

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«курганский государственный университет»

Кафедра технологии машиностроения,
металлорежущих станков и инструментов

**ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАРИАНТОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ
НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ DMG 635V/DMU 50**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Технология машиностроения»
для студентов специальности 151001.65 «Технология машиностроения»;
направлений 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств», 150700.62 «Машиностроение»

Курган 2015

Кафедра: «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

Дисциплина: «Технология машиностроения»
(специальность 151001.65;
направления 151900.62, 150700.62).

Составили: канд. техн. наук, доц. А.И. Маленков,
ст. преподаватель Д.А. Маслов.

Утверждены на заседании кафедры «30» ноября 2014 г.

**Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта
«Инженерные кадры Зауралья» «20» декабря 2013 г.**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Освоить методику построения и изучить особенности нормирования операций для станков с ЧПУ. По критерию оценить целесообразность ее построения.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНКА МОДЕЛИ DMG 635V И УСТРОЙСТВА ЧПУ Siemens SINUMERIK 840D SL

Фрезерный многооперационный станок (Рис. 1) с ЧПУ с автоматической сменой инструмента модели предназначен для высокопроизводительной обработки по программе деталей сложной конфигурации из черных и цветных металлов, легированных и легких сплавов в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства.

На станке могут выполняться различные виды обработки: фрезерование, сверление, зенкерование, нарезание резьб машинными метчиками и фрезами в сквозных отверстиях, растачивание и развертывание, другие операции.

На рис. 1 представлен общий вид станка DMG 635V, на рис. 2 – устройство ЧПУ SIEMENS 840D SL.



Рис.1 Общий вид станка DMG 635V

Рис. 2. Клавиатура устройства ЧПУ SIEMENS 840D SL

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНКА И УСТРОЙСТВА ЧПУ

Особенности станка

- Система ЧПУ Siemens 840D SL
- Простое программирование – 15’’ TFT SlimLine панель управления, DMG SMARTkey
- Комплексное управление инструментом с визуальным представлением
- Визуальная поддержка для наладки и диагностики, интерфейсы данных: Ethernet, USB
- Мощный шпиндель (8 000 или 12 000 об/мин / 83 Нм / 13 кВт при 40%ED)
- Инструментальный магазина на 20 позиций с двойным грейфером
- Лучшая жёсткость, точность и компактность, благодаря С-образной конструкции
- Уменьшение времени простоя: 30 м/мин быстрые хода, 1,6 сек время смены инструмента

Технические характеристики станка

Таблица 1

Вертикальный обрабатывающий центр	DMC 635 V <i>ecoline</i> с С-образной станиной
Рабочий диапазон Диапазон перемещений	X = 635 мм, Y = 510 мм, Z = 460 мм
Расстояние от торца шпинделя до стола	120 - 580 мм
Стол	560 x 790 мм с 5 Т-образными пазами (паз посередине 14Н7, 4 паза 14Н12), расстояние между пазами 100 мм
Максимальная нагрузка на стол	600 кг
Главный привод Тип привода	Цифровой двигатель АС, установленный непосредственно на шпинделе
Число оборотов (стандарт)	20 – 8 000 об/мин
Число оборотов (опция мотор-шпиндель)	20 – 12 000 об/мин
Мощность привода для систем ЧПУ	13 кВт (40% ED) 9 кВт (100% ED)
Крутящий момент для систем ЧПУ	83 Нм (40% ED) 57 Нм (100% ED)
Усилие зажима инструмента	8 кН
Конус шпинделя	SK40 по DIN 69871 пневматическое разжимное приспособление для затяжных болтов по DIN69872
Инструментальный магазин Исполнение	Тарельчатый с двойным грейфером Смена инструмента производится по программе Устройство смены инструмента и магазин располагаются в кабине станка
Число мест в магазине (стандарт)	20 мест SK40
Число мест в магазине (опция)	30 мест SK40
Максимальный диаметр инструмента	80 мм (130 мм при свободных соседних местах)
Максимальная длина инструмента	300 мм (от торца шпинделя)
Максимальный вес инструмента	6 кг
Допустимая масса	

<i>инструмента всего:</i>	80 кг
<i>Время смены инструмента</i>	1,6 с
<i>Среднее время от стружки до стружки</i>	5 с (для инструментов диаметром менее 80 мм)
<i>Приводы подачи Тип привода</i>	Цифровой двигатель АС, соединенный непосредственно с ШВП, оси X, Y d 40x15 мм, ось Z d 32x15 мм

Техническое описание станка

Конструкция станка

Станок выполнен в виде С-образной станины в форме стабильной литой конструкции. Данная самостоятельная концепция четко отличается от наиболее распространенных конструкций с использованием крестового стола от других производителей станков.

Качество основания станка позволяет на протяжении всего срока эксплуатации выполнять обработку металла с высокой точностью и большой производительностью. Фиксированные расстояния по осям Y и Z оказывают положительное воздействие на результат фрезерования. Широкая опора на 3х точках устойчивого к вибрациям литого основания, все литые детали, дополнительно укрепленные ребрами и элементами жесткости, а также термосимметрическое конструктивное исполнение обеспечивают высокую жесткость на изгиб и скручивание, высокую температурную устойчивость и точность направляющих.

Также отличительной особенностью является большое расстояние между направляющими. Особенно по оси X этот показатель является выдающимся среди производителей станков с угловой конструкцией стола.

Тем самым стол станка оснащен жесткой направляющей, которая целиком закреплена в станине станка и обеспечивает высокую нагрузку стола.

Создание компактного станка с просторной рабочей зоной, который отличается жесткостью, точностью и большим ресурсом стало возможным благодаря тщательно разработанным принципам проектирования и конструирования. Как результат, пусконаладочные работы не займут много времени, а широкий перечень пакетных и отдельно предлагаемых опций дает возможность составить комплектацию станка в точном соответствии с требованиями заказчика.

Система направляющих по линейным осям

- шариковинтовые пары передают усилие подачи от приводов. Роликоподшипниковые линейные направляющие хорошо известны малым тепловыделением, низким коэффициентом трения,

- отсутствием эффекта «прилипания», постоянством точности (низкий износ) и очень низкими потребностью в смазке.
- ось X закрыта защитными кожухами, которые обеспечивают хороший отвод стружки.

