

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2016 Issue: 5 Volume: 37

Published: 30.05.2016 <http://T-Science.org>

Alexey Kuzmichev
Chief of Laboratory, Vladimir Industrial College,
Russian Federation
kuz8878@yandex.ru

Andrey Orlov
Student of Vladimir Industrial College,
Russian Federation

Timofey Bedinov
Student of Vladimir Industrial College,
Russian Federation

Denis Chemezov
Master of Engineering and Technology,
Corresponding Member of International Academy of
Theoretical and Applied Sciences, Lecturer of Vladimir
Industrial College, Russian Federation
chemezov-da@yandex.ru

Vladislav Polushin
Student of Vladimir Industrial College,
Russian Federation

SECTION 7. Mechanics and machine construction.

AUTOMATED SIMULATION OF THE TURNING AND THE MILLING OPERATIONS IN CONDITIONS OF THE PERFORMANCE ON THE CHAMPIONSHIP OF WORLDSKILLS RUSSIA

Abstract: The article is given an idea about the stages of the WorldSkills championship and in particular the simulation of the technological process of the processing of detail in the software package MasterCAM by the competence «Turning works on the machines with numerical programmed control».

Key words: a turning, a milling, a tool, a detail, WorldSkills, MasterCAM.

Language: Russian

Citation: Kuzmichev A, Orlov A, Bedinov T, Chemezov D, Polushin V (2016) AUTOMATED SIMULATION OF THE TURNING AND THE MILLING OPERATIONS IN CONDITIONS OF THE PERFORMANCE ON THE CHAMPIONSHIP OF WORLDSKILLS RUSSIA. ISJ Theoretical & Applied Science, 05 (37): 1-11.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-05-37-1> **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.05.37.1>

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСТУПЛЕНИЯ НА ЧЕМПИОНАТЕ WORLDSKILLS RUSSIA

Аннотация: В статье дано представление об этапах чемпионата WorldSkills и в частности моделировании технологического процесса обработки детали в программном комплексе MasterCAM по компетенции «Токарные работы на станках с числовым программным управлением».

Ключевые слова: точение, фрезерование, инструмент, деталь, WorldSkills, MasterCAM.

Движение WorldSkills International направлено на проведение международных конкурсов профессионального мастерства для молодежи по различным направлениям: строительные технологии, творчество и дизайн, информационные и коммуникационные технологии, производственные и инженерные технологии, специалисты в сфере услуг и обслуживание гражданского транспорта [1, 2, 3]. Международные чемпионаты WorldSkills

International проводятся один раз в два года в различных странах, входящих в одноименную ассоциацию.

С 2012 года в состав организации включена Российская Федерация. Для выступления на международном чемпионате WorldSkills проводятся отборочные региональные и национальные профессиональные конкурсы WorldSkills Russia [4, 5].

Impact Factor:

ISRA (India)	= 1.344	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	ПИИЦ (Russia)	= 0.234	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 1.042	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 2.031		

Рассмотрим условия и требования проведения регионального чемпионата WorldSkills Russia по компетенции «Токарные работы на станках с числовым программным управлением (ЧПУ)» (магистральное направление «производственные и инженерные технологии»). Заданием для конкурсантов является изготовление на токарном станке с ЧПУ детали с применением современных САМ-систем. По требованиям проведения международных чемпионатов WorldSkills обработка деталей производится на станках с ЧПУ компании DMG MORI [6]. В качестве программного продукта для генерации управляющей программы (УП) обработки детали на станке с ЧПУ применяется MasterCAM (CNC Software, Inc.) [7].

Механическая обработка детали включает в себя токарную и фрезерную операции, выполняемые на одном технологическом оборудовании. Участник чемпионата WorldSkills должен иметь следующие высокие навыки: чтения и анализа рабочего чертежа детали, выбора по специализированному каталогу режущего и вспомогательного инструментов [8], оптимальных режимов резания, проектирования технологических процессов (ТП) обработки деталей, составления УП обработки деталей и программирования, работы в CAD- и САМ-

системах, наладки и подналадки станков с ЧПУ, базового владения английским языком.

Наблюдательную функцию и техническую поддержку при проведении чемпионата WorldSkills исполняют ряд экспертов [9]. Управление, организация и руководство компетенцией возлагается на национального эксперта.

На ознакомление с рабочим чертежом детали дается 5 минут. Моделирование обработки детали в программе MasterCAM выполняется в течение 1 часа. На сборку, выставление режущего инструмента и обработку детали на токарном станке с ЧПУ выделяется 3 часа.

Автоматизированное моделирование ТП обработки детали посредством программы MasterCAM позволяет получить объемные УП обработки деталей на станках с ЧПУ за короткий промежуток времени. Трудности в освоении MasterCAM представлены малым количеством обучающей литературы по программному комплексу и высокой стоимостью обучения, поэтому описание подробной последовательности действий, выполняемых при моделировании в MasterCAM (на примере конкретной детали) является актуальной темой данной работы.

Конфигурация и размеры детали представлены на рабочем чертеже (рис. 1).

