

Составитель: к.т.н. доцент ВолгИИ Владимир Николаевич
Подлеснов

Станки для абразивной обработки. Методические указания по
изучению. (К самостоятельной работе студентов).

Редактор *Бабинцева Т. П.*

Позиция № 33 по плану 1991г.

Подписано в печать 25.01.91. Формат 60х84 1/16.
Бумага газетная №1. Печать плоская. Усл.печ.л. 2,3
Уч.-изд.л. 2,0
Тираж 300 экз. Заказ . Бесплатно.

Волгоградский ордена Трудового Красного Знамени политехни-
ческий институт. 400066, Волгоград, пр.им.В.И.Ленина,23.
Межеузовский ротационный участок ВолгИИ. Волгоград,
ул.Советская, 35.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РСФСР ПО ДЕЛАМ НАУКИ И ВЫСШЕЙ
ШКОЛЫ

ВОЛГОГРАДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА "МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТЫ"

СТАНКИ ДЛЯ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Методические указания по изучению
(К самостоятельной работе студентов)

Составитель к.т.н., доцент ВолгПИ В.Н.Подлеснов

СТАНКИ ДЛЯ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ИЗУЧЕНИЮ. (К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ).
Волгоград, политехн. ин-т. Сост. к.т.н., доцент ВолгПИ В.Н. Под-
леснов. Волгоград, 1991 г., 39 с.

Методические указания предназначены для студентов
специальностей 1201 и 1202, изучающих курс "Станочное оборудо-
вание автоматизированного производства". Особенно полезными
данные указания будут для организации самостоятельной работы
студентов при изучении темы "Станки для абразивной обработки".

Методические указания содержат рекомендации по изучению
станков, контрольные вопросы для самопроверки усвоения темы,
набор задач для самостоятельной работы и краткие советы по
их решению.

Рис.14, табл.12, схем. 10 назв.

Печатается по решению ред.-издательского совета Волгоград-
ского политехнического института.

Рецензент Б.М. Бяков

Волгоградский
политехнический
институт, 1991 г.

1. Характеристика изучаемого материала и методика изу- чения темы	4
2. Методика изучения станков для абразивной обработки..	6
3. Контрольные вопросы для проверки усвоения изученного материала	29
4. Задачи для самостоятельного решения	30
5. Методические указания по решению задач	36
6. Дисциплины и разделы, предшествующие изучению дан- ной темы	38
7. Дисциплины и разделы, для усвоения которых необходи- мо знание данной темы.....	38
8. Время усвоения темы.....	38
Список рекомендуемой литературы.....	39

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА И МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ

Инженер-механик по специальности 1201 или 1202 должен хорошо знать технологическое оборудование для абразивной обработки, поскольку шлифовальные, доводочные станки широко применяются в современном машиностроении для окончательной-наиболее ответственной - обработки деталей. Рабочей программой курса "Станочное оборудование автоматизированного производства" предусмотрено изучение темы "Станки для абразивной обработки", причем в основном предполагается самостоятельное изучение темы.

Изучение темы следует начать с рассмотрения классификации станков для абразивной обработки и вида поверхностей, обрабатываемых на этих станках. Затем изучается кинематическая структура и кинематические схемы шлифовальных станков. Эти вопросы не должны вызвать у студентов больших трудностей, поскольку шлифовальные станки по своей кинематике не являются сложными (они относятся к классу 333).

Особое внимание надо обратить на станки с ЧПУ, их особенности и области применения.

Доводочные и зубошлифовальные станки подробно в данной теме не рассматриваются, надо знать принцип их работы, применяемый инструмент, движения и области использования.

Изучив данную тему, студент должен знать:

- 1) классификацию станков для абразивной обработки;
- 2) виды поверхностей, обрабатываемых на шлифовальных и доводочных станках и области применения этих станков;
- 3) принципиальные схемы обработки на шлифовальных станках;
- 4) кинематическую структуру шлифовальных станков;
- 5) кинематическую схему круглошлифовального станка;
- 6) особенности шлифовальных станков с ЧПУ (применяемые системы ЧПУ, программируемые перемещения, схемы обработки на станках с ЧПУ, кинематическую схему круглошлифовального станка с ЧПУ);
- 7) принципиальные схемы обработки на доводочных станках;
- 8) принципиальные схемы обработки на зубошлифовальных станках.

Студент должен уметь:

- 1) изображать принципиальные схемы обработки;
- 2) изображать структурные схемы и анализировать кинематические структуры станков;
- 3) анализировать кинематические схемы шлифовальных станков (в том числе станков с ЧПУ);
- 4) изображать принципиальные схемы обработки на станках с ЧПУ с указанием фазового относительного движения обрабатываемой детали и инструмента;
- 5) подбирать станки с ЧПУ для обработки конкретных поверхностей.

Приобрести необходимые знания и умения помогут задачи для самостоятельного решения, приводимые в разделе 4. В разделе 5 даны краткие методические указания по решению задач.

Студенты, специализирующиеся на абразивной обработке, более глубоко изучают рекомендуемую литературу. При этом преподаватель может давать конкретные задания по изучению отдельных вопросов.

2. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СТАНКОВ ДЛЯ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

2.1. Что необходимо знать из общих сведений о станках для абразивной обработки

2.1.1. Приступая к изучению станков для абразивной обработки, следует прежде всего установить, какие детали и какими режущим инструментом обрабатываются на этих станках. Здесь основным является понимание того, что станки для абразивной обработки в основном предназначены для выполнения финишных операций. Основными поверхностями, обрабатываемыми на этих станках, являются цилиндрические и конические (обработка тел вращения), плоские, фасонные, резьбовые, шлицевые, зубчатые.

Инструменты для абразивной обработки представляют собой главным образом шлифовальные круги различных характеристик, размеров, типов, классов точности и неуравновешенности. На доводочных станках применяются и другие абразивные инструменты, например, абразивные бруски и хонинговальные головки. Вопрос о режущем инструменте в более подробном плане не является предметом данной темы, но желающие познакомиться с этими вопросами более подробно могут обратиться к литературе по режущему инструменту или по шлифованию (см., например, литературу /1,2/).

2.1.2. Классификация металлорежущих станков уже изучена студентом в одной из предыдущих тем, надо лишь вспомнить, что в основном станки для абразивной обработки относятся к третьей группе по классификации ЭНЖОА - к группе "шлифовальные, доводочные и заточные станки" - и подразделяются на типы /3/:

- 1) круглошлифовальные;
- 2) внутришлифовальные;
- 3) ободочно-шлифовальные;
- 4) специализированные шлифовальные;
- 5) заточные;
- 6) плоскошлифовальные;
- 7) притирочные и полировальные.

Если за основу классификации взять режущий инструмент и

характер процесса резания, то к станкам для абразивной обработки следует отнести также зубо- и резьбошлифовальные станки (группа 5, тип 8 по классификации ЭНЖОА).

2.1.3. Основными типами шлифовальных станков, предназначенными для изучения, являются круглошлифовальные (в том числе бесцентровошлифовальные), внутришлифовальные и плоскошлифовальные. Изучение следует начинать с принципиальных схем работы станков. Для этого надо обратиться к литературе /1-4/. В качестве примера некоторые схемы приводятся в табл.2.1. По схеме следует изучить относительное движение шлифовального круга к обрабатываемой детали и движения формообразованием и врезания.

Обратите внимание, что врезным методом на круглошлифовальных станках можно обрабатывать короткие цилиндрические поверхности. Шлифование врезным методом на бесцентровошлифовальном станке осуществляется при обработке ступенчатых деталей; угол наклона ведущего круга при этом небольшой - только чтобы прижать обрабатываемую деталь к упору. Ведущему кругу придают форму гиперболоида вращения, чтобы контакт круга с деталью был линейным.

На внутришлифовальных станках планетарного типа (табл.2.1) обрабатываются детали, у которых наружная поверхность не является цилиндрической или крупные детали.

На плоскошлифовальных станках для закрепления небольших деталей часто применяются столы с электромагнитным креплением.

Остальные схемы не требуют пояснения.

2.1.4. В отличие от всех других видов обработки скорость резания при обработке на шлифовальных станках следует определять не в метрах в минуту, а в метрах в секунду:

$$v = \frac{\pi D_k n_k}{60 \cdot 1000},$$

где D_k - диаметр шлифовального круга, в мм;
 n_k - частота вращения круга в об/мин (мин^{-1}).

