

8 Компьютерно-интегрированная конструкторско-технологическая подготовка производства

8.1 Размерный анализ ТП и расчёт технологических размеров на базе программы построения и решения технологических размерных цепей

Исходные данные – чертёж детали показан на рисунке 8.1.

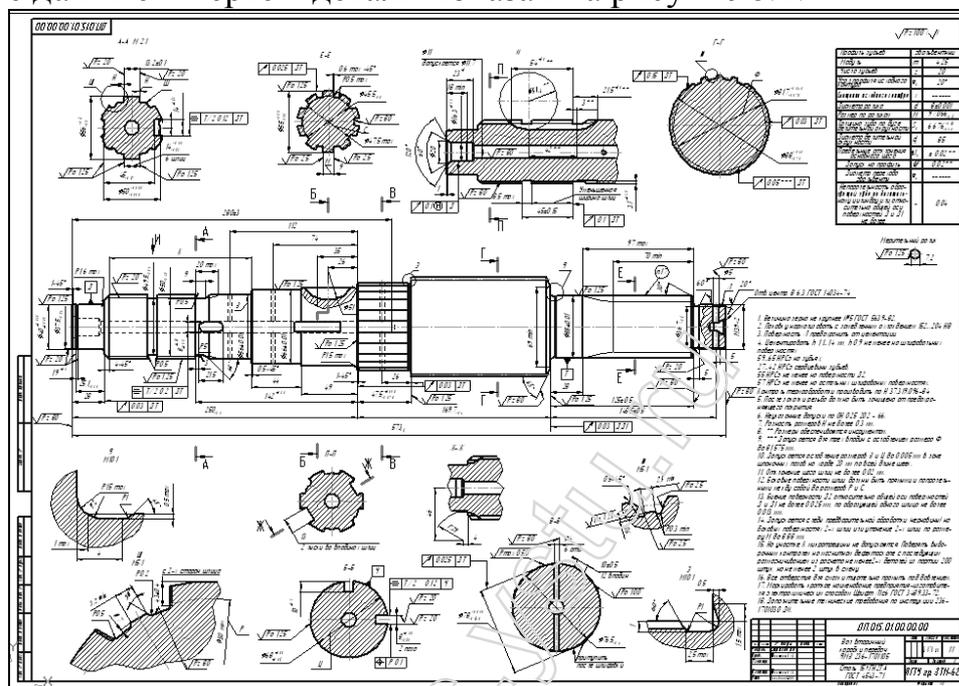


Рисунок 8.1 – Чертеж детали «Вал05.cdw»

Расчет производится при помощи программы KON7 [24].

Автоматизация расчета линейных технологических размерных цепей имеет своей целью ускорение расчетных работ по определению межпереходных размеров, припусков и допусков, которые определяются обычно расчетно-аналитическим методом.

Для расчёта межпереходных размеров и припусков в программе KON7 необходимо подготовить исходные данные.

1 Порядок подготовки исходных данных:

1.1. Сначала выполняется чертёж детали с указанием конструкторских размеров.

1.2. На чертёж наносятся снимаемые в процессе обработки припуски. На схеме припуски изображаются в сторону заготовки, начиная от припусков на чистовую обработку и заканчивая припусками на черновую обработку.

1.3. Промежуточные поверхности (включая поверхности заготовки), возникающие в процессе обработки, последовательно нумеруются слева направо.

1.4. Наносятся размеры заготовки.

1.5. Наносятся размеры механообработки. При этом базовая поверхность обозначается точкой, а обрабатываемая стрелкой (рисунок 8.2).

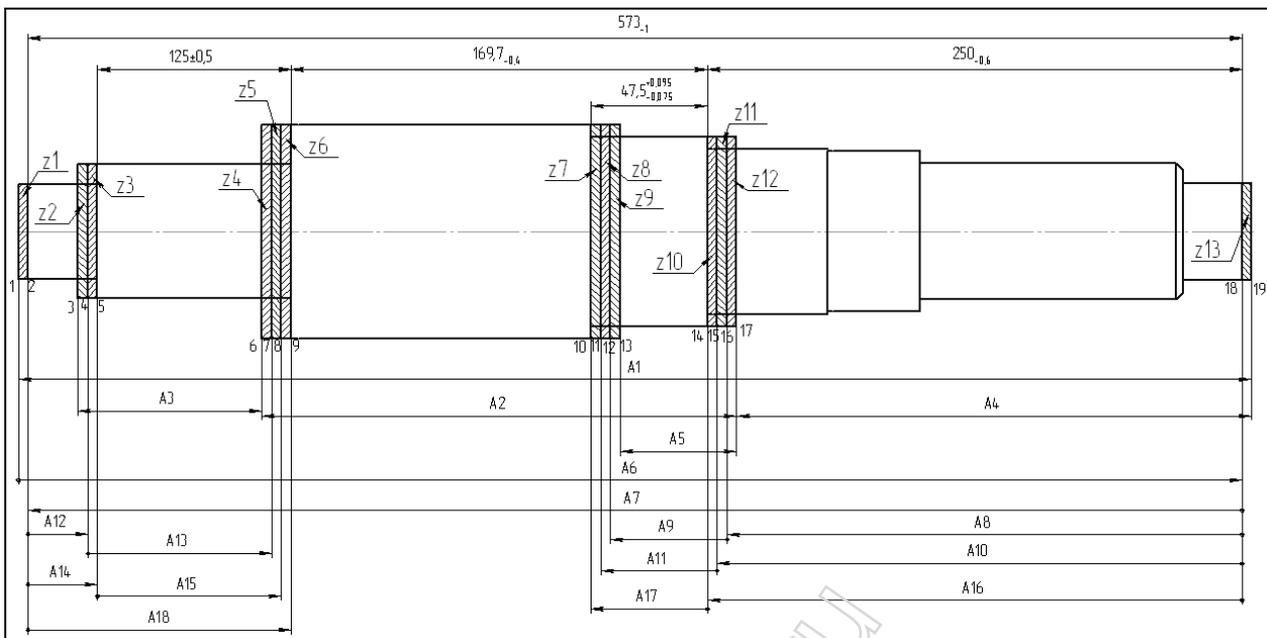


Рисунок 8.2 – Размерная схема «Размерная схема.frw»
Граф размерных изменений изображен на рисунке 8.3.

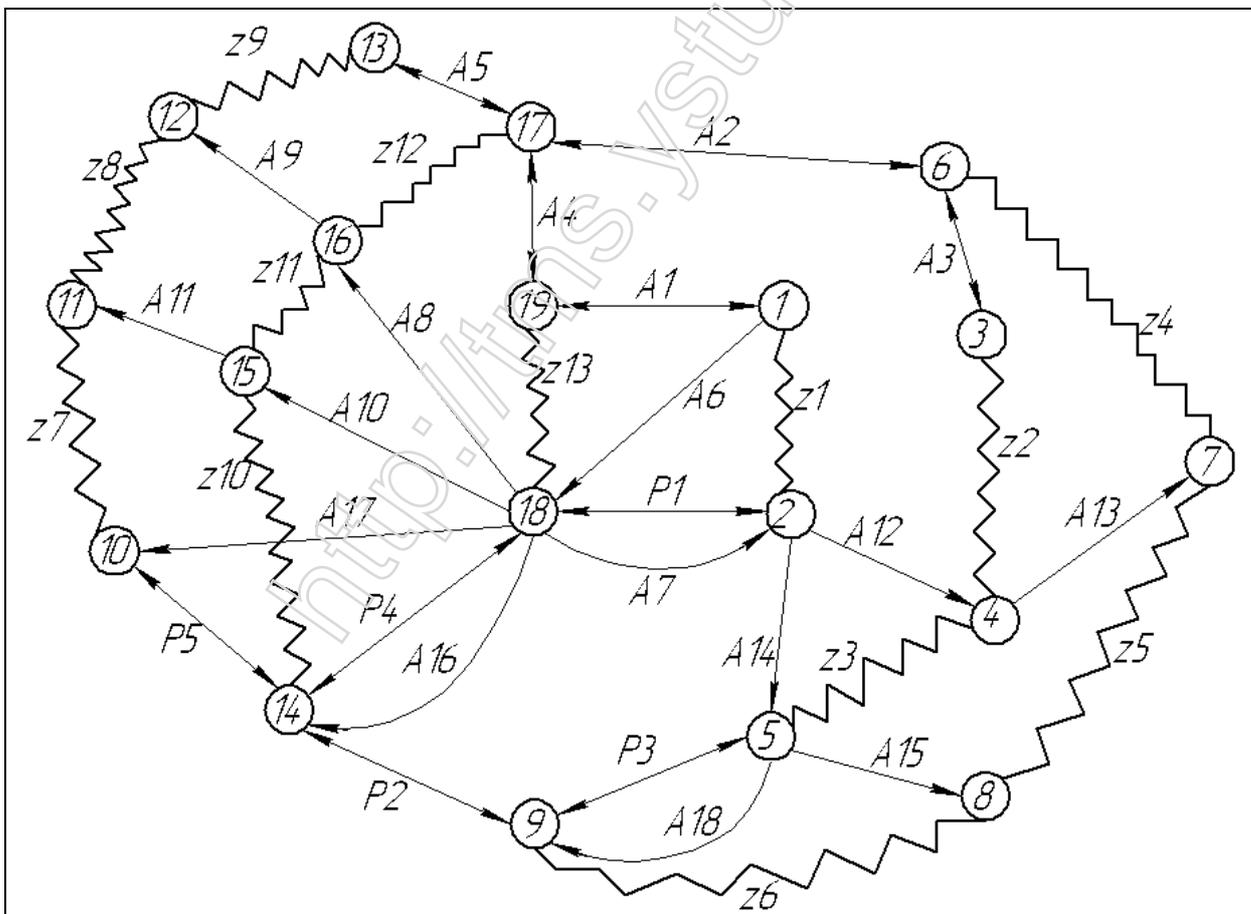


Рисунок 8.3 – Граф размерных изменений «Граф.frw»

2. Заполняю вкладку «Общие данные», с указанием в полях диалогового окна материал заготовки, метод ее получения, класс точности, форму детали и наибольший габаритный размер заготовки. Заполненная вкладка показана на рисунке 8.4.

Рисунок 8.4 – Общие данные

3. Во вкладке «Конструкторские размеры» ввожу их значения. Для ввода размера нажимаем правую кнопку мыши в поле вкладки и выбираем пункт «Добавить». Указываем левую и правую границы размера, минимальное и максимальное значение конструкторских размеров с размерной схемы. Результат показан на рисунке 8.5.

N	Левая...	Правая...	Максимальное...	Минимальное...
P1	2	18	573.000	572.000
P2	9	14	169.700	169.400
P3	5	9	125.500	124.500
P4	14	18	250.000	249.400
P5	10	14	47.595	47.425

Рисунок 8.5 – Конструкторские размеры

Для корректировки введённых значений щёлкаем левой кнопкой на поле P1, а затем нажимаем правую кнопку мыши, и из контекстного меню выбираем пункт «Изменить». Открывается окно, показанное на рисунке 8.6.

Рисунок 8.6 – Ввод границ и предельных размеров

4. Во вкладке «Припуски» для ввода каждого припуска нажимаем правую кнопку мыши с указанием границ припусков с размерной схемы (рисунки 8.7).

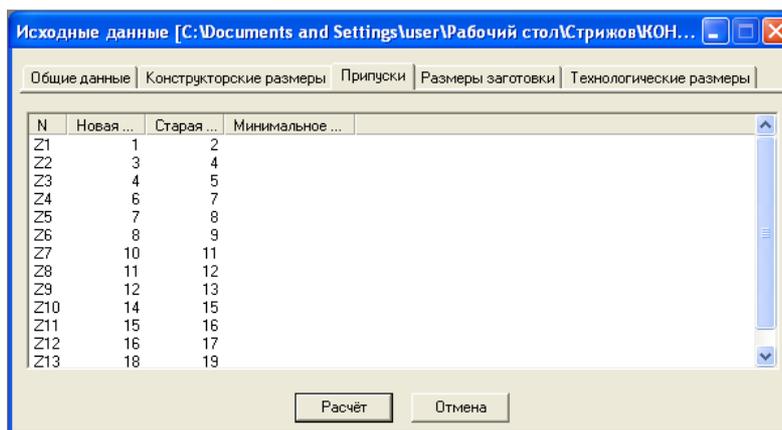


Рисунок 8.7 – Припуски

5. В закладке «Размеры заготовки» нажимаем правую кнопку мыши для ввода каждого размера. Границы задаём номерами крайних поверхностей заготовки в одном координатном направлении, в соответствии с размерной схемой. Допуск на размер А1 относительно номинала принимаем по системе вала.

Размеры заготовки, габариты заготовки, величина допуска и отклонения задаются в окне, показанном на рисунке 8.8.