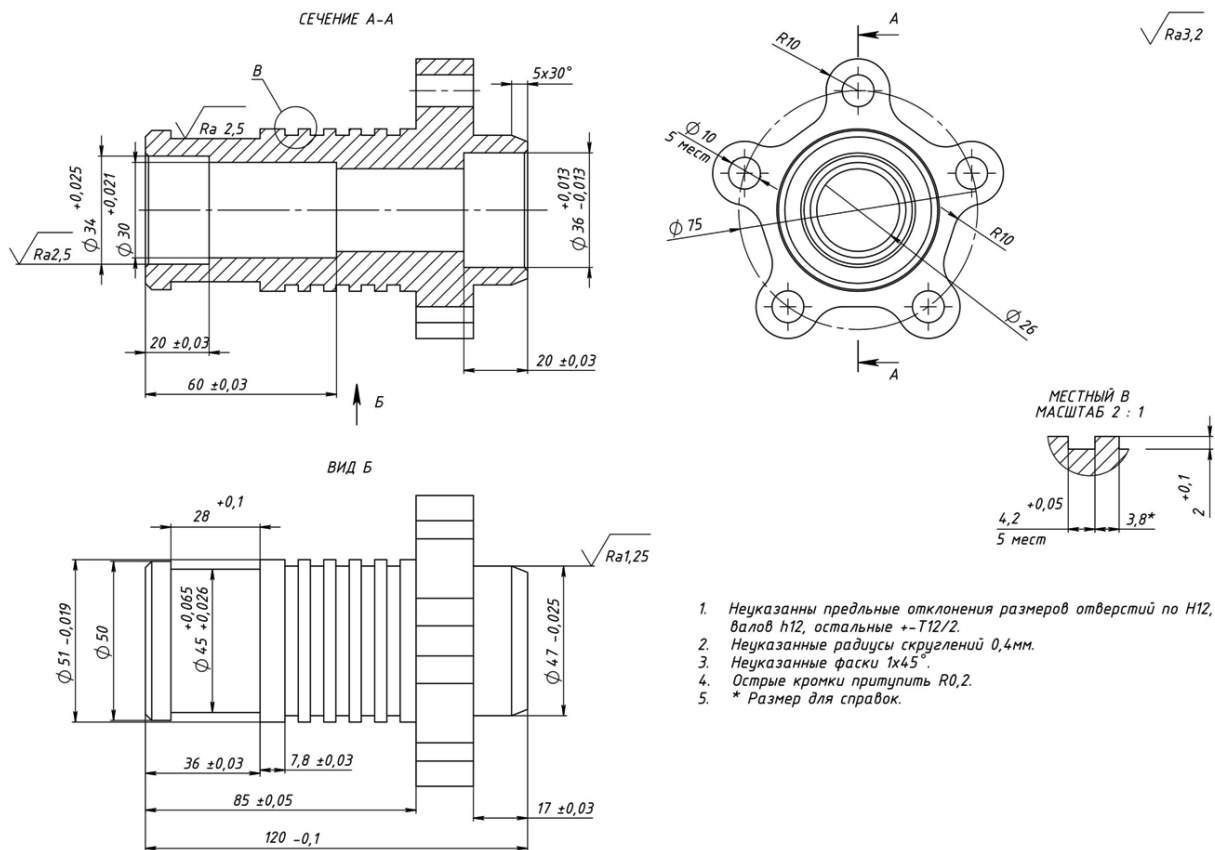


Рисунок 1 – Рабочий чертеж детали.

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Деталь имеет цилиндрические, конические, плоские, фасонные наружные и внутренние поверхности. Наружные поверхности выполняются точением и фрезерованием, внутренние – сверлением и растачиванием. Наибольший диаметр детали составляет 95 мм, общая длина – 120_{±0.1} мм. На наружном диаметре 51_{±0.019} мм длиной 85±0.05 мм вытачивается ступень диаметром 50 мм и толщиной 8 мм, широкая канавка наружным диаметром 45^{+0.065}/_{+0.026} мм и шириной 28^{+0.1} мм, 5 канавок глубиной 2^{+0.1} мм и шириной 4.2^{+0.05} мм. С другой стороны детали вытачивается на длине 17±0.03 мм наружный диаметр 47_{±0.025} мм. На торцах детали обтачивают 2 фаски величинами 1×45° и 5×30° соответственно. Сквозное центральное ступенчатое отверстие в детали имеет следующие размеры: внутренний диаметр 26 мм, переходящий в диаметр 30^{+0.021} мм на глубине 60±0.03 мм, диаметр 34^{+0.025} мм на глубине 20±0.03 мм и диаметр 36±0.013 мм на глубине

20±0.03 с обратной стороны. В отверстиях с двух сторон обтачиваются 2 фаски величиной 1×45°. На наружном диаметре 95 мм выполняется контурное фрезерование элементов. Пять элементов имеют радиусную форму (величина R10). Такой же радиус выполняется и у основания элемента. В центре каждого элемента сверлятся 5 сквозных отверстий диаметром 10 мм. Оси центров этих отверстий образуют окружность диаметром 75 мм. Шероховатость поверхности наружного диаметра широкой канавки и внутреннего диаметра 30^{+0.021} мм составляет Ra2.5 мкм, наружного диаметра 47_{±0.025} мм – Ra1.25 мкм. Для остальных поверхностей шероховатость установлена величиной Ra3.2 мкм.

Рисование эскиза обрабатываемой детали выполняется при помощи панели инструментов программы MasterCAM (рис. 2) и последующего создания трехмерной модели операциями выдавливания или вращения.

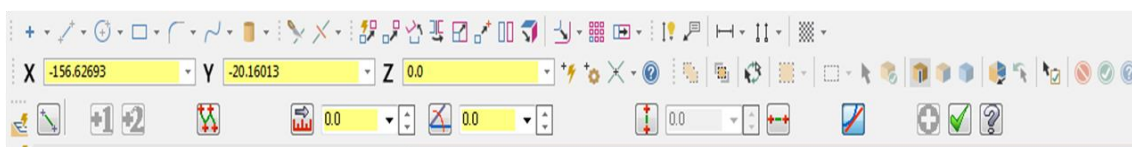


Рисунок 2 – Панель инструментов рисования графических примитивов.