Централизованная смазка

Система смазки роликоподшипниковых направляющих и ШВП устроена по принципу подачи минимально необходимого количества смазки.

Система измерения

В стандартной комплектации применяется система косвенного измерения перемещений. С опцией “Система прямого измерения линейных перемещений” станок имеет также систему нагнетания воздуха под давлением в линейках для их дополнительной защиты.

Привода подач

Для высокой динамики и малых расходов на обслуживание применяются цифровые приводы переменного тока. Быстрое время обратной связи между приводами и ЧПУ обеспечивают высокое значение ускорения и точность, что вместе с линейными роликоподшипниковыми направляющими дает высокое качество обработанной поверхности и точность обработанного контура детали.

Вертикальный шпиндель

Трехфазный электродвигатель напрямую передает вращение на главный шпиндель. Шпиндель имеет воздушное охлаждение. Мощный главный шпиндель имеет жесткую конструкцию и оснащается прецизионными подшипниками с консистентной смазкой. Жесткая конструкция и использование специальных подшипников гарантируют высокие показатели резания.

Температурная компенсация по оси Z

При использовании опции “Система прямого измерения линейных перемещений” применяется электронный температурный датчик (включая узел оценки данных), который компенсирует геометрические изменения, возникающие вследствие нагрева фрезерного шпинделя. Постоянный мониторинг и управление компенсацией производится системой управления. Мощная и хорошо продуманная конструкция главных конструктивных узлов станка помогает уменьшить температурные колебания к минимуму и обеспечить эффективный отвод тепла.

Зажим инструмента

Зажим производится механически механизмом с тарельчатыми пружинами. Цилиндр разжима инструмента активируется пневматикой.

Магазин инструмента/Память данных инструмента

20-ти позиционный магазин инструмента (дискового типа с карманами) расположен внутри рабочей зоны станка, но при этом хорошо защищен от попадания СОЖ и стружки. При смене инструмента используется двухместный захват, что дает короткий цикл смены. Инструмент располагается в карманах магазина и удерживается пружинными элементами. Инструмент в магазин устанавливается из главного шпинделя. При каждом цикле смены инструмента производится обдув и очистка инструментального конуса шпинделя и инструмента сжатым воздухом под давлением.

Система СОЖ

Возможна обработка с использованием охлаждения при помощи подачи СОЖ в большом объеме. Большой герметичный бак для СОЖ, эффективный насос, короткие трубы подачи жидкости и удобное расположение нескольких дюз подачи СОЖ гарантируют интенсивную подачу СОЖ. В баке имеются отверстия для грубой фильтрации, поступающей из рабочей зоны СОЖ от стружки, которые легко очищаются. Имеется опция переключения охлаждения СОЖ/сжатый воздух, активируемая через M-функцию.

Защитное ограждение/рабочая зона

Станок оснащен компактной защитной кабиной с откатной дверью рабочей зоны. Оптимальный доступ к рабочей зоне, удобство при уборке и хороший доступ к метам обслуживания станочных узлов являются отличительными особенностями этой серии станков.

Таблица 2

Основные характеристики системы ЧПУ Siemens SINUMERIK 840D SL

Система ЧПУ	Siemens SINUMERIK 840D SL
Аппаратная часть:	SINUMERIK 840D SL объединяет задачи ЧПУ, HMI, PLC, обратную связь и коммуникации в одном модуле NCU(Числовое программное управление). Обслуживание, программирование и визуализация при помощи ПО, встроенного в ЧПУ ПО работает на надежном, многопроцессорном модуле NCU. Консоль управления: через TCU (Тонкий Клиент). Модуль ЧПУ: NCU710.3 PN. Память ЧПУ: 1 Гб DRAM, 1Мб SRAM. PLC: PLC317-3 DP/PN. Память PLC: 768 кБ. Динамично

	и эффективно увеличивается при помощи нового привода Sinamics S120 Combi. Функции безопасности встроены в ЧПУ – SAFETY INTEGRATED
Панель оператора:	DMG Slimline SINUMERIK Operate
DMG SMARTkey:	Оборудование, контролирующее доступ к станку и ЧПУ
Дисплей:	Плоский экран 15" TFT Разрешение 1024 x 768
Клавиатура:	Полная ЧПУ-клавиатура
Время обработки кадра	>= 1,5 мс
Функция Look-ahead:	изменение направлений контролируется системой ЧПУ с предпросмотром не менее 99 блоков NC программы. Скорость подачи адаптируется автоматически в зависимости от динамики станка.
Количество осей:	3 оси в линейной интерполяции, цифровые 2 оси круговой интерполяции, цилиндрическая интерполяция
Память пользовательская:	2,4 Мбайт
Расширение памяти для	2 Гб (на картах памяти C/F)
Интерфейс оператора:	Новый, расширенный интерфейс наладки и программирования SINUMERIK Operate с пакетом ShopMill, и поддержкой DIN/ISO. Программные клавиши с пиктограммами, графическое отображение инструмента, отражение смещения нуля
Стандартные циклы:	Сверлильные и фрезерные циклы, Тригонометрические расчеты, резьбонарезание с компенсацией и без, разворачивание, расточка, сетка отверстий, фрезерование пазов, прямоугольных и круговых карманов, измерительные циклы
Параметрическое программирование:	Математические функции: =,+,-,/, sin α , cos α логические связи: (=,<,>,>=,<=<) функции со скобками, tan α , arcus sin, arcus cos, tan, an, en, In, log, абсолютное значение числа, константы, уравнения, десятичные значения, расчетные параметры, глобальные параметры (GUDs), локальные параметры (LUDs)
Структура программы:	Подпрограммы, частичный повтор программы, условные переходы по меткам, группирование программ
Системы координат СК:	Декартова, полярная
Преобразование	Сдвиг, масштабирование, зеркальное отражение,

