

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1<sup>1</sup>

**ЦЕЛЬ:** проверка уровня усвоения студентом содержания дисциплины, расширение, закрепление теоретических знаний и применение этих знаний для решения практических задач.

**ЗАДАЧА.** Для заданного варианта (рисунок 1) из методических указаний [1] выполнить размерный анализ ТП по осевым, т.е. расположенным в осевом координатном направлении, размерам. Составить маршрут обработки и разработать структурную математическую модель размерных изменений в ходе обработки (операционные эскизы -> размерная схема -> граф). Исходные данные ТП оформить для расчета по программе KON7 на ПК с целью вычисления всех промежуточных размеров обработки, исходя их заданных чертежных размеров детали.

---

<sup>1</sup> Использован студенческий вариант программы KON7

1. Начнем с отбора осевых размеров чертежа детали (см. рисунок 1). На схеме эти размеры обозначаются буквой Р с индексом (рисунок 2).

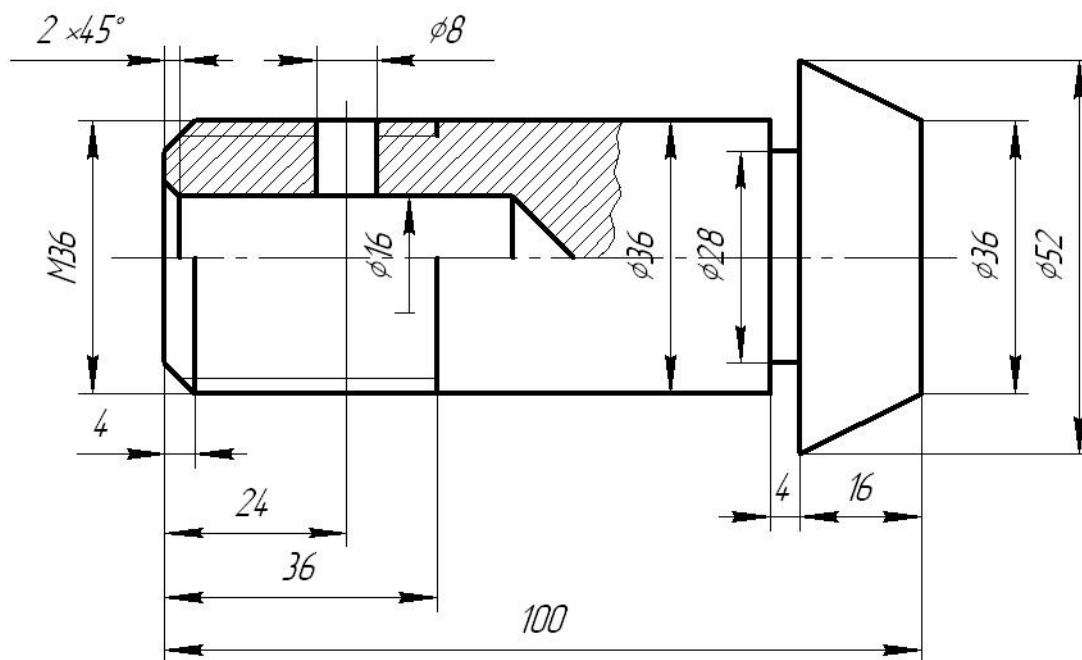


Рисунок 1- Чертеж детали с осевыми размерами (допуски на все конструкторские размеры должны быть известны)

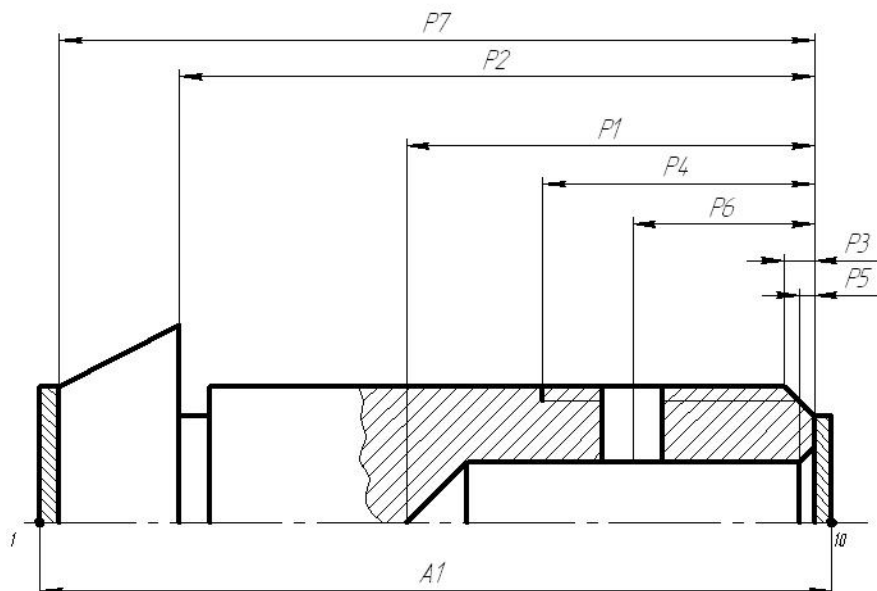


Рисунок 2 - Эскиз детали с условными обозначениями размеров

Затем указываем размеры заготовки. Далее строим традиционные операционные эскизы (рисунок 3), где отмечаем технологическую базу, от которой выдерживается размер в ходе обработки, полученную поверхность и удаляемый припуск. Заметим, что размеры заготовки обозначаются двухсторонними стрелками, а размеры механообработки – односторонними стрелками.