2.2. Изучение кинематической структуры шлифовальных станков

2.2.1. По своей кинематической структуре станки шлифоваль-

Тип станка	Принципиальная схема обработки	Движения			Примечание
		формообразования		врезания	
1	2	3	4	5	6
Круглошлифовальный		$\Phi_v(B_1)$	$\Phi_{s1}(B_2)$ - круговая подача; $\Phi_{s2}(P_3)$ - продольная подача	$B_p(P_4)$	Шлифование с продольной подачей
Бесцентровый шлифовальный		$\Phi_v(B_1)$	$\Phi_{s1}(B_2)$ - круговая подача; $\Phi_{s2}(P_3)$ - радиальная подача		Шлифование по методу радиальной подачи (врезное шлифование)
Бесцентровый шлифовальный		$\Phi_v(B_1)$	$\Phi_{s1}(B_2)$ - круговая подача; $\Phi_{s2}(P_3)$ - продольная (осевая) подача		1 - шлифующий круг; 2 - ведущий круг (повернут на 1,5-6° для создания осевой подачи P_3); В - скорость вращения круга; 3 - заточка; 4 - опорный нож, шлифование с продольной (осевой) подачей
		$\Phi_v(B_1)$	$\Phi_s(B_2)$	$B_p(P_4)$	Шлифование врезным методом

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
Внутришлифовальный		$\Phi_V(B_1)$	$\Phi_{S1}(B_2)$ - круговая подача; $\Phi_{S2}(P_3)$ - продольная подача	$B_p(P_4)$	
		$\Phi_V(B_1)$	$\Phi_{S1}(B_2)$ - круговая подача (вращение шлифовального круга относительно оси детали - планетарное движение); $\Phi_{S2}(P_3)$ - продольная подача	$B_p(P_4)$	Внутришлифовальный станок планетарного типа
Плоскошлифовальный		$\Phi_V(B_1)$	$\Phi_{S1}(P_2)$ - продольная подача; $\Phi_{S2}(P_3)$ - поперечная подача	$B_p(P_4)$	Станок с прямоугольным столом; обработка ведется периферией круга
		$\Phi_V(B_1)$	$\Phi_{S1}(P_2)$; $\Phi_{S2}(P_3)$	$B_p(P_4)$	Станок с прямоугольным столом; обработка ведется торцом круга
		$\Phi_V(B_1)$	$\Phi_S(B_2)$ - круговая подача	$B_p(P_3)$	Станок с круглым столом; обработка ведется торцом круга

ной группы относятся к классу 333 (вспомните из контролирующе-обучающего модуля "Кинематическая структура металлорежущих станков". 3- структура элементарная; 3 - три кинематические группы формообразования; 3 - общее число элементарных движений, обеспечивающих исполнительные движения формообразования равно трем).

2.2.2. Наиболее подробно вопросы кинематической структуры станков, в том числе и шлифовальных, изложены в литературе [5]. Можно обратиться также к контролирующе-обучающему модулю КОМ СТ-1 [6]. Примеры кинематических структур шлифовальных станков приведены также на рис.2.1, 2.2, а в табл.2.2 даны примеры анализа кинематических структур.

2.3. Изучение кинематических схем шлифовальных станков

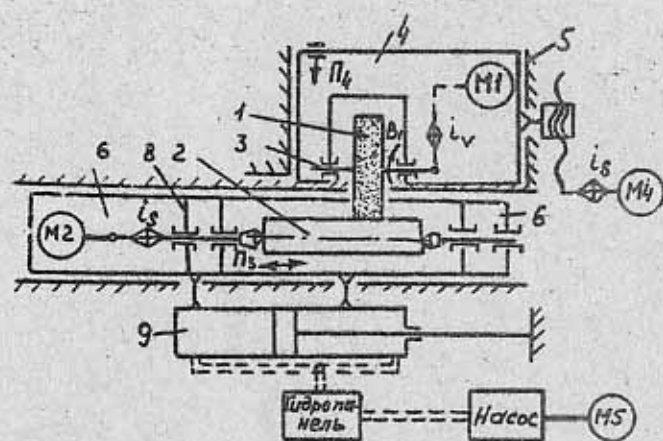
2.3.1. Общие положения

Студент уже знаком с основными принципами кинематической настройки станков (по контролирующе-обучающему модулю КОМ СТ-1 [7] и изучил кинематику станков ряда группы (токарных, сверлильных, фрезерных и др.). Поэтому изучение кинематики шлифовальных станков не вызовет особых затруднений. Основными особенностями кинематики шлифовальных станков являются:

- 1) наличие индивидуальных приводов всех основных движений (движение скорости резания - вращение шлифовального круга, движение круговой подачи - вращение заготовки, движение продольной подачи - возвратно-поступательное движение стола и др.);
- 2) осуществление продольной подачи (возвратно-поступательное движение), как правило, от регулируемого гидрпривода;
- 3) короткие кинематические цепи;
- 4) регулирование вращательных движений шлифовального круга и заготовки, как правило, бесступенчатое, с помощью электродвигателей;
- 5) возможность осуществления движений подачи и врезания вручную - с помощью маховиков;
- 6) наличие устройства для пранки шлифовального круга.

2.3.2. Изучение кинематической схемы станка мод.3М151

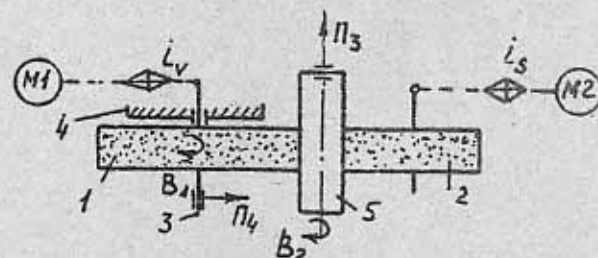
В качестве примера на рис.2.3 приведена кинематическая схе-



- 1 - шлифовальный круг; 2 - заготовка; 3 - шпиндель шлифовальной бабки; 4 - корпус шлифовальной бабки; 5 - направляющие; 6 - стол; 7 - шпиндель бабки изделия; 8 - корпус бабки изделия; 9 - гидроцилиндр

Рис.2.1

Структурная схема бесцентрового шлифовального станка



- 1 - шлифовальный круг; 2 - ведущий круг; 3 - шпиндель шлифующего круга; 4 - корпус шлифовальной бабки; 5 - шлифуемая деталь; 6 - поддерживающий нож

Рис.2.2

Кинематическая структура шлифовальных станков

Станок	Структура, рис.	Класс структуры	Группа движения скорости резания				Группа движения подачи				Движение резания
			Движение	Внутрен. связь	Внешняя связь	Настройка	Внутренняя связь	Внешняя связь	Настройка		
Круглошлифовальный	2.1	333	$\Phi_V(B_1)$	Пара: шп. 3-корпус 4	$M_1 \rightarrow i_{13}$	i_V - скорость	$\Phi_{S1}(B_1)$	Пара: шп. 7-корпус	$M_2 \rightarrow$ шп. 7	i_{S1} (круговая подача)	$B_P(\Pi_4)$
							$\Phi_{S2}(\Pi_3)$	Пара: стол 6 направ. 5	$M_5 \rightarrow$ 9 (гидроцилиндр)	i_{S2} (гидропанель)	
Бесцентровый шлифовальный	2.2	333	$\Phi_V(B_1)$	Пара: шп. 1-корпус 4	$M_1 \rightarrow i_{13}$ $i_V \rightarrow 1$	i_V - скорость	$\Phi_{S1}(B_2)$	Пара: 3-4	$M_2 \rightarrow i_5 + 2$	i_S (круговая подача)	$B_P(\Pi_4)$
							$\Phi_{S2}(\Pi_3)$	Пара: 3-4	$M_2 \rightarrow i_5 + 2$	i_S , наклон ведущего круга (угол α)	

