

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация
технологических процессов и производств (по направлениям)»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2019

УДК 621.01
ББК 34.5
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «16» октября 2019 г.,
протокол № 3

Составитель канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

В методических рекомендациях изложены требования к объему, содержанию и оформлению курсового проекта по дисциплине «Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов», даны рекомендации по выполнению всех разделов работы.

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т. Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2019



Содержание

1 Цели и задачи курсового проектирования.....	4
2 Объем и содержание курсового проекта.....	4
3 Пояснительная записка.....	5
3.1 Требования к оформлению записки	5
3.2 Введение.....	7
3.3 Назначение и конструкция детали	7
3.4 Анализ технологичности конструкции детали	8
3.5 Определение типа и организационной формы производства.....	10
3.6 Выбор заготовки.....	10
3.7 Анализ базового техпроцесса.....	13
3.8 Разработка технологического процесса	13
3.9 Расчет припусков на обработку	16
3.10 Расчет режимов резания	17
3.11 Программирование обработки.....	19
3.12 Расчет норм времени	24
3.13 Уточнение типа производства.....	32
3.14 Заключение.....	34
4 Графическая часть проекта.....	34
4.1 Чертеж заготовки	34
4.2 Чертеж детали	35
4.3 Чертежи операционных эскизов.....	36
4.4 Чертежи инструментальных наладок	38
4.5 Обозначение чертежей	39
5 Технологическая документация на операции, выполняемые на станках с ЧПУ.....	39
Список литературы	42
Приложение А.....	44



1 Цели и задачи курсового проектирования

Цель курсового проектирования – научить студентов разрабатывать прогрессивные технологические процессы механической обработки деталей машин на основе современных достижений науки и техники.

Задачи курсового проектирования:

- выбор и обоснование рационального метода получения заготовки;
- разработка прогрессивного технологического процесса изготовления детали;
- детализированное проектирование операции обработки на станке с ЧПУ;
- техническое нормирование операций технологического процесса;
- заполнение технологической документации.

Следует отметить, что в процессе проектирования рекомендуется разрабатывать на основе анализа рациональный технологический процесс, использовать современное высокопроизводительное оборудование, прогрессивные конструкции различных автоматических устройств и режущих инструментов.

2 Объем и содержание курсового проекта

Темой курсового проекта может быть технологический процесс изготовления вала (шестерни, корпуса и т. п.).

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, графической части и альбома технологической документации.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

- введение;
- назначение и конструкция детали;
- анализ технологичности конструкции детали;
- определение типа и организационной формы производства;
- выбор заготовки;
- разработка техпроцесса;
- расчет припусков на обработку;
- расчет режимов резания;
- программирование обработки;
- расчет норм времени;
- заключение.

Объем графической части проекта составляет три листа формата А1. Графическая часть, как правило, содержит следующие материалы:

- чертеж детали (0,5 листа);
- чертеж заготовки (0,5 листа), по усмотрению руководителя может быть заменен на чертеж станочного (контрольного) приспособления;
- операционные эскизы (1 лист);
- расчетно-технологическую карту (1 лист);



Объем конкретного проекта определяет его руководитель и записывает в задание на курсовое проектирование.

В альбом технологической документации должны быть включены следующие документы:

- титульный лист;
- маршрутная карта;
- операционные карты (на все операции);
- карты эскизов (на все операции);
- карта технического контроля.

По заданию руководителя проекта дополнительно могут быть включены:

- карта наладки (одна операция);
- карта кодирования информации (одна операция).

3 Пояснительная записка

3.1 Требования к оформлению записки

Текстовая часть пояснительной записки предоставляется отпечатанной на принтерном устройстве ЭВМ на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.105–95.

Первым листом документа является титульный лист, вторым – лист задания на курсовое проектирование, третьим – первый лист содержания документа с основной надписью, выполненной по форме 2 ГОСТ 2.104–2006. Все последующие листы, кроме чертежей, выполняются с основной надписью 2а того же ГОСТа. В графу 2 основной надписи записывается код (обозначение) документа. Порядок кодирования чертежей и пояснительной записки приведен в разделе 4 «Обозначение чертежей».

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Названия разделов, включенных в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строки – не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней линии рамки должно быть не менее 10 мм.

Текст записки делят на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Разделы должны иметь заголовки. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, строчными буквами, полужирным шрифтом размером на 1–2 пункта больше, чем в основном тексте, без подчеркивания.



Заголовки подразделов печатают с абзацного отступа строчными буквами (кроме первой прописной) полужирным шрифтом размером шрифта основного текста.

Пункты, как правило, заголовков не имеют. При необходимости заголовков пункта печатают с абзацного отступа полужирным шрифтом размером шрифта основного текста.

Расстояние между заголовками (за исключением заголовка пункта) и текстом должно составлять 2 межстрочных интервала. Если между двумя заголовками текст отсутствует, то расстояние между ними устанавливается в 1,5–2 межстрочных интервала.

Каждую структурную часть документа следует начинать с нового листа. Страницы нумеруются арабскими цифрами, которые проставляют в последней графе основной надписи листа без точки в конце. Каждая из формул пишется в документе на отдельной строке симметрично основному тексту. Расчеты, выполненные по приведенной формуле, записываются на следующей строке. Промежуточные результаты не записываются.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулы, должны быть приведены непосредственно под формулами. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формулах. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример – Минутная подача S_m , мм/мин, рассчитывается по формуле

$$S_m = S_0 \cdot n, \quad (3.1)$$

где S_0 – подача на оборот детали, мм/об;

n – частота вращения детали, мин⁻¹.

Иллюстрации (пояснительные рисунки, схемы) должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Их следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают симметрично полю иллюстрации, например: Рисунок 3.1 – Схема расположения операционных припусков.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблицы в соответствии с рисунком 3.1.

Таблицы слева и справа, снизу и сверху ограничивают линиями. Линии, ограничивающие формат листа, не могут служить линиями таблицы.



Таблица 1 – Химический состав качественных углеродистых конструкционных сталей
В процентах

Марка стали	C	Si	Mn	P	S
Сталь 45	0,4...0,5	0,17...0,37	0,50...0,80	0,045	0,045

Рисунок 3.1 – Вид таблицы, используемой в пояснительной записке

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны документа на отдельной странице.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут «Продолжение таблицы» с указанием её номера.

Если все показатели в графах таблицы выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой ее частью.

3.2 Введение

Во введении приводятся особенности выполняемого проекта, технический уровень используемых станков и инструментов, станочных и контрольных приспособлений, вспомогательного инструмента. Дается авторская оценка уровня технологических и конструкторских разработок, их особенностей и отличительных характеристик.

Введение, как правило, не должно превышать одной страницы текста.

3.3 Назначение и конструкция детали

Раздел начинается с определения класса деталей, к которому относится заданная в проекте (работе) деталь (класс валов, полых цилиндров, зубчатых колес, корпусов, рычагов, вилок и т. п.).



Далее дается описание работы и назначение узла в машине и детали в узле по материалам (отчету) второй конструкторско-технологической практики. При этом указываются основные и вспомогательные конструкторские базы, исполнительные поверхности. Здесь же анализируются допуски на размеры, форму и взаимное расположение поверхностей детали, указывается, почему к этим поверхностям предъявляются такие требования. При необходимости такой анализ сопровождается эскизами.

В этом же разделе описывается вид термической обработки детали и цель ее проведения.

Заканчивается раздел таблицами химического состава и механических свойств материала детали [3, 5].

3.4 Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности является одним из важных этапов в разработке технологического процесса, от которого зависят его основные технико-экономические показатели: металлоемкость, трудоемкость, себестоимость.

Анализ технологичности проводится, как правило, в два этапа: качественный анализ и количественный анализ.

Так, детали типа валов признаются технологичными, если они отвечают следующим требованиям [3]:

- возможность максимального приближения формы и размеров заготовки к размерам и форме детали;
- наличие поверхностей, которые могут быть использованы для надёжного захвата детали рабочим органом манипулятора (робота);
- наличие поверхностей для базирования деталей на автоматических транспортных средствах (транспортёрах, тактовых столах и т. п.);
- наличие смещения центра тяжести вала по оси относительно его середины, что упрощает его ориентацию в автоматических ориентирующих устройствах;
- возможность вести обработку проходными резцами;
- возможность вести многоинструментную обработку;
- уменьшение диаметров поверхностей от середины к торцам вала или от одного торца к другому;
- возможность замены закрытых шпоночных пазов открытыми;
- жесткость вала, обеспечивающая достижение необходимой точности при обработке ($l : d < 10 \dots 12$).

Зубчатые колеса признаются технологичными, если они имеют [3]:

- центральное отверстие простой формы;
- простую конфигурацию наружного контура (наиболее технологичными являются зубчатые колеса простой формы без выступающих ступиц);
- ступицы с одной стороны, что позволяет вести обработку на зубо-фрезерных станках по две заготовки;

- симметрично расположенную перемычку между венцом и ступицей, что уменьшает коробление детали при термообработке;
- возможность штамповки фигурной перемычки между венцом и ступицей;
- достаточное расстояние между венцами для обработки на зубофрезерных станках (для двухвенцовых зубчатых колес при модуле более 4 мм).

Корпусные детали признаются технологичными, если они имеют:

- простые (плоские или цилиндрические) формы обрабатываемых поверхностей;
- минимальное количество и объем напусков;
- поверхности, которые можно обработать с применением простых инструментов и минимальным количеством переходов;
- поверхности, которые можно использовать в качестве технологических баз (сочетание трех взаимно перпендикулярных плоскостей, плоскость и два отверстия);
- поверхности для размещения зажимных элементов (прихватов) при закреплении заготовки в станочных приспособлениях и приспособлениях-спутниках;
- поверхности, обеспечивающие устойчивое положение заготовок (деталей) в автоматических транспортных системах;
- достаточные межосевые расстояния отверстий для обработки инструментами одной многошпиндельной головки;
- достаточную жесткость для одновременной многоинструментальной обработки (концентрации переходов и операций).

Для всех классов деталей признаются нетехнологичными следующие элементы:

- глубокие отверстия ($l : d > 5$);
- отверстия, расположенные под углом к оси, плоскости и т. п.;
- глухие отверстия с резьбой;
- закрытые с одной или двух сторон пазы.

Не следует относить к нетехнологичным требования к точности размеров и формы поверхностей деталей и шероховатости, т. к. они вытекают из служебного назначения детали. В определенных случаях при использовании современного оборудования, инструментов и технологической оснастки некоторые ранее считавшиеся нетехнологичными поверхности могут переходить в разряд технологичных.

Количественная оценка технологичности выполняется согласно ГОСТ 14.201–83.

Заканчивается этот раздел выводами о технологичности конструкции детали.



3.5 Определение типа и организационной формы производства

Тип производства определяется по годовому выпуску и массе деталей по таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Выбор типа производства по годовому выпуску и массе деталей

Масса детали, кг	Величина годовой программы выпуска, шт.				
	Единичное производство	Мелко-серийное производство	Средне-серийное производство	Крупно-серийное производство	Массовое производство
До 1	10	10...2000	1500...100000	75000...200000	>200000
1...2,5	10	10...1000	1000...50000	50000...100000	>100000
2,5...5	10	10...500	500...35000	35000...75000	>75000
5...10	10	10...300	300...25000	25000...50000	>50000
10...50	10	10...200	200...10000	10000...25000	>25000
>50	5	5...10	10...50	50...1000	>1000

В серийном производстве выпуск деталей каждого наименования распределяют партиями равномерно на весь календарный год. Размер партии рассчитывают по формуле

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}, \quad (3.2)$$

где a – периодичность запуска деталей;

Φ – количество рабочих дней в году.