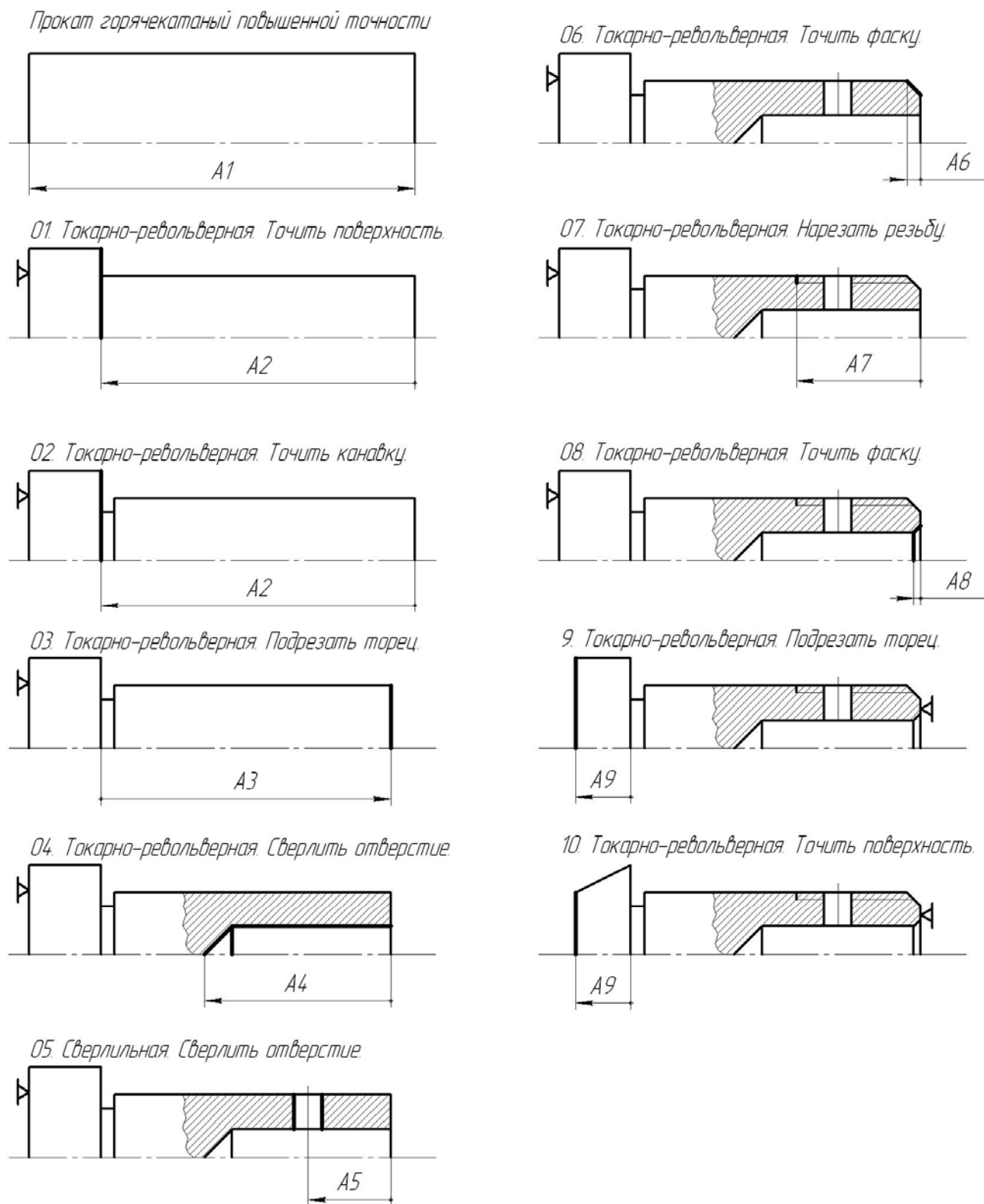


Рисунок 3 - Операционные эскизы

Теперь размеры и припуски с операционных эскизов переносим на один эскиз – размерную схему (рисунок 4), где все задействованные поверхности ну-

меруются слева направо. Номера определяют границы размеров, необходимые для построения графа (рисунок 5) и для оформления исходных данных при компьютерном расчете. По размерной схеме строится граф – структурная математическая модель ТП. В качестве вершин графа принимаем номера поверхностей, а ребрами графа служат размеры: конструкторские  $P$ , припуски на обработку  $Z$ , размеры заготовки и технологические размеры механообработки  $A$ . Замыкающими звеньями размерных цепей являются размеры  $P$  и  $Z$ , а составляющими – неизвестные технологические размеры  $A$ .