координат:	вращение СК
Позиционирование:	Заданное/реальное значение, значение до заданной точки, круговое в прямоугольных координатах, абсолютное значение, ввод и отражение в мм или дюймах
Подход и отход от контура:	по прямой, касательной или вертикально по дуге, по цилиндру
Таблица инструмента:	200 инструментов, количество ограничено емкостью памяти
Постоянная скорость по траектории	относительно траектории центра инструмента, относительно режущей кромки
Программирование контуров:	Программирование контуров по чертежу
Функция Easy Operate:	Настройка и установка референтной точки в режиме меню
Ручное управление:	простой ввод и отладка циклов с передачей данных в ShopMill
Параллельная работа:	Возможность подготовки программы при работе станка
Таблица точек:	Программирование по точкам, внесенным в память (макс. количество точек ограничено размером памяти)
Инструменты программирования:	Графическая поддержка программирования: Графическая поддержка диалогов; анимация, поддержка 3D
Технологический пакет	Mdynamics с опцией Advanced Surface – обеспечивает более высокую производительность и отличное качество поверхности
Симуляция:	Графическая симуляция процесса обработки: вид сверху, представление в 3х плоскостях, 3D представление, масштабирование, симуляция в режиме реального времени (для отработанных программ)
Графика при программировании:	Введенные блоки NC программы отрисовываются в 2D в процессе программирования контура
Технологический лист:	Рекомендации по подаче и скорости шпинделя, список материалов, таблица инструмента
Графика при обработке:	Мониторинг
Время обработки:	Отображение на экране текущего времени обработки в режиме симуляции
Переходы по тексту программы:	Переход в любой кадр программы и расчет нужной координаты желаемого входа на контур, и повторный подход.

Таблицы «нулей»:	Таблицы с 99 «нулями», включая текст
Передача данных:	USB 2.0, Ethernet
Сетевое подключение:	простая интеграция с пользовательской сетью.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Операцией называют законченную часть технологического процесса, выполняемую на одном рабочем месте.

Операция технологического процесса является его основным расчетным элементом. Трудоемкость и себестоимость выполнения операции служат критериями, характеризующими целесообразность ее построения в условиях заданной производственной программы.

Технологически обоснованной нормой времени называют время, необходимое для выполнения технологической операции в определенно организационно-технических условиях, наиболее благоприятных для данного производства (время рассчитывается на одну деталь в минутах).

Время, затрачиваемое на операцию, складывается из двух частей и называется калькуляционным или штучно-калькуляционным – $T_{шт-к}$

$$T_{шт-к} = T_{шт.} + \frac{T_{п-з}}{n_g}, \quad (1)$$

где $T_{шт.}$ – штучное время, мин;
 $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, мин;
 n_g – размер партии запуска, периодически запускаемых в производство, шт.

Штучное время есть интервал времени, равный отношению цикла технологической операции ($\sum t_i$) к числу одновременно изготавливаемых изделий (g).

$$T_{шт.} = \frac{\sum t_i}{g}. \quad (2)$$

Штучное время изготовления одной детали может быть выражено формулой:

$$T_{шт.} = t_o + t_b + t_{обс} + t_n, \quad (3)$$

где: t_o – основное (технологическое) время;
 t_b – вспомогательное время;
 $t_{обс}$ – время обслуживания рабочего места;
 t_n – время перерывов на отдых и естественные надобности.

Основное (технологическое) время t_o – время, в течении которого происходят изменения формы, размеров или состояния поверхности изготавливаемой детали.

Вспомогательное время t_n – время, затрачиваемое на приемы сопутствующие указанным выше изменениям.

$$t_v = t_{vy} + t_{mv}, \quad (4)$$

где t_{vy} – время на установку заготовки и снятие детали;
 t_{mv} – машинно-вспомогательное время, связанное с выполнением вспомогательных ходов и перемещении при обработке поверхностей.

Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным временем.

$$T_{оп} = t_o + t_v \quad (5)$$

Время работы станка с ЧПУ по управляющей программе (время цикла обработки) $t_{пу}$ равно неполному оперативному времени работы станка.

$$t_{пу} = t_o + t_{mv} + t_{опн} \quad (6)$$

Время на обслуживание рабочего места $t_{обс}$ складывается из затрат на организационное и техническое обслуживание. В состав работ по организационному обслуживанию рабочего места входит осмотр, прогрев системы ЧПУ и гидросистемы, опробование оборудования, получение инструмента со склада в течении смены, смазывание и очистка станка в течении смены, предъявление контролеру ОТК пробной детали, уборка станка и рабочего места по окончании работы.

К техническому обслуживанию рабочего места относятся: смена затупившегося инструмента, коррекция инструмента на заданные размеры, регулирование и подналадка станка в течении смены, удаление стружки из зоны резания в процессе работы.

В общем случае для станков с ЧПУ время на обслуживание рабочего места и перерывов на отдых и естественные надобности назначается в процентах от оперативного времени $(t_{обс} + t_n) = (12.. 16)\%$.

Подготовительно-заключительное время затрачивается на приемы, производимые рабочим один раз на всю партию деталей: ознакомление с чертежом и технологическим процессом; подготовка рабочего места, оборудования, приспособления и инструмента; наладка станка; получение и сдача приспособлений и инструмента; сдача чертежа и Т.П.; подготовительно-заключительное время определяется по нормативам.

Размер партии деталей определяется по исходным данным или расчетным путем:

$$n_g = \frac{N}{S_n}, \quad (7)$$

где N – годовой выпуск деталей, в шт.;

S_n – число запусков в год.

В условиях серийного производства S_n равно 4, 6, 12, 24. В рамках работы можно принять $S_n=12$.

1.1 Определение основного (технологического) времени

При обработке на станках с ЧПУ основное время на операцию определяется по формуле:

$$t_o = \sum t_{oj}, \quad (8)$$

где t_{oj} – основное время на выполнение j -го перехода при обработке элементарного участка обрабатываемой поверхности.

$$t_{oj} = \frac{(L + l_1 + l_2) \cdot i}{S_m}, \quad (9)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности, мм;
 l_1, l_2 – длина подвода (врезания) и перебега инструмента, мм;
 i – число рабочих ходов;
 S_m – минутная подача, мм/мин: $S_m = S_o \cdot n$,
 n – частота вращения заготовки или инструмента; об/мин;
 S_o – подача на один оборот, мм/об;
 S_z – подача на зуб, мм/зуб;
 Z – число зубьев инструмента.