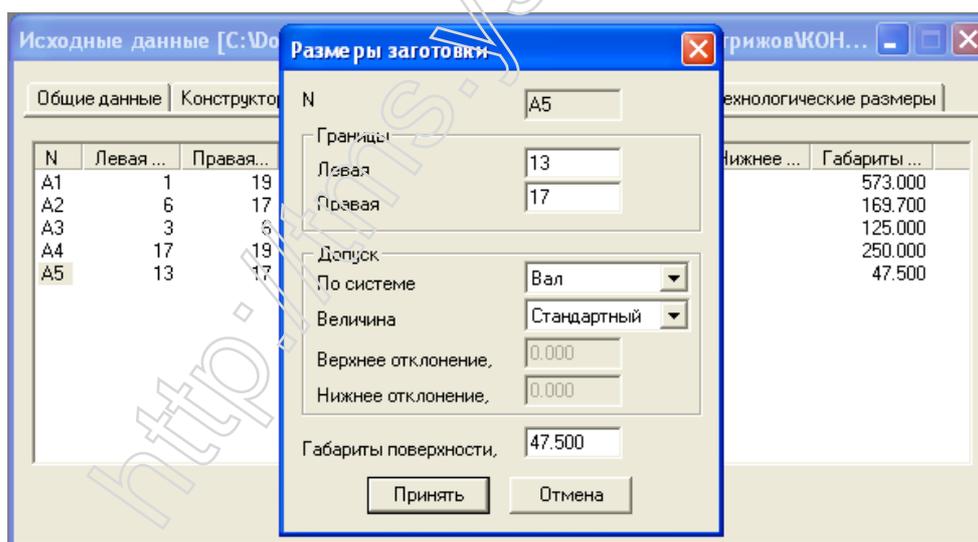


Рисунок 8.8 – Ввод размеров заготовки

6. В закладке «Технологические размеры» вводим их в последовательности обработки заготовки. Для ввода каждого размера нажимаем правую кнопку мыши. Расположение допуска относительно подлежащего расчету номинала размера указываем по системе вала (рисунок 8.9).

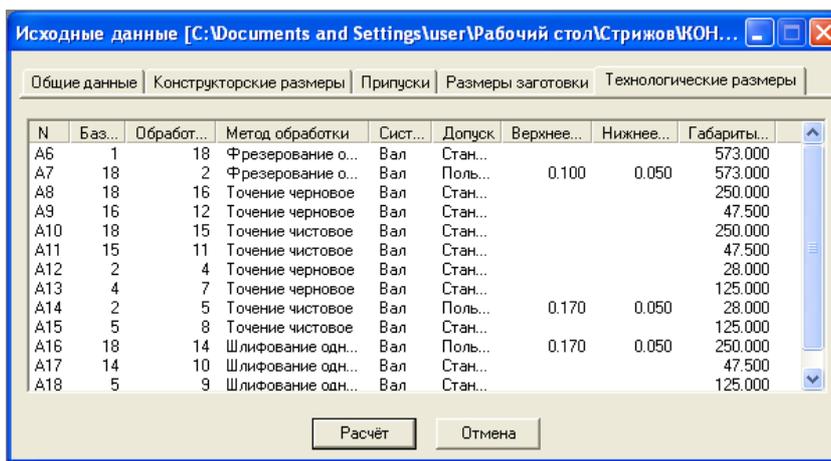


Рисунок 8.9 – Технологические размеры

7. После ввода в программу KON7 по размерной схеме всех исходных данных нажимаем кнопку «Расчет» для вывода результатов (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Результаты расчета технологических размерных цепей

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

З а к а з ч и к Стрижов

Таблица 1

Распечатка введенных исходных данных (проверьте правильность ввода!)

Сведения о заготовке:

Материал..... сталь
Способ получения..... Штамповка повыш. точности
Класс (степень) точности.. ---
Габаритный размер..... 573.000

Замыкающие звенья					Составляющие звенья					Габариты	Отклонения	
Р-черт. размер. Z-припуск										обра	пользователя	
Звенья	Гра- ницы	Предел. значения		Звенья	Гра- ницы	Метод обработки	Сист. допус- ка	бот. пове- рхн.	Верх.	Нижнее		
		max	min								рхн.	Верх.
P1	2 18	573.000	572.000	A1	1 19	Штамповка повыш. точности	вал	573	0.000	0.000		
P2	9 14	169.700	169.400	A2	6 17	Штамповка повыш. точности	вал	170	0.000	0.000		
P3	5 9	125.500	124.500	A3	3 6	Штамповка повыш. точности	вал	125	0.000	0.000		
P4	14 18	250.000	249.400	A4	17 19	Штамповка повыш. точности	вал	250	0.000	0.000		
P5	10 14	47.595	47.425	A5	13 17	Штамповка повыш. точности	вал	48	0.000	0.000		
Z1	1 2	0.000	0.000	A6	1 18	фрез-ние однократное	вал	573	0.000	0.000		
Z2	3 4	0.000	0.000	A7	18 2	фрез-ние однократное	вал	573	0.100	0.050		
Z3	4 5	0.000	0.000	A8	18 16	Точение черновое	вал	250	0.000	0.000		
Z4	6 7	0.000	0.000	A9	16 12	Точение черновое	вал	48	0.000	0.000		
Z5	7 8	0.000	0.000	A10	18 15	Точение чистовое	вал	250	0.000	0.000		
Z6	8 9	0.000	0.000	A11	15 11	Точение чистовое	вал	48	0.000	0.000		
Z7	10 11	0.000	0.000	A12	2 4	Точение черновое	вал	28	0.000	0.000		
Z8	11 12	0.000	0.000	A13	4 7	Точение черновое	вал	125	0.000	0.000		
Z9	12 13	0.000	0.000	A14	2 5	Точение чистовое	вал	28	0.170	0.050		
Z10	14 15	0.000	0.000	A15	5 8	Точение чистовое	вал	125	0.000	0.000		
Z11	15 16	0.000	0.000	A16	18 14	Шлифование однократное	вал	250	0.170	0.050		
Z12	16 17	0.000	0.000	A17	14 10	Шлифование однократное	вал	48	0.000	0.000		
Z13	18 19	0.000	0.000	A18	5 9	Шлифование однократное	вал	125	0.000	0.000		

Блок 1
Блок 2
Блок 3

Таблица 2

Результаты расчета - уравнения размерных цепей

Номер решения	Неизв. звено	Уравнения в символьной форме
1	A7	P1=+A7

Расчёт прерывается

Номер решения последней цепи= 5. Справка: DT= 0.120, DR= 0.090

Внимание!!! С целью анализа возникшей ситуации расчёт повторяется заново,

при этом снимается ограничение по допуску: на искомое звено A14

назначается жесткий расчётный допуск, значительно меньший, чем технологический

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 A7 , код метода получения= 83

с о с т а в ц е п и :

увелич. звено A7 : max= 0.000 min= 0.000

замык. звено - констр. размер P1 : max= 573.000 min= 572.000

результаты расчёта звена A7 : max= 573.000 min= 572.000

следовательно, расч. допуск= 1.000

технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый

системой= 0.900 : верхн. откл.= 0.900 нижн. откл.= 0.000

технологич. допуск, заданный пользователем= 0.050

верх. откл.= 0.100 нижн. откл.= 0.050

принимаем расчётный размер звена A7 с учётом технолог. допуска:

номинал= 573.000 max= 573.000 min= 572.950

Решается разм. цепь 2 типа "P" с неизв. звеном A18 , код метода получения=113

с о с т а в ц е п и :

увелич. звено A18 : max= 0.000 min= 0.000

замык. звено - констр. размер P3 : max= 125.500 min= 124.500

результаты расчёта звена A18 : max= 125.500 min= 124.500

следовательно, расч. допуск= 1.000

технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый

системой= 0.040 : верхн. откл.= 0.040 нижн. откл.= 0.000

принимаем расчётный размер звена A18 с учётом технолог. допуска:

номинал= 125.500 max= 125.500 min= 125.460

Решается разм. цепь 3 типа "P" с неизв. звеном A16 , код метода получения=113

с о с т а в ц е п и :

увелич. звено A16 : max= 0.000 min= 0.000

замык. звено - констр. размер P4 : max= 250.000 min= 249.400

результаты расчёта звена A16 : max= 250.000 min= 249.400

следовательно, расч. допуск= 0.600

технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый

системой= 0.047 : верхн. откл.= 0.047 нижн. откл.= 0.000

технологич. допуск, заданный пользователем= 0.120

верх. откл.= 0.170 нижн. откл.= 0.050

принимаем расчётный размер звена A16 с учётом технолог. допуска:

номинал= 250.000 max= 250.000 min= 249.880

Решается разм. цепь 4 типа "P" с неизв. звеном A17 , код метода получения=113

с о с т а в ц е п и :

увелич. звено A17 : max= 0.000 min= 0.000

замык. звено - констр. размер P5 : max= 47.595 min= 47.425

результаты расчёта звена A17 : max= 47.595 min= 47.425

следовательно, расч. допуск= 0.170

технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый

системой= 0.025 : верхн. откл.= 0.025 нижн. откл.= 0.000

принимаем расчётный размер звена A17 с учётом технолог. допуска:

номинал= 47.595 max= 47.595 min= 47.570

Решается разм. цепь 5 типа "P" с неизв. звеном A14 , код метода получения= 74

с о с т а в ц е п и :

уменьш. звено A14 : max= 0.000 min= 0.000

уменьш. звено A16 : max= 250.000 min= 249.880

уменьш. звено A18 : max= 125.500 min= 125.460

увелич. звено A7 : max= 573.000 min= 572.950

замык. звено - констр. размер P2 : max= 169.700 min= 169.400

результаты расчёта звена A14 : max= 28.050 min= 27.960

следовательно, расч. допуск= 0.090

технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый

системой= 0.084 : верхн. откл.= 0.084 нижн. откл.= 0.000

технологич. допуск, заданный пользователем= 0.120

верх. откл.= 0.170 нижн. откл.= 0.050

Внимание! Система назначает на звено A14 жесткий допуск, равный расчётному.

Практически это означает, что при получении звена следует выдерживать

техн. допуск на 1 качество жестче заданного. Справка: DT= 0.120, DR= 0.090

принимаем расчётный размер звена A14 с учётом технолог. допуска:

номинал= 28.050 max= 28.050 min= 27.960

Решается разм. цепь 6 типа "Z" с неизв. звеном A6 , код метода получения= 83

припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.420

с о с т а в ц е п и :

уменьш. звено A7 : max= 573.000 min= 572.950

увелич. звено A6 : max= 0.000 min= 0.000

технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый

системой= 0.900 : верхн. откл.= 0.900 нижн. откл.= 0.000

расчётный размер звена A6 :

номинал= 574.320 max= 574.320 min= 573.420

Решается разм. цепь 7 типа "Z" с неизв. звеном A15 , код метода получения= 74
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.180
 с о с т а в ц е п и :
 уменьш. звено A15 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено A18 : max= 125.500 min= 125.460
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 0.160 : верхн. откл.= 0.160 нижн. откл.= 0.000
 расчётный размер звена A15 :
 номинал= 125.280 max= 125.280 min= 125.120

Решается разм. цепь 8 типа "Z" с неизв. звеном A10 , код метода получения= 74
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.180
 с о с т а в ц е п и :
 уменьш. звено A10 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено A16 : max= 250.000 min= 249.880
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 0.185 : верхн. откл.= 0.185 нижн. откл.= 0.000
 расчётный размер звена A10 :
 номинал= 249.700 max= 249.700 min= 249.515

Решается разм. цепь 9 типа "Z" с неизв. звеном A12 , код метода получения= 72
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.170
 с о с т а в ц е п и :
 уменьш. звено A12 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено A14 : max= 28.050 min= 27.960
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 0.280 : верхн. откл.= 0.280 нижн. откл.= 0.000
 расчётный размер звена A12 :
 номинал= 27.790 max= 27.790 min= 27.510

Решается разм. цепь 10 типа "Z" с неизв. звеном A11 , код метода получения= 74
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.140
 с о с т а в ц е п и :
 уменьш. звено A10 : max= 249.700 min= 249.515
 уменьш. звено A11 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено A16 : max= 250.000 min= 249.880
 увелич. звено A17 : max= 47.595 min= 47.570
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 0.100 : верхн. откл.= 0.100 нижн. откл.= 0.000
 расчётный размер звена A11 :
 номинал= 47.610 max= 47.610 min= 47.510

Решается разм. цепь 11 типа "Z" с неизв. звеном A8 , код метода получения= 72
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.270
 с о с т а в ц е п и :
 уменьш. звено A8 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено A10 : max= 249.700 min= 249.515
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 0.600 : верхн. откл.= 0.600 нижн. откл.= 0.000
 расчётный размер звена A8 :
 номинал= 249.245 max= 249.245 min= 248.645