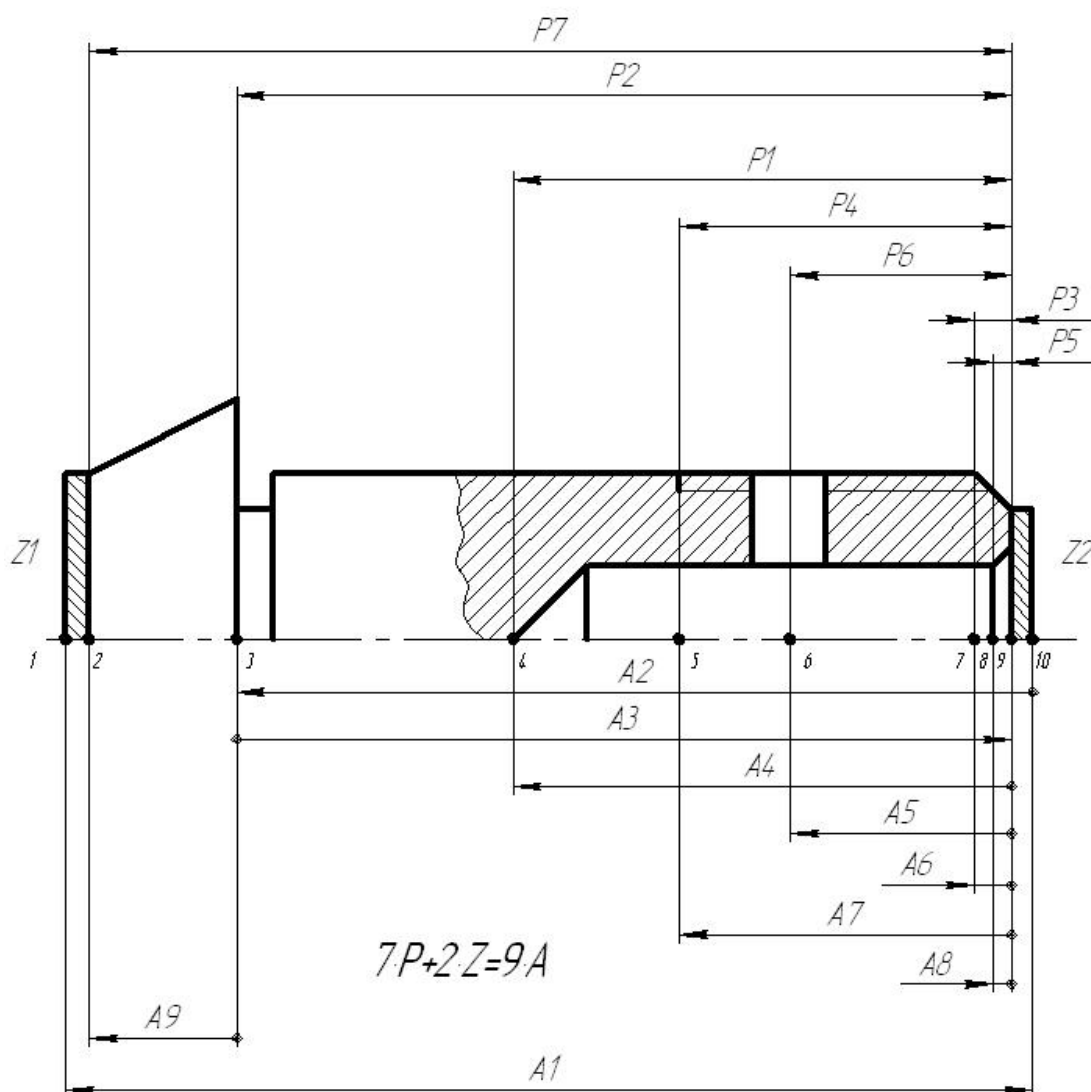


Рисунок 4 - Размерная схема технологического процесса

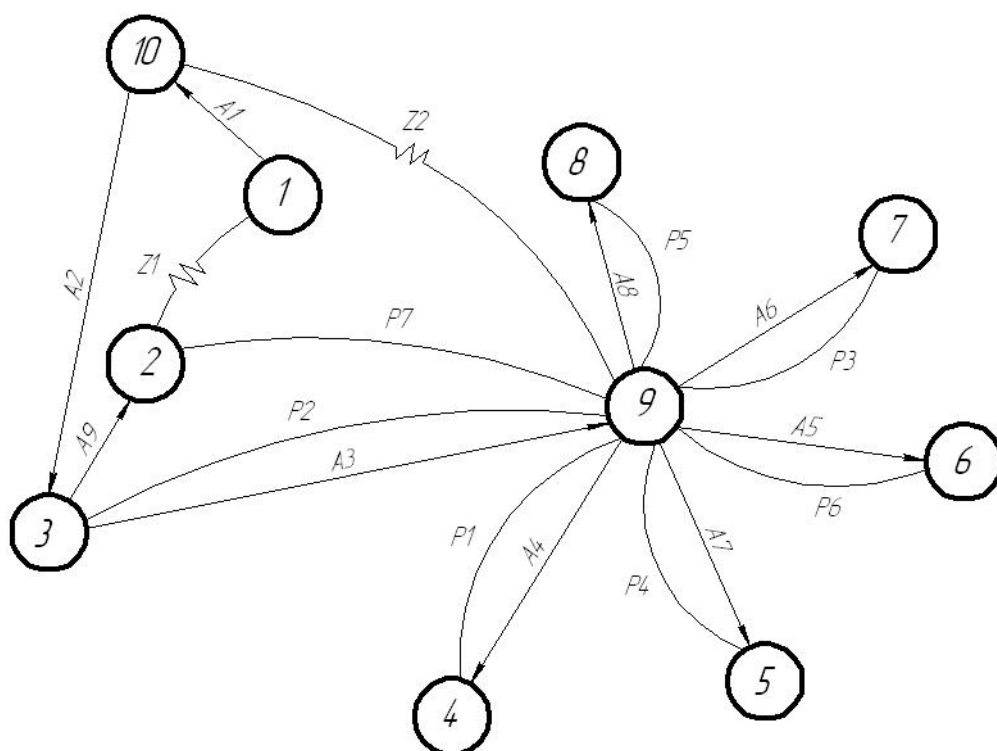


Рисунок 5 - Граф технологических размерных цепей

На графе (см. рисунок 5) можно визуально выявить контуры технологических размерных цепей, а по их составу сделать некоторые предварительные выводы о допустимости варианта обработки. Так, если в уравнение цепи, где замыкающим звеном является конструкторский (чертежный) размер  $P$ , входят более двух составляющих, т.е. технологических размеров  $A$ , то очевидно, что достижение точности этого размера проблематично. И напротив, если цепи для замыкающих звеньев  $P$  получились «короткими», двухзвенными, а для  $Z$  – трехзвенными, то это свидетельствует о выполнении принципа единства баз, наиболее оптимального варианта, как известно из курса технологии машиностроения, построения ТП для достижения требуемой точности обработки.

2. Перейдем к количественному анализу на ПК с помощью программы KON7 (рисунок 6), обеспечивающей выявление и расчет технологических цепей.

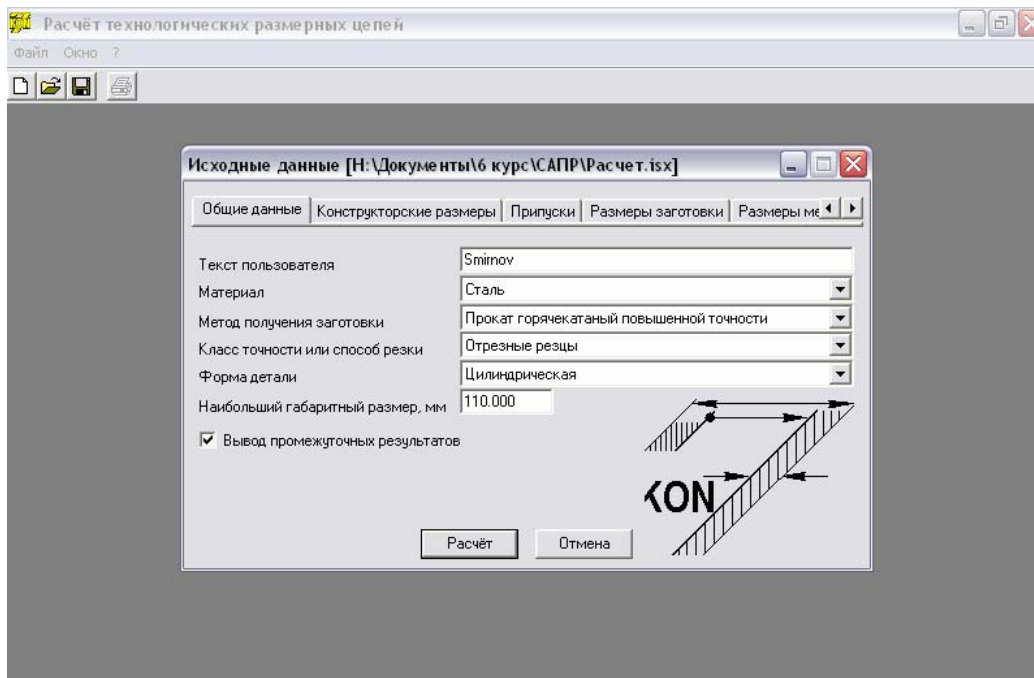


Рисунок 6 - Программа KON7, ввод общих данных

Исходные данные после запуска программы вводятся в диалоговом режиме (рисунки 7,8,9,10) путем указания:

- границ размеров и значений конструкторских размеров  $P$ ,
- только границ припусков  $Z$  (их значения рассчитываются программой),
- границ и методов получения технологических размеров  $A$ .