Рекомендуется следующая периодичность запуска деталей: крупных – 3...6 дн., средних – 12 дн., мелких – 24 дн. [17].

3.6 Выбор заготовки

При выборе метода получения заготовки решающими факторами являются форма, масса, материал, объем выпуска деталей. Окончательное решение о выборе метода принимается на основе технико-экономических расчетов.

Заготовки деталей, обрабатываемых в автоматизированном производстве, должны иметь припуски с минимальными колебаниями. Если это условие не удастся обеспечить при получении заготовки, то вводят обдирочную операцию.

При выполнении экономических расчетов в данном разделе стоимость материалов, оборудования и тарифные ставки рабочих принимаются такими, какими они установлены на предприятиях. Для выбора метода получения заготовки сравниваются стоимости заготовок S_1 и S_2 по двум возможным методам их получения.

Стоимость заготовок из проката рассчитывается по формуле [3]

$$S_2 = M + \sum C_{o.з.}, \quad (3.3)$$

где M – затраты на материал заготовки, р.;

$\sum C_{o.з.}$ – технологическая себестоимость правки, калибрования, разрезки, р.

Расчет затрат на материалы выполняется по формуле

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{omx}, \quad (3.4)$$

где Q – масса заготовки (рассчитывается через объем и плотность материала заготовки), кг;

S – цена 1 кг материала заготовки, р.;

q – масса детали, кг;

S_{omx} – цена 1 кг отходов, р.

В отходы включается не только разность между массой заготовки и детали (стружка), но и остаток прутка, образующийся из-за того, что длина заготовки и длина прутка не кратны. Сталь горячекатаная круглая по ГОСТ 2590–2006 поставляется в прутках длиной 1...6 м.

$$\sum C_{o.з.} = \frac{C_{n.з.} \cdot t_{um.(um-к)}}{60}, \quad (3.5)$$

где $C_{n.з.}$ – приведенные затраты на рабочем месте, р./ч;

$t_{um.(um-к)}$ – штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции, мин.

Значения приведенных затрат $C_{n.з.}$ на рабочем месте следует принимать с учетом действующих цен.

Штучное или штучно-калькуляционное время $t_{um.(um-к)}$ на отрезание заготовки вала из прутка рассчитывается по формуле

$$t_{um.(um-к)} = \frac{L_{рез.} + l_{вр} + l_{пер}}{S_M} \cdot \varphi, \quad (3.6)$$

где $L_{рез.}$ – длина резания при разрезании проката на штучные заготовки (может быть принята равной диаметру проката: $L_{рез.} = D$), мм;

$l_{вр}$, $l_{пер}$ – величина врезания и перебега, мм (при разрезании дисковой пилой $l_{вр} + l_{пер} = 6...8$ мм);

S_M – минутная подача при разрезании, $S_M = 50...80$ мм/мин;



φ – коэффициент, показывающий долю вспомогательного времени в штучном; $\varphi = 1,84$ – для мелко- и среднесерийного производства, $\varphi = 1,5$ – для крупносерийного и массового производства.

Расчет стоимости заготовок, полученных литьем или штамповкой, выполняется по формуле [3]

$$S_2 = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q)S_{отх}, \quad (3.7)$$

где C_i – базовая стоимость одной тонны заготовок, р.;

Q – масса заготовки;

K_m – коэффициент, зависящий от класса точности;

K_c – коэффициент, зависящий от степени сложности;

K_g – коэффициент, зависящий от массы заготовки;

K_M – коэффициент, зависящий от марки материала;

K_n – коэффициент, зависящий от объема выпуска заготовок.

Значения указанных коэффициентов приводятся в [3].

Перед расчетом стоимости заготовки вычерчивается ее эскиз, назначаются припуски, устанавливаются размеры, по которым рассчитываются объем и масса заготовки Q .

Для штампованных заготовок по ГОСТ 7505–89 устанавливаются:

- группа материала M ;
- класс точности T ;
- степень сложности C ;
- исходный индекс.

По исходному индексу в соответствии с ГОСТ 7505–89 определяются припуски на обрабатываемые поверхности и предельные отклонения размеров заготовки.

Параметры литых заготовок устанавливаются по ГОСТ 26645–85. Заканчивается этот раздел расчетом экономического эффекта:

$$\mathcal{E}_{заг} = (S_1 - S_2)N, \quad (3.8)$$

где S_1 и S_2 – стоимость заготовки по двум рассматриваемым вариантам ее получения;

N – годовой объем выпуска деталей.

Это не значит, что чем дешевле заготовка, тем выше экономическая эффективность техпроцесса обработки деталей. Все решает трудоемкость выполняемых операций при формировании детали из разных заготовок.

3.7 Анализ базового техпроцесса

Студенты, у которых отсутствует базовый техпроцесс, раздел не выполняют.

Разработка нового техпроцесса изготовления детали начинается с анализа существующего техпроцесса.

При анализе существующего техпроцесса рекомендуется рассмотреть следующие вопросы:

- определить соответствие метода получения заготовки установленному типу производства;
- рассмотреть выбор черновых, чистовых и промежуточных баз на операциях технологического процесса, выявить соблюдение принципов постоянства и совмещения баз;
- установить, обеспечивает ли последовательность и количество операций (переходов) техпроцесса заданную точность поверхностей детали, имеющих минимальные значения допусков на размер, форму и их взаимное расположение;
- установить соответствие параметров принятого оборудования размерам обрабатываемой детали, точности обработки, производительности;
- рассмотреть степень концентрации операций (переходов) технологического процесса;
- определить степень применимости высокопроизводительного современного оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента, новых марок материалов его режущей части;
- определить степень оснащённости техпроцесса механизированными и автоматически действующими приспособлениями.

Для выполнения этого раздела в пояснительной записке приводится маршрутный базовый техпроцесс с кратким содержанием операций.

По результатам анализа излагаются предложения по совершенствованию техпроцесса и разрабатывается новый техпроцесс.

3.8 Разработка технологического процесса

При разработке техпроцесса необходимо использовать следующие рекомендации:

- тщательно проверить возможность встраивания в автоматическую линию выбранных для техпроцесса станков;
- определить технологические базы заготовки и решить, можно ли на принятых базах выполнить все операции обработки детали и обеспечить требуемую точность и шероховатость её поверхностей;
- в качестве технологических баз следует принимать такие поверхности заготовки, которые обеспечивают их удобную установку, надёжную фиксацию и закрепление в приспособлении станков;



– определить, позволяют ли принятые технологические базы обрабатывать деталь в стационарных станочных приспособлениях или в приспособлениях-спутниках;

– определить концентрацию операций (переходов) на отдельных станках, учитывая при этом, что сложные наладки требуют дополнительных затрат времени на замену инструментов;

– разработанный технологический процесс обработки детали должен предусматривать выполнение сначала черновых, затем получистовых и в конце чистовых операций (переходов);

– определить возможности использования современных обрабатывающих центров;

– проверить, обеспечивается ли необходимая точность всех обрабатываемых поверхностей детали при её обработке.

Последняя рекомендация выполняется для одной (самой точной) поверхности детали по коэффициенту уточнения.

Проверка начинается с установления общего количества этапов обработки, требуемых для обеспечения заданных показателей точности выбранной поверхности. Устанавливается необходимое общее уточнение в процессе обработки по формуле

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (3.9)$$

где $T_{\text{заг}}$ и $T_{\text{дет}}$ – допуски исходной заготовки и готовой детали соответственно.

Затем следует определить количество переходов обработки по формуле

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{\text{общ}}}{0,46}. \quad (3.10)$$

Для условий массового и крупносерийного производства полученное значение, как правило, округляется в большую сторону, а в условиях мелкосерийного и единичного – в меньшую.

Точность обработки на промежуточных стадиях устанавливается на основании зависимости

$$\varepsilon_{\text{обр}} = \prod \varepsilon_i \geq \varepsilon_{\text{общ}}, \quad (3.11)$$

где $\varepsilon_{\text{обр}}$ – уточнение, достигаемое при выполнении технологического процесса;

ε_i – уточнение, достигаемое в процессе выполнения отдельного технологического перехода.

При разделении общего уточнения на сомножители учитывают, что на первой стадии методы черновой обработки поверхности обеспечивают



$\varepsilon_{черн} < 6$, на второй стадии обработки получистовыми и чистовыми методами – $\varepsilon_{чист} < 3...4$, на третьей стадии обработки (обработка с точностью 5–7 качества) – $\varepsilon_{отд} < 1,5...2$; $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > ... > \varepsilon_i$, а также сведения о точности обработки [1].

Устанавливается количество операций (переходов) механической обработки и их содержание.

На стадии предварительного проектирования технологического маршрута разрабатываются эскизы обработки с указанием поверхностей обработки и базирования, с простановкой размерных линий без численных величин размеров, которые вместе с допусками определяются в ходе расчета технологических размерных цепей (по согласованию с руководителем).

При выполнении этого раздела в пояснительной записке приводится маршрутный технологический процесс. Здесь же дается обоснование выбора конкретных моделей станков, станочных приспособлений, режущих и мерительных инструментов.

Принятый маршрутный процесс оформляется в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Маршрутный техпроцесс изготовления вала КТМ.00

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент, размеры, марка инструментального материала	Технологическая база
005	Фрезерно-центровальная 1 Фрезерование торцов 2 Сверление центровых отверстий	МР-77	Фреза торцовая $\varnothing 125$; Т5К10; Сверло центровочное $\varnothing 4$; Р6М5	Поверхности заготовки $\varnothing 40$, торец
010	Токарная с ЧПУ 1 Черновое точение поверхностей $\varnothing 37$, $\varnothing 42$, $\varnothing 50$ 2 Чистовое точение поверхностей $\varnothing 35$, $\varnothing 40$ 3 Точение фасок 4 Точение канавки	16К20Ф3	Резец проходной 16х25, Т5К10; Резец канавочный Т5К10	Центровые отверстия, торец
015	Вертикально- фрезерная 1 Фрезерование шпоночного паза ($\varphi = 8N9$, $l = 32$)	6М12П	Фреза шпоночная $\varnothing 12$, Р6М5	Цилиндрические поверхности $\varnothing 25$, $\varnothing 30$, торец
020	Термическая			
	...			
045	Контрольная	Стол ОТК		

3.9 Расчет припусков на обработку

В курсовом проекте расчетно-аналитический метод определения припусков на обработку применяется в отношении наиболее точной поверхности. Такая поверхность определяется вместе с руководителем проекта.

Исходными условиями являются:

- метод получения заготовки;
- размер поверхности по чертежу детали;
- маршрут обработки поверхности.

Расчет сопровождается таблицей (таблица 3.3) и схемой графического расположения припусков и допусков (рисунок 3.2). Все расчетные формулы, справочные сведения и примеры расчетов приведены в [3].

На остальные поверхности припуски назначают на основе опытно-статистического метода. Общие припуски определяют при расчете заготовки. Межоперационные припуски назначаются в соответствии с рекомендациями:

- при назначении межоперационных припусков следует соблюдать условие

$$z_{i \text{ ном}} = (2...4)TA_{i-1}, \quad (3.12)$$

где $z_{i \text{ ном}}$ – номинальный припуск на i -й операции;

TA_{i-1} – допуск на обработку на предшествующей операции.

Значения всех припусков сводятся в таблицу 3.4.