12

Кинематическая схема круглошлифовального станка мод. 3М161

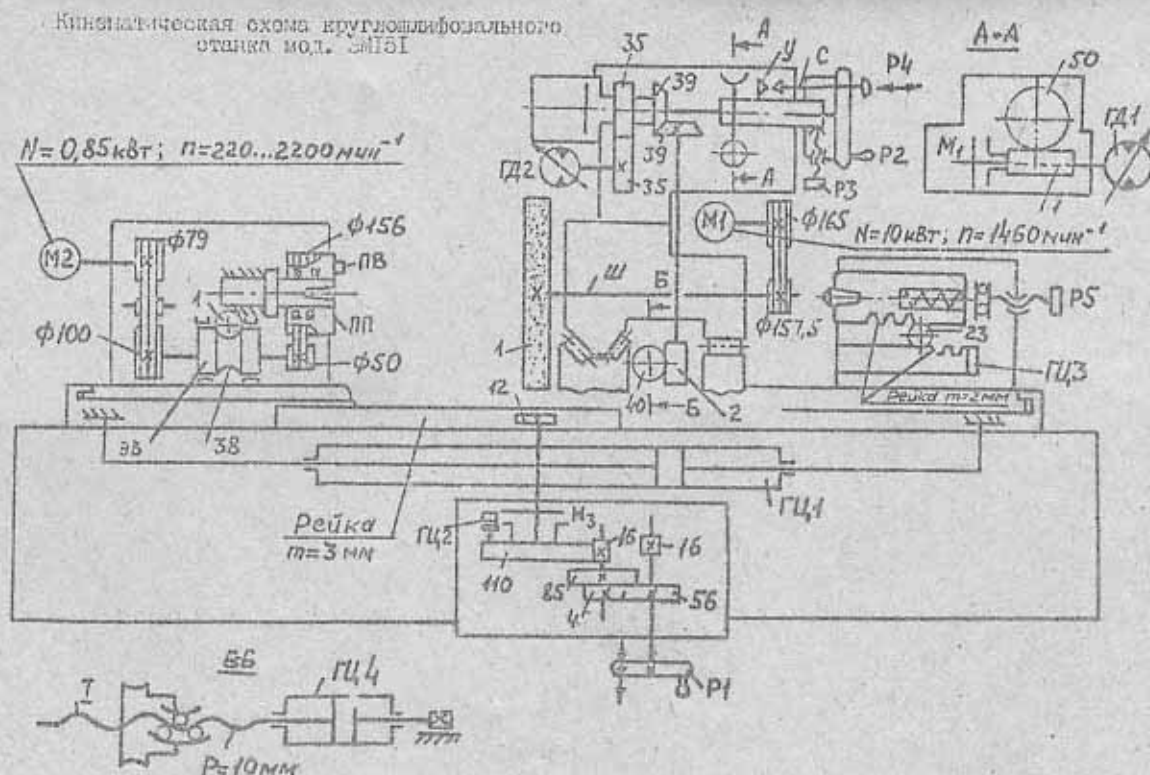


Рис. 2.3

13

ма круглошлифовального станка мод.ЗМ151. Станок предназначен для шлифования цилиндрических и торцовых поверхностей, а также пологих конусов на деталях типа валов (наибольший диаметр обрабатываемой заготовки 200 мм, наибольшая длина 700 мм). Наибольший диаметр шлифовального круга - 600 мм. Станок является полуавтоматом класса точности II и может работать с прибором активного контроля.

Поскольку студент уже умеет читать кинематические схемы, здесь нет необходимости подробно описывать схему станка. Для облегчения изучения кинематики составлена табл.2.3. Подробно станок описан в литературе [6].

2.4. Изучение шлифовальных станков с ЧПУ

2.4.1. Общие сведения о шлифовальных станках с ЧПУ

Необходимо знать, что системами ЧПУ оснащаются практически все типы станков с ЧПУ - круглошлифовальные, плоскошлифовальные, бесцентровошлифовальные, внутрیشлифовальные, заточные. Созданы также многосерийные (многоцелевые) шлифовальные станки с гибкими производственными модулями на их основе.

Следует помнить, что шлифовальные станки с ЧПУ не делают с точки зрения процесса резания ничего такого, что не может делать обычный шлифовальный станок. Повышение производительности и расширение технологических возможностей шлифовальных станков с ЧПУ обеспечивается за счет управления и сокращения вспомогательного времени. В отличие от лезвийного инструмента шлифовальный круг изнашивается на величину, соизмеримую с припуском на обработку. Поэтому управление перемещениями механизма привода круга от устройства ЧПУ должно предусматривать учет и компенсацию его износа.

2.4.2. Какие перемещения программируются в шлифовальных станках с ЧПУ [2]

Студент уже представляет компоновку круглошлифовального станка, поэтому нетрудно будет понять, что эти станки имеют два основных программно-управляемых оси перемещения: Z - продольной подачи заготовки и X - поперечной подачи шлифовального круга. Это позволяет программировать обработку шеек оту-