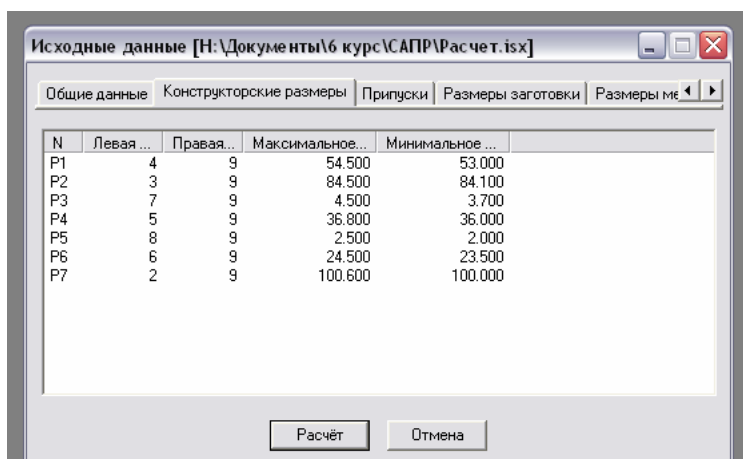


Рисунок 7 - Программа KON7, конструкторские размеры

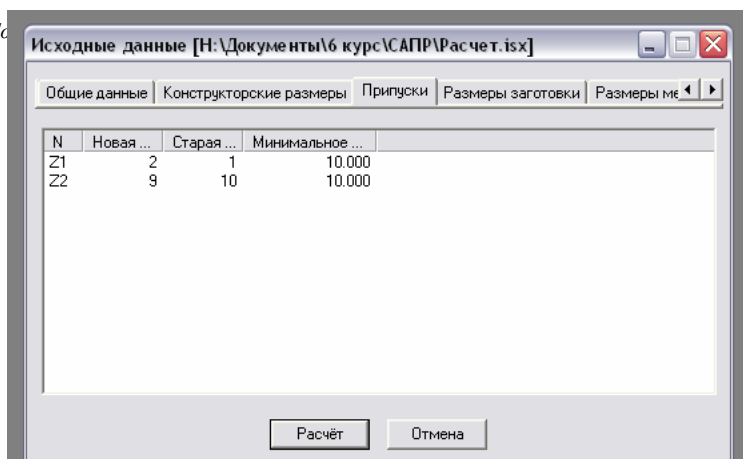


Рисунок 8 - Программа KON7, припуски

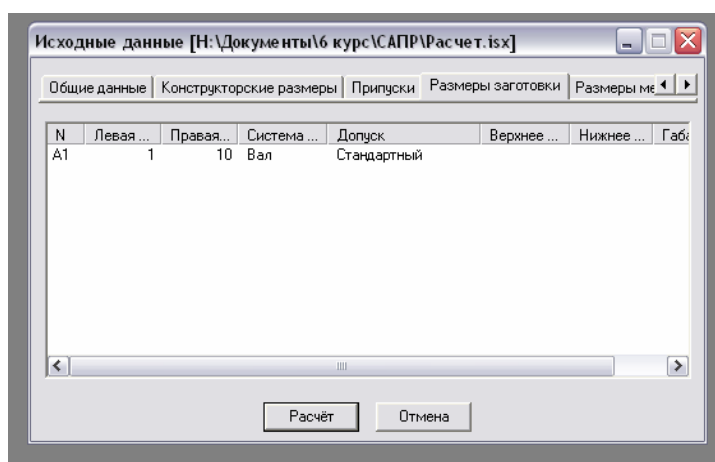


Рисунок 9 - Программа KON7, размеры заготовки

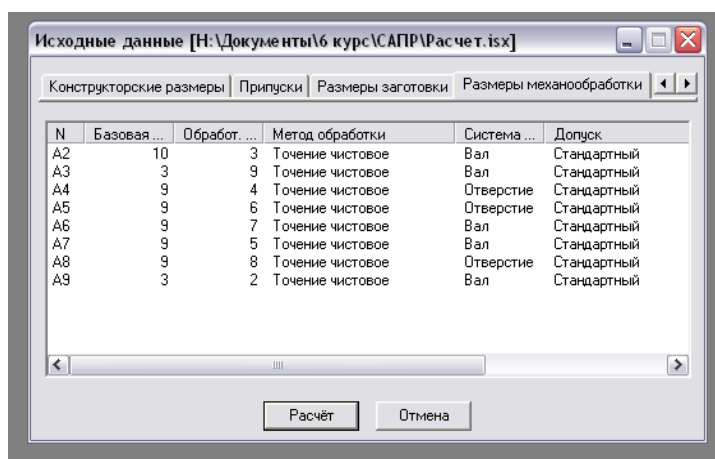


Рисунок 10 - Программа KON7, размеры механообработки

В итоге получаем результаты расчета по программе KON7, а именно: выявленные программно уравнения, рассчитанные значения номиналов и отклонений технологических размеров А, обеспечивающих в ходе обработки заданную чертежом точность конструкторских размеров детали.

Результаты расчета технологических размерных цепей  
Кафедра ТМС ЯГТУ, (С) Калачев О.Н., 2000 \*\*\*\* KON7 \*\*\*\*

З а к а з ч и к Смирнов

Таблица 1

Распечатка введенных исходных данных (проверьте правильность ввода!)

Сведения о заготовке:  
 Материал..... сталь  
 Способ получения..... прокат горячекатповышен.точности  
 Резка..... отрезн. резцами  
 Класс (степень) точности.. ---  
 Габаритный размер..... 110.000

Замыкающие звенья					Составляющие звенья					Габариты обработ.	Отклонения допуска пользователя	
Р-черт.размер. Z-припуск												
звено	гра- ницы	Предел. значения		звено	гра- ницы	метод обработки		сист досу ска	бот. пове рхн.	верх.	нижнее	
		max	min			наименование	код					
P1	4 9	54.500	53.000	A1	1 10	прокат горячекат повышен.точности	12	вал	52	0.000	0.000	
P2	3 9	84.500	84.100	A2	10 3	точение чистовое	74	вал	36	0.000	0.000	
P3	7 9	4.500	3.700	A3	3 9	точение чистовое	74	вал	36	0.000	0.000	
P4	5 9	36.800	36.000	A4	9 4	точение чистовое	74	отв.	16	0.000	0.000	
P5	8 9	2.500	2.000	A5	9 6	точение чистовое	74	отв.	36	0.000	0.000	
P6	6 9	24.500	23.500	A6	9 7	точение чистовое	74	вал	36	0.000	0.000	
P7	2 9	100.600	100.000	A7	9 5	точение чистовое	74	вал	36	0.000	0.000	
Z1	2 1	0.000	10.000	A8	9 8	точение чистовое	74	отв.	20	0.000	0.000	
Z2	9 10	0.000	10.000	A9	3 2	точение чистовое	74	вал	52	0.000	0.000	

Блок 1  
Блок 2  
Блок 3

Таблица 2

Результаты расчета - уравнения размерных цепей

Номер решения	Неизв. звено	Уравнения в символической форме
1	A4	P1=+A4
2	A3	P2=+A3
3	A6	P3=+A6
4	A7	P4=+A7
5	A8	P5=+A8
6	A5	P6=+A5
7	A9	P7=+A3+A9
8	A2	Z2=-A3+A2
9	A1	Z1=-A2-A9+A1

Блок 4

\*\* информация о ходе расчёта технологических размеров при решении разм. цепей \*\*  
 Program KON7 О.Н.Калачев-2000  
 Решается разм. цепь 1 типа "P" с неизв. звеном A4 , код метода получения= 74  
 с о с т а в ц е п и :  
 увелич. звено A4 : max= 0.000 min= 0.000  
 замык. звено - констр. размер P1 : max= 54.500 min= 53.000  
 результаты расчёта звена A4 : max= 54.500 min= 53.000  
 следовательно, расч. допуск= 1.500  
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
 системой= 0.120 : верхн. откл.= 0.120 нижн. откл.= 0.000



принимаем расчётный размер звена А4 с учётом технолог. допуска:  
номинал= 54.500 max= 54.500 min= 54.380  
Решается разм. цепь 2 типа "P" с неизв. звеном А3 , код метода получения= 74  
с о с т а в ц е п и :  
увелич. звено А3 : max= 0.000 min= 0.000  
замык. звено - констр. размер P2 : max= 84.500 min= 84.100  
результаты расчёта звена А3 : max= 84.500 min= 84.100  
следовательно, расч. допуск= 0.400  
технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
системой= 0.140 : верхн. откл.= 0.140 нижн. откл.= 0.000  
принимаем расчётный размер звена А3 с учётом технолог. допуска:  
номинал= 84.100 max= 84.240 min= 84.100  
Решается разм. цепь 3 типа "P" с неизв. звеном А6 , код метода получения= 74  
с о с т а в ц е п и :  
увелич. звено А6 : max= 0.000 min= 0.000  
замык. звено - констр. размер P3 : max= 4.500 min= 3.700  
результаты расчёта звена А6 : max= 4.500 min= 3.700  
следовательно, расч. допуск= 0.800  
технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
системой= 0.084 : верхн. откл.= 0.084 нижн. откл.= 0.000  
принимаем расчётный размер звена А6 с учётом технолог. допуска:  
номинал= 3.700 max= 3.784 min= 3.700  
Решается разм. цепь 4 типа "P" с неизв. звеном А7 , код метода получения= 74  
с о с т а в ц е п и :  
увелич. звено А7 : max= 0.000 min= 0.000  
замык. звено - констр. размер P4 : max= 36.800 min= 36.000  
результаты расчёта звена А7 : max= 36.800 min= 36.000  
следовательно, расч. допуск= 0.800  
технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
системой= 0.100 : верхн. откл.= 0.100 нижн. откл.= 0.000  
принимаем расчётный размер звена А7 с учётом технолог. допуска:  
номинал= 36.000 max= 36.100 min= 36.000  
Решается разм. цепь 5 типа "P" с неизв. звеном А8 , код метода получения= 74  
с о с т а в ц е п и :  
увелич. звено А8 : max= 0.000 min= 0.000  
замык. звено - констр. размер P5 : max= 2.500 min= 2.000  
результаты расчёта звена А8 : max= 2.500 min= 2.000  
следовательно, расч. допуск= 0.500  
технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
системой= 0.084 : верхн. откл.= 0.084 нижн. откл.= 0.000  
принимаем расчётный размер звена А8 с учётом технолог. допуска:  
номинал= 2.500 max= 2.500 min= 2.416  
Решается разм. цепь 6 типа "P" с неизв. звеном А5 , код метода получения= 74  
с о с т а в ц е п и :  
увелич. звено А5 : max= 0.000 min= 0.000  
замык. звено - констр. размер P6 : max= 24.500 min= 23.500  
результаты расчёта звена А5 : max= 24.500 min= 23.500  
следовательно, расч. допуск= 1.000  
технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
системой= 0.084 : верхн. откл.= 0.084 нижн. откл.= 0.000  
принимаем расчётный размер звена А5 с учётом технолог. допуска:  
номинал= 24.500 max= 24.500 min= 24.416  
Решается разм. цепь 7 типа "P" с неизв. звеном А9 , код метода получения= 74  
с о с т а в ц е п и :  
увелич. звено А3 : max= 84.240 min= 84.100  
увелич. звено А9 : max= 0.000 min= 0.000  
замык. звено - констр. размер P7 : max= 100.600 min= 100.000  
результаты расчёта звена А9 : max= 16.360 min= 15.900  
следовательно, расч. допуск= 0.460  
технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
системой= 0.084 : верхн. откл.= 0.084 нижн. откл.= 0.000  
принимаем расчётный размер звена А9 с учётом технолог. допуска:  
номинал= 15.900 max= 15.984 min= 15.900  
Решается разм. цепь 8 типа "Z" с неизв. звеном А2 , код метода получения= 74  
припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.140  
припуск, заданный пользователем= 10.000 с о с т а в ц е п и  
уменьш. звено А3 : max= 84.240 min= 84.100  
увелич. звено А2 : max= 0.000 min= 0.000  
технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый

системой= 0.140 : верхн. откл.= 0.140 нижн. откл.= 0.000  
 расчётный размер звена A2 :  
 номинал= 94.240 max= 94.380 min= 94.240  
 Решается разм. цепь 9 типа "Z" с неизв. звеном A1 , код метода получения= 12  
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 2.540  
 припуск, заданный пользователем= 10.000 с о с т а в ц е п и :  
 уменьш. звено A2 : max= 94.380 min= 94.240  
 уменьш. звено A9 : max= 15.984 min= 15.900  
 увелич. звено A1 : max= 0.000 min= 0.000  
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый  
 системой= 0.800 : верхн. откл.= 0.400 нижн. откл.= -0.400  
 расчётный размер звена A1 :  
 номинал= 120.764 max= 121.164 min= 120.364

Таблица 3

Результаты расчета технологических РЦ ЯГТУ, с Калачев О.Н., 2000 \*\* KON7 \*\*

Замыкающие звенья					Составляющие звенья						
Р-черт.размер, Z-припуск					-kon7-						
Ин-декс звена	Гра-ницы звена	Предел.значения		Ин-декс звена	Гра-ницы звена	Метод обработки	Номинал	Отклонения			
		max	min					Верхнее	Нижнее		
P1	4 9	54.500	53.000	A1	1 10	прокат горячекат повышен. точности	120.764	0.400	-0.400		
P2	3 9	84.500	84.100	A2	10 3	точение чистовое	94.240	0.140	0.000		
P3	7 9	4.500	3.700	A3	3 9	точение чистовое	84.100	0.140	0.000		
P4	5 9	36.800	36.000	A4	9 4	точение чистовое	54.500	0.000	-0.120		
P5	8 9	2.500	2.000	A5	9 6	точение чистовое	24.500	0.000	-0.084		
P6	6 9	24.500	23.500	A6	9 7	точение чистовое	3.700	0.084	0.000		
P7	2 9	100.600	100.000	A7	9 5	точение чистовое	36.000	0.100	0.000		
Z1	2 1	---	10.000	A8	9 8	точение чистовое	2.500	0.000	-0.084		
Z2	9 10	---	10.000	A9	3 2	точение чистовое	15.900	0.084	0.000		

Конец заказа Smirnov \*\*\* KON7 \*\*\* 2000  
 Конец задания.....KON7 2000

Выполнение механообработки с рассчитанными технологическими размерами должно обеспечить заданную чертежом точность размеров детали. Записываем размеры механообработки в соответствующие строки операционной карты технологического процесса.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2

**ЦЕЛЬ:** проверка уровня усвоения студентом языка описания геометрии контура детали с целью автоматического получения управляющей программы для станка с ЧПУ.

**ЗАДАЧА.** Проектирование контурной обработки на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ. Для заданной детали средствами языка САПР ЧПУ составить текстовое описание геометрии обрабатываемого контура.

На рисунке 1 показан эскиз криволинейного контура из исходного задания [2]. Расчленим контур на отдельные примитивы для описания на языке САПР ЧПУ. Введем исходную точку ТК7 (рисунок 2) исходного положения инструмента-фрезы, узловые точки контура (ТК1, ТК2 и т.д.) и, используя выбранную систему координат, опишем эти точки средствами САПР ЧПУ.