Последовательность рисования эскиза детали в MasterCAM производится так же, как и в других CAD-системах (КОМПАС 3D, AutoCAD, SolidWorks и др.). Возможен импорт в программу

MasterCAM трехмерных моделей построенных в CAD-системах.

Трехмерная модель детали представлена на рис. 3.

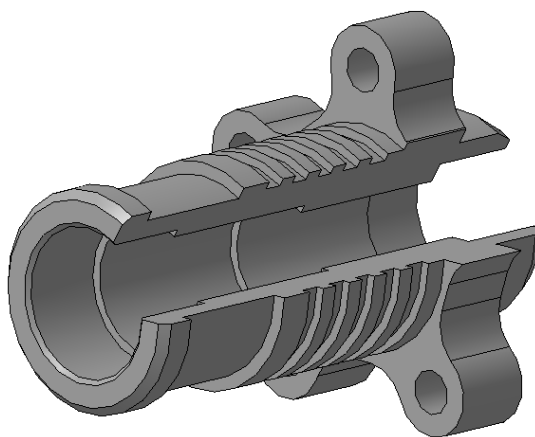


Рисунок 3 – Трехмерная модель детали.

Моделирование процесса обработки детали начинается с выбора технологического оборудования для конкретных операций. Программный комплекс MasterCAM позволяет выполнять фрезерование, точение, токарно-фрезерную обработку, электроэрозионную обработку проволокой и деревообработку. Все последующие настройки выполнялись для токарного и фрезерного станков с ЧПУ Default

ММ. Технические требования и система числового программного управления (СЧПУ) данного станка подходит для большинства моделей станков с ЧПУ токарной и фрезерной группы.

Выбор настройки свойств режущих инструментов, размеров заготовки и приспособления производится в диалоговых окнах программы MasterCAM на рис. 4.

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

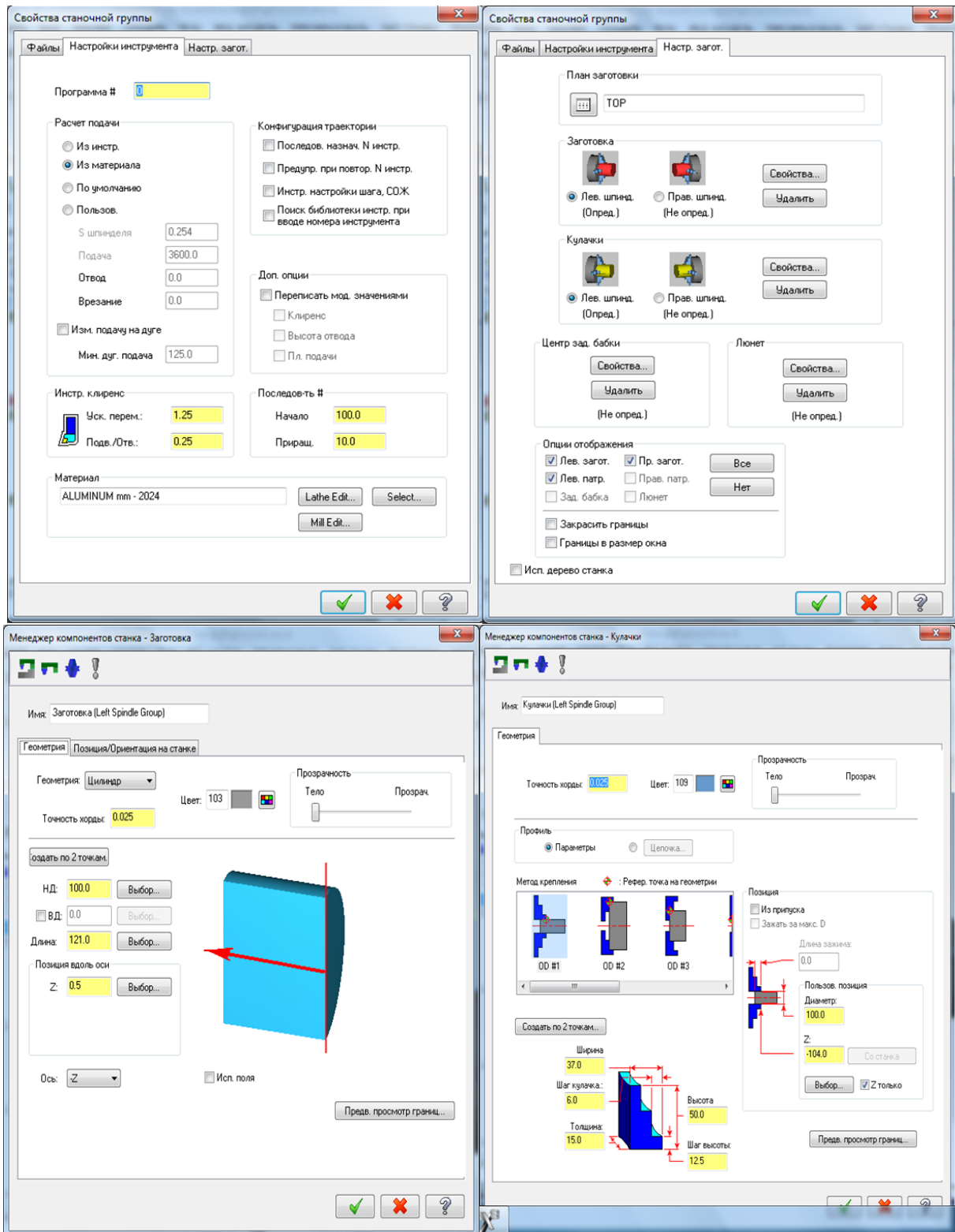


Рисунок 4 – Диалоговые окна выбора настройки свойств режущего инструмента, размеров заготовки и приспособления.