Изучение кинематических цепей станка мод. ЗМ151

Таблица 2.3

Обеспечиваемое движение	Конечные звенья цепи	Кинематическая цепь	Уравнение кинематического баланса	Звено настройки	Примечание
Вращение шлифовального круга (движение скорости вращения - глав. движение)	M1 → Ш	M1 → клиноремённая передача → Ш	$\Pi_{ш.з.г.} = \Pi_{M1} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_6}{Z_5} \cdot \frac{Z_8}{Z_7} \cdot \frac{Z_{10}}{Z_9} \cdot \frac{Z_{12}}{Z_{11}} \cdot \frac{Z_{14}}{Z_{13}} \cdot \frac{Z_{16}}{Z_{15}} \cdot \frac{Z_{18}}{Z_{17}} \cdot \frac{Z_{20}}{Z_{19}} \cdot \frac{Z_{22}}{Z_{21}} \cdot \frac{Z_{24}}{Z_{23}} \cdot \frac{Z_{26}}{Z_{25}} \cdot \frac{Z_{28}}{Z_{27}} \cdot \frac{Z_{30}}{Z_{29}} \cdot \frac{Z_{32}}{Z_{31}} \cdot \frac{Z_{34}}{Z_{33}} \cdot \frac{Z_{36}}{Z_{35}} \cdot \frac{Z_{38}}{Z_{37}} \cdot \frac{Z_{40}}{Z_{39}} \cdot \frac{Z_{42}}{Z_{41}} \cdot \frac{Z_{44}}{Z_{43}} \cdot \frac{Z_{46}}{Z_{45}} \cdot \frac{Z_{48}}{Z_{47}} \cdot \frac{Z_{50}}{Z_{49}} \cdot \frac{Z_{52}}{Z_{51}} \cdot \frac{Z_{54}}{Z_{53}} \cdot \frac{Z_{56}}{Z_{55}} \cdot \frac{Z_{58}}{Z_{57}} \cdot \frac{Z_{60}}{Z_{59}} \cdot \frac{Z_{62}}{Z_{61}} \cdot \frac{Z_{64}}{Z_{63}} \cdot \frac{Z_{66}}{Z_{65}} \cdot \frac{Z_{68}}{Z_{67}} \cdot \frac{Z_{70}}{Z_{69}} \cdot \frac{Z_{72}}{Z_{71}} \cdot \frac{Z_{74}}{Z_{73}} \cdot \frac{Z_{76}}{Z_{75}} \cdot \frac{Z_{78}}{Z_{77}} \cdot \frac{Z_{80}}{Z_{79}} \cdot \frac{Z_{82}}{Z_{81}} \cdot \frac{Z_{84}}{Z_{83}} \cdot \frac{Z_{86}}{Z_{85}} \cdot \frac{Z_{88}}{Z_{87}} \cdot \frac{Z_{90}}{Z_{89}} \cdot \frac{Z_{92}}{Z_{91}} \cdot \frac{Z_{94}}{Z_{93}} \cdot \frac{Z_{96}}{Z_{95}} \cdot \frac{Z_{98}}{Z_{97}} \cdot \frac{Z_{100}}{Z_{99}} \cdot \frac{Z_{102}}{Z_{101}} \cdot \frac{Z_{104}}{Z_{103}} \cdot \frac{Z_{106}}{Z_{105}} \cdot \frac{Z_{108}}{Z_{107}} \cdot \frac{Z_{110}}{Z_{109}} \cdot \frac{Z_{112}}{Z_{111}} \cdot \frac{Z_{114}}{Z_{113}} \cdot \frac{Z_{116}}{Z_{115}} \cdot \frac{Z_{118}}{Z_{117}} \cdot \frac{Z_{120}}{Z_{119}} \cdot \frac{Z_{122}}{Z_{121}} \cdot \frac{Z_{124}}{Z_{123}} \cdot \frac{Z_{126}}{Z_{125}} \cdot \frac{Z_{128}}{Z_{127}} \cdot \frac{Z_{130}}{Z_{129}} \cdot \frac{Z_{132}}{Z_{131}} \cdot \frac{Z_{134}}{Z_{133}} \cdot \frac{Z_{136}}{Z_{135}} \cdot \frac{Z_{138}}{Z_{137}} \cdot \frac{Z_{140}}{Z_{139}} \cdot \frac{Z_{142}}{Z_{141}} \cdot \frac{Z_{144}}{Z_{143}} \cdot \frac{Z_{146}}{Z_{145}} \cdot \frac{Z_{148}}{Z_{147}} \cdot \frac{Z_{150}}{Z_{149}} \cdot \frac{Z_{152}}{Z_{151}} \cdot \frac{Z_{154}}{Z_{153}} \cdot \frac{Z_{156}}{Z_{155}} \cdot \frac{Z_{158}}{Z_{157}} \cdot \frac{Z_{160}}{Z_{159}} \cdot \frac{Z_{162}}{Z_{161}} \cdot \frac{Z_{164}}{Z_{163}} \cdot \frac{Z_{166}}{Z_{165}} \cdot \frac{Z_{168}}{Z_{167}} \cdot \frac{Z_{170}}{Z_{169}} \cdot \frac{Z_{172}}{Z_{171}} \cdot \frac{Z_{174}}{Z_{173}} \cdot \frac{Z_{176}}{Z_{175}} \cdot \frac{Z_{178}}{Z_{177}} \cdot \frac{Z_{180}}{Z_{179}} \cdot \frac{Z_{182}}{Z_{181}} \cdot \frac{Z_{184}}{Z_{183}} \cdot \frac{Z_{186}}{Z_{185}} \cdot \frac{Z_{188}}{Z_{187}} \cdot \frac{Z_{190}}{Z_{189}} \cdot \frac{Z_{192}}{Z_{191}} \cdot \frac{Z_{194}}{Z_{193}} \cdot \frac{Z_{196}}{Z_{195}} \cdot \frac{Z_{198}}{Z_{197}} \cdot \frac{Z_{200}}{Z_{199}} \cdot \frac{Z_{202}}{Z_{201}} \cdot \frac{Z_{204}}{Z_{203}} \cdot \frac{Z_{206}}{Z_{205}} \cdot \frac{Z_{208}}{Z_{207}} \cdot \frac{Z_{210}}{Z_{209}} \cdot \frac{Z_{212}}{Z_{211}} \cdot \frac{Z_{214}}{Z_{213}} \cdot \frac{Z_{216}}{Z_{215}} \cdot \frac{Z_{218}}{Z_{217}} \cdot \frac{Z_{220}}{Z_{219}} \cdot \frac{Z_{222}}{Z_{221}} \cdot \frac{Z_{224}}{Z_{223}} \cdot \frac{Z_{226}}{Z_{225}} \cdot \frac{Z_{228}}{Z_{227}} \cdot \frac{Z_{230}}{Z_{229}} \cdot \frac{Z_{232}}{Z_{231}} \cdot \frac{Z_{234}}{Z_{233}} \cdot \frac{Z_{236}}{Z_{235}} \cdot \frac{Z_{238}}{Z_{237}} \cdot \frac{Z_{240}}{Z_{239}} \cdot \frac{Z_{242}}{Z_{241}} \cdot \frac{Z_{244}}{Z_{243}} \cdot \frac{Z_{246}}{Z_{245}} \cdot \frac{Z_{248}}{Z_{247}} \cdot \frac{Z_{250}}{Z_{249}} \cdot \frac{Z_{252}}{Z_{251}} \cdot \frac{Z_{254}}{Z_{253}} \cdot \frac{Z_{256}}{Z_{255}} \cdot \frac{Z_{258}}{Z_{257}} \cdot \frac{Z_{260}}{Z_{259}} \cdot \frac{Z_{262}}{Z_{261}} \cdot \frac{Z_{264}}{Z_{263}} \cdot \frac{Z_{266}}{Z_{265}} \cdot \frac{Z_{268}}{Z_{267}} \cdot \frac{Z_{270}}{Z_{269}} \cdot \frac{Z_{272}}{Z_{271}} \cdot \frac{Z_{274}}{Z_{273}} \cdot \frac{Z_{276}}{Z_{275}} \cdot \frac{Z_{278}}{Z_{277}} \cdot \frac{Z_{280}}{Z_{279}} \cdot \frac{Z_{282}}{Z_{281}} \cdot \frac{Z_{284}}{Z_{283}} \cdot \frac{Z_{286}}{Z_{285}} \cdot \frac{Z_{288}}{Z_{287}} \cdot \frac{Z_{290}}{Z_{289}} \cdot \frac{Z_{292}}{Z_{291}} \cdot \frac{Z_{294}}{Z_{293}} \cdot \frac{Z_{296}}{Z_{295}} \cdot \frac{Z_{298}}{Z_{297}} \cdot \frac{Z_{300}}{Z_{299}} \cdot \frac{Z_{302}}{Z_{301}} \cdot \frac{Z_{304}}{Z_{303}} \cdot \frac{Z_{306}}{Z_{305}} \cdot \frac{Z_{308}}{Z_{307}} \cdot \frac{Z_{310}}{Z_{309}} \cdot \frac{Z_{312}}{Z_{311}} \cdot \frac{Z_{314}}{Z_{313}} \cdot \frac{Z_{316}}{Z_{315}} \cdot \frac{Z_{318}}{Z_{317}} \cdot \frac{Z_{320}}{Z_{319}} \cdot \frac{Z_{322}}{Z_{321}} \cdot \frac{Z_{324}}{Z_{323}} \cdot \frac{Z_{326}}{Z_{325}} \cdot \frac{Z_{328}}{Z_{327}} \cdot \frac{Z_{330}}{Z_{329}} \cdot \frac{Z_{332}}{Z_{331}} \cdot \frac{Z_{334}}{Z_{333}} \cdot \frac{Z_{336}}{Z_{335}} \cdot \frac{Z_{338}}{Z_{337}} \cdot \frac{Z_{340}}{Z_{339}} \cdot \frac{Z_{342}}{Z_{341}} \cdot \frac{Z_{344}}{Z_{343}} \cdot \frac{Z_{346}}{Z_{345}} \cdot \frac{Z_{348}}{Z_{347}} \cdot \frac{Z_{350}}{Z_{349}} \cdot \frac{Z_{352}}{Z_{351}} \cdot \frac{Z_{354}}{Z_{353}} \cdot \frac{Z_{356}}{Z_{355}} \cdot \frac{Z_{358}}{Z_{357}} \cdot \frac{Z_{360}}{Z_{359}} \cdot \frac{Z_{362}}{Z_{361}} \cdot \frac{Z_{364}}{Z_{363}} \cdot \frac{Z_{366}}{Z_{365}} \cdot \frac{Z_{368}}{Z_{367}} \cdot \frac{Z_{370}}{Z_{369}} \cdot \frac{Z_{372}}{Z_{371}} \cdot \frac{Z_{374}}{Z_{373}} \cdot \frac{Z_{376}}{Z_{375}} \cdot \frac{Z_{378}}{Z_{377}} \cdot \frac{Z_{380}}{Z_{379}} \cdot \frac{Z_{382}}{Z_{381}} \cdot \frac{Z_{384}}{Z_{383}} \cdot \frac{Z_{386}}{Z_{385}} \cdot \frac{Z_{388}}{Z_{387}} \cdot \frac{Z_{390}}{Z_{389}} \cdot \frac{Z_{392}}{Z_{391}} \cdot \frac{Z_{394}}{Z_{393}} \cdot \frac{Z_{396}}{Z_{395}} \cdot \frac{Z_{398}}{Z_{397}} \cdot \frac{Z_{400}}{Z_{399}} \cdot \frac{Z_{402}}{Z_{401}} \cdot \frac{Z_{404}}{Z_{403}} \cdot \frac{Z_{406}}{Z_{405}} \cdot \frac{Z_{408}}{Z_{407}} \cdot \frac{Z_{410}}{Z_{409}} \cdot \frac{Z_{412}}{Z_{411}} \cdot \frac{Z_{414}}{Z_{413}} \cdot \frac{Z_{416}}{Z_{415}} \cdot \frac{Z_{418}}{Z_{417}} \cdot \frac{Z_{420}}{Z_{419}} \cdot \frac{Z_{422}}{Z_{421}} \cdot \frac{Z_{424}}{Z_{423}} \cdot \frac{Z_{426}}{Z_{425}} \cdot \frac{Z_{428}}{Z_{427}} \cdot \frac{Z_{430}}{Z_{429}} \cdot \frac{Z_{432}}{Z_{431}} \cdot \frac{Z_{434}}{Z_{433}} \cdot \frac{Z_{436}}{Z_{435}} \cdot \frac{Z_{438}}{Z_{437}} \cdot \frac{Z_{440}}{Z_{439}} \cdot \frac{Z_{442}}{Z_{441}} \cdot \frac{Z_{444}}{Z_{443}} \cdot \frac{Z_{446}}{Z_{445}} \cdot \frac{Z_{448}}{Z_{447}} \cdot \frac{Z_{450}}{Z_{449}} \cdot \frac{Z_{452}}{Z_{451}} \cdot \frac{Z_{454}}{Z_{453}} \cdot \frac{Z_{456}}{Z_{455}} \cdot \frac{Z_{458}}{Z_{457}} \cdot \frac{Z_{460}}{Z_{459}} \cdot \frac{Z_{462}}{Z_{461}} \cdot \frac{Z_{464}}{Z_{463}} \cdot \frac{Z_{466}}{Z_{465}} \cdot \frac{Z_{468}}{Z_{467}} \cdot \frac{Z_{470}}{Z_{469}} \cdot \frac{Z_{472}}{Z_{471}} \cdot \frac{Z_{474}}{Z_{473}} \cdot \frac{Z_{476}}{Z_{475}} \cdot \frac{Z_{478}}{Z_{477}} \cdot \frac{Z_{480}}{Z_{479}} \cdot \frac{Z_{482}}{Z_{481}} \cdot \frac{Z_{484}}{Z_{483}} \cdot \frac{Z_{486}}{Z_{485}} \cdot \frac{Z_{488}}{Z_{487}} \cdot \frac{Z_{490}}{Z_{489}} \cdot \frac{Z_{492}}{Z_{491}} \cdot \frac{Z_{494}}{Z_{493}} \cdot \frac{Z_{496}}{Z_{495}} \cdot \frac{Z_{498}}{Z_{497}} \cdot \frac{Z_{500}}{Z_{499}} \cdot \frac{Z_{502}}{Z_{501}} \cdot \frac{Z_{504}}{Z_{503}} \cdot \frac{Z_{506}}{Z_{505}} \cdot \frac{Z_{508}}{Z_{507}} \cdot \frac{Z_{510}}{Z_{509}} \cdot \frac{Z_{512}}{Z_{511}} \cdot \frac{Z_{514}}{Z_{513}} \cdot \frac{Z_{516}}{Z_{515}} \cdot \frac{Z_{518}}{Z_{517}} \cdot \frac{Z_{520}}{Z_{519}} \cdot \frac{Z_{522}}{Z_{521}} \cdot \frac{Z_{524}}{Z_{523}} \cdot \frac{Z_{526}}{Z_{525}} \cdot \frac{Z_{528}}{Z_{527}} \cdot \frac{Z_{530}}{Z_{529}} \cdot \frac{Z_{532}}{Z_{531}} \cdot \frac{Z_{534}}{Z_{533}} \cdot \frac{Z_{536}}{Z_{535}} \cdot \frac{Z_{538}}{Z_{537}} \cdot \frac{Z_{540}}{Z_{539}} \cdot \frac{Z_{542}}{Z_{541}} \cdot \frac{Z_{544}}{Z_{543}} \cdot \frac{Z_{546}}{Z_{545}} \cdot \frac{Z_{548}}{Z_{547}} \cdot \frac{Z_{550}}{Z_{549}} \cdot \frac{Z_{552}}{Z_{551}} \cdot \frac{Z_{554}}{Z_{553}} \cdot \frac{Z_{556}}{Z_{555}} \cdot \frac{Z_{558}}{Z_{557}} \cdot \frac{Z_{560}}{Z_{559}} \cdot \frac{Z_{562}}{Z_{561}} \cdot \frac{Z_{564}}{Z_{563}} \cdot \frac{Z_{566}}{Z_{565}} \cdot \frac{Z_{568}}{Z_{567}} \cdot \frac{Z_{570}}{Z_{569}} \cdot \frac{Z_{572}}{Z_{571}} \cdot \frac{Z_{574}}{Z_{573}} \cdot \frac{Z_{576}}{Z_{575}} \cdot \frac{Z_{578}}{Z_{577}} \cdot \frac{Z_{580}}{Z_{579}} \cdot \frac{Z_{582}}{Z_{581}} \cdot \frac{Z_{584}}{Z_{583}} \cdot \frac{Z_{586}}{Z_{585}} \cdot \frac{Z_{588}}{Z_{587}} \cdot \frac{Z_{590}}{Z_{589}} \cdot \frac{Z_{592}}{Z_{591}} \cdot \frac{Z_{594}}{Z_{593}} \cdot \frac{Z_{596}}{Z_{595}} \cdot \frac{Z_{598}}{Z_{597}} \cdot \frac{Z_{600}}{Z_{599}} \cdot \frac{Z_{602}}{Z_{601}} \cdot \frac{Z_{604}}{Z_{603}} \cdot \frac{Z_{606}}{Z_{605}} \cdot \frac{Z_{608}}{Z_{607}} \cdot \frac{Z_{610}}{Z_{609}} \cdot \frac{Z_{612}}{Z_{611}} \cdot \frac{Z_{614}}{Z_{613}} \cdot \frac{Z_{616}}{Z_{615}} \cdot \frac{Z_{618}}{Z_{617}} \cdot \frac{Z_{620}}{Z_{619}} \cdot \frac{Z_{622}}{Z_{621}} \cdot \frac{Z_{624}}{Z_{623}} \cdot \frac{Z_{626}}{Z_{625}} \cdot \frac{Z_{628}}{Z_{627}} \cdot \frac{Z_{630}}{Z_{629}} \cdot \frac{Z_{632}}{Z_{631}} \cdot \frac{Z_{634}}{Z_{633}} \cdot \frac{Z_{636}}{Z_{635}} \cdot \frac{Z_{638}}{Z_{637}} \cdot \frac{Z_{640}}{Z_{639}} \cdot \frac{Z_{642}}{Z_{641}} \cdot \frac{Z_{644}}{Z_{643}} \cdot \frac{Z_{646}}{Z_{645}} \cdot \frac{Z_{648}}{Z_{647}} \cdot \frac{Z_{650}}{Z_{649}} \cdot \frac{Z_{652}}{Z_{651}} \cdot \frac{Z_{654}}{Z_{653}} \cdot \frac{Z_{656}}{Z_{655}} \cdot \frac{Z_{658}}{Z_{657}} \cdot \frac{Z_{660}}{Z_{659}} \cdot \frac{Z_{662}}{Z_{661}} \cdot \frac{Z_{664}}{Z_{663}} \cdot \frac{Z_{666}}{Z_{665}} \cdot \frac{Z_{668}}{Z_{667}} \cdot \frac{Z_{670}}{Z_{669}} \cdot \frac{Z_{672}}{Z_{671}} \cdot \frac{Z_{674}}{Z_{673}} \cdot \frac{Z_{676}}{Z_{675}} \cdot \frac{Z_{678}}{Z_{677}} \cdot \frac{Z_{680}}{Z_{679}} \cdot \frac{Z_{682}}{Z_{681}} \cdot \frac{Z_{684}}{Z_{683}} \cdot \frac{Z_{686}}{Z_{685}} \cdot \frac{Z_{688}}{Z_{687}} \cdot \frac{Z_{690}}{Z_{689}} \cdot \frac{Z_{692}}{Z_{691}} \cdot \frac{Z_{694}}{Z_{693}} \cdot \frac{Z_{696}}{Z_{695}} \cdot \frac{Z_{698}}{Z_{697}} \cdot \frac{Z_{700}}{Z_{699}} \cdot \frac{Z_{702}}{Z_{701}} \cdot \frac{Z_{704}}{Z_{703}} \cdot \frac{Z_{706}}{Z_{705}} \cdot \frac{Z_{708}}{Z_{707}} \cdot \frac{Z_{710}}{Z_{709}} \cdot \frac{Z_{712}}{Z_{711}} \cdot \frac{Z_{714}}{Z_{713}} \cdot \frac{Z_{716}}{Z_{715}} \cdot \frac{Z_{718}}{Z_{717}} \cdot \frac{Z_{720}}{Z_{719}} \cdot \frac{Z_{722}}{Z_{721}} \cdot \frac{Z_{724}}{Z_{723}} \cdot \frac{Z_{726}}{Z_{725}} \cdot \frac{Z_{728}}{Z_{727}} \cdot \frac{Z_{730}}{Z_{729}} \cdot \frac{Z_{732}}{Z_{731}} \cdot \frac{Z_{734}}{Z_{733}} \cdot \frac{Z_{736}}{Z_{735}} \cdot \frac{Z_{738}}{Z_{737}} \cdot \frac{Z_{740}}{Z_{739}} \cdot \frac{Z_{742}}{Z_{741}} \cdot \frac{Z_{744}}{Z_{743}} \cdot \frac{Z_{746}}{Z_{745}} \cdot \frac{Z_{748}}{Z_{747}} \cdot \frac{Z_{750}}{Z_{749}} \cdot \frac{Z_{752}}{Z_{751}} \cdot \frac{Z_{754}}{Z_{753}} \cdot \frac{Z_{756}}{Z_{755}} \cdot \frac{Z_{758}}{Z_{757}} \cdot \frac{Z_{760}}{Z_{759}} \cdot \frac{Z_{762}}{Z_{761}} \cdot \frac{Z_{764}}{Z_{763}} \cdot \frac{Z_{766}}{Z_{765}} \cdot \frac{Z_{768}}{Z_{767}} \cdot \frac{Z_{770}}{Z_{769}} \cdot \frac{Z_{772}}{Z_{771}} \cdot \frac{Z_{774}}{Z_{773}} \cdot \frac{Z_{776}}{Z_{775}} \cdot \frac{Z_{778}}{Z_{777}} \cdot \frac{Z_{780}}{Z_{779}} \cdot \frac{Z_{782}}{Z_{781}} \cdot \frac{Z_{784}}{Z_{783}} \cdot \frac{Z_{786}}{Z_{785}} \cdot \frac{Z_{788}}{Z_{787}} \cdot \frac{Z_{790}}{Z_{789}} \cdot \frac{Z_{792}}{Z_{791}} \cdot \frac{Z_{794}}{Z_{793}} \cdot \frac{Z_{796}}{Z_{795}} \cdot \frac{Z_{798}}{Z_{797}} \cdot \frac{Z_{800}}{Z_{799}} \cdot \frac{Z_{802}}{Z_{801}} \cdot \frac{Z_{804}}{Z_{803}} \cdot \frac{Z_{806}}{Z_{805}} \cdot \frac{Z_{808}}{Z_{807}} \cdot \frac{Z_{810}}{Z_{809}} \cdot \frac{Z_{812}}{Z_{811}} \cdot \frac{Z_{814}}{Z_{813}} \cdot \frac{Z_{816}}{Z_{815}} \cdot \frac{Z_{818}}{Z_{817}} \cdot \frac{Z_{820}}{Z_{819}} \cdot \frac{Z_{822}}{Z_{821}} \cdot \frac{Z_{824}}{Z_{823}} \cdot \frac{Z_{826}}{Z_{825}} \cdot \frac{Z_{828}}{Z_{827}} \cdot \frac{Z_{830}}{Z_{829}} \cdot \frac{Z_{832}}{Z_{831}} \cdot \frac{Z_{834}}{Z_{833}} \cdot \frac{Z_{836}}{Z_{835}} \cdot \frac{Z_{838}}{Z_{837}} \cdot \frac{Z_{840}}{Z_{839}} \cdot \frac{Z_{842}}{Z_{841}} \cdot \frac{Z_{844}}{Z_{843}} \cdot \frac{Z_{846}}{Z_{845}} \cdot \frac{Z_{848}}{Z_{847}} \cdot \frac{Z_{850}}{Z_{849}} \cdot \frac{Z_{852}}{Z_{851}} \cdot \frac{Z_{854}}{Z_{853}} \cdot \frac{Z_{856}}{Z_{855}} \cdot \frac{Z_{858}}{Z_{857}} \cdot \frac{Z_{860}}{Z_{859}} \cdot \frac{Z_{862}}{Z_{861}} \cdot \frac{Z_{864}}{Z_{863}} \cdot \frac{Z_{866}}{Z_{865}} \cdot \frac{Z_{868}}{Z_{867}} \cdot \frac{Z_{870}}{Z_{869}} \cdot \frac{Z_{872}}{Z_{871}} \cdot \frac{Z_{874}}{Z_{873}} \cdot \frac{Z_{876}}{Z_{875}} \cdot \frac{Z_{878}}{Z_{877}} \cdot \frac{Z_{880}}{Z_{879}} \cdot \frac{Z_{882}}{Z_{881}} \cdot \frac{Z_{884}}{Z_{883}} \cdot \frac{Z_{886}}{Z_{885}} \cdot \frac{Z_{888}}{Z_{887}} \cdot \frac{Z_{890}}{Z_{889}} \cdot \frac{Z_{892}}{Z_{891}} \cdot \frac{Z_{894}}{Z_{893}} \cdot \frac{Z_{896}}{Z_{895}} \cdot \frac{Z_{898}}{Z_{897}} \cdot \frac{Z_{900}}{Z_{899}} \cdot \frac{Z_{902}}{Z_{901}} \cdot \frac{Z_{904}}{Z_{903}} \cdot \frac{Z_{906}}{Z_{905}} \cdot \frac{Z_{908}}{Z_{907}} \cdot \frac{Z_{910}}{Z_{909}} \cdot \frac{Z_{912}}{Z_{911}} \cdot \frac{Z_{914}}{Z_{913}} \cdot \frac{Z_{916}}{Z_{915}} \cdot \frac{Z_{918}}{Z_{917}} \cdot \frac{Z_{920}}{Z_{919}} \cdot \frac{Z_{922}}{Z_{921}} \cdot \frac{Z_{924}}{Z_{923}} \cdot \frac{Z_{926}}{Z_{925}} \cdot \frac{Z_{928}}{Z_{927}} \cdot \frac{Z_{930}}{Z_{929}} \cdot \frac{Z_{932}}{Z_{931}} \cdot \frac{Z_{934}}{Z_{933}} \cdot \frac{Z_{936}}{Z_{935}} \cdot \frac{Z_{938}}{Z_{937}} \cdot \frac{Z_{940}}{Z_{939}} \cdot \frac{Z_{942}}{Z_{941}} \cdot \frac{Z_{944}}{Z_{943}} \cdot \frac{Z_{946}}{Z_{945}} \cdot \frac{Z_{948}}{Z_{947}} \cdot \frac{Z_{950}}{Z_{949}} \cdot \frac{Z_{952}}{Z_{951}} \cdot \frac{Z_{954}}{Z_{953}} \cdot \frac{Z_{956}}{Z_{955}} \cdot \frac{Z_{958}}{Z_{957}} \cdot \frac{Z_{960}}{Z_{959}} \cdot \frac{Z_{962}}{Z_{961}} \cdot \frac{Z_{964}}{Z_{963}} \cdot \frac{Z_{966}}{Z_{965}} \cdot \frac{Z_{968}}{Z_{967}} \cdot \frac{Z_{970}}{Z_{969}} \cdot \frac{Z_{972}}{Z_{971}} \cdot \frac{Z_{974}}{Z_{973}} \cdot \frac{Z_{976}}{Z_{975}} \cdot \frac{Z_{978}}{Z_{977}} \cdot \frac{Z_{980}}{Z_{979}} \cdot \frac{Z_{982}}{Z_{981}} \cdot \frac{Z_{984}}{Z_{983}} \cdot \frac{Z_{986}}{Z_{985}} \cdot \frac{Z_{988}}{Z_{987}} \cdot \frac{Z_{990}}{Z_{989}} \cdot \frac{Z_{992}}{Z_{991}} \cdot \frac{Z_{994}}{Z_{993}} \cdot \frac{Z_{996}}{Z_{995}} \cdot \frac{Z_{998}}{Z_{997}} \cdot \frac{Z_{1000}}{Z_{999}} \cdot \frac{Z_{1002}}{Z_{1001}} \cdot \frac{Z_{1004}}{Z_{1003}} \cdot \frac{Z_{1006}}{Z_{1005}} \cdot \frac{Z_{1008}}{Z_{1007}} \cdot \frac{Z_{1010}}{Z_{1009}} \cdot \frac{Z_{1012}}{Z_{1011}} \cdot \frac{Z_{1014}}{Z_{1013}} \cdot \frac{Z_{1016}}{Z_{1015}} \cdot \frac{Z_{1018}}{Z_{1017}} \cdot \frac{Z_{1020}}{Z_{1019}} \cdot \frac{Z_{1022}}{Z_{1021}} \cdot \frac{Z_{1024}}{Z_{1023}} \cdot \frac{Z_{1026}}{Z_{1025}} \cdot \frac{Z_{1028}}{Z_{1027}} \cdot \frac{Z_{1030}}{Z_{1029}} \cdot \frac{Z_{1032}}{Z_{1031}} \cdot \frac{Z_{1034}}{Z_{1033}} \cdot \frac{Z_{1036}}{Z_{1035}} \cdot \frac{Z_{1038}}{Z_{1037}} \cdot \frac{Z_{1040}}{Z_{1039}} \cdot \frac{Z_{1042}}{Z_{1041}} \cdot \frac{Z_{1044}}{Z_{1043}} \cdot \frac{Z_{1046}}{Z_{1045}} \cdot \frac{Z_{1048}}{Z_{1047}} \cdot \frac{Z_{1050}}{Z_{1049}} \cdot \frac{Z_{1052}}{Z_{1051}} \cdot \frac{Z_{1054}}{Z_{1053}} \cdot \frac{Z_{1056}}{Z_{1055}} \cdot \frac{Z_{1058}}{Z_{1057}} \cdot \frac{Z_{1060}}{Z_{1059}} \cdot \frac{Z_{1062}}{Z_{1061}} \cdot \frac{Z_{1064}}{Z_{1063}} \cdot \frac{Z_{1066}}{Z_{1065}} \cdot \frac{Z_{1068}}{Z_{1067}} \cdot \frac{Z_{1070}}{Z_{1069}} \cdot \frac{Z_{1072}}{Z_{1071}} \cdot \frac{Z_{1074}}{Z_{1073}} \cdot \frac{Z_{1076}}{Z_{1075}} \cdot \frac{Z_{1078}}{Z_{1077}} \cdot \frac{Z_{1080}}{Z_{1079}} \cdot \frac{Z_{1082}}{Z_{1081}} \cdot \frac{Z_{1084}}{Z_{1083}} \cdot \frac{Z_{1086}}{Z_{1085}} \cdot \frac{Z_{1088}}{Z_{1087}} \cdot \frac{Z_{1090}}{Z_{1089}} \cdot \frac{Z_{1092}}{Z_{1091}} \cdot \frac{Z_{1094}}{Z_{1093}} \cdot \frac{Z_{1096}}{Z_{1095}} \cdot \frac{Z_{1098}}{Z_{1097}} \cdot \frac{Z_{1100}}{Z_{1099}} \cdot \frac{Z_{1102}}{Z_{1101}} \cdot \frac{Z_{1104}}{Z_{1103}} \cdot \frac{Z_{1106}}{Z_{1105}} \cdot \frac{Z_{1108}}{Z_{1107}} \cdot \frac{Z_{1110}}{Z_{1109}} \cdot \frac{Z_{1112}}{Z_{1111}} \cdot \frac{Z_{1114}}{Z_{1113}} \cdot \frac{Z_{1116}}{Z_{1115}} \cdot \frac{Z_{1118}}{Z_{1117}} \cdot \frac{Z_{1120}}{Z_{1119}} \cdot \frac{Z_{1122}}{Z_{1121}} \cdot \frac{Z_{1124}}{Z_{1123}} \cdot \frac{Z_{1126}}{Z_{1125}} \cdot \frac{Z_{1128}}{Z_{1127}} \cdot \frac{Z_{1130}}{Z_{1129}} \cdot \frac{Z_{1132}}{Z_{1131}} \cdot \frac{Z_{1134}}{Z_{1133}} \cdot \frac{Z_{1136}}{Z_{1135}} \cdot \frac{Z_{1138}}{Z_{1137}} \cdot \frac{Z_{1140}}{Z_{1139}} \cdot \frac{Z_{1142}}{Z_{1141}} \cdot \frac{Z_{1144}}{Z_{1143}} \cdot \frac{Z_{1146}}{Z_{1145}} \cdot \frac{Z_{1148}}{Z_{1147}} \cdot \frac{Z_{1150}}{Z_{1149}} \cdot \frac{Z_{1152}}{Z_{1151}} \cdot \frac{Z_{1154}}{Z_{1153}} \cdot \frac{Z_{1156}}{Z_{1155}} \cdot \frac{Z_{1158}}{Z_{1157}} \cdot \frac{Z_{1160}}{Z_{1159}} \cdot \frac{Z_{1162}}{Z_{1161}} \cdot \frac{Z_{1164}}{Z_{1163}} \cdot \frac{Z_{1166}}{Z_{1165}} \cdot \frac{Z_{1168}}{Z_{1167}} \cdot \frac{Z_{1170}}{Z_{1169}} \cdot \frac{Z_{1172}}{Z_{1171}} \cdot \frac{Z_{1174}}{Z_{1173}} \cdot \frac{Z_{1176}}{Z_{1175}} \cdot \frac{Z_{1178}}{Z_{1177}} \cdot \frac{Z_{1180}}{Z_{1179}} \cdot \frac{Z_{1182}}{Z_{1181}} \cdot \frac{Z_{1184}}{Z_{1183}} \cdot \frac{Z_{1186}}{Z_{1185}} \cdot \frac{Z_{1188}}{Z_{1187}} \cdot \frac{Z_{1190}}{Z_{1189}} \cdot \frac{Z_{1192}}{Z_{1191}} \cdot \frac{Z_{1194}}{Z_{1193}} \cdot \frac{Z_{1196}}{Z_{1195}} \cdot \frac{Z_{1198}}{Z_{1197}} \cdot \frac{Z_{1200}}{Z_{1199}} \cdot \frac{Z_{1202}}{Z_{1201}} \cdot \frac{Z_{1204}}{Z_{1203}} \cdot \frac{Z_{1206}}{Z_{1205}} \cdot \frac{Z_{1208}}{Z_{1207}} \cdot \frac{Z_{1210}}{Z_{1209}} \cdot \frac{Z_{1212}}{Z_{1211}} \cdot \frac{Z_{1214}}{Z_{1213}} \cdot \frac{Z_{1216}}{Z_{1215}} \cdot \frac{Z_{1218}}{Z_{1217}} \cdot \frac{Z_{1220}}{Z_{1219}} \cdot \frac{Z_{1222}}{Z_{1221}} \cdot \frac{Z_{1224}}{Z_{1223}} \cdot \frac{Z_{1226}}{Z_{1225}} \cdot \frac{Z_{1228}}{Z_{1227}} \cdot \frac{Z_{1230}}{Z_{1229}} \cdot \frac{Z_{1232}}{Z_{1231}} \cdot \frac{Z_{1234}}{Z_{1233}} \cdot \frac{Z_{1236}}{Z_{1235}} \cdot \frac{Z_{1238}}{Z_{1237}} \cdot \frac{Z_{1240}}{Z_{1239}} \cdot \frac{Z_{1242}}{Z_{1241}} \cdot \frac{Z_{1244}}{Z_{1243}} \cdot \frac{Z_{1246}}{Z_{1245}} \cdot \frac{Z_{1248}}{Z_{1247}} \cdot \frac{Z_{1250}}{Z_{1249}} \cdot \frac{Z_{1252}}{Z_{1251}} \cdot \frac{Z_{1254}}{Z_{1253}} \cdot \frac{Z_{1256}}{Z_{1255}} \cdot \frac{Z_{1258}}{Z_{1257}} \cdot \frac{Z_{1260}}{Z_{1259}} \cdot \frac{Z_{1262}}{Z_{1261}} \cdot \frac{Z_{1264}}{Z_{1263}} \cdot \frac{Z_{1266}}{Z_{1265}} \cdot \frac{Z_{1268}}{Z_{1267}} \cdot \frac{Z_{1270}}{Z_{1269}} \cdot \frac{Z_{1272}}{Z_{1271}} \cdot \frac{Z_{1274}}{Z_{1273}} \cdot \frac{Z_{1276}}{Z_{1275}} \cdot \frac{Z_{1278}}{Z_{1277}} \cdot \frac{Z_{1280}}{Z_{1279}} \cdot \frac{Z_{1282}}{Z_{1281}} \cdot \frac{Z_{1284}}{Z_{1283}} \cdot \frac{Z_{1286}}{Z_{1285}} \cdot \frac{Z_{1288}}{Z_{1287}} \cdot \frac{Z_{1290}}{Z_{1289}} \cdot \frac{Z_{1292}}{Z_{1291}} \cdot \frac{Z_{1294}}{Z_{1293}} \cdot \frac{Z_{1296}}{Z_{1295}} \cdot \frac{Z_{1298}}{Z_{1297}} \cdot \frac{Z_{1300}}{Z_{1299}} \cdot \frac{Z_{1302}}{Z_{1301}} \cdot \frac{Z$		