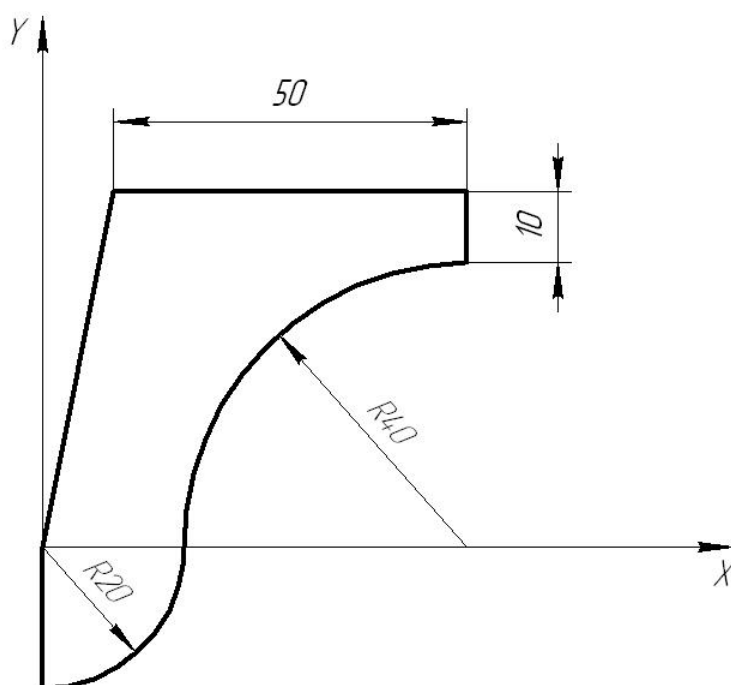


Рисунок 1- Исходный эскиз для описания контура

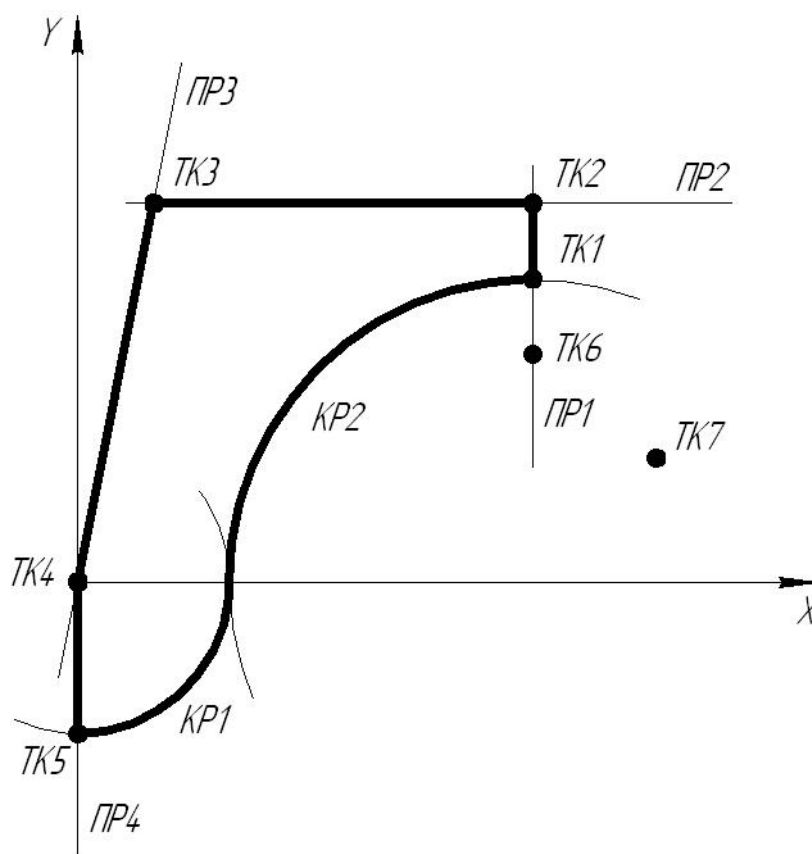


Рисунок 2 - Обозначения элементов контура

Затем создадим процедуру, т.е. путем перечисления элементов контура укажем траекторию перемещения фрезы вертикально-фрезерного станка, начиная и заканчивая исходной точкой. При этом в зависимости от направления обхода следует выбирать знак у оператора формирования эквидистанты ФР. Дополним геометрическое описание технологическими командами поднятия-опускания инструмента Z A/5, включения шпинделя станка N/300, задания подачи инструмента S/7000, начала НПО и конца КПО процедуры движения по эквидистанте.

В результате получился следующий файл информации, необходимый для автоматического расчета УП контурной обработки на станке с ЧПУ:

```

СТАНОК=205;
* Смирнов С.А. ЗТМ-62;
ТК1=60,40;
ТК2=60,50;
ТК3=10,50;
ТК4=0,0;
ТК5=0,-20;
ТК6=60,30;
ТК7=80,20;
ПР1=ТК1,ТК2;
ПР2=ТК2,ТК3;
ПР3=ТК3,ТК4;
ПР4=ТК4,ТК5;
КР1=0,0,20;
КР2=60,0,40;
!
НПО;N/300;S/7000;ZA/5;SN/0.01;
ТК7;ФР+;Р/5;ТК6;ПР1;ПР2;ПР3;ПР4;
МУТК;+КР1;-КР2;БХТК;ДОТК1;ФР0;ZA/50;ТК7;КПО
!

```

Запускаем систему САПР-ЧПУ/2000LT (рисунок 3), выбираем в меню **Файл -> Создание нового файла**, вводим название. В меню **Настройки -> Файловая система пользователя** указываем рабочие каталоги программы (рисунок 4).

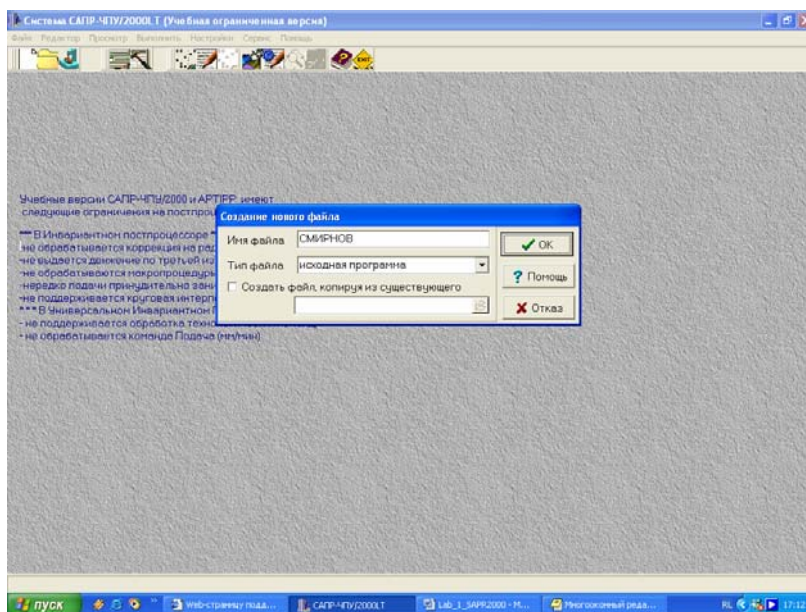


Рисунок 3 - САПР-ЧПУ/2000LT, создание нового файла



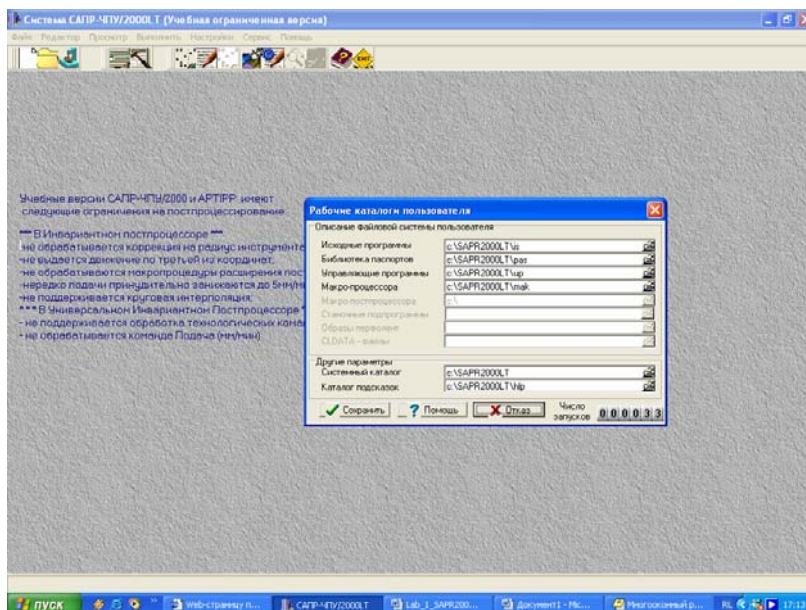


Рисунок 4 - САПР-ЧПУ/2000LT, настройка программы

Выбираем в меню *Редактор -> Исходная программа* и, в появившемся окне редактора, вводим текст полученного ранее набора информации для расчета управляющей программы (рисунок 5). Сохраняем файл. Выбираем *Файл -> Выбор объектов расчета* и выбираем созданный файл с нашей исходной программой, и файл паспорта станка, нажимаем *Ok* (рисунок 6).