Величины (l_1) и (l_2) определяются с учетом размеров обрабатываемой поверхности и условной величины (l_0), которая характеризует расстояние между инструментом и заготовкой, гарантирующее безопасный подвод инструмента и обработку заготовки. При подводе инструмента к обработанной поверхности $l_0 = 2$ мм, к необработанной поверхности $l_0 = 10$ мм. Величины l_1 и l_2 перемещений инструментов могут быть определены по схемам, представленным на рисунке 1.

1.2 Определение вспомогательного времени

Так как способы установки и закрепления заготовок при обработке на станках с ЧПУ принципиально не отличаются от способов, применяемых на станках с ручным управлением, то $t_{гв}$ определяют по имеющимся нормативам (таблица 1, приложение А) для станков с ручным управлением. На станках со сменными столами-спутниками (паллетами) учитывается только время на смену стола и перемещение его в рабочую позицию.

Машинно-вспомогательное время ($t_{мв}$) включает комплекс приемов, связанных с позиционированием, с ускоренным перемещением рабочих органов станка, подводом инструмента вдоль оси в зону обработки и

последующим отводом, автоматической смены режущего инструмента путем поворота револьверной головки (резцедержателя) или из инструментального магазина.

Определение подготовительно-заключительного времени

Подготовительно-заключительное время при обработке на станках с ЧПУ состоит из трех слагаемых.

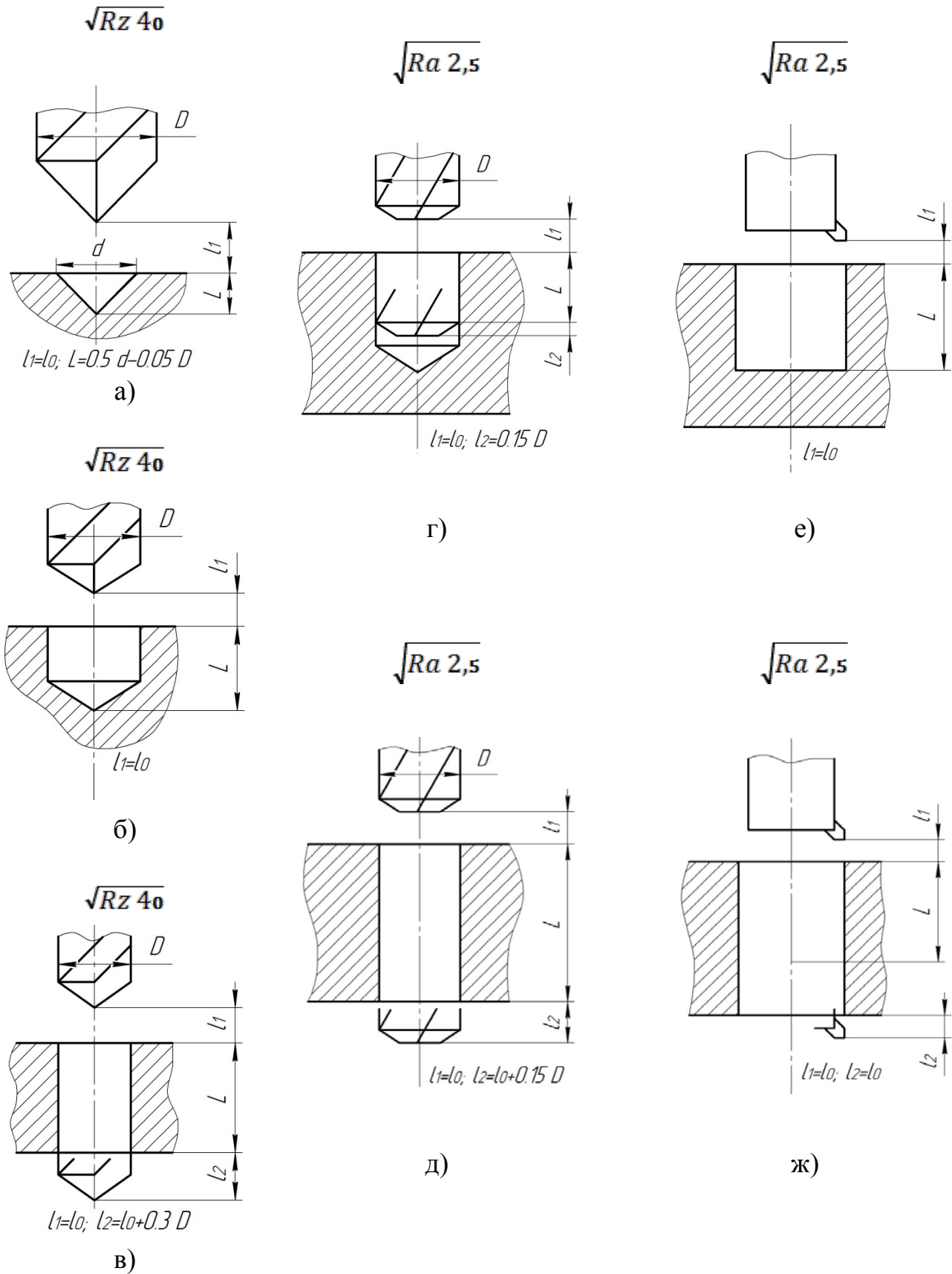
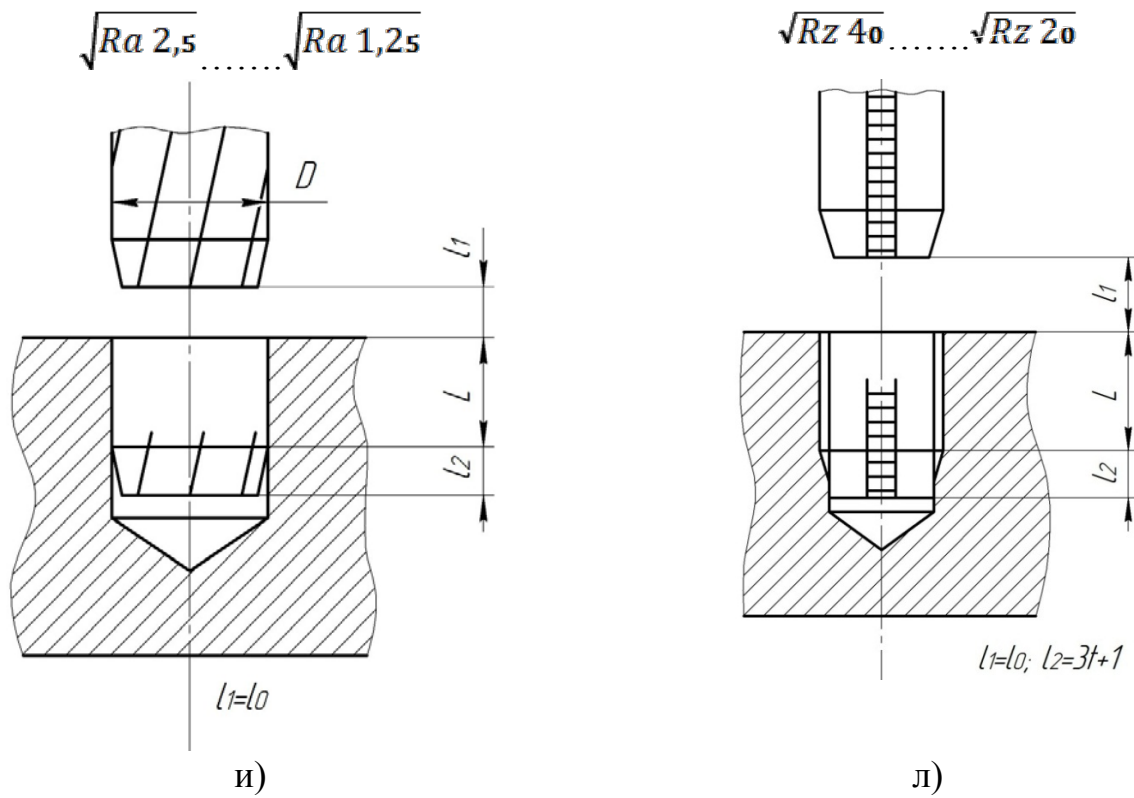