пенчатых валов методом врезного (рис.2.4,а) и проходного (рис.2.4,б) шлифования по любому рабочему циклу; задавать выходящую осцилляцию вдоль оси Z после врезного шлифования (рис.2.4,в), запрограммировать обработку торцов (рис.2.4,г), а при одновременно управляемых осях Z и X шлифовать напроход конические и более сложные поверхности вращения (рис.2.4,д). В некоторых станках вводятся и дополнительные программируемые оси.

Представьте теперь компоновку плоскошлифовального станка (см.схему работы в табл.2.1). Эти станки, в зависимости от назначения, могут иметь одну, две или три программируемые оси перемещения: X — продольная подача стола, Z — поперечная подача стола, Y — вертикальная подача шлифовального круга. Дополнительно может осуществляться программное управление частотой вращения шлифовального круга и подачами.

Обработку плоских поверхностей можно запрограммировать в режимах "маятникового" и "глубинного" шлифования. При маятниковом шлифовании (рис.2.5,а) надо задать возвратно-поступательное движение стола с заготовкой. Подачу вдоль оси Z (поперечную) можно осуществлять после одного хода стола — обработки одной "строки" (рис.2.5,б) или одновременно с продольной подачей вдоль оси X (рис.2.5,в). В последнем случае обратный ход производит обычно без поперечной подачи для улучшения качества поверхности. После обработки плоскости круг надо поднять на деталь для обеспечения съема металла при последующих рабочих ходах. При глубинном шлифовании (рис.2.5,г) припуск на обработку снимает за один рабочий ход при малых скоростях движения детали относительно круга.

Обработку криволинейных поверхностей можно осуществлять движением бабки с кругом одновременно по двум координатам (рис.2.6,а) либо, как и в обычных станках, применением координатной правки круга (рис.2.6,б).

