.С., Огурцов Е.С. Расчет технологических размеров и допусков при проектировании технологических процессов механической обработки /ОмПИ. -Омск, 1970.-160с.
3. Калачев О.Н., Синицын В.Т. Применение вычислительной техники при курсовом и дипломном проектировании по

технологии машиностроения: Учеб. пособие/ Яросл. политехн. ин-т. - Ярославль, 1982.-83 с.

4. Калачев О.Н., Малых О.М. Автоматизация построения и решения на ЕС ЭВМ технологических размерных цепей// Яросл. политехн. ин-т. - Ярославль, 1983.-21 с.- Деп. в НИИ-МАШ 09.03.83, 63 МШ - 83.

5. Калачев О.Н., Синицын В.Т. Применение ЭВМ студентами машиностроительных специальностей для автоматизации расчетов при проектировании технологических процессов механообработки// Автоматизация поискового конструирования и подготовка инженерных кадров. Тез. докл. Ш Всесоюз. конф.- Иваново, 1983.- С.127-128.

6. Калачев О.Н. Построение и расчет технологических размерных цепей в режиме диалога с ЭВМ// Проблемы технологии проектирования и диагностики в автоматизированных производствах машиностроения. Тез. зональной науч.-техн. конф.- Ярославль, 1986.- С.48-49.

7. Калачев О.Н., Синицын В.Т. Применение вычислительной техники в курсовом и дипломном проектировании по технологии машиностроения: Учеб. пособие.- 2-е изд., перераб. и доп./ Яросл. политехн. ин-т. - Ярославль, 1989.-87 с.

8. Калачев О.Н., Рудницкий В.Ф., Иванов П.И. Автоматизированная система расчета на ПЭВМ технологических размеров мехобработки/ Яросл. политехн. ин-т. - Ярославль, 1991.-9 с.- Деп. в Инфорприбор, N 5020 - пр.91 от 23.07.91.

9. Калачев О.Н. Основы САПР в технологии машиностроения: Учебное пособие. - Ярославль, Яросл. политехн. ин-т, 1993.-180 с.