Рис. 3 Схемы перемещения инструмента при обработке отверстий:
 а – центрование; б, в – сверление; г, д – зенкерование; е, ж – растачивание;
 и, к – развертывание; л, м – нарезание резьбы метчиком



D	l_2	
5-10	l_0	2
10-15		3
15-20		4
20-30		5
30-50		7

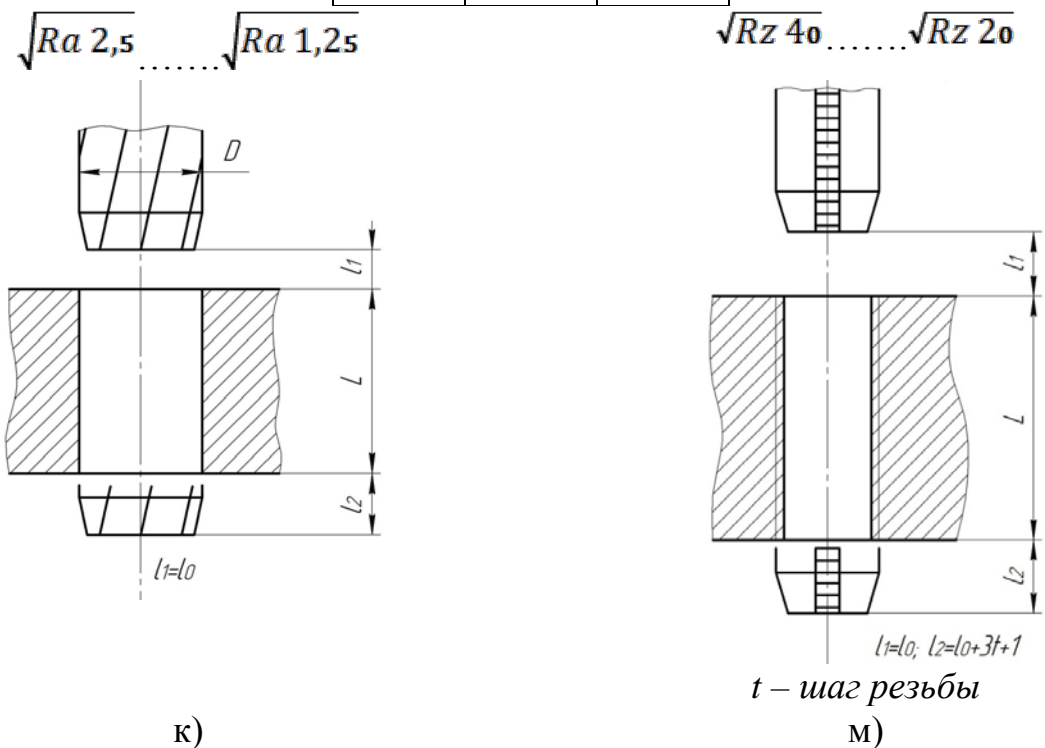


Рис. 4 Продолжение

$$T_{n-3} = T_{(n-3)1} + T_{(n-3)2} + T_{(n-3)3}$$

В слагаемое $T_{(n-3)1}$ включено время на получение наряда, чертежа, технологической документации в начале работы и на сдачу в конце смены.

Слагаемое $T_{(n-3)2}$ учитывает дополнительные работы, не вошедшие в комплекс приемов.

Слагаемое $T_{(n-3)3}$ учитывает время на пробную обработку одной детали (отработка программы по кадрам).

Нормативы времени на работы, выполняемые на станках с ЧПУ приведены в таблицах А2...А4, приложения А.