Таблица 3.3 – Расчет припусков на механическую обработку ступени вала $\varnothing 30h6$ ($l = 50$; $Ra = 1,6$ мкм, обработка ведется в центрах)

Технологическая операция или переход обработки шейки вала $\varnothing 30h6$	Элемент припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{i \text{ min}}$, мкм	Расчетный размер D_{pi} , мм	Допуск TD , мкм
	$R_{z\ i-1}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_i			
Заготовка (пруток $\varnothing 50$)	150	250	700	0	–	50	1400
Токарная							
1 Обдирка до $\varnothing 32$	–	–	–	–	–	32,735	740
2 Точить начерно	50	50	42	0	$2 \cdot 1100$	30,535	210
3 Точить начисто	30	30	28	0	$2 \cdot 142$	30,251	84
Шлифовальная:							
1 Шлифовать предварительно	10	20	14	0	$2 \cdot 88$	30,075	21
2 Шлифовать окончательно	5	15	–	–	$2 \cdot 44$	29,987	13
Итого					$2 \cdot 1244$		



Таблица 3.4 – Припуски и предельные отклонения на обрабатываемые поверхности вала

В миллиметрах

Размер детали	Припуск		Предельные отклонения
	табличный	расчетный	
$\varnothing 30 h6$	–	$2 \cdot 1,374$	+0,4 –1,0
...

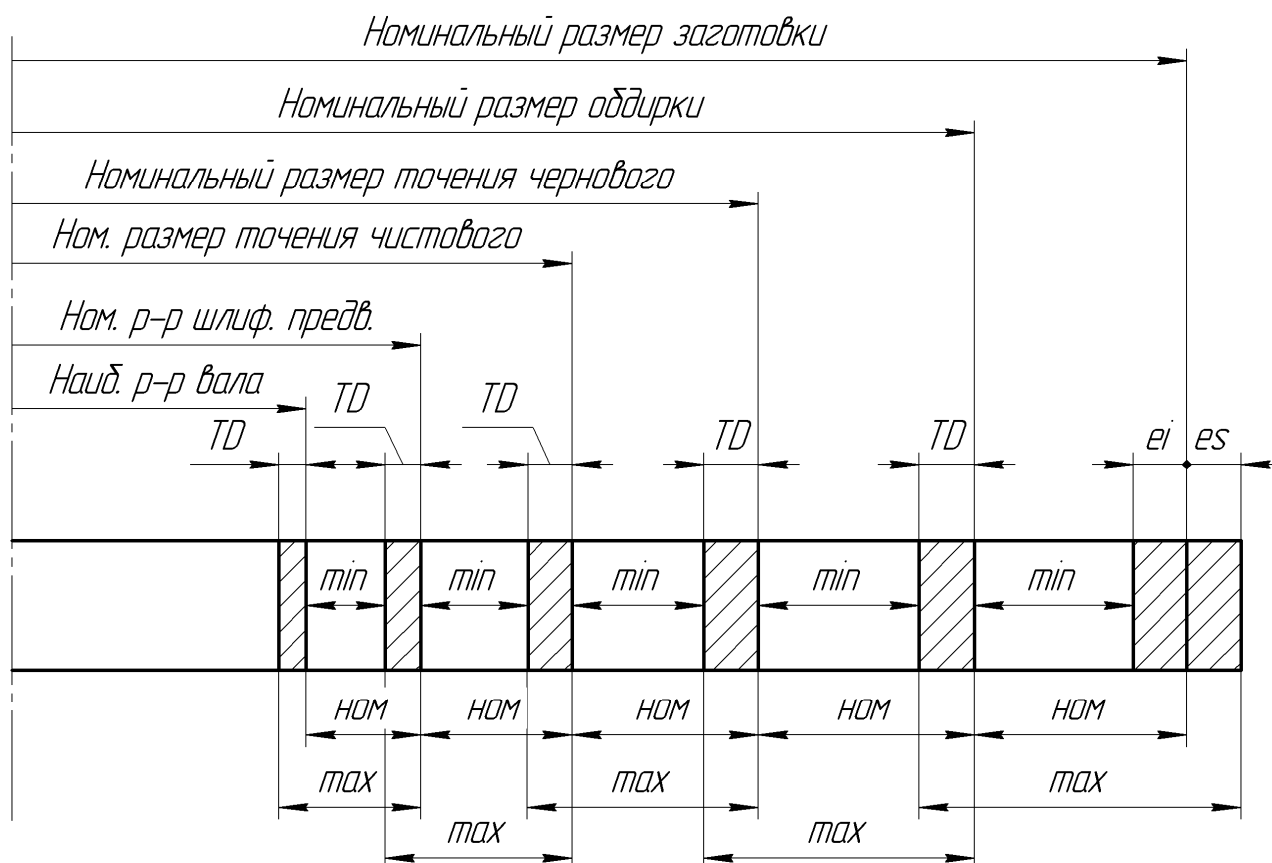


Рисунок 3.2 – Схема расположения операционных припусков и допусков на различных стадиях обработки валов

3.10 Расчет режимов резания

В данном разделе подробно рассчитываются режимы резания на четыре разнохарактерные операции: на две операции – по аналитическим формулам теории резания металлов, на две другие – по нормативам.

Расчет режимов резания с использованием аналитических формул выполняется по [8].

Для расчета режимов резания по нормативам могут быть использованы [6, 14].

Расчет режимов резания для всех операций начинается с описания исходных условий обработки, которые включают:

- номер и наименование операции;
- краткое содержание операции;
- наименование и модель станка;
- наименование режущего инструмента, его размеры, марку материала режущей части.

Глубина резания определяется с учетом величины припуска и маршрутной технологии (черновая, чистовая, окончательная обработка и т. д.) обработки поверхности.

Подача на оборот S_o (подача на зуб S_z при фрезеровании) выбирается в зависимости от глубины резания по справочникам. Справочные значения подачи корректируются и принимаются окончательно по паспортным данным станка выбранной модели. Такие данные имеются в [3, 6, 8, 14].

Скорость резания V_p рассчитывается по формулам теории резания или нормативам. По полученному значению скорости определяется расчетная частота вращения шпинделя:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi \cdot D}, \quad (3.13)$$

где D – диаметр детали или инструмента.

Полученное значение частоты вращения корректируется (принимается меньшее) по паспорту станка и принимается окончательно (только для станков, имеющих ступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя). По принятой частоте вращения определяется действительная скорость резания:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (3.14)$$

В заключение рассчитывается эффективная мощность резания N_e и сравнивается с мощностью главного привода станка N_{cm} с учетом его КПД.

Аналогично рассчитываются режимы резания (в пояснительной записке расчеты не приводятся) на все остальные операции и записываются в операционные карты и сводную таблицу режимов резания (таблица 3.5).



Таблица 3.5 – Сводная таблица режимов резания

Но- мер опе- ра- ции	Наименование операции, перехода	Глу- бина реза- ния t , мм	Длина ре- зания $l_{рез}$, мм	Подача S_0 , мм/об		Скорость V , м/мин		Частота вращения, мин ⁻¹		Ми- нутная подача S_m , мм/мин	Основ- ное время t_0 , мин
				расчет- ная	при- нятая	расчет- ная	при- нятая	расчет- ная	при- ня- тая		
010	Токарная с ЧПУ 1 Точить начерно $\varnothing 40$	2,0	23	0,4	0,4	118	118	939	939	375	0,06

015	Вертикаль- но-фрезерная 1 Фрезеро- вать шпо- ночный паз 8N9	4	24	0,24	0,25	17,5	15,8	695	630	160	2,1

3.11 Программирование обработки

3.11.1 Проектирование содержания операции.

Исходными данными при выполнении данного раздела являются:

- чертеж обрабатываемой детали (рисунок 3.3);
- форма и размеры заготовки (например, прокат $\varnothing 50 \times 196,4$);
- тип и характеристики используемого оборудования (токарный станок модели 16К20Ф3).

На основе содержания операции устанавливается последовательность обработки. Для обработки левой стороны вала, представленного на рисунке 3.3, последовательность следующая.

Переход 1 – точить начерно $\varnothing 30$, $\varnothing 40$, $\varnothing 49$; режущий инструмент – упорно-проходной резец.

Переход 2 – точить начисто $\varnothing 30$, $\varnothing 40$, $\varnothing 49$, точить фаски; режущий инструмент – упорно-проходной резец.

Переход 3 – точить канавки под стопорные кольца, канавки под выход шлифовального круга; режущий инструмент – канавочный резец.

Схема базирования: обработка в центрах – задний центр вращающийся, передний центр плавающий с упором в торец, вращение передается поводком.

Устанавливается количество и состав инструмента, закрепляемого в револьверной головке, с указанием точки привязки инструмента (рисунок 3.4).