Решается разм. цепь 12 типа "Z" с неизв. звеном A1 , код метода получения= 22
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 1.170
 с о с т а в ц е п и :
 уменьш. звено A6 : max= 574.320 min= 573.420
 увелич. звено A1 : max= 0.000 min= 0.000
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 6.000 : верхн. откл.= 3.500 нижн. откл.= -2.500
 расчётный размер звена A1 :
 номинал= 577.990 max= 581.490 min= 575.490

Решается разм. цепь 13 типа "Z" с неизв. звеном A13 , код метода получения= 72
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.270
 с о с т а в ц е п и :
 уменьш. звено A12 : max= 27.790 min= 27.510
 уменьш. звено A13 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено A14 : max= 28.050 min= 27.960
 увелич. звено A15 : max= 125.280 min= 125.120
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 0.530 : верхн. откл.= 0.530 нижн. откл.= 0.000
 расчётный размер звена A13 :
 номинал= 125.020 max= 125.020 min= 124.490

Решается разм. цепь 14 типа "Z" с неизв. звеном A9 , код метода получения= 72
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.230
 с о с т а в ц е п и :
 уменьш. звено A8 : max= 249.245 min= 248.645
 уменьш. звено A9 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено A10 : max= 249.700 min= 249.515
 увелич. звено A11 : max= 47.610 min= 47.510
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 0.340 : верхн. откл.= 0.340 нижн. откл.= 0.000
 расчётный размер звена A9 :
 номинал= 47.550 max= 47.550 min= 47.210

Решается разм. цепь 15 типа "Z" с неизв. звеном A4 , код метода получения= 22
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 0.730

с о с т а в ц е п и :

уменьш. звено А4 : max= 0.000 min= 0.000
 уменьш. звено А6 : max= 574.320 min= 573.420
 увелич. звено А1 : max= 581.490 min= 575.490
 увелич. звено А8 : max= 249.245 min= 248.645
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 3.600 : верхн. откл.= 2.100 нижн. откл.= -1.500
 расчётный размер звена А4 :
 номинал= 246.985 max= 249.085 min= 245.485

Решается разм. цепь 16 типа "Z" с неизв. звеном А2 , код метода получения= 22
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 1.230

с о с т а в ц е п и :

уменьш. звено А1 : max= 581.490 min= 575.490
 уменьш. звено А7 : max= 573.000 min= 572.950
 увелич. звено А2 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено А4 : max= 249.085 min= 245.485
 увелич. звено А6 : max= 574.320 min= 573.420
 увелич. звено А12 : max= 27.790 min= 27.510
 увелич. звено А13 : max= 125.020 min= 124.490
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 3.600 : верхн. откл.= 2.100 нижн. откл.= -1.500
 расчётный размер звена А2 :
 номинал= 186.315 max= 188.415 min= 184.815

Решается разм. цепь 17 типа "Z" с неизв. звеном А5 , код метода получения= 22
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 1.530

с о с т а в ц е п и :

уменьш. звено А4 : max= 249.085 min= 245.485
 уменьш. звено А5 : max= 0.000 min= 0.000
 уменьш. звено А6 : max= 574.320 min= 573.420
 увелич. звено А1 : max= 581.490 min= 575.490
 увелич. звено А8 : max= 249.245 min= 248.645
 увелич. звено А9 : max= 47.550 min= 47.210
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 2.000 : верхн. откл.= 1.200 нижн. откл.= -0.800
 расчётный размер звена А5 :
 номинал= 45.210 max= 46.410 min= 44.410

Решается разм. цепь 18 типа "Z" с неизв. звеном А3 , код метода получения= 22
 припуск ZMIN, рассчитанный системой= 2.030

с о с т а в ц е п и :

уменьш. звено А1 : max= 581.490 min= 575.490
 уменьш. звено А7 : max= 573.000 min= 572.950
 увелич. звено А2 : max= 188.415 min= 184.815
 увелич. звено А3 : max= 0.000 min= 0.000
 увелич. звено А4 : max= 249.085 min= 245.485
 увелич. звено А6 : max= 574.320 min= 573.420
 увелич. звено А12 : max= 27.790 min= 27.510
 технолог. допуск заданного метода получения звена, предлагаемый
 системой= 3.000 : верхн. откл.= 1.800 нижн. откл.= -1.200
 расчётный размер звена А3 :
 номинал= 126.490 max= 128.290 min= 125.290

Таблица 3

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

Замыкающие звенья				Составляющие звенья				---kon7---		
Р-черт.размер, Z-припуск										
Ин-декс звена	Гра-ницы звена	Предел. значения		Ин-декс звена	Гра-ницы звена	Метод обработки	Номинал	Отклонения		
		max	min					Верхнее	Нижнее	
P1	2 18	573.000	572.000	A1	19 1	Штамповка повыш. точности	577.990	3.500	-2.500	
P2	9 14	169.700	169.400	A2	17 6	Штамповка повыш. точности	186.315	2.100	-1.500	
P3	5 9	125.500	124.500	A3	6 3	Штамповка повыш. точности	126.490	1.800	-1.200	
P4	14 18	250.000	249.400	A4	17 19	Штамповка повыш. точности	246.985	2.100	-1.500	
P5	10 14	47.595	47.425	A5	13 17	Штамповка повыш. точности	45.210	1.200	-0.800	
Z1	1 2	----	0.420	A6	1 18	Фрез-ние однократное	574.320	0.000	-0.900	
Z2	3 4	----	2.030	A7	2 18	Фрез-ние однократное	573.000	0.000	-0.050	
Z3	4 5	----	0.170	A8	18 16	Точение черновое	249.245	0.000	-0.600	
Z4	6 7	----	1.230	A9	16 12	Точение черновое	47.550	0.000	-0.340	
Z5	7 8	----	0.270	A10	18 15	Точение чистовое	249.700	0.000	-0.185	
Z6	8 9	----	0.180	A11	15 11	Точение чистовое	47.610	0.000	-0.100	
Z7	10 11	----	0.140	A12	2 4	Точение черновое	27.790	0.000	-0.280	
Z8	11 12	----	0.230	A13	4 7	Точение черновое	125.020	0.000	-0.530	
Z9	12 13	----	1.530	A14	5 2	Точение чистовое	28.050	0.000	-0.090	
Z10	14 15	----	0.180	A15	5 8	Точение чистовое	125.280	0.000	-0.160	
Z11	15 16	----	0.270	A16	18 14	Шлифование однократное	250.000	0.000	-0.120	
Z12	16 17	----	0.730	A17	14 10	Шлифование однократное	47.595	0.000	-0.025	
Z13	18 19	----	1.170	A18	9 5	Шлифование однократное	125.500	0.000	-0.040	

В результате расчета получаем межоперационные размеры на несколько поверхностей. В дальнейшем эти значения используем на рисунке 8.45 в операционной карте.

8.2 Расчет режимов резание с применением средств автоматизации

Расчеты проводятся в программе KONCUT [25].

Программа KONCUT предназначена для интерактивной подготовки исходной информации и расчета оптимальных по частоте вращения шпинделя режимов резания при точении, сверлении и фрезеровании. Выбор оптимальной частоты вращения выполняется на основе анализа целевых функций производительности, себестоимости обработки и стоимости инструмента.

После выбора метода обработки «KON2 Точение», заполняем вкладку «Заказчик» и указываем свою фамилию и группу (рисунок 8.10).

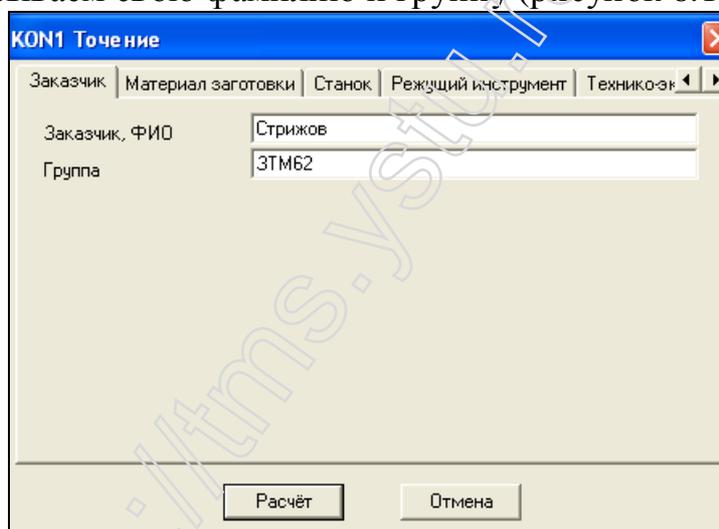


Рисунок 8.10 - Заказчик

3.2 В закладке «Материал заготовки» указываем хромоникелемолибденовую сталь с твердостью HB207 (рисунок 8.11).

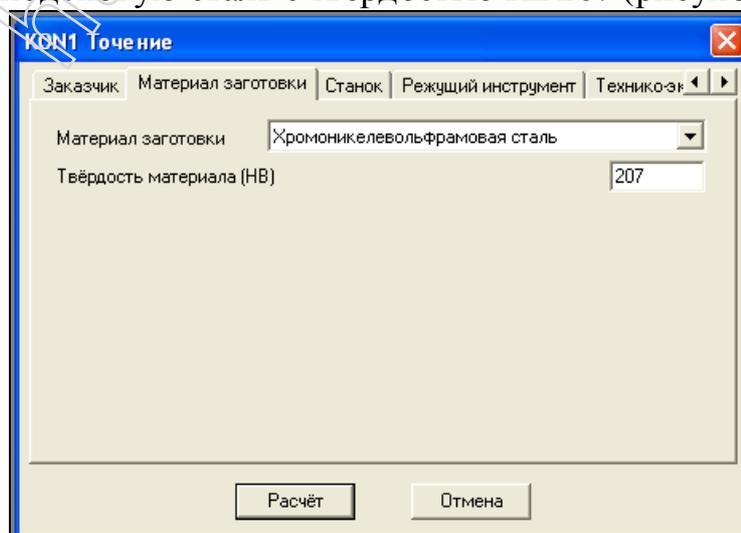


Рисунок 8.11 – Материал заготовки

3.3 Во вкладке «Станок» указываем основные характеристики станка: обрабатывающего центра MacTurn -250W (рисунок 8.12).

Параметр	Значение
Название станка	MacTurn250-W
Минимальная частота вращения шпинделя (Nmin), об/мин	200.000
Максимальная частота вращения шпинделя (Nmax), об/мин	5000.000
Минимальная величина подачи (Smin), мм/об	0.001
Максимальная величина подачи (Smax), мм/об	1.000
Число ступеней ряда частоты вращения (Kn)	30
Число ступеней геометрического ряда подач (Ks)	30
Мощность электродвигателя станка (N), кВт	20.0
Кэффициент полезного действия (КПД)	0.85

Рисунок 8.12 – Станок

3.4 Во вкладке «Режущий инструмент» указываем характеристики режущего инструмента (рисунок 8.13).

Параметр	Значение
Тип резца	Проходной, подрезной, расточной
Материал инструмента	Твёрдый сплав T15K6
Профиль фасонного резца	Простой
Подача инструмента в пределах ряда подач станка (S), мм/об	0.500
Угол в плане (Fi), град	90
Главный передний угол (Gamma), град	30
Радиус при вершине (r), мм	0.400

Рисунок 8.13 – Режущий инструмент

3.5 Во вкладке «Технико-экономические параметры» указываем время на отдых и время на обслуживание и вспомогательное время (рисунок 8.14).

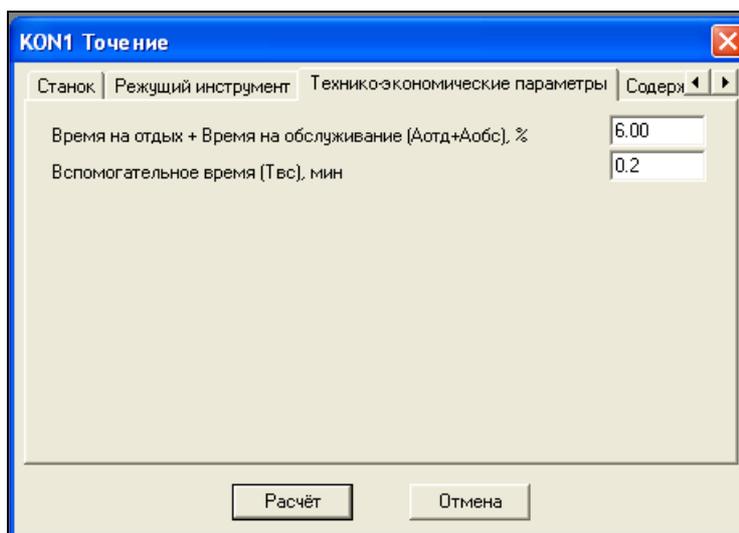


Рисунок 8.14 – Технико-экономические параметры

3.6 Заполняю вкладку «Содержание операции» с указанием необходимых параметров (рисунок 8.15).