Механическая обработка детали выполняется за 2 установка в трехкулачковый патрон (с переворотом заготовки на 180 градусов). Моделирование контурного

фрезерования наружного диаметра детали осуществлялось в отдельном файле. Наружный диаметр и длина заготовки с учетом припуска на обработку принимались величинами 100 мм и 121

Impact Factor:

ISRA (India)	= 1.344	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	ПИИЦ (Russia)	= 0.234	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 1.042	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 2.031		

мм соответственно. Ориентация заготовки в кулачках патрона выделена на рисунке.

Выбор геометрии режущего инструмента, схемы обработки и режимов резания при

наружном чистовом точении представлен в диалоговых окнах на рис. 5.

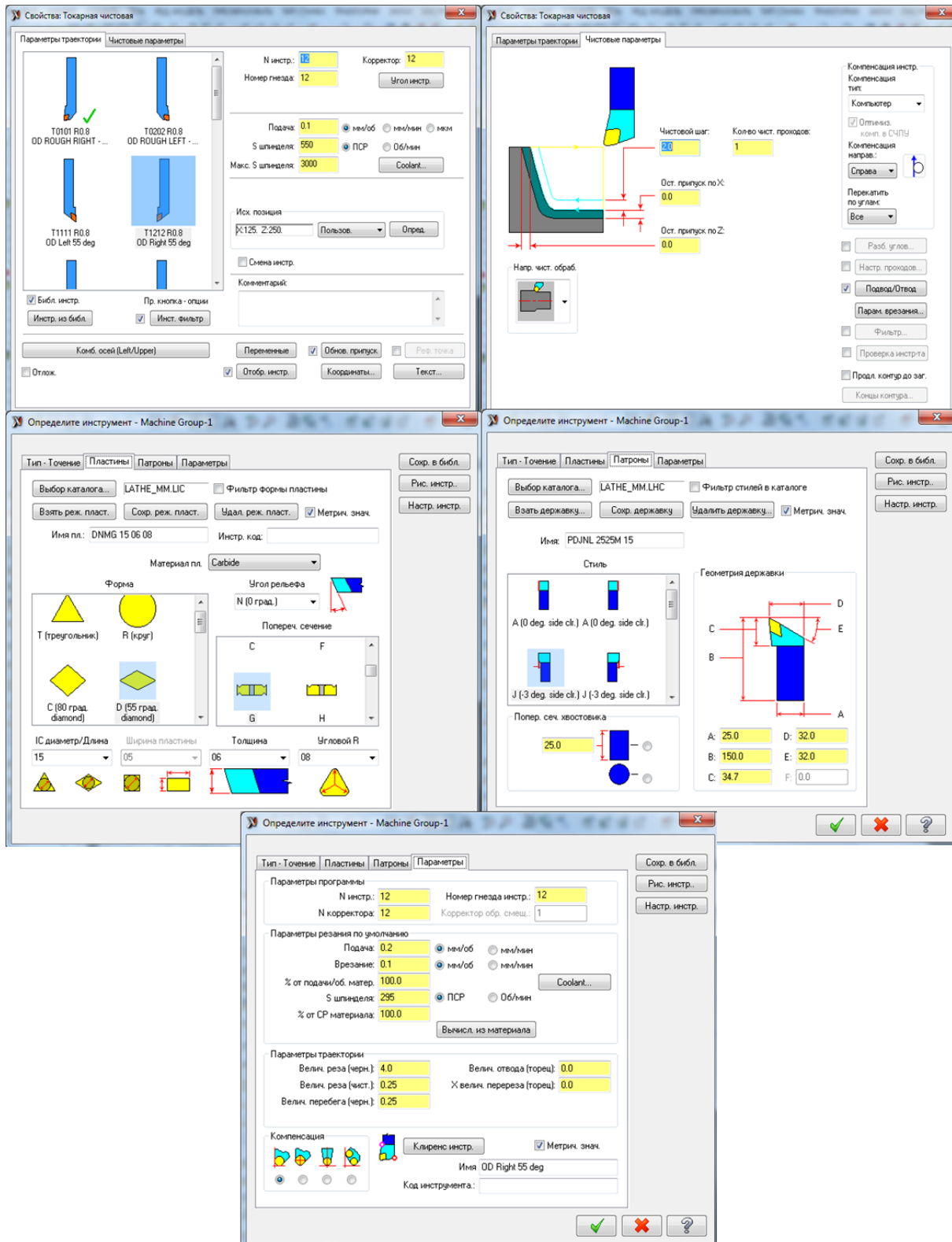


Рисунок 5 – Диалоговые окна программы выбора геометрии режущего инструмента, схемы обработки и режимов резания при чистовом точении наружного диаметра 51-0.019 мм.

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Режущий инструмент и режимы резания выбираются по каталогу и заносятся в соответствующие диалоговые окна. Геометрия и тип режущего инструмента, задаваемого в диалоговых окнах программы, должны соответствовать инструменту, установленному в позиции инструментального блока станка.