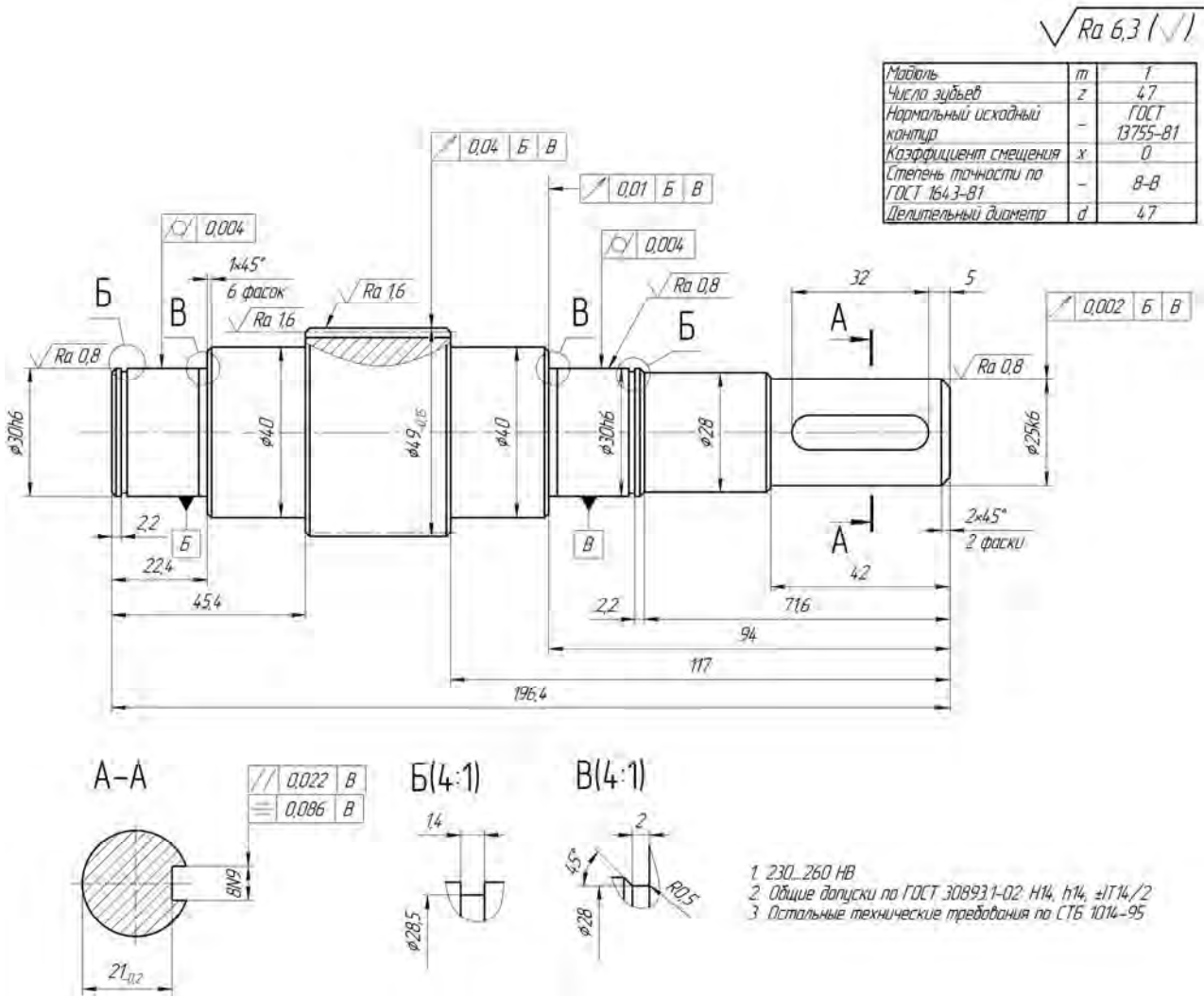


Рисунок 3.3 – Чертеж детали

T1 – черновой
упорно-проходной

T3 – чистовой
упорно-проходной

T5 – канавочный
B = 1,4 мм

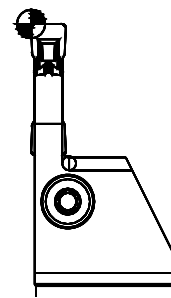
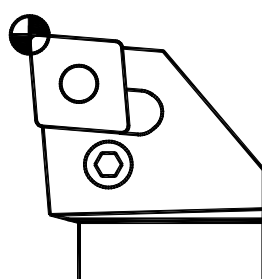
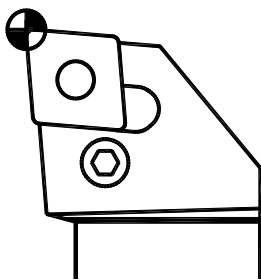


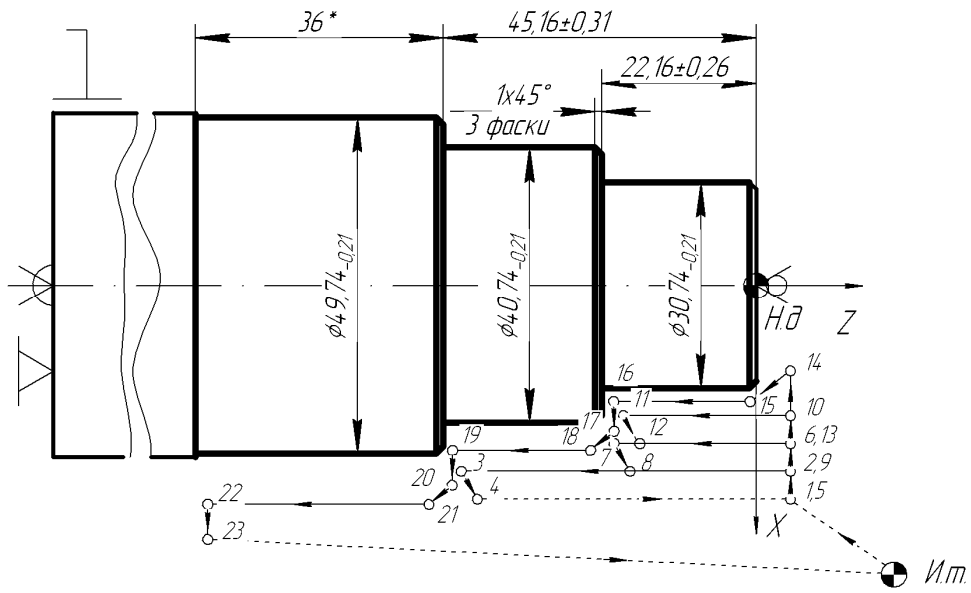
Рисунок 3.4 – Режущий инструмент

3.11.2 Разработка расчетно-технологической карты.

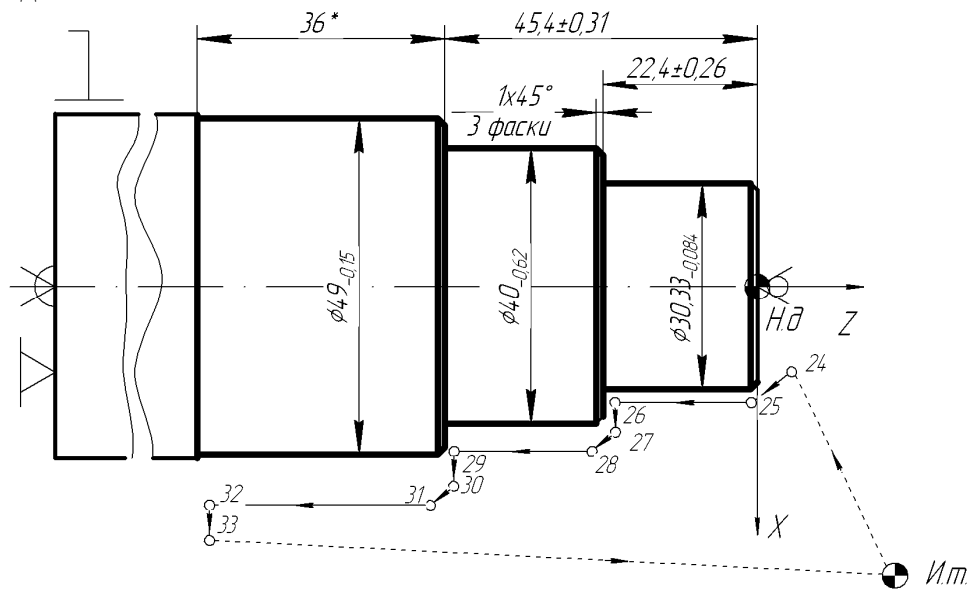
Разработка схемы движения начинается с определения положения нуля детали и исходной точки. За ноль детали можно принять любую точку, но чаще всего принимают точку, расположенную на правом торце детали с координатой X, равной 0 (для токарной обработки) (рисунок 3.5).



Переход 1



Переход 2



Переход 3

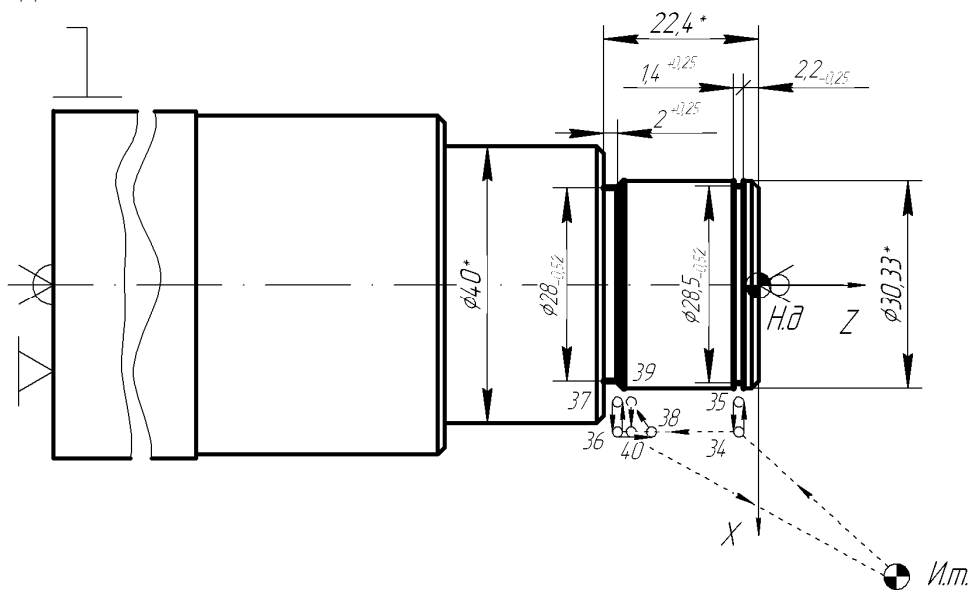


Рисунок 3.5 – Траектории перемещения инструмента при обработке вала



Из нуля детали строятся оси системы координат и наносится их обозначение (см. рисунок 3.5). При выборе нуля детали следует учитывать следующие требования [15]:

- нуль должен, по возможности, находиться на физической поверхности детали – сокращаются затраты времени на наладку;
- нуль должен совпадать с конструкторской базой – тем самым отпадает необходимость в пересчетах размерных цепей;
- нуль должен обеспечивать удобство программирования.

После выбора нуля детали выбирают положение исходной точки – точки, в которой находится инструмент перед началом обработки. Она должна быть выбрана таким образом, чтобы суппорт (шпиндель) и закрепленный инструмент не мешали смене заготовок, но при этом она должна быть как можно ближе к заготовке с целью сокращения затрат времени на холостые ходы. Положение наносится на эскизе с обозначением ее координат (см. рисунок 3.5).

На схеме движения инструментов изображаются траектории движения режущих кромок инструментов, участвующих в обработке детали. Сплошными линиями указываются рабочие движения, а пунктирными – холостые. Последовательно расположенные опорные точки, в которых происходит изменение направления движения инструмента, обозначают арабскими цифрами. Цифра соответствует номеру точки. Направление движения указывается стрелкой (см. рисунок 3.5).

Схема движения инструментов предназначена для учета всех без исключения перемещений инструментов как по величине, так и по направлению. Если в обработке детали участвуют до трех инструментов при небольшом количестве опорных точек, то вычерчивается общая схема для всех инструментов. При большом числе инструментов и значительном количестве опорных точек следует вычерчивать схему движения для каждого инструмента отдельно. При построении траектории в обязательном порядке необходимо учитывать следующий момент: начинаться и заканчиваться движение инструмента с рабочей подачей должно на некотором расстоянии от заготовки (запас на врезание и перебег – обычно 0,5...2 мм).

На этом этапе устанавливают также необходимые вспомогательные команды на смену режущего инструмента, изменение частоты вращения шпинделя и величин подач, включение подачи смазывающе-охлаждающих технических средств (СОТС) в зону обработки и другие технологические команды.

Проектирование расчетно-технологической карты завершается составлением таблицы координат опорных точек (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Координаты опорных точек

Номер опорной точки	X	Z	Номер опорной точки	X	Z	Номер опорной точки	X	Z
И. т.	60	20	28	39,7	-23,4	35	28,24	-3,6
1	53	2	29	39,7	-45,4	36	32	-22,4
23	26	-83	30	46,92	-45,4	37	27,74	-22,4
24	28,29	1	31	48,92	-46,4	38	32	-19,8
25	30,29	-1	32	48,92	-82	39	27,74	-21,8
26	30,29	-22,4	33	53	-82	40	32	-21,8
27	37,7	-22,4	34	32	-3,6			

3.11.3 Кодирование и запись управляющих программ.

Составление программы осуществляется согласно инструкции по программированию конкретного станка.

Управляющая программа состоит из кадров, которые представляют собой последовательность слов (адресов) [15].

Каждое слово в кадре управляющей программы должно состоять из символа адреса (латинская прописная буква по таблице А.1), математического знака «Плюс» или «Минус» (при необходимости), последовательности цифр.

Перечень наиболее часто используемых подготовительных функций приведен в таблице А.2, вспомогательных – в таблице А.3.

Наиболее часто используемые технологические циклы токарной обработки, а также особенности программирования УЧПУ фирмы «Сименс» приведены в таблице А.4.