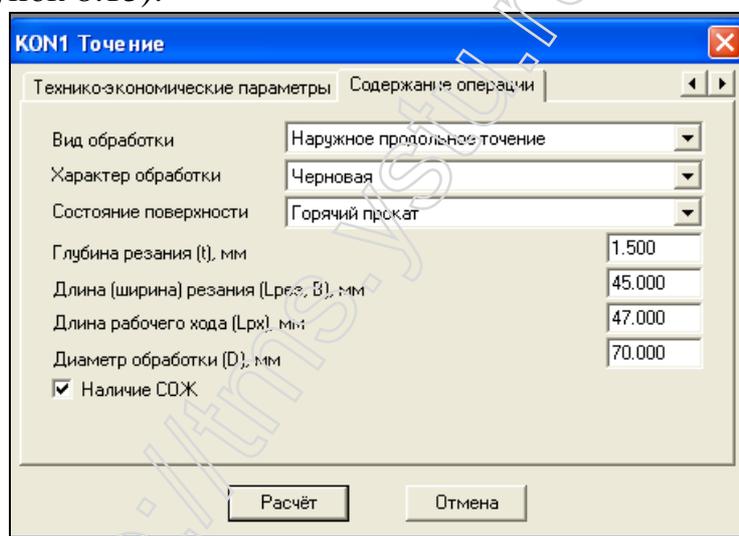


Рисунок 8.15 – Содержание операции

3.7 Проверив правильность введенных параметров во всех вкладках, нажимаем кнопку «Расчёт». При некорректном заполнении какого-либо поля программа выводит сообщение об ошибке и показывает, какой параметр введен неверно.

3.8 Результат расчета выполненный с помощью программы KONCUT, представлены ниже. По результатам расчета оформляется график целевых функций (рисунок 8.16).

Ярославский государственный технический университет
 Кафедра технологии машиностроения. Программа KONCUT (С) Калачев О.Н., 2000
 KON2 Расчет технико-экономических показателей
 режима резания (точение)

Исходные данные для расчёта

- См. Калачев О.Н., Сеницын В.Т. Применение ЭВМ в курсовом и дипломном проектировании по технологии машиностроения. Ярославль, ЯПИ, 1989.- 87 с.

Заказчик: студент группы ЗТМ-62 Стризов

Материал заготовки Хромоникелевольфрамовая сталь
 Твёрдость материала, HB 207

Название станка	MacTurn250-W
Минимальная частота вращения шпинделя (Nmin), об/мин	200.000
Максимальная частота вращения шпинделя (Nmax), об/мин	5000.000
Минимальная величина подачи (Smin), мм/об	0.001
Максимальная величина подачи (Smax), мм/об	1.000
Число ступеней ряда частоты вращения (Kn)	30
Число ступеней геометрического ряда подач (Ks)	30
Мощность электродвигателя станка (N), кВт	20.0
Коэффициент полезного действия (КПД)	0.85
Тип реза	Проходной, подрезной, расточной
Материал инструмента	Твёрдый сплав T15K6
Профиль фасонного реза	Простой
Подача инструмента (S), мм/об	0.500
Длина рабочего хода (Lрх), мм	130.000
Угол в плане (Fi), град	130
Главный передний угол (Gamma), град	30
Радиус при вершине (r), мм	0.400
Время на отдых + Время на обслуживание (Aотд+Aобс), %	6.00
Вспомогательное время (Tвс), мин	0.2
Вид обработки	Наружное продольное точение
Характер обработки	Черновая
Состояние обрабатываемой поверхности	Горячий прокат
Глубина резания (t), мм	2.700
Длина (ширина) резания (Lрез, B), мм	126.000
Диаметр обработки (D), мм	70.000
Наличие СОЖ	Да

Результаты расчёта по программе KONCUT (С) Калачёв О.Н., 2000

Номер В-рианта	Частота вращения шпинделя, об/мин	Производительность станка, дет/час	Себестоимость обработки детали, коп	Стоимость расходов на инструмент, коп	Машинное время, мин
1	200.000	36.85	2.49	0.05	1.33
2	223.478	40.51	2.28	0.05	1.19
3	249.712	44.46	2.08	0.06	1.06
4	279.026	48.69	1.92	0.07	0.95
5	311.781	53.20	1.77	0.08	0.85
6	348.381	57.99	1.64	0.09	0.76
7	389.277	63.03	1.53	0.10	0.68
8	434.974	68.27	1.44	0.12	0.61
9	486.036	73.64	1.36	0.14	0.55
10	543.092	79.04	1.31	0.17	0.49
11	606.846	84.25	1.29	0.22	0.44
12	678.083	88.92	1.30	0.29	0.39
13	757.684	92.31	1.37	0.40	0.35
14	846.628	92.70	1.59	0.62	0.31
15	946.014	84.09	2.29	1.22	0.28
16	1057.067	57.47	4.96	3.39	0.25
17	1181.156	59.05	4.92	3.39	0.22
18	1319.812	60.54	4.88	3.39	0.20
19	1474.745	61.94	4.85	3.39	0.18
20	1647.865	63.25	4.82	3.39	0.16
21	1841.308	64.47	4.79	3.39	0.14
22	2057.460	65.60	4.77	3.39	0.13
23	2298.985	66.64	4.75	3.40	0.12
24	2568.864	67.60	4.73	3.40	0.10
25	2870.423	68.49	4.71	3.40	0.09
26	3207.382	69.30	4.69	3.40	0.08
27	3583.897	70.04	4.68	3.40	0.07
28	4004.611	70.72	4.67	3.40	0.07
29	4474.713	71.34	4.66	3.40	0.06
30 #	5000.000	71.90	4.65	3.40	0.05
Номер В-рианта	Штучное время, мин	Стойкость инструмента, дет	Стойкость инструмента, мин	Скорость резания, м/мин	Мощность резания, кВт
1	1.63	242.22	311.819	59.66	1.42
2	1.48	220.51	254.040	66.66	1.56
3	1.35	199.19	205.371	74.49	1.71
4	1.23	178.37	164.587	83.23	1.88
5	1.13	158.16	130.609	93.00	2.07
6	1.03	138.67	102.480	103.92	2.27
7	0.95	119.99	79.358	116.12	2.50
8	0.88	102.22	60.505	129.75	2.74

9	0.81	85.46	45.272	144.98	3.02
10	0.76	69.80	33.092	162.00	3.31
11	0.71	55.32	23.472	181.02	3.64
12	0.67	42.09	15.982	202.27	4.00
13	0.65	30.15	10.245	226.02	4.40
14	0.65	19.49	5.926	252.55	4.83
15	0.71	9.81	2.670	282.20	5.31
16	1.04	3.54	0.861	315.32	5.84
17	1.02	3.54	0.771	352.34	6.41
18	0.99	3.54	0.690	393.70	7.05
19	0.97	3.54	0.617	439.92	7.75
20	0.95	3.54	0.552	491.56	8.51
21	0.93	3.53	0.494	549.26	9.36
22	0.91	3.53	0.442	613.74	10.28
23	0.90	3.53	0.396	685.79	11.30
24	0.89	3.53	0.354	766.29	12.42
25	0.88	3.53	0.317	856.25	13.64
26	0.87	3.53	0.284	956.76	14.99
27	0.86	3.53	0.254	1069.08	16.48
28	0.85	3.53	0.227	1194.58	18.11
29	0.84	3.53	0.203	1334.81	19.90
30 #	0.83	3.53	0.182	1491.50	21.87

Мощность резания превышает мощность станка

Также программа строит графики зависимости производительности станка, себестоимости обработки детали и стоимости расходов на инструмент от заданной частоты вращения шпинделя при заданной подаче.

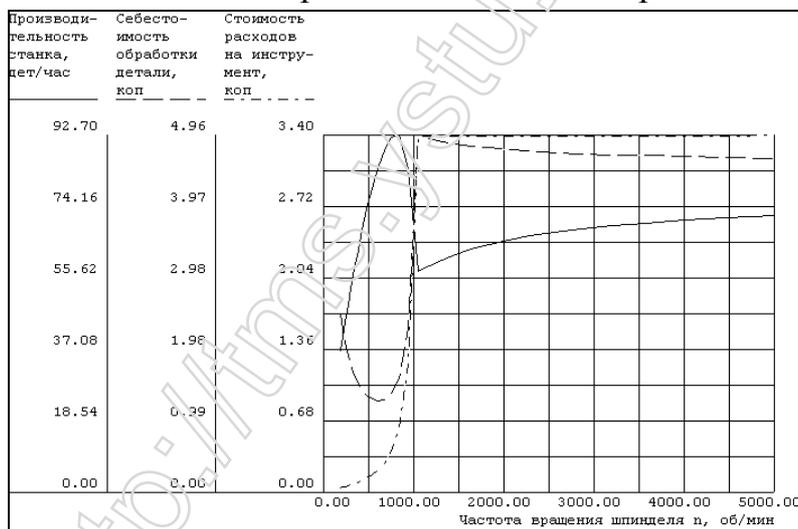


Рисунок 8.16 – Зависимости экономических показателей от частоты вращения шпинделя

Из зависимостей видно, что наибольшая производительность при минимальной себестоимости деталей достигается при частоте вращения $n = 606,846$ об/мин. Остальные параметры находятся в таблице результатов расчета: скорость резания $V = 181,02$ мм/мин; подача $S = 0,5$ мм/мин; глубина резания $t = 2,7$ мм; штучное время $T_{шт} = 0,71$ мин; мощность резания $N = 3,64$ кВт. Режимы резания заносим в операционную карту на рисунке 8.45.

8.3 Проектирование управляющей программы токарной обработки для ЧПУ в системе Fikus

8.3 Создание тела вращения в CAD/CAM Cimatron [25].

8.3.1 Подготовка к построению эскиза вала.

Запускаем программу Cimatron, выбираем меню Файл>Новый документ, выбираем в появившемся диалоговом окне «Деталь» и нажимаем кнопку ОК.

И сразу сохраняем файл Файл>Сохранить как>Как главный документ «Вал05.elt». Выбираем в пункте меню Окружение>Плоскости>Главные плоскости и отмечаем пользовательскую систему координат. Подтверждаем выбор плоскостей нажатием ОК. На экране появляются главные плоскости (рисунок 8.17).

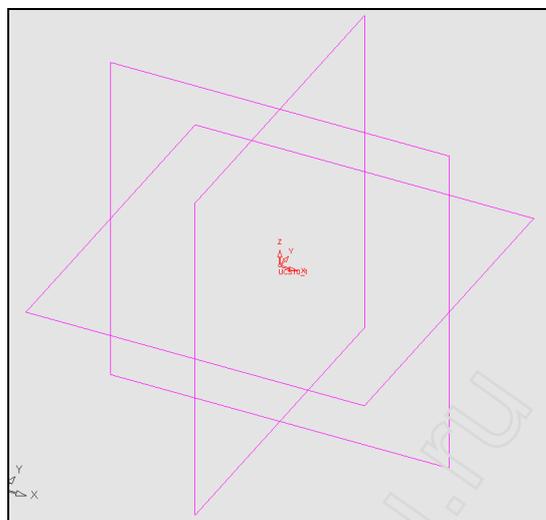


Рисунок 8.17 – Главные плоскости

8.1.2 Эскиз вала

На панели инструментов нажимаем кнопку  Эскизник, указываем курсором и нажатием ЛКМ плоскость XY (в ней будет создан эскиз вала). Далее строим эскиз контура, используя команду Прямая. Выходим из Эскизника – кнопка .

8.1.3 Построение тела вращения.

8.1.3.1 Для построения оси вращения контура выбираем Окружение>Оси>Пересечение. Отмечаем поочередно курсором главные плоскости XY и ZY. Появляется линия пересечения плоскостей (рисунок 8.18).

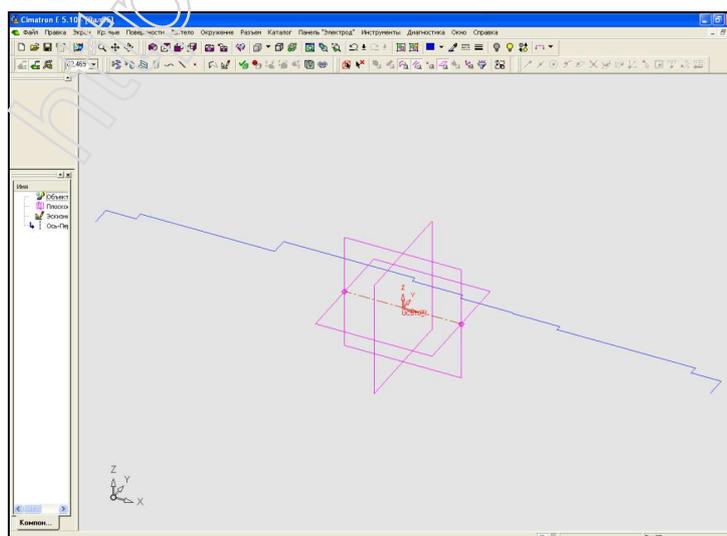


Рисунок 8.18 – Выбор оси вращения для созданного контура

8.1.3.2 В меню Поверхности>Вращение, указываем контур и щелкаем ЛКМ, затем указываем ось вращения и щелкаем ЛКМ. Для подтверждения

построения нажимаем ОК. Вращаем на 360° , получим 3D-модель (рисунок 8.19).