1.4 Построение операции, выполняемой на станке с ЧПУ

Порядок выполнения переходов при изготовлении деталей на многоцелевых станках с ЧПУ принципиально не отличается от порядка выполнения переходов на станках с ручным управлением.

1. Обработка основных плоскостей (торцовое фрезерование – черновое, чистовое).
2. Обработка основных отверстий (центрование, сверление, зенкерование, обработка фасок, растачивание, развертывание).
3. Обработка вспомогательных поверхностей (фрезерование концевыми, шпоночными, угловыми, дисковыми фрезами).
4. Обработка крепежных и вспомогательных отверстий (центрование, сверление, зенкерование, зенкование, нарезание резьбы).

Определяя последовательность переходов, можно воспользоваться рисунками 3, 4 и таблицей 3.

При построении операции следует назначать такую последовательность выполнения переходов обработки, чтобы $t_{мв}$ было минимальным. Так, при обработке группы отверстий на станках с крестовым столом и поворотной револьверной головкой следует полностью с одного позиционирования обрабатывать одно, а затем другое и т.д. отверстия, так как время на смену инструмента меньше времени на позиционирование ($t_{см\ инстр} > t_{поз}$) поэтому целесообразно проводить обработку всех отверстий сначала одним инструментом, затем другим и т.д.

Типовые переходы обработки отверстий на станках с ЧПУ

Таблица 3

Квалитет точности отверстия	Шероховатость поверхности, мм	Диаметр отверстия, мм	Переходы обработки отверстий унифицированным инструментом						
			Центрирование	Сверление	Зенкование	Обработка фаски	Расгачивание	Развертывание	Нарезание резьбы
7	$\sqrt{Ra\ 1.25}$	10-30	1	2	(3)	6	3	4,5	
		30-50		1		6	2,3	4,5	
8	$\sqrt{Ra\ 2.5}$	5-10	1	2		5		3,4	
		10-30	1	2		6	3	4,5	7
		30-50		1		5	2,3,4	(3,4)	
9	$\sqrt{Ra\ 2.5}$	5-10	1	2		4		3	
		10-30	1	2		5	3	4	6
		30-50		1		5	2,3,4	(4)	
10	$\sqrt{Rz\ 20}$	5-10	1	2		4		3	
		10-30	1	2		5	3	4	
		30-50		1		5	2,3,4	(4)	
11	$\sqrt{Rz\ 40}$	5-10	1	2					3
		10-30	1	2		4	3		5
		30-50		1		3	2		4
12	$\sqrt{Rz\ 80}$	5-10	1	2					3
		10-30	1	2	(3)	3			4
		30-50		1		3	2		4

2 ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ

1. Станок вертикальный многоцелевой с ЧПУ модели DMG 635V, устройство ЧПУ SIEMENS 840D SL.
2. Комплект режущего и вспомогательного инструмента.
3. Комплект приспособления системы УСТ.
4. Заготовки.
5. Штангенциркуль ШЦ 1-125 ГОСТ 166-89, ШЦ 1-250 ГОСТ 166-89.
6. Секундомер.

7. Комплект ручного инструмента Тогх.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1) Получить у преподавателя следующие исходные данные:
 - а) сведения об обрабатываемых поверхностях (точность размеров, шероховатость поверхности) и варианты обработки;
 - б) сведения о заготовке (размеры, материал, твердость);
 - в) сведения об инструментальных комплектах (геометрия и материал режущей части, число зубьев, настроечные размеры);
- 2) Определить последовательность обработки отверстий, пользуясь рисунками 3, 4 и таблицей 3.
- 3) Разработать операционный эскиз с указанием траекторий перемещения инструментов. Рабочие хода указываются тонкой сплошной. Рассчитать координаты опорных точек.
- 4) Рассчитать режимы резания, пользуясь приложением Б.
- 5) Рассчитать основное время (t_{oj}) выполнения переходов и основное (технологическое) время (t_o) выполнения операция.
- 6) Установить необходимые комплекс приемов, сопутствующих обработке и определить вспомогательное время (t_g).
- 7) Определить неполное оперативное ($t_{onн}$) и оперативное время (t_{on}).
- 8) Определить время ($t_{об}$) на обслуживание рабочего места и время (t_n) перерывов.
- 9) Определить штучное время ($t_{шт}$).
- 10) Установить состав подготовительно-заключительной работы и определить $T_{п-з}$.
- 11) Определить штучно-калькуляционное время ($T_{шт-к}$).
- 12) Результаты расчетов занести в таблицу 2 отчета.
- 13) Сравнить варианты операции по временам t_g $t_{onн}$ t_{on} $T_{шт}$.
- 14) Привести текст программы операции, перехода руководствуясь примером приложение С.

15) Настроить станок, установить заготовку и обработать её по каждому из рассчитанных вариантов операции. Путем наблюдения определить время установки заготовки и время работы станка по управляющей программе.

16) Сравнить фактически затраченное оперативное время с расчетным.

17) Сделать выводы по работе. Выводы должны содержать суждение о рациональной последовательности переходов обработки заготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1990.- 558 с.
- 2 Дальский А.М., Кондаков А.И. Технология машиностроения: В 2 т. Т.1. Основы технологии машиностроения – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. – 478 с.
- 3 Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений: Учеб. пособие / В.И.Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И.Аверченкова и Е.А.Польского. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2006. - 288 с.
- 4 Бурцев В.М. Технология машиностроения: В 2 т. Т.2 Производство машин: учебник для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2012. - 551 с.
- 5 Суслов А.Г. Технология машиностроения: - М.: КноРус, 2013. - 336 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Вспомогательное время на установку, закрепление, открепление, снятие детали

Способ установки детали	Состояние установочной поверхности	Число деталей	Вес детали (кг) до			
			1	3	5	8
В тисках с винтовым зажимом	Обработанная (или не обработанная из проката)	1	0.20	0.20	0.32	0.36
		2	0.25	0.40	0.46	0.55
		3	0.43	0.40	0.60	–
		4	0.50	0.60	0.75	–
	Необработанная (отливка)	1	0.32	0.34	0.37	0.41
В тисках с пневмо-зажимом	Обработанная (или не обработанная из проката)	1	0.17	0.19	0.22	0.26
		2	0.25	0.30	0.36	0.45
		3	0.33	0.41	0.50	–
		4	0.41	0.60	0.65	–
	Необработанная (отливка)	1	0.22	0.24	0.27	0.31
В тисках с эксцентриковым зажимом	Обработанная (или не обработанная из проката)	1	0.19	0.21	0.25	0.29
		2	0.27	0.32	0.39	0.48
		3	0.35	0.43	0.50	–
		4	0.43	0.55	0.65	–

Таблица А.2.