Для рассматриваемого примера текст управляющей программы будет выглядеть следующим образом (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Текст управляющей программы по обработке вала (см. рисунок 3.3)

Содержание кадра	Комментарий
T1 D1	Установка черного резца на обработку
G96 S118 F0.4 LIMS=2000 M3	Назначение черновых режимов резания
G0 X53 Z2	Установка инструмента в точку начала цикла
CYCLE95 (“STR:ENF”, 4, 0, 0, 0.142, 0.142, 0.2, 0.1, 9, 0, 0, 0)	Задание цикла черновой обработки параллельно оси Z в соответствии с профилем от метки STR до метки ENF; черновая обработка с получистовым рабочим ходом; с припуском под последующую чистовую обработку в размере 0,142 мм
G0 X60 Z20	
T3 D1	Установка чистового резца на обработку
G96 S160 F0.5	Назначение чистовых режимов резания



Окончание таблицы 3.7

Содержание кадра	Комментарий
STR: G0 X28.29 Z1	Программирование чистовой обработки по контуру
G1 X30.29 Z-1	
Z-22.4	
X37.7	
X39.7 Z-23.4	
Z-45.4	
X46.92	
X48.92 Z-46.4	
Z-82	
ENF: X53	
G0 X60 Z20	
T5 D1	Установка канавочного резца на обработку
G96 S160 F0.1	Назначение режимов резания для точения канавок
X32 Z-3.6	Обработка первой канавки
G1 X28.24	
G4 F0.5	Пауза для проточки дна канавки
G0 X32	
Z-22.4	Обработка второй канавки
G1 X27.74	
G4 F0.5	
X32	
G0 Z-19.8	
G1 X27.74 Z-21.8	
X32	
G0 X60 Z20 M30	

3.12 Расчет норм времени

3.12.1 Расчет норм времени для операций, выполняемых на станках с ручным управлением.

Расчет норм времени выполняется для всех операций в соответствии с методикой, представленной в [2].

В крупносерийном и массовом производстве рассчитывается норма штучного времени:

$$t_{шт.} = t_o + t_e + t_{обс} + t_{отд}, \quad (3.15)$$

где t_o – основное время;

t_e – вспомогательное время;



$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места;

$t_{отд}$ – время на отдых.

В мелко- и среднесерийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени:

$$t_{ум-к.} = t_{ум.} + \frac{t_{н.з.}}{n}, \quad (3.16)$$

где $t_{н.з.}$ – подготовительно-заключительное время;

n – размер партии деталей.

Основное время находят по формуле

$$t_0 = \frac{L_{pez} + l_{gp} + l_{nep}}{S_0 \cdot n} i, \quad (3.17)$$

где i – количество рабочих ходов.

Вспомогательное время $t_в$ состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$t_в = t_{yc.} + t_{з.о} + t_{yn.} + t_{из.}, \quad (3.18)$$

где $t_{yc.}$ – время на установку и снятие детали;

$t_{з.о.}$ – время на закрепление и открепление детали;

$t_{yn.}$ – время на приемы управления станком;

$t_{из.}$ – время на измерение детали.

Оперативное время рассчитывается по формуле

$$t_{он} = t_0 + t_в. \quad (3.19)$$

Время на обслуживание рабочего места и время на отдых $t_{обс}$ и $t_{отд}$ в серийном производстве по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени $t_{он}$ [2].

В массовом производстве время на отдых $t_{отд}$ задается в процентах от оперативного времени [2].

Время на обслуживание $t_{обс}$ в массовом и крупносерийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание $t_{орг}$ и времени на техническое обслуживание $t_{тех}$:

$$t_{обс} = t_{орг} + t_{тех}. \quad (3.20)$$

Подготовительно-заключительное время состоит из ряда составляющих:

– время на получение инструментов и приспособления до начала работы на станке;



- время на наладку станка и установку инструментов и приспособления;
- время перемещений и поворотов рабочих органов станка, на настройку цепей рабочих движений станка;
- время на установку, выверку и регулировку положений упоров;
- время на снятие и сдачу инструментов и приспособлений после окончания обработки партии деталей на станке.

3.11.2 Расчёт норм времени для операций, выполняемых на станках с ЧПУ.

Норма времени на выполнение операций на станках с ЧПУ при работе на одном станке (3.15) состоит из нормы подготовительно-заключительного времени $t_{н.з.}$ и нормы штучного времени $t_{ум.}$ [4]:

$$t_{ум.} = (t_{ца} + t_{\epsilon} \cdot k_{т\epsilon}) \cdot \left(1 + \frac{a_{mex} + a_{opz} + a_{omd}}{100} \right), \quad (3.21)$$

где $t_{ца}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин;

$k_{т\epsilon}$ – поправочный коэффициент на время выполнения ручной вспомогательной работы в зависимости от партии обрабатываемых деталей;

a_{mex} , a_{opz} , a_{omd} – время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности при одностаночном обслуживании, % от оперативного времени.

$$t_{ца} = t_o + t_{мв}, \quad (3.22)$$

где t_o – основное (технологическое) время на обработку одной детали, мин,

$$t_o = \sum \frac{L_i}{S_{mi}}, \quad (3.23)$$

где L_i – длина пути, проходимого инструментом или деталью в направлении подачи при обработке i -го технологического участка (с учетом врезания и перебега), мм;

S_{mi} – минутная подача на данном технологическом участке, мм/мин;

$t_{мв}$ – машинно-вспомогательное время (в минутах) по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод, установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз (остановок) и т. п.),

$$t_{\epsilon} = t_{\epsilon.y} + t_{\epsilon.on} + t_{\epsilon.изм}, \quad (3.24)$$

где $t_{\epsilon.y}$ – время на установку заготовки и снятие детали вручную или подъемником, мин;



$t_{в.оп}$ – вспомогательное время, связанное с операцией (не вошедшее в управляющую программу), мин;

$t_{в.изм}$ – вспомогательное непрерывное время на измерения, мин.

Нормативное время на установку заготовки и снятие детали предусматривает выполнение следующей работы [4]: взять и установить заготовку, выверить и закрепить; включить и выключить станок; открепить, снять деталь и уложить в тару; очистить приспособление от стружки, протереть базовые поверхности салфеткой.

При установке в специальных приспособлениях вспомогательное время определяют как сумму времени на установку заготовки и снятие одной детали; на установку заготовки и снятие каждой последующей детали свыше одной в многоместных приспособлениях; на закрепление заготовки с учетом количества зажимов; на очистку приспособления от стружки, на протирку базовых поверхностей салфеткой.

Вспомогательное время, связанное с операцией, подразделяется на:

– вспомогательное время, связанное с операцией, не вошедшее во время цикла автоматической работы станка по программе и предусматривающее выполнение следующей работы: установить заданное взаимное положение заготовки и инструмента по координатам X , Y , Z и в случае необходимости произвести поднастройку; проверить приход заготовки или инструмента в заданную точку после обработки; установить щиток от забрызгивания эмульсией и снять;

– машинно-вспомогательное время, связанное с переходом, включенное в программу и относящееся к автоматической вспомогательной работе станка, предусматривающее подвод заготовки или инструмента от исходной точки в зону обработки и отвод; установку инструмента на размер обработки; автоматическую смену инструмента; включение и выключение подачи; холостые ходы при переходе от обработки одних поверхностей к другим; технологические паузы, необходимые при резком изменении направления подачи, проверке размеров, для осмотра инструмента и переустановки или перезакрепления заготовки.

Необходимые размеры деталей, обрабатываемых на станках с числовым программным управлением, обеспечиваются конструкцией станка или режущего инструмента и точностью их настройки. В связи с этим время на контрольные измерения (после окончания работы по программе) должно включаться в норму штучного времени только в том случае, если это предусмотрено технологическим процессом и с учетом необходимой периодичности таких измерений в процессе работы, и только в тех случаях, если оно не может быть перекрыто временем цикла автоматической работы станка по программе.

Время на обслуживание рабочего места дано по типам и размерам оборудования с учетом одностаночного и многостаночного обслуживания в процентах от оперативного времени. Техническое обслуживание рабочего места предусматривает выполнение следующих работ:



- смену инструмента (или блока с инструментом) вследствие его затупления; регулировку и подналадку станка в процессе работы (изменение величины коррекции инструмента);

- сметание и периодическую уборку стружки в процессе работы (кроме сметания стружки с базовых поверхностей установочных приспособлений, время на которое учтено во вспомогательном времени на установку заготовки и снятие детали).

Организационное обслуживание рабочего места включает работу по уходу за рабочим местом (основным и вспомогательным оборудованием, технологической и организационной оснасткой, тарой), относящуюся к рабочей смене в целом:

- осмотр и опробование оборудования в процессе работы;
- раскладку инструмента в начале и уборку его в конце смены (кроме многоцелевых станков);
- смазку и чистку станка в течение смены;
- получение инструктажа мастера, бригадира в течение смены;
- уборку станка и рабочего места в конце смены.

Время на отдых и личные потребности для условий обслуживания одним рабочим одного станка отдельно не выделяется и учтено во времени на обслуживание рабочего места.

Норма подготовительно-заключительного времени представляется как время на приемы подготовительно-заключительной работы на обработку партии одинаковых деталей независимо от партии и определяется по формуле

$$t_{n.з.} = t_{n.з.1} + t_{n.з.2} + t_{np.обр.}, \quad (3.25)$$

где $t_{n.з.1}$ – норма времени на организационную подготовку, мин;

$t_{n.з.2}$ – норма времени на наладку станка;

$t_{np.обр.}$ – норма времени на пробную обработку.

Время на организационную подготовку предусматривает:

- получение наряда, чертежа, технологической документации, программ-носителя, режущего, вспомогательного и контрольно-измерительного инструмента, приспособлений, заготовок до начала и сдачу их после окончания обработки партии деталей на рабочем месте или в инструментальной кладовой;

- ознакомление с работой, чертежом, технологической документацией, осмотр заготовки;

- инструктаж мастера.

В состав работы по наладке станка, инструмента и приспособлений включаются приемы работы наладочного характера, зависящие от назначения станка и его конструктивных особенностей:

- установка и снятие крепежного приспособления;
- установка и снятие блока или отдельных режущих инструментов;
- установка исходных режимов работы станка;



– установка программоносителя в считывающее устройство и снятие его; настройка нулевого положения и др.

Время на пробную обработку деталей на станках токарной (до 630 мм) и револьверной групп включает затраты времени на изготовление детали по программе (время цикла) плюс вспомогательное время на выполнение дополнительных приемов, связанных с измерением детали, вычислением коррекции, введением величин коррекций в систему ЧПУ, и вспомогательное время на приемы управления станком и системой ЧПУ.

Далее приведен пример расчета затрат времени для токарной операции, рассмотренной в подразделе 3.11 (см. рисунок 3.5). $t_{ца}$ определится как сумма затрат времени на элементарные перемещения. Расчеты сведены в таблицу 3.8, по паспорту станка приняты время смены инструмента по программе – 0,5 с на позицию, скорость быстрых перемещений – 5000 мм/мин.