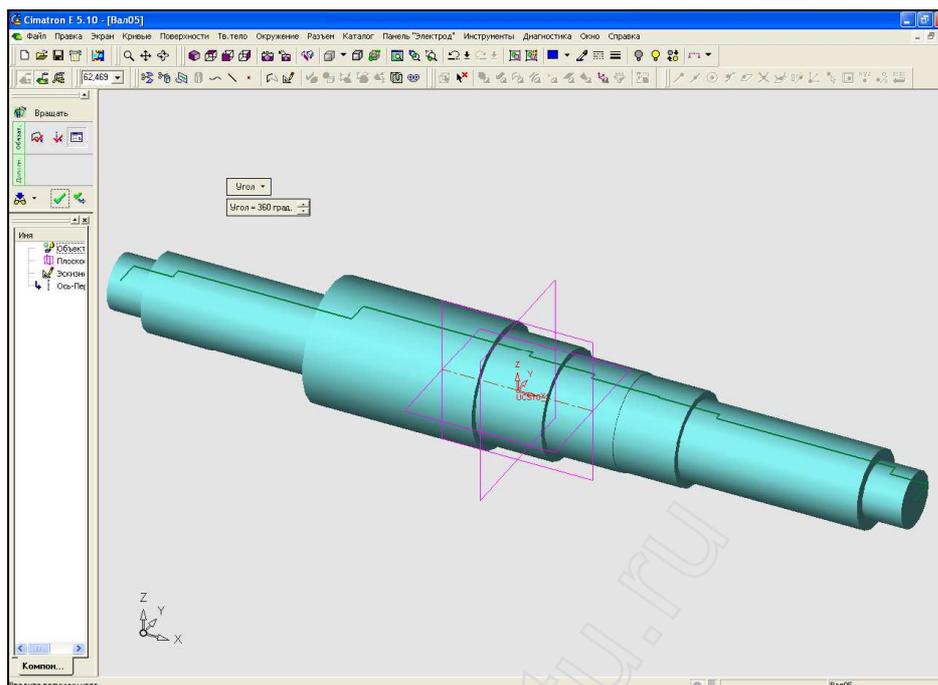


Рисунок 8.19 – 3D-модель вала «Вал05.elt»

8.2 Запуск Fikus

В дереве построений созданной 3D-модели открываем самую последнюю ветвь Sketcher. И щелкаем по ней ПКП. Выбираем пункт «Показать Эскиз/Контур». Подводим курсор к детали, появляется эскиз и его выделяем, он остается на экране. Действия Показаны на рисунке 8.20.

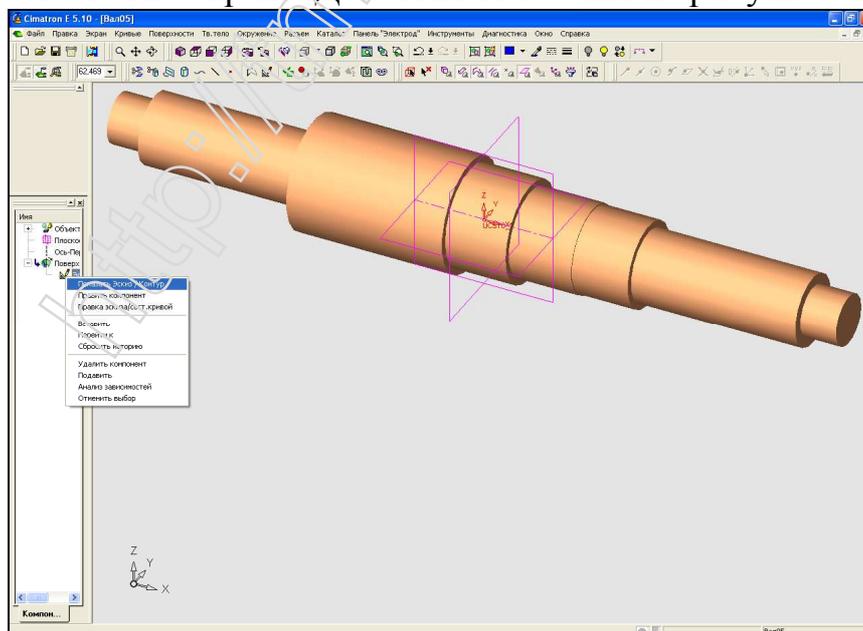


Рисунок 8.20 – Выделение контура детали для последующей передачи его в Fikus

Выбираем меню Файл>Токарная обработка. Снова выделяем контур детали и щелкаем СКМ по области чертежа. Появляется диалоговое окно, где

сохраняем наш контур с другим расширением - «Вал05.c2f». Одновременно запускается среда Fikus (рисунок 8.21).

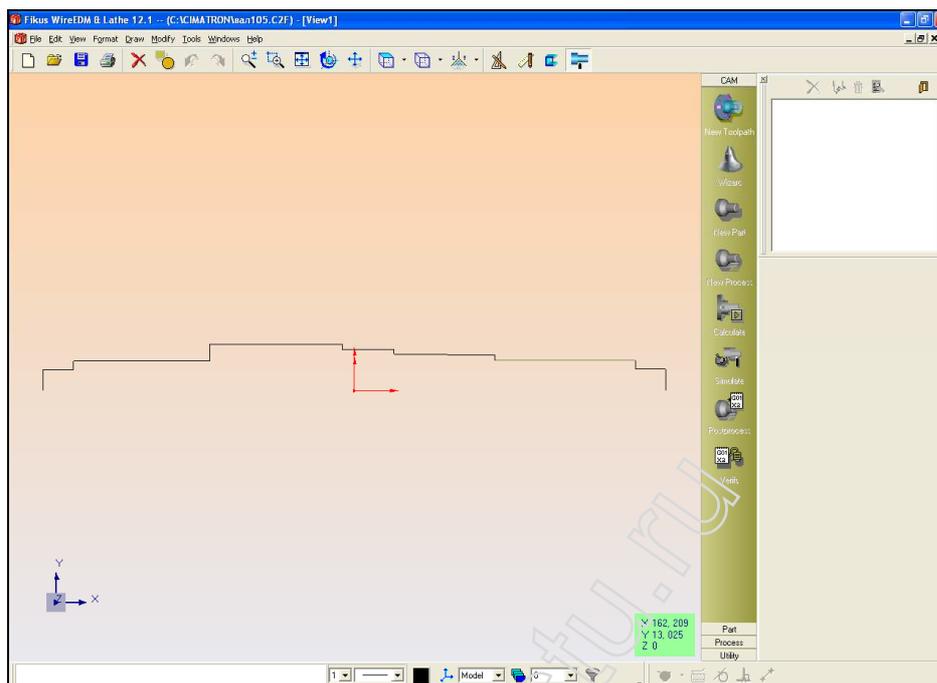


Рисунок 8.21 – Запуск среды Fikus

8.3 Работа в среде Fikus

8.3.1 Задание новой траектории

Во вкладке CAM выбираем кнопку «Новая траектория». Слева на экране появляется диалоговое окно где задаем название новой траектории (Переход 1) и выбираем главную плоскость (XY), снимем галку с Использовать мастер. Нажимаем кнопку ОК, она обозначается в Fikus зеленой галкой. В окне появится ветка – Переход 1 (рисунок 8.22).

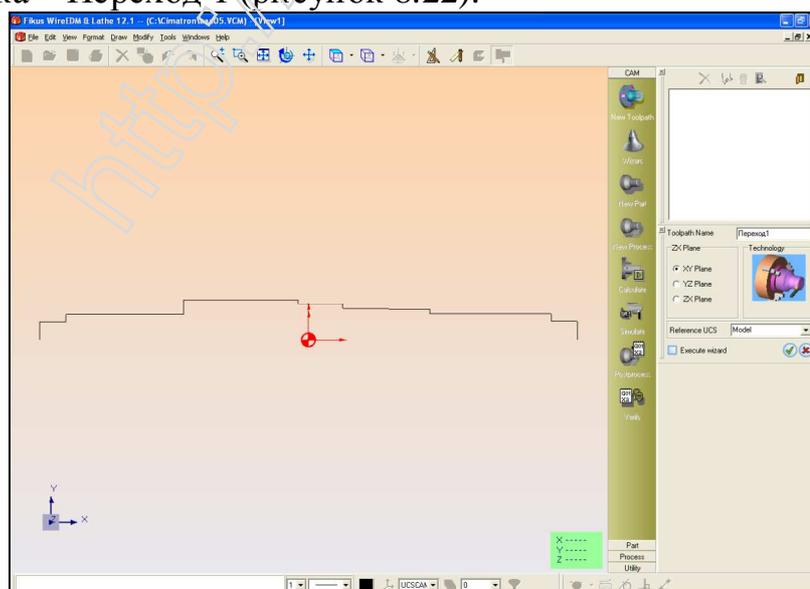


Рисунок 8.22 – Задание новой траектории

8.3.2 Создание детали и заготовки

Нажимаем кнопку Новая деталь на панели САМ. В дереве появится новая ветка Geo2. Затем нажимаем кнопку «Укажите геометрию» на панели «Деталь». Появится окно «Задание детали» и одновременно выделяем рамкой контур детали. Появляется каркас вала. Далее закрываем диалоговое окно «Задание детали» и система предлагает заготовку с определенными параметрами. Так как параметры заготовки устраивают, нажимаем кнопку ОК и появляется каркас заготовки вокруг тела вращения. Действия показаны на рисунке 8.23.

При этом значок Geo2 в дереве создания станет объемным.

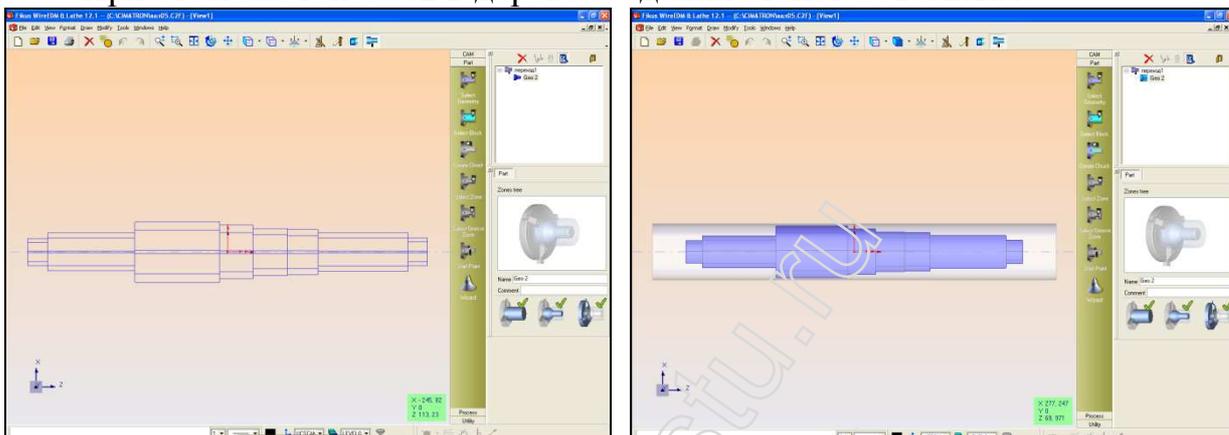


Рисунок 8.23 – Создание детали и заготовки

8.3.3 Закрепление заготовки в патроне.

Нажимаем кнопку «Задайте патрон» на панели «Деталь». Появляется на заготовке кулачки и еще кулачки вне заготовки (они обозначаются пунктирными линиями). Подводим кулачки к заготовке, где их необходимо разместить, и щелкаем ЛКМ. Они встают на заготовке, но еще не зажимают ее. Три раза нажимаем клавишу Enter. Теперь заготовка зажата в 3х-кулачковом патроне (рисунок 8.24).

Т.е. при закреплении заготовки в патроне мы выбираем пункт меню Create Chuck и проходим 3 шага: определяем положение кулачков патрона; определяем как расположены кулачки (слева, справа); определяем положение системы координат.