Аналогичная последовательность установки технологических свойств выполняется и для других переходов токарной и фрезерной операций.

Выбор цепочек для обработки замкнутых и разомкнутых контуров детали выполняется в диалоговом окне на рис. 6.

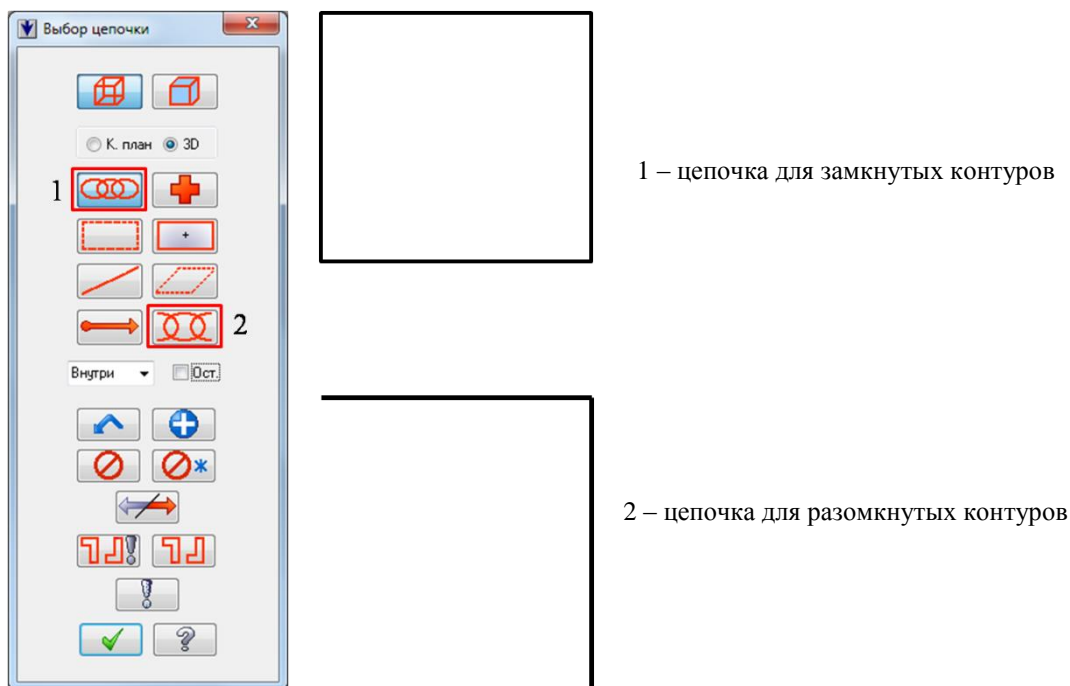


Рисунок 6 – Выбор цепочки для траектории движения режущих инструментов.

«Цепочка разомкнутых контуров» подходит для токарной обработки детали. Задается начальная точка обработки и направление движения режущего инструмента путем выбора поверхностей модели в последовательности схемы обработки.

Фрезерование закрытых пазов, карманов и других подобных элементов выполняется командой «Цепочка для замкнутых контуров».

Характерной особенностью фрезерования замкнутых контуров является выбор схемы обработки фрезой: снятие припуска внутри выделенного контура или снаружи (выбор производится в соответствующем диалоговом окне в выпадающем списке команд).

В сводных табл. 1 и 2 представлен список перемещений всех режущих инструментов при токарной и фрезерной обработке детали.

Таблица 1
Список перемещений режущих инструментов при токарной обработке детали.

Инструмент	Токарная операция						
	Точение черновое	Точение канавки OD	Точение канавок OD	Точение чистовое	Сверление	Растачивание черновое	Растачивание чистовое
	OD rough right – 80 deg.	groove center – narrow	groove left – wide	OD right 55 deg	Drill 25. dia.	ID rough min. 20. dia. – 80 deg.	ID finish min. 20. dia. – 55 deg.
Длина на рабочей подаче	1139.312 мм	132.339 мм	391.077 мм	134.387 мм	139.511 мм	163.353 мм	68.217 мм
Время на рабочей подаче	16 мин. 34.31 с	4 мин. 46.82 с	9 мин. 37.68 с	2 мин. 26.6 с	15.94 с	1 мин. 29.1 с	1 мин. 14.42 с

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Длина на ускоренном ходу	1046.175 мм	374.838 мм	70.498 мм	0 мм	139.511 мм	155.823 мм	60.819 мм
Время на быстром ходу	2.51 с	0.9 с	0.17 с	–	0.33 с	0.37 с	0.15 с
Общая длина	2185.487 мм	507.178 мм	461.574 мм	134.387 мм	279.022 мм	319.176 мм	129.036 мм
Общее время	16 мин. 36.82 с	4 мин. 47.72 с	9 мин. 37.85 с	2 мин. 26.6 с	16.27 с	1 мин. 29.47 с	1 мин. 14.57 с
Подача	68.75 мм/мин	30.2 мм/мин	15.1 – 30.2 мм/мин	55 мм/мин	525 мм/мин	110 мм/мин	55 мм/мин
Скорость резания	275.000 м/мин	302.000 м/мин	302.000 м/мин	550.000 м/мин	1050.000 м/мин	550.000 м/мин	550.000 м/мин

Таблица 2

Список перемещений режущих инструментов при фрезерной обработке детали.