Таблица 3.8 – Затраты времени на работу по программе $t_{ца}$

Элементарное перемещение	Длина перемещения, мм	Характер перемещения	Подача, мм/об	Частота вращения, мин ⁻¹	Подача, мм/мин	Время, мин
1	2	3	4	5	6	7
Переход 1						
T1	–	$t_{мс}$	–	–	–	0,017
ИТ→1	18,248	$t_{мс}$	–	–	5000	0,004
1→2	3,5	$t_{мс}$	–	–	5000	0,001
2→3	46,9	t_o	0,4	784,145	313,66	0,150
3→4	4,95	$t_{мс}$	–	–	5000	0,001
4→5	43,4	$t_{мс}$	–	–	5000	0,009
5→6	7	$t_{мс}$	–	–	5000	0,001
6→7	23,9	t_o	0,4	877,583	351,03	0,068
7→8	4,95	$t_{мс}$	–	–	5000	0,001
8→9	20,4	$t_{мс}$	–	–	5000	0,004
9→10	7	$t_{мс}$	–	–	5000	0,001
10→11	23,9	t_o	0,4	996,302	398,52	0,060
11→12	4,95	$t_{мс}$	–	–	5000	0,001
12→13	20,4	$t_{мс}$	–	–	5000	0,004
13→14	7	$t_{мс}$	–	–	5000	0,001
14→15	4,243	t_o	0,4	996,302	398,52	0,011
15→16	20,4	t_o	0,4	996,302	398,52	0,051
16→17	4	t_o	0,4	996,302	398,52	0,010
17→18	1,414	t_o	0,4	877,583	351,03	0,004
18→19	22	t_o	0,4	877,583	351,03	0,063

Окончание таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7
19→20	3,5	t_o	0,4	784,145	313,66	0,011
20→21	1,414	t_o	0,4	784,145	313,66	0,005
21→22	35	t_o	0,4	784,145	313,66	0,112
22→23	2	t_o	0,4	784,145	313,66	0,006
23→ИТ	90,988	$t_{мв}$	–	–	5000	0,018
Переход 2						
Т3	–	$t_{мв}$	–	–	–	0,017
ИТ→24	24,759	$t_{мв}$	–	–	5000	0,005
24→25	2,828	t_o	0,2	1697,65	339,53	0,003
25→26	21,4	t_o	0,2	1697,65	339,53	0,025
26→27	4	t_o	0,2	1340,25	268,05	0,006
27→28	1,414	t_o	0,2	1273,24	254,65	0,002
28→29	22	t_o	0,2	1273,24	254,65	0,035
29→30	3,5	t_o	0,2	1083,61	216,72	0,006
30→31	1,414	t_o	0,2	1039,38	207,88	0,003
31→32	35	t_o	0,2	1039,38	207,88	0,067
32→33	1,5	t_o	0,2	960,936	192,19	0,003
33→ИТ	101,479	$t_{мв}$	–	–	5000	0,020
Переход 3						
Т5	–	$t_{мв}$	–	–	–	0,017
ИТ→34	27,44	$t_{мв}$	–	–	5000	0,005
34→35	1,75	t_o	0,1	1787	178,7	0,010
Пауза		t_o				0,008
35→34	1,75	$t_{мв}$	–	–	5000	0,000
34→36	18,8	$t_{мв}$	–	–	5000	0,004
36→37	2	t_o	0,1	1818,91	181,89	0,011
Пауза	–	t_o	–	–	–	0,008
37→36	2	$t_{мв}$	–	–	5000	0,000
36→38	2,6	t_o	0,1	1818,91	181,89	0,014
38→39	2,828	t_o	0,1	1818,91	181,89	0,016
Пауза		t_o				0,008
39→40	2	$t_{мв}$	–	–	5000	0,000
40→ИТ	42,757	$t_{мв}$	–	–	5000	0,009
					Итого	0,915

Время на установку и снятие заготовки – $t_{в.у} = 0,13$ мин [4, с. 59], вспомогательное время, связанное с операцией, – $t_{в.оп} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5$ мин [4, с. 79], время на измерения – $t_{в.изм} = 0,08 + 0,08 + 0,1 = 0,26$ мин

[4, с. 84]. Так как время на измерения меньше времени работы по программе, в дальнейшем его не учитываем. Тогда вспомогательное время:

$$t_g = 0,13 + 0,5 = 0,63 \text{ мин.}$$

Принимаем $K_{te} = 1$ ([4, с. 50], партия – 100 шт.), $a_{mex} + a_{opz} = 2,3 \%$ [21, с. 91], $a_{omd} = 2 \%$ [4, с. 93].

Штучное время

$$t_{um.} = (0,915 + 0,63 \cdot 1) \left(1 + \frac{2,3 + 2}{100} \right) = 1,545 \cdot 1,043 = 1,61 \text{ мин.}$$

Составляющие подготовительно-заключительного времени:

– норма времени на организационную подготовку [4, с. 96]: получить наряд, чертеж, технологическую документацию, программноноситель, инструмент, приспособление, заготовки и сдать их после окончания обработки на рабочем месте – 4 мин; ознакомиться с работой, чертежом, технологической документацией, осмотреть заготовки – 2 мин; инструктаж мастера – 2 мин. Тогда

$$t_{n.3.1} = 4 + 2 + 2 = 8 \text{ мин.}$$

– норма времени на наладку станка [4, с. 96]: установить и снять центр – 0,8 мин; сместить заднюю бабку – 0,3 мин; установить и снять инструментальный блок (инструмент) – $3 \cdot 0,5$ мин; установить программноноситель в считывающее устройство и снять – 1 мин; настроить нулевое положение – $3 \cdot 2$ мин; настроить устройство для подачи СОТС – 0,2 мин. Тогда

$$t_{n.3.2} = 0,8 + 0,3 + 1,5 + 1 + 6 + 0,2 = 9,8 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время

$$t_{n.з.} = t_{n.3.1} + t_{n.3.2} + t_{np.obp} = 8 + 9,8 + 0,915 = 18,71 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время токарной операции

$$t_{um-к.} = t_{um.} + \frac{t_{n.з.}}{n} = 1,61 + \frac{18,71}{100} = 1,79 \text{ мин.}$$

Составляющие норм штучного или штучно-калькуляционного времени по всем операциям сводятся в таблицу 3.9.



Таблица 3.9 – Сводная таблица норм времени

В минутах

Но- мер опе- ра- ции	Наи- мено- вание опе- рации	Основ- ное время t_0	Вспомогатель- ное время $t_{\text{в}}$			Опера- тивное время $t_{\text{оп}}$	Время обслу- живания		Вре- мя на от- дых $t_{\text{отд}}$	Штуч- ное время $t_{\text{шт}}$	Подго- тови- тельно- заклю- читель- ное время $t_{\text{п.з.}}$	Ве- ли- чина пар- тии n	Штуч- но- каль- куля- цион- ное время $t_{\text{шт-к}}$
			$t_{\text{уст}}$	$t_{\text{упр}}$	$t_{\text{изм}}$		$t_{\text{техобс}}$	$t_{\text{торгобс}}$					

3.13 Уточнение типа производства

Тип производства в соответствии с ГОСТ 3.1121–84 характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает число различных операций, закрепленных в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца.

Для расчета коэффициента закрепления операций следует использовать нормы времени $t_{\text{шт}}$ или $t_{\text{шт-к}}$, взятые из принятого варианта технологического процесса. Расчет следует вести в табличной форме (таблица 3.10). В первую графу таблицы записываются все операции технологического процесса, во вторую – нормы времени $t_{\text{шт}}$ или $t_{\text{шт-к}}$.

Определяется расчетное количество станков m_p для каждой операции, затем записывается в третью графу таблицы 3.10.

$$m_p = \frac{N \cdot t_{\text{шт. (шт-к)}}}{60 \cdot F_0 \cdot \eta_{\text{з.н.}}}, \quad (3.26)$$

где N – годовой объем выпуска деталей, шт.;

$t_{\text{шт. (шт-к)}}$ – штучное или штучно- калькуляционное время, мин;

F_0 – действительный годовой фонд времени, принимаемый при двухсменной работе по таблице 3.11, ч;

$\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования (для расчетов принимается $\eta_{\text{з.н.}} = 0,75 \dots 0,85$).

Принятое число рабочих мест P (см. таблицу 3.10, графа 4) устанавливают округлением значений m_p (графа 3) до ближайшего большего целого числа.

Далее для каждой операции вычисляют значение фактического коэффициента загрузки оборудования:

$$\eta_{\text{з.ф.}} = \frac{m_p}{P}. \quad (3.27)$$



Таблица 3.10 – Расчет коэффициента закрепления операций

Операция	$t_{\text{ит-к, мин}}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1	2	3	4	5	6
005 Фрезерно-центровальная	2,2	0,045	1	0,045	17,78
010 Токарная с ЧПУ	1,61	0,032	1	0,032	25
015 Вертикально-фрезерная	3,2	0,066	1	0,066	12,12
020 Зубофрезерная	3,4	0,071	1	0,071	11,27
025 Зубошвинговальная	4,1	0,086	1	0,086	9,30
030 Круглошлифовальная с ЧПУ	3,6	0,076	1	0,076	10,53
			$\Sigma P = 6$		$\Sigma O = 86$

Таблица 3.11 – Фонд времени работы оборудования

Оборудование	Номинальный годовой фонд времени, ч	Действительный годовой фонд времени, ч
Металлорежущие станки 1–30 категорий ремонтной сложности	4154	4029
Металлорежущие станки свыше 30 категории ремонтной сложности	4154	3904
Автоматические линии	4154	3738
Поточные линии	4154	3987
Рабочие места без сложного оборудования (верстаки, столы)	4154	4154

Количество операций (см. таблицу 3.10, графа б), выполняемых на рабочем месте, определяется по формуле

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (3.28)$$

Коэффициент закрепления операций рассчитывается по формуле

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.29)$$

По ГОСТ 3.1121–84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций $K_{з.о.}$:

$K_{з.о.} = 1$ – массовое производство;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$ – крупносерийное производство;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ – среднесерийное производство;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ – мелкосерийное производство;

$K_{з.о.} > 40$ – единичное производство.

Для рассматриваемого примера (см. таблицу 3.10)

$$K_{з.о.} = \frac{86}{6} = 14,33 \text{ (производство среднесерийное).}$$

Для серийного производства рассчитывается размер партии деталей по формуле (3.1).

Для массового и крупносерийного производства рассчитывается такт выпуска по формуле

$$t_{такт} = \frac{60 \cdot F_{\delta}}{N}, \quad (3.30)$$

где F_{δ} – годовой фонд времени работы оборудования, ч.

3.14 Заключение

В разделе содержатся общие выводы по проект. Отражается использование новых высокопроизводительных методов обработки, нового оборудования, инструмента и приспособлений. Даются сведения о возможности получения экономического эффекта.

4 Графическая часть проекта

4.1 Чертеж заготовки

Заготовки из проката в графической части проекта не вычерчиваются. Их эскизы помещаются в пояснительной записке в разделе «Выбор заготовки». При этом внутри заготовки тонкими линиями вычерчивается контур детали. Предельные отклонения на диаметр устанавливаются по ГОСТ 2590–2006, а на длину – в зависимости от принятого способа разрезки прутка [12, таблица 66].

Штампованные заготовки выполняются по ГОСТ 7505–89 и вычерчиваются отдельно от чертежа детали. Внутри заготовки тонкими сплошными линиями вычерчивается контур детали. Примеры выполнения поковок приведены в [16, приложение 5].

На чертеже поковки в технических требованиях указываются:

- исходная твердость;
- группа материала, класс точности, степень сложности, исходный индекс по ГОСТ 7505–89;
- радиусы закруглений наружных и внутренних углов;
- штамповочные уклоны;
- допускаемая величина остаточного облоя;
- допускаемое смещение по поверхности разъема штампа;
- допускаемая величина высоты заусенца;



- допускаемое отклонение от concentричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки (для поволок с отверстием);
- другие технические требования.

Чертежи отливок выполняются в соответствии с ГОСТ 26645–85.