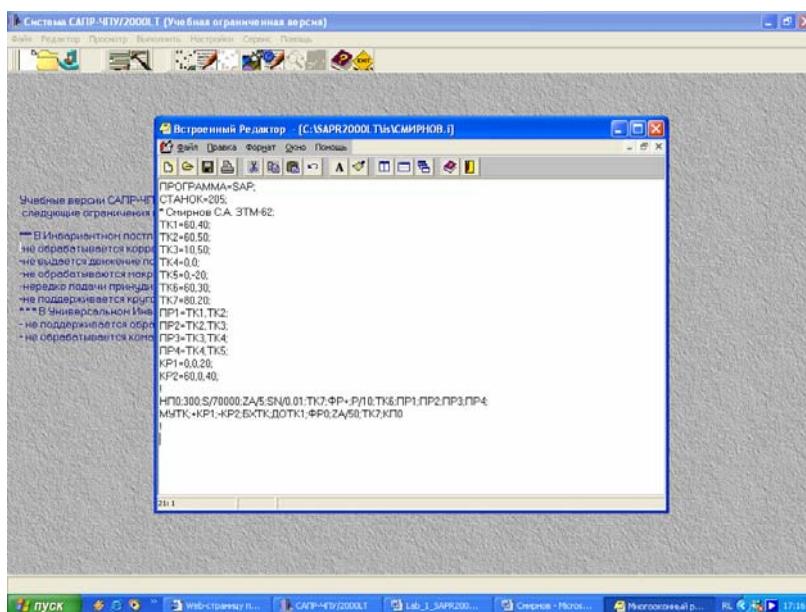


Рисунок 5 - САПР-ЧПУ/2000LT, ввод исходной программы

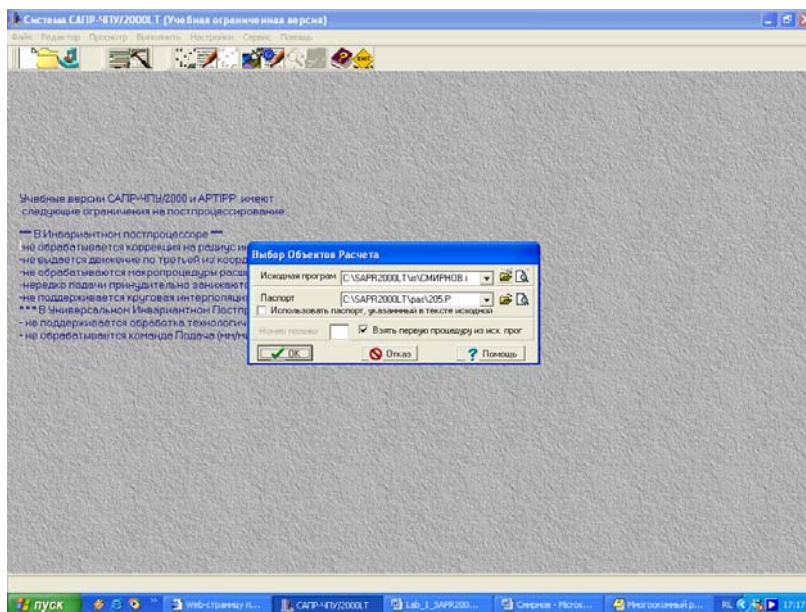


Рисунок 6 - САПР-ЧПУ/2000LT, выбор объектов расчета

Выбираем пункт меню **Выполнить**, и запускаем расчет управляющей программы (рисунок 7).

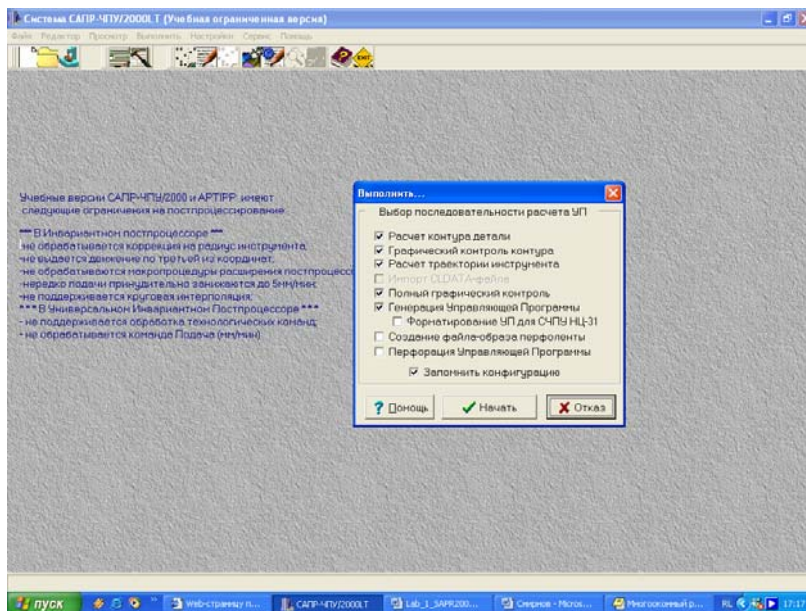


Рисунок 7 - САПР-ЧПУ/2000LT, запуск расчета управляющей программы

В графическом процессоре (рисунок 8) выполняем построение обрабатываемого контура (рисунок 9) и эквидистанты, т.е. траектории перемещения инструмента (рисунок 10).

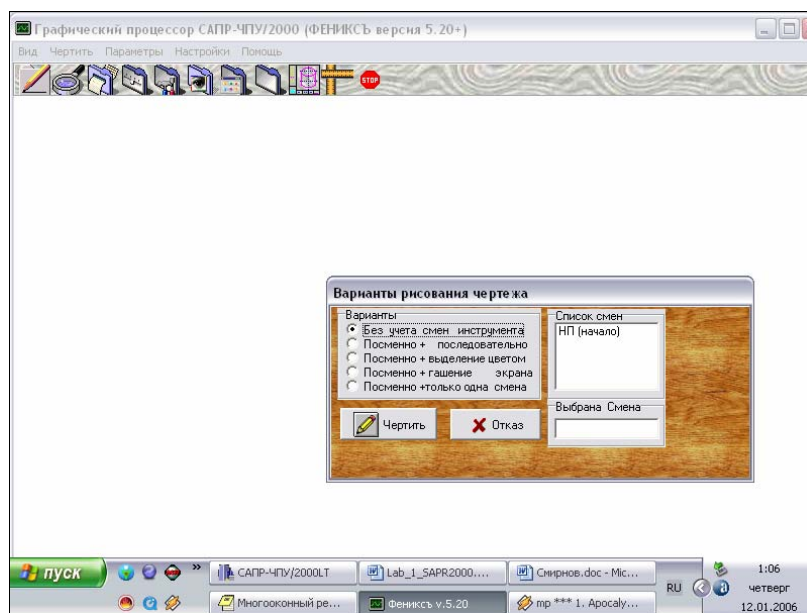


Рисунок 8 - Графический процессор САПР-ЧПУ/2000LT, выбор варианта рисования чертежа

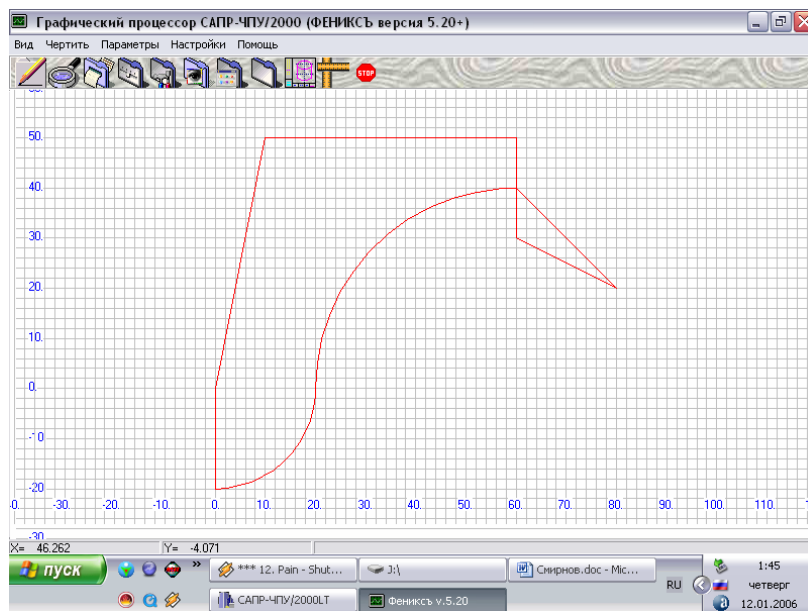


Рисунок 9 - Графический процессор САПР-ЧПУ/2000LT, чертеж обрабатываемого контура