Инструмент	Фрезерная операция	
	Сверление отверстий	Фрезерование контура
Длина на рабочей подаче	10. drill 425.043 мм	10. flat endmill 10165.128 мм
Время на рабочей подаче	3 мин 5.61 с	26 мин. 56.8 с
Длина на ускоренном ходу	191.336 мм	1029.541 мм
Время на быстром ходу	0.46 с	2.47 с
Общая длина	616.379 мм	11194.669 мм
Общее время	3 мин. 6.07 с	26 мин. 59.27 с
Подача	137.4 мм/мин	190.9 – 450 мм/мин
Скорость резания	1145.000 м/мин	1909.000 м/мин

Так как в качестве обрабатываемого материала выбран алюминиевый сплав, то скорости резания для обработки детали принимались большими. Ввиду характерных особенностей вытачивания канавки, на данный переход скорость резания была снижена. Величина перемещения режущих инструментов на ускоренной подаче принята по паспорту станка с ЧПУ (25000 мм/мин).

Расчетное время (суммарное время рабочих и холостых перемещений режущего инструмента) токарной обработки детали составило 36 мин. 29.30 с. Фрезерная обработка детали длится 30 мин. 5.34 с. Общее время обработки детали – 1 ч. 6 мин. 34.64 с.

Все траектории движения режущих инструментов при обработке детали отображены на рис. 7.

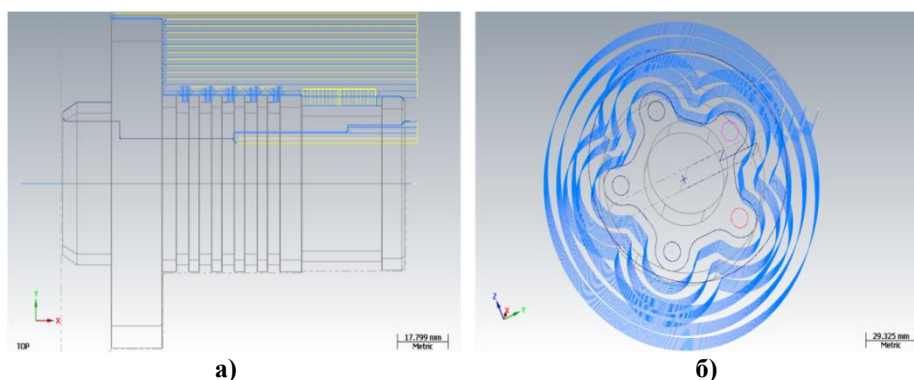


Рисунок 7 – Траектории движения режущих инструментов при токарной (а) и фрезерной (б) операциях. Линии синего цвета – перемещение режущего инструмента на рабочей подаче, желтого цвета – перемещение режущего инструмента на ускоренной подаче.

Траектория движения токарных инструментов представлена на плоскости TOP.

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИИ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