Чертеж отливки может быть совмещен с чертежом детали. При этом основным изображением является чертеж детали. Чертеж детали вычерчивается основными линиями, а припуски на механическую обработку показываются сплошными тонкими линиями.

Штриховка припусков, попадающих в разрезы или сечения, наносится накрест лежащими линиями, расположенными под углом 90°. Направление одной из штриховок должно быть продолжением штриховки детали. Припуски, не попадающие в разрезы или сечения, не штрихуются.

Отверстия, не получаемые в заготовке и изображенные на проекциях окружностями, перечеркиваются накрест лежащими линиями под углом 90° ⊗).

В курсовом проекте на совмещенном чертеже детали и отливки припуски на механическую обработку допускается изображать красным цветом, направление штриховки припусков при этом должно являться продолжением штриховки для детали (припуск штрихуется красным цветом).

На совмещенном чертеже указываются размеры припусков.

На совмещенном чертеже детали и отливки технические требования пишутся отдельно (первыми указываются технические требования для заготовки).

В состав технических требований для заготовки входят:

- исходная твердость;
- радиусы закруглений, если не обозначены на чертеже;
- литейные уклоны;
- точность отливки по ГОСТ 26645–85;
- масса отливки по ГОСТ 26645–85.

4.2 Чертеж детали

Чертеж детали должен соответствовать требованиям действующих стандартов ЕСКД.

Перед перечерчиванием исходный чертеж (копия заводского) должен быть тщательно отредактирован.

Технические требования в отредактированном виде записываются в определенной последовательности:

- требования к материалу детали, заготовке и термической обработке;
- требования к качеству поверхности детали, покрытию, отделке, краске и др.;
- некоторые размеры с их допускаемыми предельными отклонениями от номинальных;
- отклонения формы и взаимного расположения поверхностей детали, не имеющие условных обозначений;



- условия и методы испытаний;
- указания о маркировании и клеймении;
- правила транспортирования и хранения;
- особые условия эксплуатации;
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования к данному изделию, но не приведенные на чертеже (стандарты, технические условия, инструкции и т. п.).

Заголовок «Технические требования» на чертеже не пишут.

Запись о неуказанных предельных отклонениях размеров записывают в следующем виде: «Общие допуски по ГОСТ 30893.1:Н14, h14, ±IT14/2».

Последним пунктом записывают: «Остальные требования по СТБ 1014–95».

4.3 Чертежи операционных эскизов

Операционные эскизы выполняются на отдельном листе формата А1 и представляют собой, как правило, четыре разнохарактерные технологические операции (переходы), например, токарную, сверлильную, протяжную, зубодолбежную, зубофрезерную, зубошвинговальную, внутришлифовальную, плоскошлифовальную и т. д.

Не допускается:

- вычерчивание однотипных операций, например, черновой и чистовой токарных операций на одни и те же поверхности;
- представление на листе эскизов операции, показанной на расчетно-технологической карте.

Перечень операций, представленных в графической части, определяет руководитель проекта.

Для выполнения эскизов рабочее поле (внутри рамки) формата А1 делится на четыре равные части тонкими линиями. В каждой четвертой части листа вычерчивается эскиз одной операции. В левом верхнем углу записывается номер и наименование операции, например, «Операция 015 – вертикально-фрезерная». В правом нижнем углу размещается таблица с режимами резания (рисунок 4.1). При изображении на эскизе многопозиционной или многопереходной обработки лист может делиться не только на четыре части, а на три или две по согласованию с руководителем.

Деталь на эскизах изображается в рабочем положении, закрепленной в приспособлении. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть достаточным для четкого представления о форме, размерных связях обрабатываемых поверхностей с другими поверхностями детали, а также о принципе действия и конструктивной схеме приспособления.

Режущий инструмент на эскизах изображается закрепленным в шпинделе (патроне, резцедержателе) в конечном положении после обработки. Мерные инструменты (сверла, зенкеры, развертки, метчики) показываются в начальном положении до обработки [17].



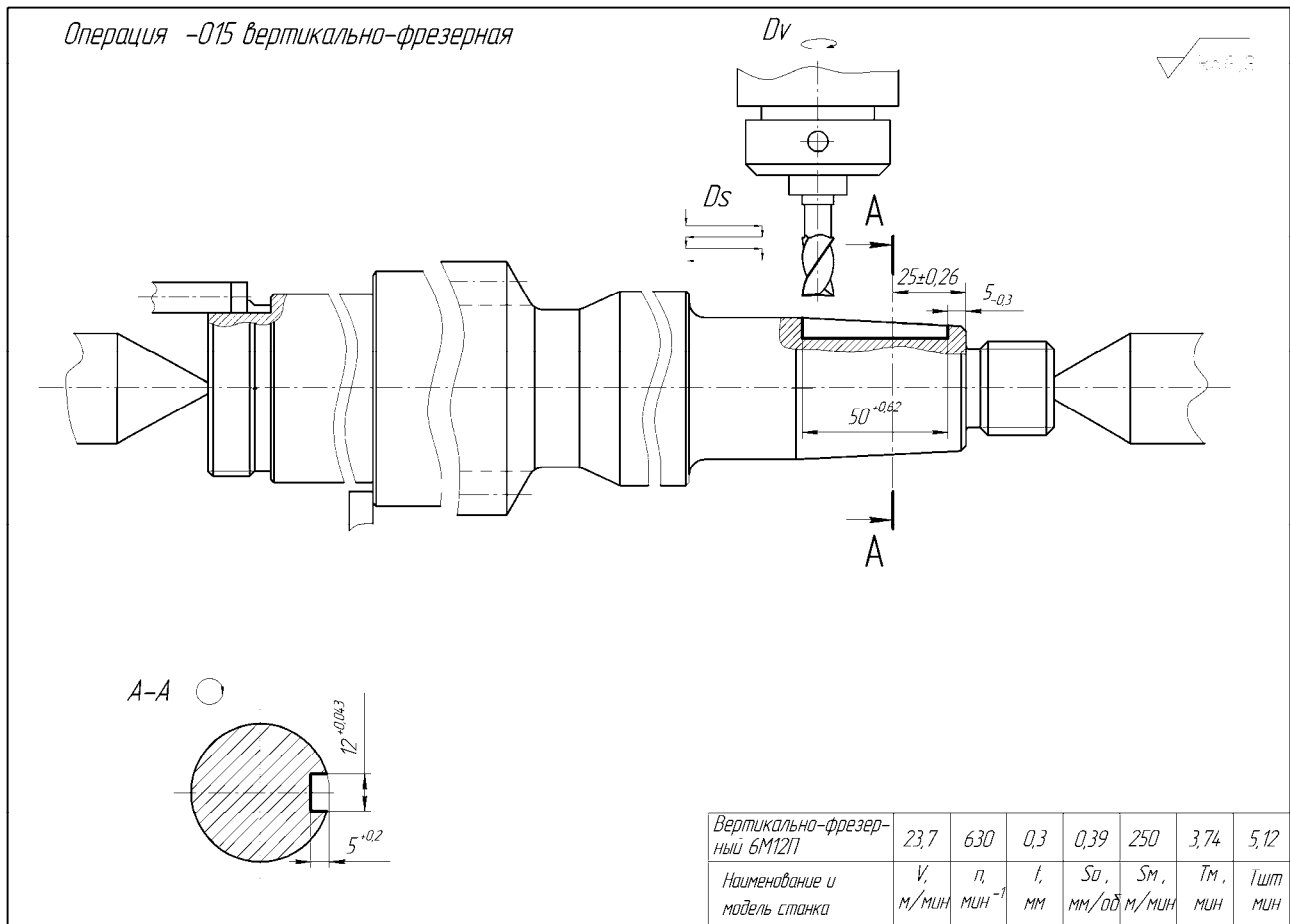


Рисунок 4.1 – Пример оформления операционного эскиза на вертикально-фрезерную операцию

Деталь, приспособление и режущие инструменты на эскизах вычерчиваются в произвольном масштабе, но одном для всех эскизов.

На операционных эскизах обрабатываемые поверхности обводятся сплошными линиями толщиной $3S$.

На эскизах должны быть указаны:

- шероховатость обрабатываемых поверхностей;
- размеры обрабатываемых поверхностей с предельными отклонениями;
- допуски формы и взаимного расположения поверхностей, если они обеспечиваются на данной операции (переходе);
- направление движения инструментов и (или) заготовки стрелками с буквенными обозначениями (D_v – главное движение резания; D_s – движение подачи; D_f – вспомогательное движение).

4.4 Чертежи инструментальных наладок

Для согласованной работы технолога-программиста и наладчика станка с ЧПУ используется специальный технологический документ – карта наладки станка с ЧПУ. Карта наладки для станков с ЧПУ разрабатывается согласно ГОСТ 3.1404–86. При разработке карты наладки необходимо учитывать:

- содержание технологической операции (базирование заготовки, режимы обработки, размеры обрабатываемых поверхностей);
- технические характеристики станка, размеры и форму рабочей зоны, размеры и форму присоединительных поверхностей шпинделей и резцедержателей, количество и места расположения суппортов и силовых головок;
- номенклатуру вспомогательных инструментов (оправки, переходные втулки, патроны, резцовые блоки, резцедержатели и т. п.), форму и размеры их присоединительных поверхностей [9–13];
- номенклатуру режущих инструментов, форму и размеры их присоединительных поверхностей [8–11, 13];
- применяемое приспособление, способ базирования приспособления на станке, способ базирования заготовки в приспособлении, координаты базирующих элементов;
- расположение нуля программы относительно базовых поверхностей детали, совпадение или несовпадение базовых поверхностей детали и приспособления;
- наличие свободного доступа инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям.

Чертеж инструментальной наладки выполняется в масштабе по ГОСТ 2.302–68 сплошными линиями толщиной S по ГОСТ 2.303–68 и должен содержать:

- эскиз обрабатываемой детали;
- шероховатость и размеры с предельными отклонениями обрабатываемых поверхностей;
- допуски формы и расположения обрабатываемых поверхностей, если они обеспечиваются на данной операции (переходе);
- все режущие инструменты (резцы, сверла, зенкеры, развертки и т. п.) в конечном положении (в конце рабочего хода);
- все вспомогательные инструменты, закреплённые в шпинделях станков, резцедержателях, суппортах и т. п.;
- координатные оси деталей и инструментов;
- настроечные размеры режущих инструментов – расстояния от режущих кромок сверл, зенкеров, разверток, метчиков до плоскостей, принятых в качестве базовых при настройке (торцов патронов, втулок, оправок, шпинделей и др.), расстояния от режущих кромок резцов до базовых плоскостей резцовых блоков.



Операцию, для которой разрабатывается инструментальная наладка в курсовом проекте, определяет руководитель. По согласованию с руководителем в проекте может быть представлена наладка и на другие станки, например, револьверные токарные полуавтоматы, агрегатные.

4.5 Обозначение чертежей

В курсовом проекте принята следующая структура обозначения чертежей (рисунок 4.2).

КП.	000.	00.	00.	01.
Курсовой проект	Номер группы (171, 172, 181,...)	Шифр (две последние цифры номера зачетной книжки)	Номер чертежа	Номер детали (позиции)

Рисунок 4.2 – Схема обозначения чертежей

Номера чертежей (предпоследняя группа цифр) присваиваются следующим образом:

- чертеж детали – 01;
- чертеж заготовки – 05;
- чертежи инструментальных наладок – 11;
- чертеж расчетно-технологической карты – 12.