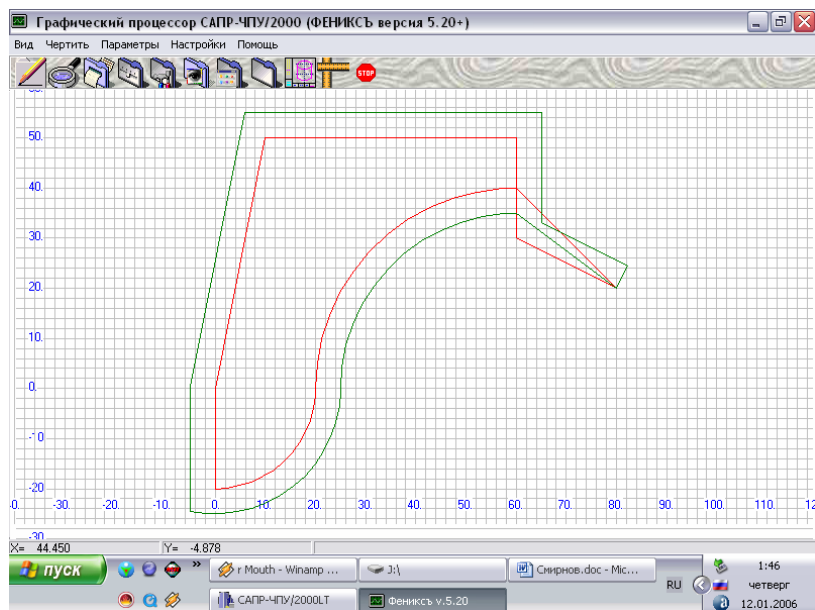


Рисунок 10 - Графический процессор САПР-ЧПУ/2000LT, чертеж обрабатываемого контура с эквидистантой

Выбираем в меню *Редактор* -> *Управляющая программа*, и получаем в появившемся окне сформированную управляющую программу для станка ЧПУ (рисунок 11).

```

%CMIP LF
N5S300M3 LF*
N10G00Z5 LF*
N15G1X82.236Y24.472F3 LF*
N20X85Y33.09 LF*
N25Y55 LF*
N30X5.901 LF*
N35X-5Y:495 LF*
N40Y-24.495 LF*
N45X-3.1Y-24.807 LF*
N50X-1.181Y-24.972 LF*
N55X.745Y-24.989 LF*
N60X2.666Y-24.857 LF*
N65X4.571Y-24.578 LF*
N70X8.45Y-24.154 LF*
N75X8.29Y-23.586 LF*
N80X10.081Y-22.877 LF*
N85X11.812Y-22.034 LF*
N90X13.473Y-21.059 LF*
N95X15.054Y-19.96 LF*
N100X16.546Y-18.742 LF*
N105X17.939Y-17.412 LF*
N110X19.226Y-15.98 LF*
N115X20.399Y-14.453 LF*
N120X21.451Y-12.639 LF*
  
```

Рисунок 11 - САПР-ЧПУ/2000LT, текст управляющей программы

N5S300M3 LF\*  
N10G00Z5 LF\*  
N15G1X82.236Y24.472F3 LF\*  
N20X65Y33.09 LF\*  
N25Y55 LF\*  
N30X5.901 LF\*  
N35X-5Y.495 LF\*  
N40Y-24.495 LF\*  
N45X-3.1Y-24.807 LF\*  
N50X-1.181Y-24.972 LF\*  
N55X.745Y-24.989 LF\*  
N60X2.666Y-24.857 LF\*  
N65X4.571Y-24.578 LF\*  
N70X6.45Y-24.154 LF\*  
N75X8.29Y-23.586 LF\*  
N80X10.081Y-22.877 LF\*  
N85X11.812Y-22.034 LF\*  
N90X13.473Y-21.059 LF\*  
N95X15.054Y-19.96 LF\*  
N100X16.546Y-18.742 LF\*  
N105X17.939Y-17.412 LF\*  
N110X19.226Y-15.98 LF\*  
N115X20.399Y-14.453 LF\*  
N120X21.451Y-12.839 LF\*  
N125X22.376Y-11.15 LF\*  
N130X23.168Y-9.395 LF\*  
N135X23.822Y-7.584 LF\*  
N140X24.335Y-5.727 LF\*  
N145X24.704Y-3.837 LF\*  
N150X24.926Y-1.924 LF\*  
N155X25Y0 LF\*  
N160X25.075Y2.289 LF\*  
N165X25.299Y4.568 LF\*  
N170X25.673Y6.828 LF\*  
N175X26.193Y9.059 LF\*  
N180X26.857Y11.25 LF\*  
N185X27.664Y13.394 LF\*  
N190X28.609Y15.48 LF\*  
N195X29.689Y17.5 LF\*  
N200X30.899Y19.445 LF\*  
N205X32.233Y21.307 LF\*  
N210X33.686Y23.077 LF\*  
N215X35.251Y24.749 LF\*  
N220X36.923Y26.314 LF\*  
N225X38.693Y27.767 LF\*  
N230X40.555Y29.101 LF\*  
N235X42.5Y30.311 LF\*  
N240X44.52Y31.391 LF\*  
N245X46.606Y32.336 LF\*  
N250X48.75Y33.143 LF\*  
N255X50.941Y33.807 LF\*  
N260X53.172Y34.327 LF\*  
N265X55.432Y34.701 LF\*  
N270X57.711Y34.925 LF\*  
N275X60Y35 LF\*  
N280Z50 LF\*  
N285X80Y20 LF\*  
N290M9 LF\*  
N295G32Z-50 LF\*  
N300M5 LF\*  
N305G32Y-50 LF\*  
N310M2 LF\*  
! LF

## ВЫВОДЫ

В результате выполнения контрольной работы получил навыки составления маршрута механообработки, разработки структурной математической модели размерных изменений заготовки, а также размерного анализа ТП, заключающегося в многократном подборе и проверки в ходе расчета по программе KON7 оптимальной структуры и методов обработки заготовки.

Закрепил навыки проектирования контурной обработки на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ, а также составления текстового описания геометрии контура детали средствами языка САПР-ЧПУ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. САПР технологических процессов: Методические указания по изучению дисциплины, выполнения лабораторного практикума и контрольных работ / Сост. О.Н. Калачев, Яросл. гос. техн. ун-т. Ярославль, 1999. – 32 с.
2. Автоматизация размерного анализа технологических процессов с помощью ЕС ЭВМ: Методические указания к практическим занятиям / Сост.: О.Н. Калачев, В.Т. Сеницын, А.М. Шапошников / Яросл. политехн. ин-т, 1987. – 35 с.
3. Калачев О.Н. Основы автоматизации проектирования технологических процессов: Конспект лекций. – Ярославль: ЯПИ, 1984. – 55 с.
4. САПР в технологии машиностроения: Учебное пособие. – Ярославль; Яросл. гос. техн. ун-т, 1995. – 298 с.
5. Материалы страницы <http://tms.ystu.ru>