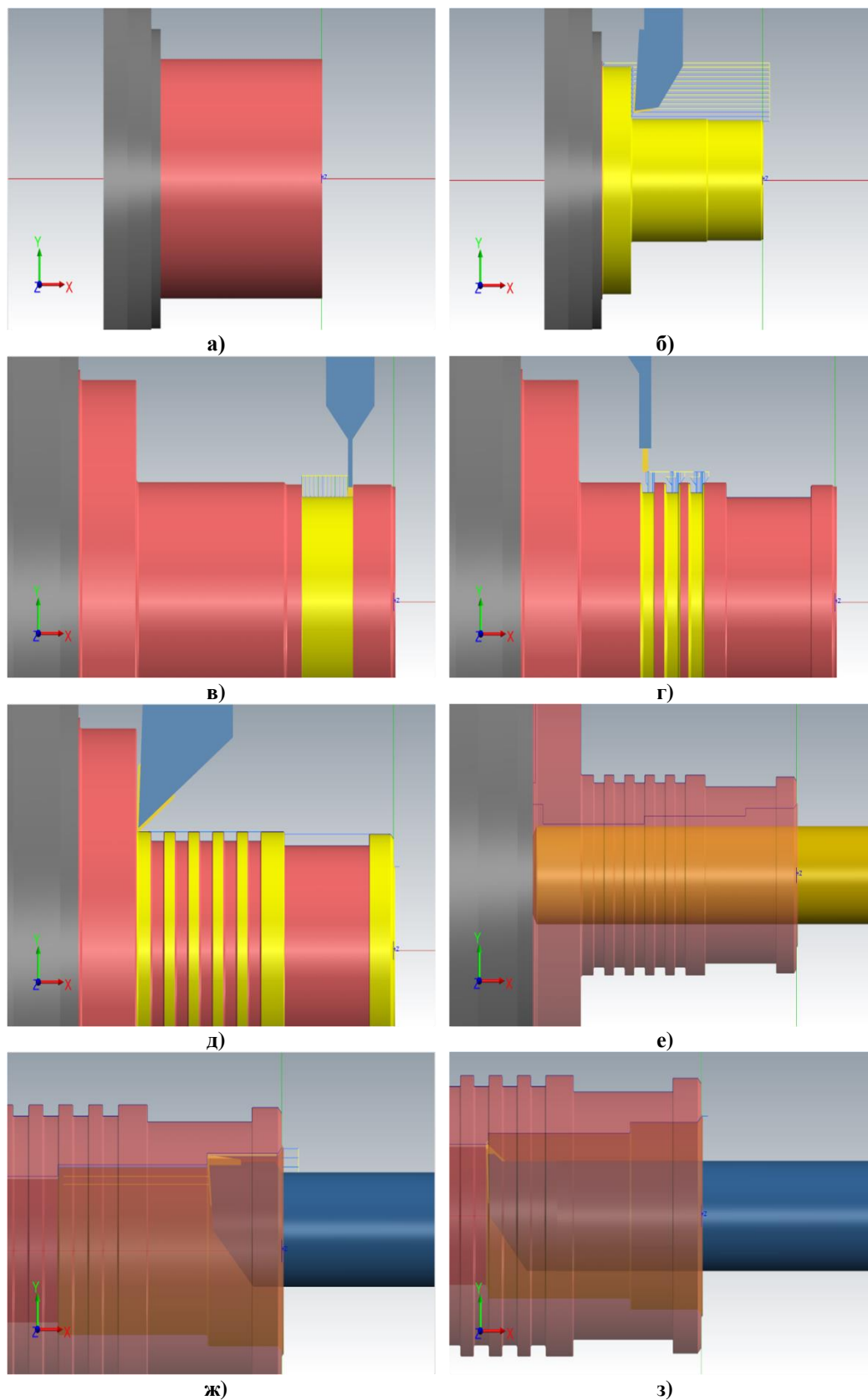


Рисунок 8 – 3D симуляция токарной операции: а – заготовка, зажатая в трехкулачковом патроне, б – продольное черновое точение, в – точение широкой наружной канавки, г – точение пяти наружных канавок, д – продольное чистовое точение, е – сверление центрального сквозного отверстия, ж – черное растачивание ступенчатого отверстия, з – чистовое растачивание ступенчатого отверстия.

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Весь припуск при точении и фрезеровании снимается за несколько проходов режущего инструмента. Общее количество проходов (без учета холостых ходов) токарных инструментов и спирального сверла – более 95. Контурное фрезерование содержит 60 переходов концевой фрезы. Получение пяти сквозных отверстий диаметром 10 мм на торце детали производится с

выводом режущего инструмента после каждого углубления сверла в материал на 2.38 мм за один подход.

3D симуляция обработки детали с отображением всех режущих инструментов представлена на рис. 8 и 9.

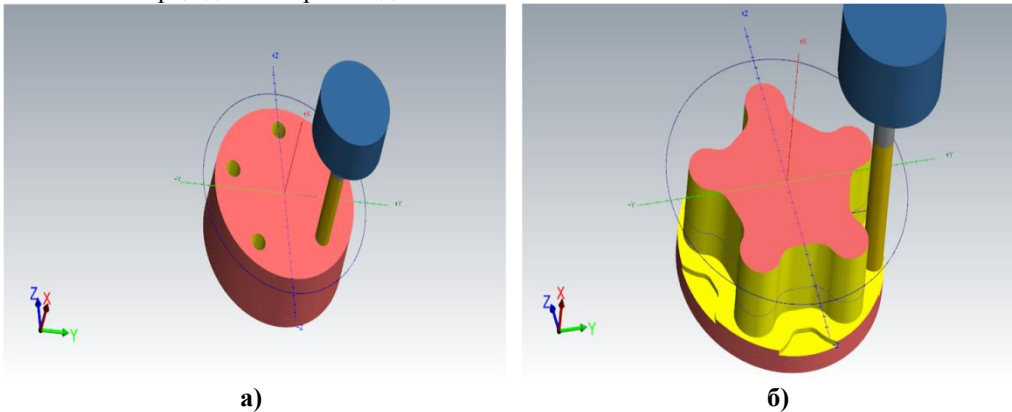


Рисунок 9 – 3D симуляция фрезерной операции: а – сверление пяти отверстий на торце, б – контурное наружное фрезерование.

3D симуляция токарной обработки представляет собой анимированное отображение обрабатываемой заготовки, приспособления, режущего и вспомогательного инструментов, ориентированных в трехмерном пространстве. Обрабатываемая поверхность заготовки выделяется желтым цветом, режущая часть инструмента – темно-желтым цветом. Предусмотрено изменение скорости движения режущего инструмента на панели свойств. Токарная и фрезерная обработка детали происходят в различных конструктивных плоскостях.

При нажатии пиктограммы *G1* происходит генерация УП обработки детали в текстовый формат для последующего экспорта в токарный станок с ЧПУ. Возможна минимальная корректировка кадров УП. Фрагменты УП токарной и фрезерной операций с комментариями представлены ниже.

ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА

```
%  
O0000  
(PROGRAM NAME - TURN)  
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)  
G21  
(TOOL - 1 OFFSET - 1)  
(OD ROUGH RIGHT - 80 DEG. INSERT -  
CNMG 12 04 08)  
G0 T0101  
G18  
G97 S954 M03  
G0 G54 X91.775 Z4.5
```

```
G50 S3000  
G96 S275  
G99 G1 Z2.5 F.25  
Z-84.9  
X93.4  
G18 G3 X95.6 Z-86. K-1.1  
G1 Z-103.6  
X98.428 Z-102.186  
.....  
X56.753 Z-83.486  
G28 U0. V0. W0. M05  
T0100  
M01  
(TOOL - 41 OFFSET - 41)  
(OD GROOVE CENTER - NARROW  
INSERT - N151.2-185-20-5G)  
G0 T4141  
G18  
G97 S1767 M03  
G0 G54 X54.4 Z-23.508  
G50 S3000  
G96 S302  
G1 X45.4 F.05  
G0 X54.4  
Z-22.142  
G1 X45.4 F.1  
X45.673 Z-22.279  
G0 X54.4  
.....  
G0 X53.228  
G28 U0. V0. W0. M05  
T4100  
M01  
(TOOL - 46 OFFSET - 46)
```

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIIHQ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