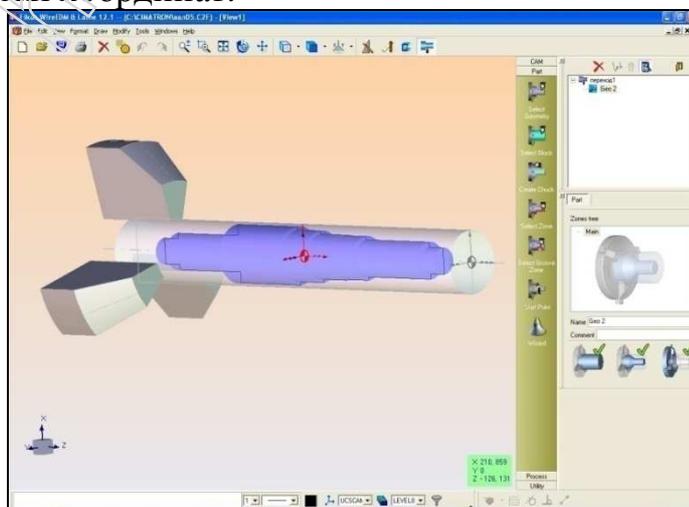


Рисунок 8.24 – Закрепление заготовки в патроне

8.3.4 Указание зоны обработки

Нажимаем кнопку «Укажите зону» на панели «Деталь». Появится диалоговое окно 2-Зона и не выходя из него указываем курсором начальную точку для обработки (она подсвечивается) и нажимаем ЛКМ. Далее ведем указателем мыши по контуру детали (контур подсвечивается красной пунктирной линией). Затем указываем конечную точку и также щелкаем по ней ЛКМ. Когда выполнили это действие нажимаем СКМ – это означает окончание шага. Видим что отмеченная зона отмечена красной сплошной линией (рисунок 8.25). Закрываем диалоговое окно.

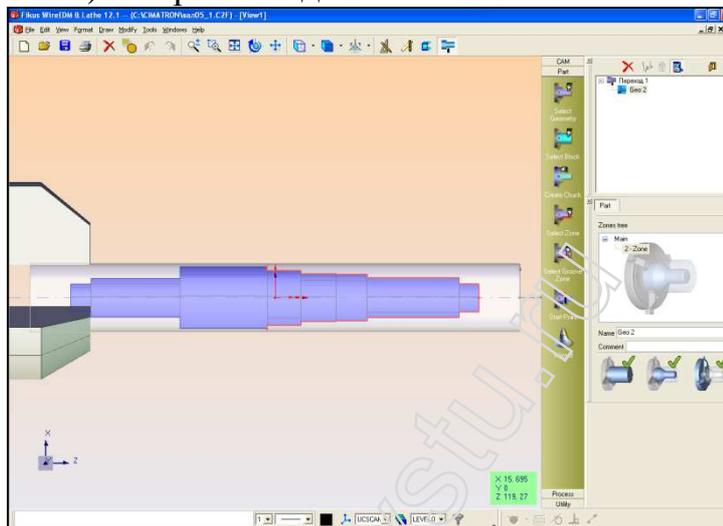


Рисунок 8.25 – Указание зоны

3.5 Определение начальной точки

Нажимаем кнопку «Начальная точка» на панели Деталь. Подводим курсор к начальной точке, с которой начнется обработка, она подсветится желтым цветом и не нажимая на клавиши мыши отводим курсор влево и немного вниз, за указателем курсора будет тянуться желтая линия. Щелкаем ЛКМ на области работы. Далее таким же образом подсвечиваем конечную точку обработки и отводим указатель мыши вверх и немного вправо. Щелкаем сначала ЛКМ, а потом СКМ – что означает окончание шага (рисунок 8.26).

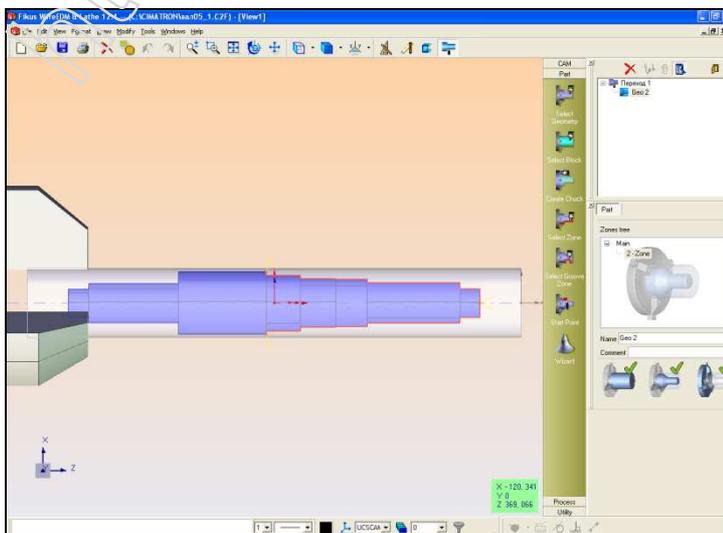


Рисунок 8.26 – Задание начальной точки

3.6 Черновая токарная обработка

Нажимаем кнопку «Черновая обработка» на панели «Процесс». Появляется диалоговое окно под деревом выполненных работ. В нем выбираем в окне «Код инструмента» – Rough, затем нажимаем кнопку с тремя точками и выбираем инструмент – Rough, остальные настройки оставляем без изменений. Затем переходим на вкладку «Дополнительно» и вводим 100 в окне позиция диаметр смены инструмента и 20 в окне Z корд. Смены инструмента. Видим что появился инструмент рядом с заготовкой.

Сохраним созданное в файл с расширением *.vcm. Для чего Файл>Сохранить как и вводим название файла Вал05.vcm.

Далее выделяем на дереве строку «Turning» и нажимаем ПКМ, выбираем пункт меню «Вычислить», если заданы какие-либо параметры неверно, раздастся звуковой сигнал и необходимо изменить их, если все задано верно, то на дереве работ значок у ветви «Turning» изменится – станет светофором с зажженным зеленым цветом (до этого зажжен был красный). Действия показаны на рисунке 8.27.

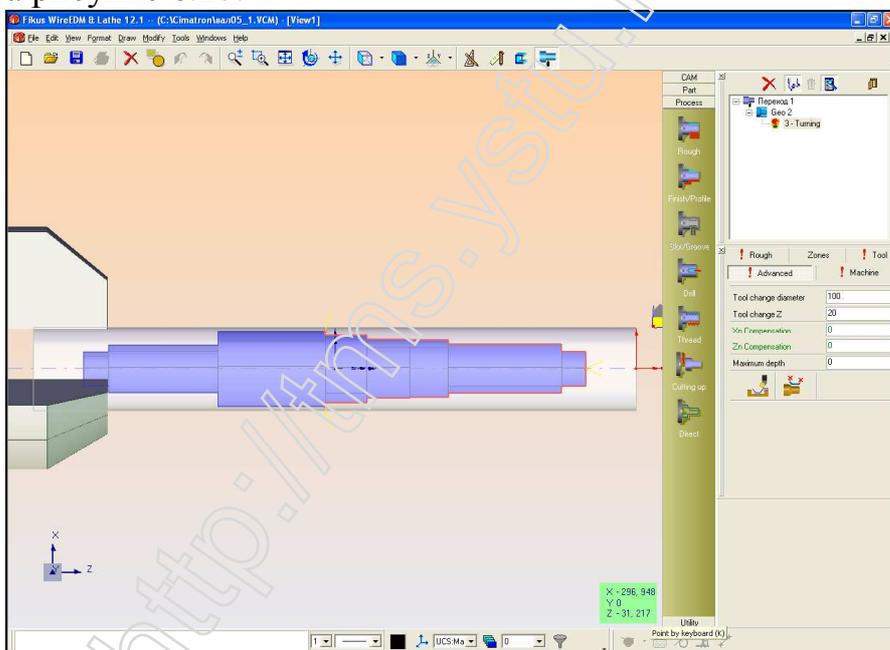


Рисунок 8.27 – Настройка черновой токарной обработки

3.7 Симуляция черновой обработки

Нажимаем кнопку «Симуляция» на панели САМ. Появляется диалоговое окно под деревом выполненных работ. В нем ставим галочки для наглядности процесса симуляции. И нажимаем кнопку «Воспроизвести». Видим, что инструмент движется по заданной траектории, а заготовка вращается, это видно по вращающимся кулачкам. Процесс завершен, следовательно, параметры черновой обработки заданы правильно (рисунок 8.28). Возвращаемся в зону проектирования, нажав кнопку с нарисованной дверью.

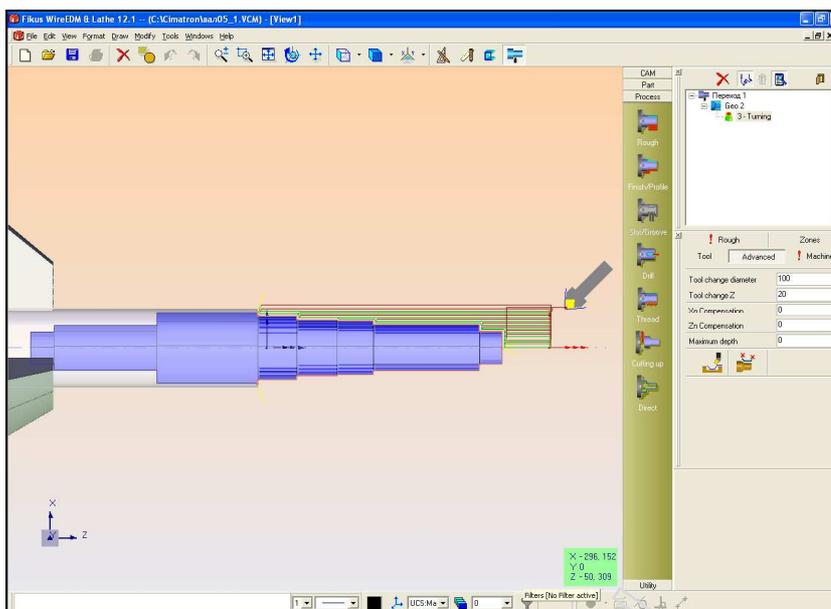


Рисунок 8.28 – Симуляция черновой обработки

3.8 Чистовая токарная обработка

Нажимаем кнопку «Чистовая обработка» на панели Процесс. Появляется диалоговое окно под деревом выполненных работ. В нем выбираем в окне «Код инструмента» – Finishing, затем нажимаем кнопку с тремя точками и выбираем инструмент – Finishing, остальные настройки оставляем без изменений. Затем переходим на вкладку «Дополнительно» и вводим 100 в окно Диаметр смены инструмента и 20 в окне Z корд. Смены инструмента. Видим, что появился инструмент рядом с заготовкой. Далее выделяем на дереве строку Turning и нажимаем ПКМ, выбираем пункт меню «Вычислить», если заданы какие-либо параметры неверно, раздастся звуковой сигнал и необходимо изменить их, если все задано верно, то на дереве работ значок у ветви Finishing изменится – станет светофором с зажженным зеленым цветом (до этого зажжен был красный). Действия показаны на рисунке 8.29.

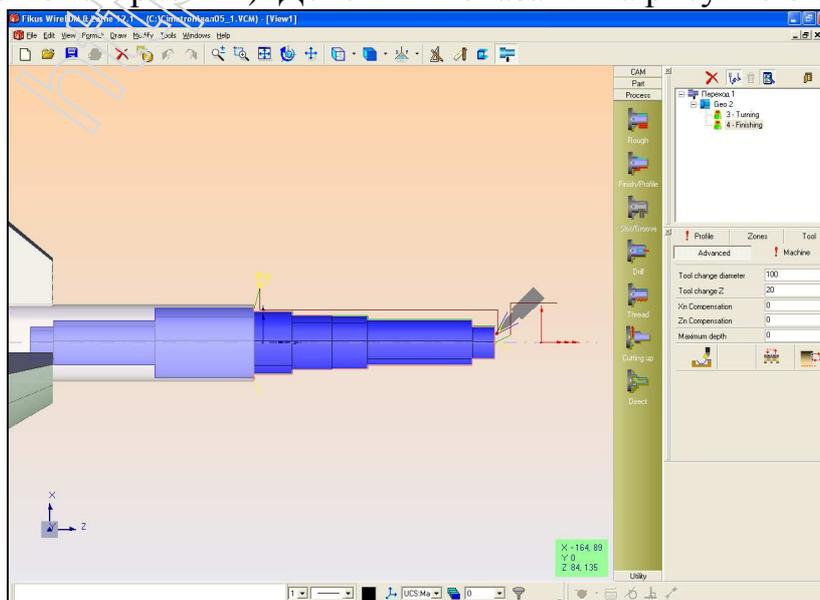


Рисунок 8.29 – Настройка чистовой токарной обработки (начало)

3.9 Симуляция чистовой токарной обработки

Производим аналогично черновой токарной обработке. Результат представлен на рисунке 8.30.