Способ установки заготовки	Способ настройки нулевого положения	Время $T_{(n-3)l}$ (мин) на приемы, вошедшие в комплекс
В универсальном приспособлении	БП	8.2
На столе с использованием болтов и планок	ЦП	9.7
В самоцентрирующем патроне	БП	8.5
В тисках, УСП, специальном приспособлении. С установкой приспособления вручную	ЦП	9.5
Без установки приспособления	БП	4.5
	ЦП	5.5
В специальном приспособлении, с установкой приспособления вручную	БП	8.7
	ЦП	10.2

Примечания:

- Способ настройки нулевого положения:
БП – по боковой поверхности;
ЦП – по цилиндрической поверхности.
- В комплекс приемов входят:
 - установка и снятие зажимного приспособления / болты, планки – 4-7 мин; тиски – 3-4 мин; патрон – 2-3 мин; приспособления (вручную) – 5-10 мин/;
 - настройка нулевого положения (по одной БП – 1-1.5 мин; по двум БП – 1.5-3.5 мин; отверстию – 2.5-4 мин);
 - перемещение стола в зону, удобную для настройки, – 0.5-1.5 мин;
 - установка (снятие) в считывающее устройство – 0.5-1 мин;
 - ускоренная проверка работоспособности считывающего и перфоленты – 0.5-2 мин.

Продолжение приложения А

Таблица А.3 – Время $T_{(n-3)2}$ на дополнительные приемы, не включенные в комплекс $T_{(n-3)1}$ и выполняемые в отдельных случаях (при необходимости)

Дополнительные приемы	Время, мин
Получить и сдать наряд, технологическую документацию	2
Ознакомиться с чертежом, технологической документацией, осмотреть заготовки (при сложности изготавливаемой детали простая-средняя-сложная)	1,5 - 2 - 3
Инструктаж мастера (при сложности изготавливаемой детали простая-средняя-сложная)	1 - 1,5 - 2
Получить и сдать приспособление и инструмент, необходимые для наладки на партию деталей: до 20 шт (до 30 шт)	5(7)
Разложить и убрать инструмент, необходимый для наладки на партию деталей	2
Отрегулировать (переустановить) кулачки патрона, губки тисков	1(2)
Подключить приспособление к пневмо- или гидросети	2
Отрегулировать (переустановить) губки тисков	1(2)
Сменить один режущий инструмент в ячейке инструментального магазина	0,3 - 0,4
Наладить один режущий инструмент по оси	1

Таблица А.4 – Время $T_{(n-3)3}$ (мин) пробной обработки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ

Диаметр отверстия, мм	Материал деталей					
	Чугун			Сталь		
	Число групп отверстий					
	1	2	3	1	2	3
Отверстия 8-9 квалитетов точности						
40-60	3.2	6.4	9.6	3.1	6.2	9.3
61-80	3.2	6.5	9.8	3.2	6.3	9.5
Отверстия 7-го квалитета точности						
40-60	6.55	13.0	19.4	6.2	12.4	18.6
61-80	6.6	13.2	19.8	6.3	12.6	19.0

Примечания:

- В комплекс приемов при пробной обработке деталей входят:
 - обработка перемещений на ось отверстия и подвод инструмента к заготовке;
 - установление режима обработки; обработка отверстия по методу пробных ходов и измерения размеров нутромером;
 - вычисление и ввод коррекции микрометрическим регулированием.
- Группа отверстий - одно или несколько отверстий одинакового диаметра, растачиваемых одним и тем же инструментом.

Таблица Б.7 – Режимы резания при сверлении отверстий

Диаметр сверла D, мм	Материал сверла										
	Быстрорежущая сталь						Твердый сплав				
	Обрабатываемый материал										
	Сталь		Чугун		Сталь	Чугун	Чугун		Сталь	Сталь, Чугун	
	I	II	I	II			I	II			
	So, мм/об				V, м/мин		So			V, м/мин	
6	0,11	0,08	0,22	0,15	28	31	-	-	-	-	
8	0,15	0,10	0,33	0,20	28	31	0,25	0,20	-	60	
10	0,18	0,12	0,39	0,24	25	28	0,29	0,23	0,13	60	
13	0,22	0,15	0,46	0,30	22	28	0,35	0,27	0,17	60	
16	0,25	0,18	0,52	0,34	22	26	0,40	0,31	0,20	60	
20	0,29	0,20	0,60	0,39	21	26	0,47	0,35	0,25	60	
25	0,32	0,22	0,65	0,45	21	26	0,54	0,39	0,30	60	
30	0,36	0,25	0,71	0,48	21	26	0,60	0,41	0,35	60	
50	0,48	0,31	0,81	0,54	21	26	-	-	-	60	

Примечания:

1. Группа подач I предназначена для сверления отверстий, имеющих свободные размеры. Группа подач II назначается при сверлении точных отверстий с последующей их обработкой развертками; для сверления отверстий с последующим нарезанием резьбы.
2. Значение подач при сверлении отверстий в деталях из стали необходимо умножать на поправочный коэффициент $k_{\sigma} = 0,7$ при $\sigma_B > 800$ МПа; из чугуна $k_{HB} = 0,7$, при HB > 229
3. Значение подачи следует умножать на поправочный коэффициент глубины сверления $k_l = 0,85$, при $l = 4D$, при $l = 5D$, $k_l = 0,6$ при $l = 8D$ $k_l = 0,5$ при $l = 10D$ $k_l = 0,4$ при $l \geq 10D$

Таблица Б.8 – Режимы резания при центровании отверстий спиральными сверлами из быстрорежущей стали

Диаметр центровочного сверла, мм	Подача S_o , мм/об	Скорость V , м/мин	Подача S_o , мм/об	Скорость V , м/мин
	Обрабатываемый материал			
	Чугун		Сталь	
10-15	0,20	30	0,15	30
15-20	0,30	28	0,20	30
20-25	0,35	27	0,25	30
25-30	0,40	25	0,30	30

Примечания:

1. Скорость резания указана для наибольшего диаметра центрового отверстия, фаски в отверстии.
2. Значение подачи и скорости следует умножить на 0,8 для чугуна НВ>229 и стали НВ>207, на 1,2 для чугуна и стали НВ<170. При работе с охлаждением величину скорости умножают на 1,25.