(OD GROOVE LEFT - WIDE INSERT -
N151.2-600-4E)

G0 T4646
G18
G97 S1717 M03
G0 G54 X56. Z-45.467
G50 S3600
G96 S302
G1 X47.2 F.05
X56. F.2
Z-44.333 F.3
X47.2 F.1
X47.427 Z-44.447
X56. F.3

.....
X53.828 F.3
G28 U0. V0. W0. M05
T4600
M01

(TOOL - 12 OFFSET - 12)
(OD RIGHT 55 DEG INSERT - DNMG 15 06

08)

G0 T1212
G18
G97 S3000 M03
G0 G54 X36. Z2.
G50 S3000
G96 S550
G1 Z0. F.1
X46.4
G18 G3 X47.531 Z-.234 K-.8
G1 X49.531 Z-1.234
G3 X50. Z-1.8 I-.566 K-.566
G1 Z-8.6

.....
X97.828 Z-101.386
G28 U0. V0. W0. M05
T1200
M01

(TOOL - 5 OFFSET - 5)
(DRILL 25. DIA.)

G0 T0505
G18
G97 S1050 M03
G0 G54 X0. Z5.
Z2.5
G1 Z-2.5 F.5
G4 P1.
G0 Z2.5
Z-1.5
G1 Z-7.5
G4 P1.
G0 Z2.5

.....
G0 Z5.
G28 U0. V0. W0. M05
T0500
M01

(TOOL - 72 OFFSET - 72)

(ID ROUGH MIN. 20. DIA. - 80 DEG.
INSERT - CCMT 09 T3 04)

G0 T7272
G18
G97 S3000 M03
G0 G54 X29.231 Z4.5
G50 S3000
G96 S550
G1 Z2.5 F.2
Z-59.9
X26.8
G18 G2 X26. Z-60.026 K-.7
G1 X23.172 Z-58.611
G0 Z4.5

.....
G0 Z1.75
G28 U0. V0. W0. M05
T7200
M01

(TOOL - 82 OFFSET - 82)
(ID FINISH MIN. 20. DIA. - 55 DEG. INSERT

- DCMT 11 T3 04)

G0 T8282
G18
G97 S3000 M03
G0 G54 X36.234 Z1.883
G50 S3000
G96 S550
G1 Z-.117 F.1
X34.234 Z-1.117
G18 G2 X34. Z-1.4 I.283 K-.283
G1 Z-20.
X31.2
G2 X30. Z-20.6 K-.6

.....
G0 Z1.633
G28 U0. V0. W0. M05
T8200
M30
%

ФРЕЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА

%
O0000
(PROGRAM NAME - MILL)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
G21

(TOOL - 20 OFFSET - 0)
(10. DRILL)
(C-AXIS FACE DRILL)

G0 T2000
G17
G0 G54 X0. Y37.5 Z5.
C0.
G97 S1145 M52
G81 Z-39.004 R2. F137.4
X-71.329 Y11.588
X-44.084 Y-30.338



Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

X44.084
X71.329 Y11.588
G80
G28 U0. V0. W0. H0. M55
T2000
M01
(TOOL - 219 OFFSET - 0)
(10. FLAT ENDMILL)
G0 T21900
G17
M23
G0 G54 X166.217 Z5.
C-2.926
G97 S1909 M52
Z2.
G98 G1 Z-18.85 F190.9
X164.002 C-2.224 F178.8
X161.813 C-1.502
X161.282 C-1.297 F199.4
X160.833 C-1.069 F222.7
.....
X93.698 C21740.412 F159.6
G0 Z5.
G28 U0. V0. W0. H0. M55

T21900
M30
%

УП токарной обработки состоит из 665 кадров (в том числе и комментарии), фрезерной обработки – 10821 кадр. Общее количество кадров УП обработки детали – 11486.

Таким образом, компьютерное моделирование в программе MasterCAM, как и в любой другой САМ программе, заключается в построении трехмерной модели детали, задания условия обработки и получения УП. Представленные базовые понятия о работе в компьютерной программе MasterCAM позволяют пользователю моделировать и в дальнейшем выполнять обработку деталей со сложной конфигурацией на станках с ЧПУ. Качественное моделирование обработки детали, с учетом временных рамок, на чемпионатах WorldSkills по компетенциям «Токарные работы на станках с ЧПУ» и «Фрезерные работы на станках с ЧПУ» обеспечивается при профессиональном освоении программного комплекса MasterCAM.

References:

1. (2016) WorldSkills. Available: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WorldSkills> (Accessed: 18.05.2016).
2. (2016) WorldSkills. Available: <https://www.worldskills.org> (Accessed: 18.05.2016).
3. Competition rules for the organization of WorldSkills competitions (2014) WorldSkills International Secretariat.
4. (2016) WORLDSKILLS. Available: <http://old.asi.ru/molprof/worldskills/> (Accessed: 18.05.2016).
5. (2016) WorldSkills. Available: <http://worldskills.ru> (Accessed: 18.05.2016).
6. (2016) DMG MORI. Available: <http://ru.dmgmori.com> (Accessed: 18.05.2016).
7. (2016) MasterCAM. Available: <http://www.mastercam.com/en-us/Solutions/Turning-Solutions/Lathe> (Accessed: 18.05.2016).
8. (2016) Catalogues. Available: <http://sandvik-coromant.ru/catalogues/> (Accessed: 18.05.2016).
9. (2016) Expert. Available: http://forexaw.com/TERMs/Professions/Professional_specialty/1742_Эксперт_Эксперт_это (Accessed: 18.05.2016).