Таким образом, студент гр. АТП-171, имеющий зачетную книжку № 071242, обозначает чертежи курсового проекта:

- КП.171.42.01.00 – чертеж детали;
- КП.171.42.05.00 – чертеж заготовки.

В пояснительной записке на всех листах записывается обозначение детали и буквы ПЗ: КП.171.42.01.00 ПЗ.

Обозначение записывается в графе 2 и 26 основной надписи по ГОСТ 2.104–2006.

5 Технологическая документация на операции, выполняемые на станках с ЧПУ

При разработке типовых (групповых) техпроцессов для станков с ЧПУ в соответствии с ГОСТ 3.1418–82 составляются следующие документы:

- маршрутная карта (МК, формы 1 и 1а);
- операционная карта (ОК, формы 2, 3 и 2а);
- карта наладки инструмента (КН/П формы 4 и 4а);
- карта эскизов (КЭ, формы 5 и 5а);
- карта кодирования информации (ККИ, формы 5 и 5а);

Заполнение карт выполняется в соответствии с таблицей 5.1.

Таблица 5.1 – Содержание технических документов для станков с ЧПУ

Наименование (условное обозначение) графы	Служеб- ный символ	Содержание информации, вносимой в графу
1	2	3
Код	М	Код материала по классификатору
ЕВ	М	Код единицы величины (массы, длины, площади и т. п.) детали, заготовки по классификатору
МД	М	Масса детали по конструкторскому документу
ЕН	М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или времени (1, 10, 100 и т. д.)
Н. расх.	М	Норма расхода материала
КИМ	М	Коэффициент использования материала
Код заготовки	М	Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, поковка и т. п.)
Профиль и размеры	М	Профиль и размеры исходной заготовки. Информацию по размерам указывать из условия имеющихся размеров заготовки (длина, ширина, высота), например, 1000 × 2500 × 100
КД	М	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
МЗ	М	Масса заготовки
Цех	А	Номер (код) цеха, в котором выполняется операция
Уч.	А	Номер (код) участка, конвейера, поточной линии
РМ	А	Номер (код) рабочего места
Опер.	А, Ф	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления детали (включая контроль и перемещение)
Код, наименование операции	А	Код операции по технологическому классификатору, наименование операции
Обозначение документа	А	Обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции
Код, наименование оборудования	Б	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования и инвентарный номер
СМ	Б	Степень механизации. Обязательность заполнения графы устанавливается в отраслевых НТД
Проф.	Б	Код профессии по классификатору
Р	Б	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
УТ	Б	Код условий труда и вида нормы по классификатору
КР	Б	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
КОИД	Б	Количество одновременно обрабатываемых деталей
ОП	Б	Объем производственной партии в штуках



Продолжение таблицы 5.1

1	2	3
Кшт.	Б	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
Тпз	Б	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
Тшт.	Б	Норма штучного времени на операцию
ПИ	Р	Номер позиции инструментальной наладки
D или B	Р	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали
L	Р	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величины врезания и перебега
t	Р	Глубина резания
i	Р	Число проходов
s	Р	Подача
n	Р	Частота вращения шпинделя
v	Р	Скорость резания
Тв	Р	Вспомогательное время на переход (операцию)
То	Р	Основное время на переход (операцию)
Наименование операции	–	Наименование операции
Материал	–	Краткая форма записи наименования и марки материала по ГОСТ 3.1104-81
Твердость	–	Твердость материала заготовки, поступившей для обработки
Оборудование, устройство ЧПУ	–	Краткое наименование оборудования и устройства ЧПУ
Обозначение программы	–	Обозначение программы в соответствии с требованиями отраслевых НТД
СОЖ	–	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости
Обозначение детали, программы, оборудования, устройства ЧПУ	Ф	Обозначение детали при обработке деталей по типовому (групповому) технологическому процессу (операции). Обозначение программы следует указывать независимо от вида технологического процесса (операции) по его способу организации. Информацию следует указывать через разделительный знак «;»
ПЕР	Т	Номер перехода в технологической последовательности
Вспомогательный и режущий инструмент (код наименования)	Т	Код, наименование вспомогательного и режущего инструмента, применяемого на один переход. Допускается указывать количество



Окончание таблицы 5.1

1	2	3
Наладочные размеры	Т	Наладочные размеры опорных точек
Коррект. разм.	Т	Корректируемые размеры с предельными отклонениями
НК	Т	Номер корректора. Допускается графу не заполнять
Н. кадры	–	Номер кадра в технологической последовательности
Кодирование информации, содержание кадра	–	Данные по кодированию информации или содержание кадра
Содержание перехода	–	Содержание перехода следует указывать в краткой форме

Список литературы

1 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 910 с.

2 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск: Изд-во Гревцова, 2010. – 400 с.

3 **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.

4 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч. 1: Нормативы времени. – Москва: Экономика, 1990. – 206 с.

5 Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск: Вышэйшая школа, 1979. – 464 с.

6 Режимы резания металлов: справочник / Под ред. Ю. В. Барановского. – Москва: Машиностроение, 1972. – 408 с.

7 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.

8 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.

9 Обработка металлов резанием: справочник технолога / Под ред. А. А. Панова. – Москва: Машиностроение, 1988. – 736 с.

10 Справочник инструментальщика / Под ред. И. А. Ординарцева. – Ленинград: Машиностроение, 1987. – 846 с.

11 **Кузнецов, Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – Москва: Машиностроение, 1990. – 512 с.



12 **Шатин, В. П.** Шпиндельная оснастка: справочник / В. П. Шатин, Ю. В. Шатин. – Москва: Машиностроение, 1981. – 439 с.

13 **Фельдштейн, Е. Э.** Режущий инструмент и оснастка станков с ЧПУ: справочное пособие / Е. Э. Фельдштейн. – Минск: Вышэйшая школа, 1988. – 336 с.

14 **Белькевич, Б. А.** Справочное пособие технолога машиностроительного завода / Б. А. Белькевич, В. Д. Тимашков. – Минск: Беларусь, 1972. – 640 с.

15 **Жолобов, А. А.** Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ: учебное пособие для вузов / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек, А. М. Федоренко. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2009. – 309 с. : ил.

16 **ГОСТ 7505–89.** Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски, кузнечные напуски. – Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 36 с.

17 **Технология машиностроения. Практикум: учебное пособие / А. А. Жолобов [и др.]; под ред. А. А. Жолобова.** – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 335 с.: ил.



Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Значения символов адресов

Символ	Значение
<i>A, B, C</i>	Угол поворота вокруг оси <i>X, Y, Z</i> соответственно
<i>D</i>	Вторая функция инструмента (корректор)
<i>F</i>	Первая функция подачи (задает подачу)
<i>G</i>	Подготовительная функция (указывает характер перемещения инструмента)
<i>I, J, K</i>	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси <i>X, Y, Z</i> соответственно
<i>M</i>	Вспомогательная функция (управление механизмами станка)
<i>N</i>	Номер кадра
<i>S</i>	Функция главного движения (задает скорость резания)
<i>T</i>	Первая функция инструмента (указывает номер инструмента)
<i>X, Y, Z</i>	Первичная длина перемещения, параллельного оси <i>X, Y, Z</i> соответственно

Таблица А.2 – Кодирование подготовительных функций

Подготовительная функция	Значение
G00	Ускоренное перемещение в заданную точку
G01	Линейная интерполяция. Перемещение по прямой в заданную точку с заданной подачей
G02	Круговая интерполяция, движение по часовой стрелке. Перемещение по дуге окружности
G03	Круговая интерполяция, движение против часовой стрелки
G04	Пауза
G17, G18, G19	Задание плоскости таких функций, как круговая интерполяция, коррекция на фрезу и других. Выбор плоскости <i>XY, ZX, YZ</i> соответственно
G40	Отмена коррекции инструмента
G41	Коррекция на фрезу – левая
G42	Коррекция на фрезу – правая
G81...G89	Постоянный цикл 1–9
G90	Абсолютный размер
G91	Размер в приращениях
G94	Подача в минуту
G95	Подача на оборот
G96	Постоянная скорость резания. Указание, что число, следующее за адресом <i>S</i> , равно скорости резания в метрах в минуту. При этом скорость шпинделя регулируется автоматически с целью поддержания запрограммированной скорости резания
G97	Обороты в минуту. Указание, что число, следующее за адресом <i>S</i> , равно скорости шпинделя в оборотах в минуту



Таблица А.3 – Значение вспомогательных функций

Функция	Значение
M00	Программируемый останов
M02	Конец программы
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки
M05	Останов шпинделя
M06	Смена инструмента
M08	Включение охлаждения № 1
M09	Отключение охлаждения
M30	Конец информации

Таблица А.4 – Краткая справка по программированию УЧПУ SIEMENS (SINUMERIC 802, 810, 840)

Назначение	Формат
1	2
Круговая интерполяция по часовой стрелке	G02 X... Z... CR =... CR – радиус окружности (положительный для дуг с угловым размером менее 180°; отрицательный для дуг с угловым размером более 180°)
Круговая интерполяция против часовой стрелки	G03 X... Z... CR =...
Пауза	G04 F... F – величина паузы, с
Многопроходная обработка	CYCLE95 (NPP, MID, FALZ, FALX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, _VRT) NPP – имя контура MID – глубина резания DT – пауза дробления стружки DAM – длина пути дробления стружки _VRT – величина отвода инструмента при обратном ходе Подача при обработке: FF1 – черновой; FF2 – врезании в поднутрения; FF3 – чистовой. Припуск под последующую обработку: FALZ – в продольной оси; FALX – в поперечной оси; FAL – по контуру. VARI – Режим обработки: продольная наружная (1 – черновая; 5 – чистовая; 9 – черновая с чистовой) продольная внутренняя (3 – черновая; 7 – чистовая; 11 – черновая с чистовой)



Окончание таблицы А.4

1	2
Цикл нарезания канавок	<p>CYCLE93(SPD, SPL, WIDG, DIAG, STA1, ANG1, ANG2, RCO1, RCO2, RCI1, RCI2, FAL1, FAL2, IDEP, DTB, VARI)</p> <p>SPD – начальная точка в поперечной оси SPL – начальная точка в продольной оси WIDG – ширина канавки DIAG – глубина канавки STA1 – угол между контуром и продольной осью ANG1, ANG2 – углы наклона боковых стенок канавки RCO1, RCO2 – радиус или фаска снаружи RCI1, RCI2 – радиус или фаска внутри FAL1 – чистовой припуск на основании выточки FAL2 – чистовой припуск на боковых сторонах IDEP – глубина подачи (ломка стружки) DTB – время ожидания (на дне канавки) VARI – режим обработки (5 – на цилиндрической поверхности, 6 – на торце)</p>
Цикл нарезания резьбы	<p>CYCLE97 (PIT, MPIT, SPL, FPL, DM1, DM2, APP, ROP, TDEP, FAL, IANG, NSP, NRC, NID, VARI, NUMT, _VRT)</p> <p>PIT – шаг резьбы MPIT – шаг метрической резьбы DM1 и DM2 – диаметр в начале и конце резьбы SPL – начальная точка резьбы FPL – конечная точка резьбы APP – величина на врезание ROP – величина перебега TDEP – глубина резьбы FAL – чистовой припуск NRC – количество черновых ходов резца NID – количество чистовых ходов резца IANG – угол врезания NSP – смещение стартовой точки VARI – режим обработки (1 – резьба наружная, постоянная глубина; 2 – резьба внутренняя, постоянная глубина; 3 – резьба наружная, постоянное сечение; 4 – резьба внутренняя, постоянное сечение) NUMT – число заходов _VRT – отскок инструмента</p>