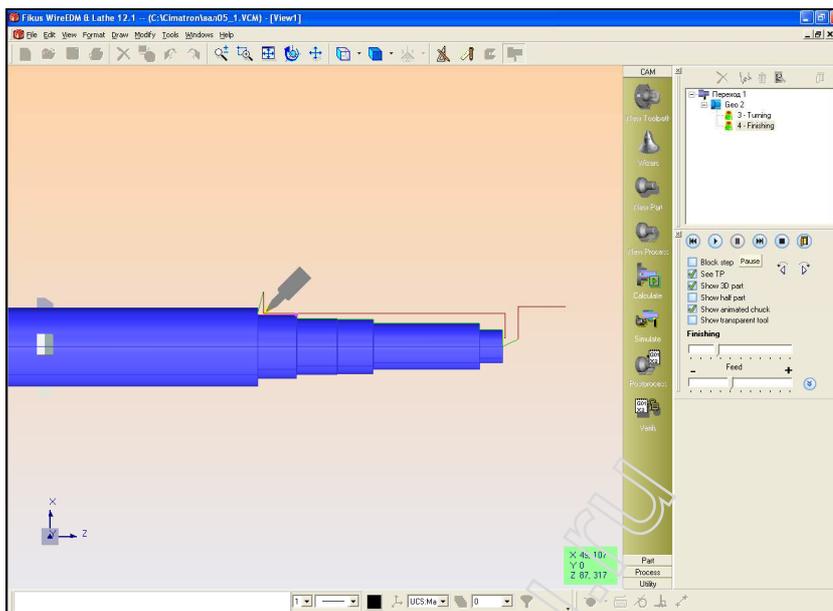


Рисунок 8.30 – Симуляция чистовой токарной обработки

3.10 Процессирование

Нажимаем ПКМ на ветке Geo2 на дереве построения, выбираем пункт Постпроцессирование. Появляется диалоговое окно, где даем название управляющей программе и нажимаем кнопку ОК. Затем опять щелкаем ПКМ на ветке Geo2 на дереве построения, выбираем пункт Просмотр УП. Появляется редактор с созданной управляющей программой (рисунок 8.31).

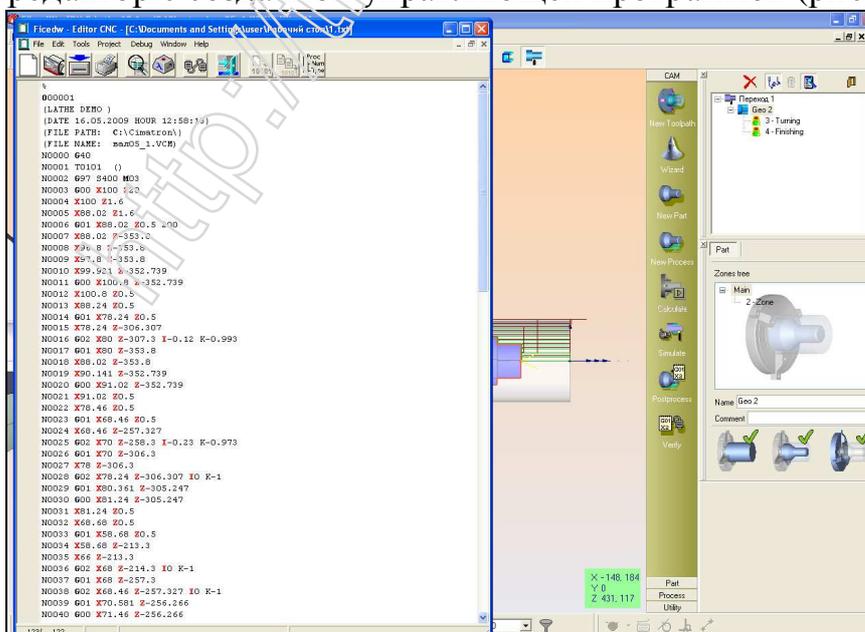


Рисунок 8.31 – Редактор с созданной управляющей программой

8.5 Подготовка управляющей программы для станка с ЧПУ

Производится при помощи программного пакета САПР_ЧПУ2000/LT [13].

Исходными данными для получения УП служит описание участка, состоящего из примитивов, и процедуры обработки (рисунок 8.32).

```

ПРОГРАММА=СТРИЖОВ;
СТАНОК=105;
ТК0=0,80; ТК1=0,0; ТК2=30,0; ТК3=30,20; ТК4=155,20; ТК5=155,60; ТК6=162,70; ТК7=285,70;
ТК8=285,80; ПР0=ТК0,ТК1; ПР1=ТК1,ТК2; ПР2=ТК2,ТК3; ПР3=ТК3,ТК4; ПР4=ТК4,ТК5;
ПР5=ТК5,ТК6; ПР6=ТК6,ТК7; ПР7=ТК7,ТК8; ПР8=ТК8,ТК0;
!
НУ15;
ТК0; ПР0; ТК1; ФР-; ПР1; ПР2; ПР3; ПР4; ПР5; ПР6; ТК7; ФР0; ПР7; ПР8; ТК0;
КУ15;
НП1;
N/300; S/700; ТК0; SN/0.2; ВЫБП15; Н/1; Т/1; S/0.7; R/1; КЦ;
КП1;
!

```

Рисунок 8.32 – Описание контура «Вал05.i»

После того, как описан контур, можно посмотреть в режиме симуляции последовательность обработки в окне эмуляции траектории инструмента. Здесь серым цветом показаны примитивы, из которых состоит контур, обведенный красным цветом. Траектория движения инструмента показана зеленым цветом (рисунок 8.33).

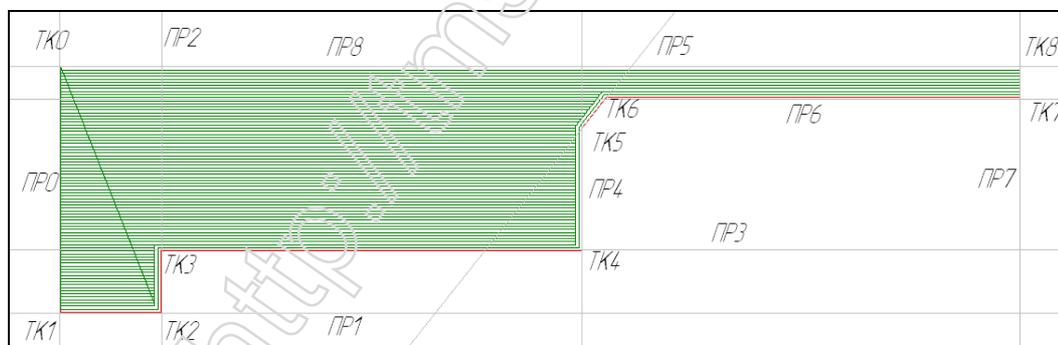


Рисунок 8.33 – Траектория движения инструмента

Если нас устраивает значения черновых и чистовых припусков, режимов резания и других технологических команд, тогда можно сделать автоматический расчет управляющей программы. Сама программа составляется на основе паспорта станка, который указывается при описании примитивов или задается при расчете.

```

%
N001G04Z+000150S004M103 LF
N002G01X000100F60000 LF
N003G01Z028500F210 LF
N004G01X-000100F60000 LF
N005G01Z-028500F210 LF
N006G01X000200F30000 LF
N007G01Z028500F210 LF
N008G01X-000100F60000 LF
N009G00Z-028500 LF
N010G01X000200F100000 LF
N011G00Z028500 LF
N012G01X-000100F100000 LF
N013G00Z-028500 LF
N014G01X000200F100000 LF
N015G00Z028500 LF
N016G01X-000100F100000 LF
N017G00Z-028500 LF
N018G01X000200F100000 LF
N019G00Z028500 LF
N020G01X-000100F100000 LF
N021G00Z-028500 LF
N022G01X000200F100000 LF
N023G00Z028500 LF
N024G01X-000100F100000 LF
N025G00Z-028500 LF
N026G01X000200F100000 LF
N027G00Z028500 LF
N028G01X-000100F100000 LF
N029G00Z-028500 LF
N030G01X000200F100000 LF
N031G00Z028500 LF
N032G01X-000100F100000 LF
N033G00Z-028500 LF
N034G01X000200F100000 LF
N035G00Z016026 LF
N036G01X-000100Z000078F100000 LF
N037G00Z-016096 LF
N038G01X000200F100000 LF
N039G00Z015956 LF
N040G01X-000100Z000078F100000 LF

```

Рисунок 8.34 – Фрагмент управляющей программы «Вал05.ур»

Первым шагом в программе следует установка технологических режимов, затем задаются перемещения. Так как выборка металла происходит по схеме петля, то во время холостого хода включается ускоренная подача.

8.2 Проектирование операционной технологии в САПР ТП «Вертикаль»

Создадим операционную и маршрутную карты технологического процесса обработки детали «Вал вторичный ЯМЗ-236.1701105» в САПР ТП «Вертикаль» [25].

Открываем программу. Нажимаем «Создать» и из выпавшего меню выбираем «ТП на деталь» (рисунок 8.16).

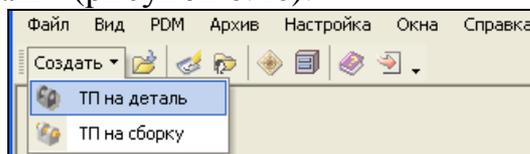
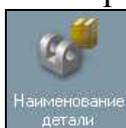
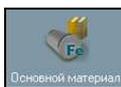


Рисунок 8.35 – Создание нового ТП

Открывается окно создания новой технологии. Справа открываем вкладку «Атрибуты», где вводим название детали, фамилию разработчика. Наименование детали можно выбрать и из справочника. Для этого в левой



части экрана нажимаем и из открывшегося универсального технологического справочника выбираем название нашей детали. Выбираем



материал детали. Нажимаем . Снова открывается универсальный технологический справочник, где находим нужный нам материал. Атрибуты нашей детали показаны на рисунке 8.36.

Текст технологии	Атрибуты	Замечания	Чертеж
Разработал	Стрижов Н.В.		
Дата	22.04.2009		
Обозначение изделия	236-1701105		
№ чертежа детали			
Наименование детали	Вал вторичный		
Код детали			
Обозначение тех. док.			
Чистый вес (кг)	0		
Объем детали, мм ³	0		
Марка материала			
ГОСТ на материал			
Вид заготовки			
Сортамент			
Разм. заготовки			
Основной размер			
ГОСТ на сортамент			
Код заготовки			
КД	0		
КЗ	0		
Черный вес (кг)	0		
Вид доп. обработки			

Рисунок 8.36 – Атрибуты детали

Наводим курсор на наименование детали, нажимаем правую кнопку мыши и из выпавшего меню выбираем «Добавить операцию». Снова открывается УТС, где выбираем «Обработка резанием» > «Фрезерная» > «Фрезерно-центровальная» (рисунок 8.37).

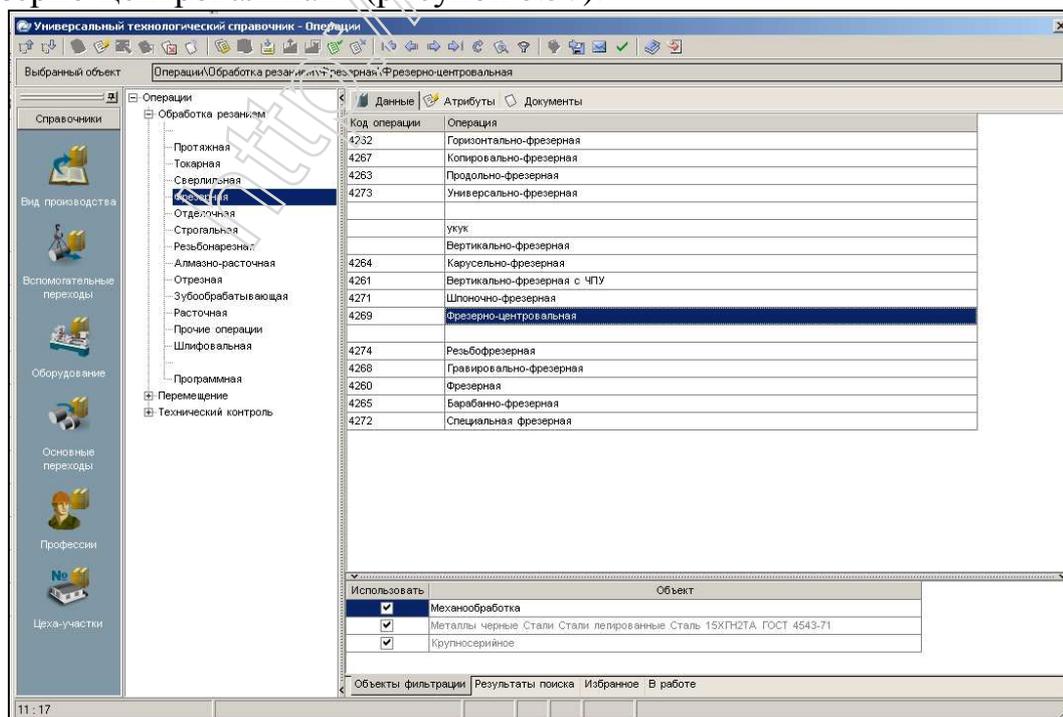


Рисунок 8.37 – Выбор наименования операции

Выбираем станок. Для этого наводим курсор мыши на название детали и нажимаем правую кнопку мыши. В выпавшем меню выбираем «Добавить»>«Станок». Из открывшегося УТС выбираем станок (рисунок 8.38).