Таблица Б.9 – Режимы резания при зенкерование отверстий зенкерами из быстрорежущей стали

Диаметр центровочного сверла, мм	Подача S_o , мм/об	Скорость V , м/мин	Подача S_o , мм/об	Скорость V , м/мин
	Обрабатываемый материал			
	Чугун		Сталь	
до 10	0,30	30	0,25	28
10-15	0,35	30	0,30	27
15-20	0,40	29	0,35	26
20-25	0,45	28	0,40	28
25-30	0,50	27	0,45	25

Поправочные коэффициенты – см. Примечание 2 к таблице Б.8

Таблица Б.10 – Режимы резания при черновом растачивании расточными оправками, оснащенными резцами с твердосплавными пластинками и углом в плане $\varphi = 60^\circ$

Диаметр растачивания D, мм	Глубина резания t, мм	Подача S _o , мм/об	Скорость V, м/мин	Подача S _o , мм/об	Скорость V, м/мин
		Обрабатываемый материал			
		Чугун		Сталь	
40-80	до 5	0,5	60	0,4	50
40-80	5-10	0,4	60	0,3	52

Примечания:

1. При использовании резцов с углом в плане $\varphi = 90^\circ$, величину подачи уменьшить в 2 раза.
2. При работе без литейной корки величину скорости увеличить на 20%.

Таблица Б.11 – Режимы резания при получистовом и чистовом растачивании расточными оправками, оснащенными резцами с твердосплавными пластинами

Диаметр растачивания D, мм	Подача S _o , мм/об	Скорость V, м/мин	Подача S _o , мм/об	Скорость V, м/мин
	Обрабатываемый материал			
	Чугун		Сталь	
	При t = 1 - 2,5 мм и Rz = 20 мкм			
10-20	0,10	60	0,06	50
20-40	0,15	60	0,08	50
40-80	0,20	80	0,12	60
	При t до 1 мм и Ra = 2,5 мкм			
10-20	0,05	80	0,04	60
20-40	0,06	80	0,04	60
40-80	0,07	1-0	0,05	80

Таблица Б.12 – Скорость резания при нарезании цилиндрической резьбы метчиками из быстрорежущей стали

Наружный диаметр резьбы, мм	Скорость резания V , м/мин при обработке	
	Чугун	Сталь
0 - 10	6	5
окт.16	8	6
Св. 16	10	8

Таблица Б.13 – Режимы резания при зенковании отверстий коническими зенковками из быстрорежущей стали

Диаметр зенкования, мм	Подача S_z , мм/об	Скорость V , м/мин	Подача S_z , мм/об	Скорость V , м/мин
	Обрабатываемый материал			
	Чугун		Сталь	
10-15	0,04	24	0,03	24
15-20	0,05	23	0,03	23
20-25	0,05	22	0,04	22
25-30	0,06	21	0,04	21
30-40	0,06	21	0,04	21

Таблица Б.14 – Режимы резания при развертывании отверстий развертками из быстрорежущей стали

Диаметр отверстия ,мм	Подача S_{ϕ} , мм/об при развертывании			
	Чугун		Стали	
	черновом	чистовом	черновом	чистовом
до 6	0,6	0,3	0,25	0,15
6-8	0,7	0,4	0,30	0,20
8-10	0,8	0,5	0,40	0,25
10-12	0,9	0,6	0,50	0,30
12-15	1,1	0,7	0,60	0,40
15-20	1,3	0,8	0,70	0,50
20-25	1,4	1,0	0,80	0,60
25-30	1,7	1,1	0,90	0,70
30-40	2,0	1,2	1,00	0,70
40-50	2,2	1,3	1,10	0,80

Примечание:

Скорость V , м/мин при черновом и чистовом развертывании равна соответственно 12 и 8 (для чугуна); 6 и 4 – для стали.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ФОРМА ОТЧЕТА КГУ

Кафедра: «Технологии машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

О Т Ч Е Т
по лабораторной работе
**ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАРИАНТОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ НА
ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ DMG 635V/DMU 50**

Студент группы _____
Преподаватель _____

1. Условия проведения работы
Станок (модель).
Инструменты (наименование, настроечные размеры, число зубьев, материал режущей части).
Заготовка (размеры, материал, твердость).
Режимы резания (V , S_z , S , n , S_M).
2. Эскизы обработки
3. Сводная таблица расчета времени

Таблица В. 2

Номер варианта операции	t_o	t_{ϕ}		$t_{он.н}$	$t_{он}$	$t_{абс}+t_n$	$T_{шт}$	T_{n-3}	n_3	$T_{шт-к}$
		$t_{\phi y}$	$t_{\phi м}$							
1										
2										
3										

4. Определение фактического времени ($t_{\phi y}$) на установку и времени (t_{ny}) работы станка с ЧПУ по управляющей программе.
5. Сравнение неполного оперативного ($t_{он.н}$) и оперативного ($t_{он}$) времени с расчетным.
6. Выводы по работе.

Маленков Андрей Иванович
Маслов Денис Александрович

**ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАРИАНТОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ
НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ DMG 635V/DMU 50**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Технология машиностроения»
для студентов специальности 151001.65 «Технология машиностроения»;
направлений 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств», 150700.62 «Машиностроение»

Авторская редакция

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л 1,25	Уч.-изд. л. 1,25
Заказ	Тираж 50	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.