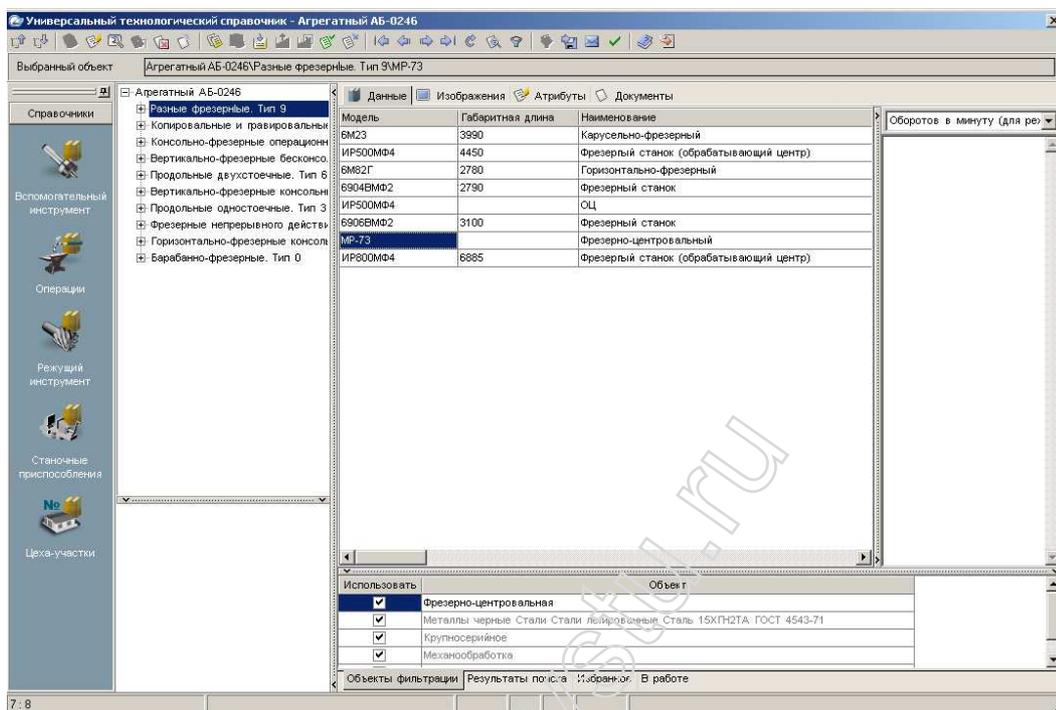


Рисунок 8.38 – Выбор станка

Добавляем вспомогательный переход. Снова наводим курсор на операцию, из выпавшего меню выбираем «Добавить»>«Вспомогательный переход». Вновь открывается УТС (рисунок 8.39). Выбираем «Установочные» и находим текст перехода «Установить деталь».

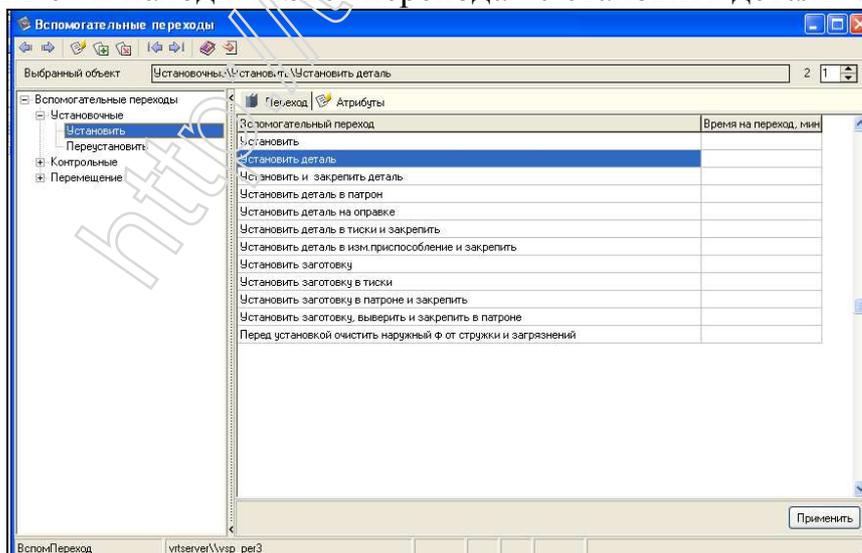


Рисунок 8.39 – Выбор вспомогательного перехода

Теперь добавляем основной переход аналогично добавлению вспомогательного. Выбираем «Добавить»>«Основной переход». Из открывшегося УТС выбираем «Фрезеровать»>«Наружные торцы»>«Выдерживая размеры» (рисунок 8.40).

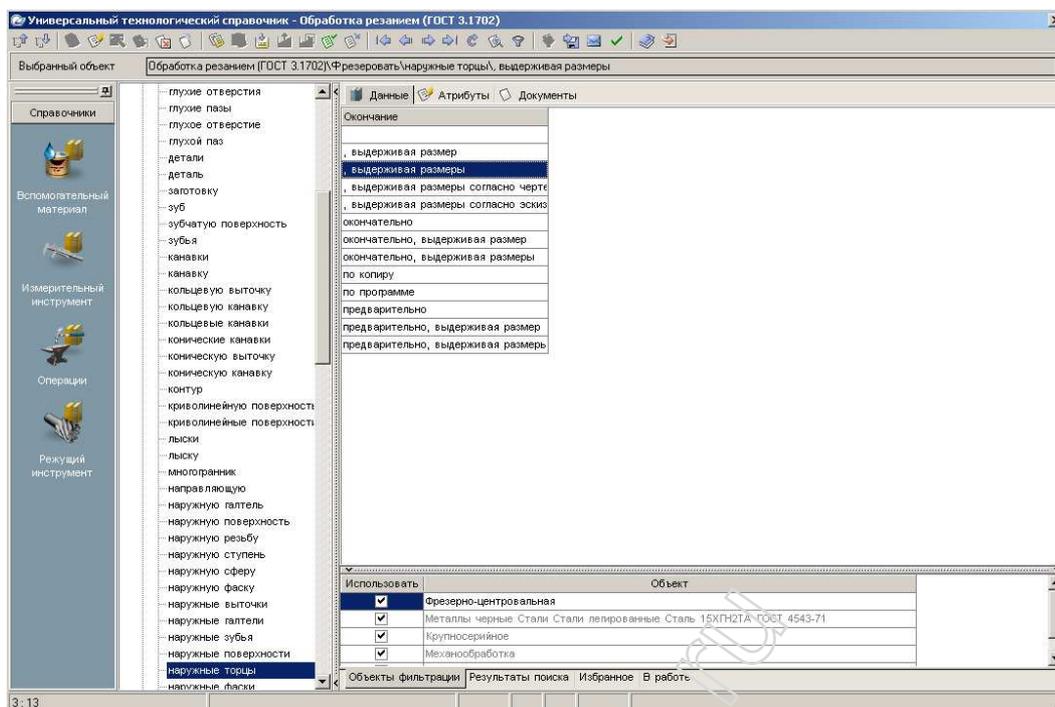


Рисунок 8.40 – Выбор основного перехода

Добавляем к переходу режущий инструмент. Наводим курсор на переход, нажимаем правую кнопку мыши и выбираем «Добавить»>«Режущий инструмент». Из УТС выбираем «Фреза»>«Фреза торцовая»>«Фреза Т5К10»>«2214-0312» (рисунок 8.41).

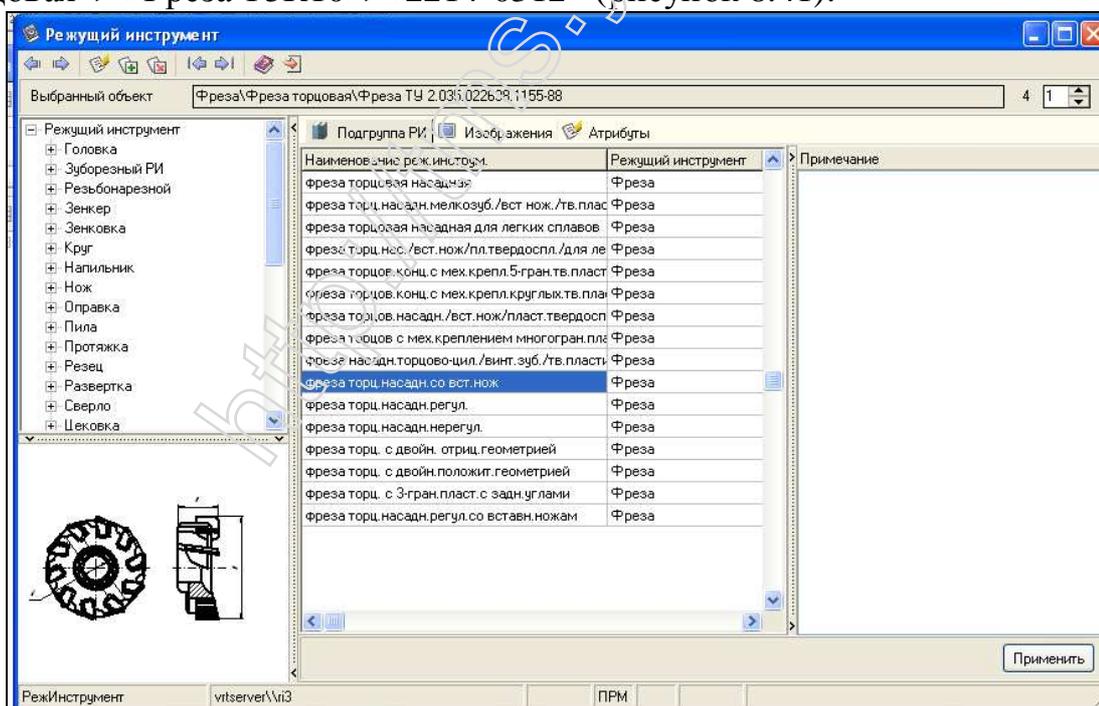


Рисунок 8.41 – Обозначение фрезы

Добавляем измерительный инструмент. Наводим курсор на переход, нажимаем правую кнопку мыши и выбираем «Добавить»>«Измерительный инструмент». В УТС находим нужный нам штангенциркуль (рисунок 8.42).

Разраб.		Стрижов Н.В.		03.06.2009		ЯГТУ		2		1	
Проверил		Шолошников А.М.									
Утвердил		Янчевский Ю.В.									
Н. контр.		Шолошников А.М.									
Наименование операции		Материал		Твердость		EB		MD		Профиль и размеры	
Фрезерно-центральная		Сталь 15ХГН2А ГОСТ 4543-71				к2					
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Ta		Tb		T пз		Tшт	
Фрезерно-центральный МР-7307										СОЖ	
										5% ЭМУС	
P		PM	D или B	L	f	i	s	n	v		
001	1. Установить деталь										
002	2. Фрезеровать наружные торцы с двух сторон выдерживая размеры 573(-1)										
T03	Фреза 2214-0001 ГОСТ 24359-80										
T04	Фреза 2214-0002 ГОСТ 24359-80										
T05	Штангенциркуль ШЦ-Т125-0,05 ГОСТ 166-89										
T06	Микрометр МК 600-1 ГОСТ 6507-90										
P07	46,5 80 4 1 0,05 497 156										
008	3. Центровать деталь с двух сторон выдерживая размеры 20(+0,52) 13,2(+0,5) ϕ 13min ϕ 18,5min										
T09	Сверла 2317-0122 ГОСТ 14952-75										
T10	Сверла 2317-0122 ГОСТ 14952-75										
P11	13,2 21 13 1 0,063 580 328										
012	4. Снять деталь										
13											
OK	Операционная карта										4

Рисунок 8.45 – Операционная карта

В ней изменяем название станка, т.к. в программе не было этого станка, и заносим результаты расчетов по программам KON7 и KONCUT.

Комментарии консультанта раздела по КИ КТПП

- 1). Нет КЭ для ОК
- 2). УП не оформлена в виде ОК
- 3). Технологическая документация показана в виде рисунков (что не соответствует требованиям ЕСТД, но допустимо в качестве иллюстрации результатов компьютерного проектирования). Однако документация по всем операциям не приводится, и нет возможности проверить, соответствуют ли эти рисунки картам спроектированного в ДП технологического процесса

Таким образом, данный материал может служить лишь временным примером до подготовки методических указаний!