2.4.3. Изучение кинематической схемы круглошлифовального станка с ЧПУ

Примером шлифовального станка с ЧПУ может служить круглошлифовальный станок мод.3.15102 (рис.2.7). Техническая характеристика станка соответствует аналогичной модели станка без ЧПУ. Устройство ЧПУ — специализированное для шлифовальных стан-

Схемы обработки на круглошлифовальном станке с ЧПУ

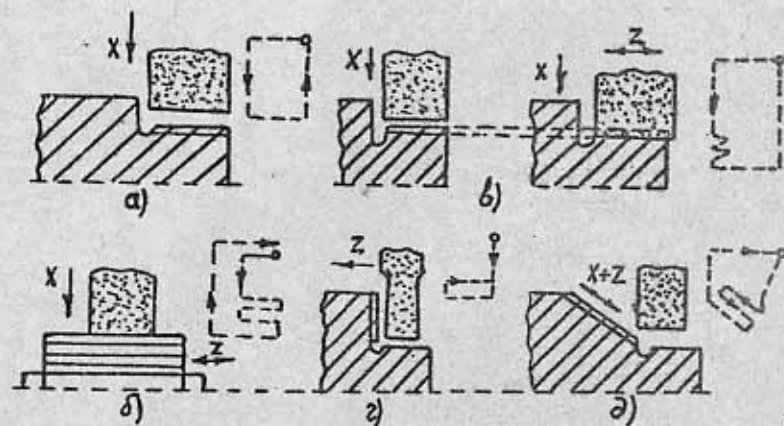


Рис.2.4

Схемы обработки плоских поверхностей на станках с ЧПУ

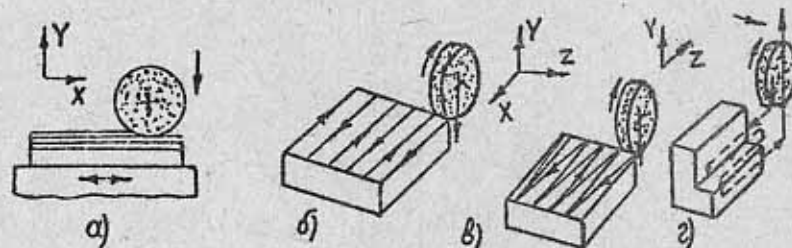


Рис.2.5

Обработка криволинейных поверхностей на плоскошлифовальных станках с ЧПУ

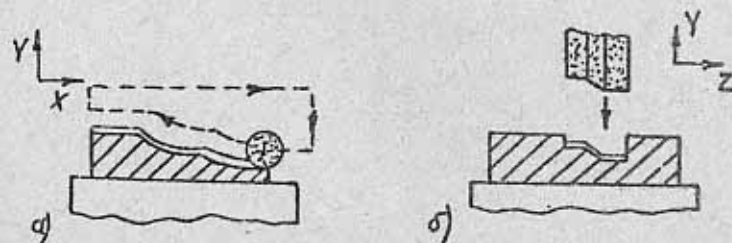


Рис.2.6

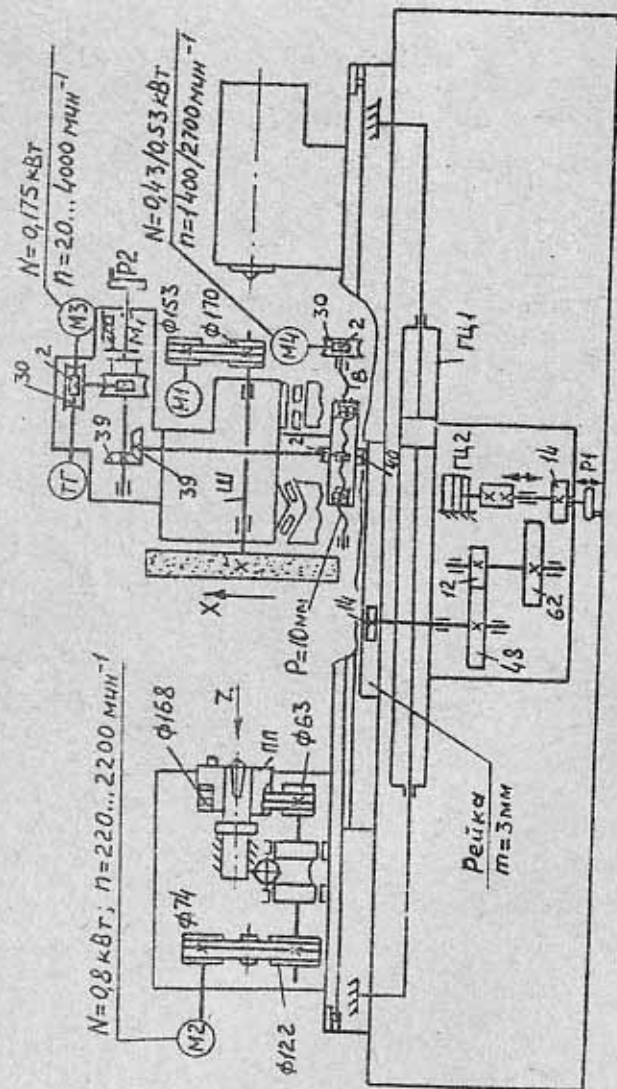


Рис. 2.7

ков. Программу вводят с помощью десятичных переключателей; размеры задаются в абсолютных значениях. Число программируемых координат два, работа выполняется последовательно по каждой координате. Дискретность перемещения по координате X 0,001 мм, по координате Z — 0,1 мм. Устройство ЧПУ оснащено цифровой индикацией, показывающей положение рабочих органов и ход выполнения технологических команд.

По кинематике станок принципиально ничем не отличается от уже рассмотренного станка мод. 3М151 (рис. 2.3). Для облегчения изучения кинематических цепей можно обратиться к табл. 2.4.

Следует иметь в виду, что обработка на станке осуществляется последовательно по двум координатным осям, поэтому нецилиндрические поверхности обрабатывать нельзя.

Программу можно вводить с помощью десятичных переключателей на пульте станка.

Подробнее станок описан в литературе [9]. Там же даны основные сведения по программированию обработки на станке.

2.4.4. Примеры использования систем ЧПУ в шлифовальных станках и некоторые типы станков

В табл. 2.5 даны примеры использования систем ЧПУ различных типов в шлифовальных станках [2]. Обозначение Ф1 в шифре станка свидетельствует о наличии в станке цифровой индикации перемещения. По существу, станки с таким шифром не относятся к станкам с ЧПУ.

В табл. 2.6 приведены технические характеристики и области применения некоторых шлифовальных станков с ЧПУ [2].

2.4.5. Пример обработки детали на станке с ЧПУ

Для того, чтобы у студента сложилось представление о технологических возможностях шлифовальных станков с ЧПУ, рассмотрим пример обработки на круглошлифовальном станке ступенчатого вала [2]. Пусть станок оснащен контурной системой ЧПУ с программированием по осям X и Z. Необходимо промиллировать семь цилиндрических шеек — Д1, Д2, Д4, Д5, Д9, Д10 и Д11 и два торца Д3 и Д12 (рис. 2.8). Может быть рекомендована следующая последовательность обработки (на рис. 2.8, б, в, г — даны графические схе-

Таблица 2.4

Изучение кинематических цепей крупноформатного станка с ЧПУ

Обеспечиваемое движение	Конечные звенья цепи	Кинематическая цепь	Уравнение кинематического баланса	Звенья и стрелки	Примечание
Вращение шпиндельного круга (главное движение)	M1 → шп. Ш	M1 → клиноремная передача → Ш	$\Pi_{шп.к.} = 1460 \cdot \frac{153}{170} \cdot 0,985$	M2	Другое название: вращение шпиндельного круга
Вращение детали (круговая подача)	M2 → поводковый патрон ПП	M2 → две клиноремные передачи → ПП	$\Pi_{шп.д.д.} = \Pi_{шп.к.} \cdot \frac{24}{22} \cdot 0,985 \times \frac{63}{163} \cdot 0,985$		
Продольная подача детали (стола): гидравлическая ручная	ГЦ1 → стол	Р1 → $\frac{14}{62} \rightarrow \frac{12}{48}$ → реечная передача	$S_{пр} = \Pi_{р1} \cdot \frac{14}{62} \cdot \frac{12}{48} \cdot \pi \cdot 3 \cdot 14$		
Поперечное перемещение (подача): рабочая подача периодическая поперечная подача быстрое поперечное перемещение шпиндельной бабки	M3 → винт В то же M4 → винт В	M3 → $\frac{2}{30} \rightarrow \frac{2}{40} \rightarrow \frac{39}{39} \rightarrow \frac{2}{40} \rightarrow В$ то же M4 → $\frac{2}{30} \rightarrow В$	$S_{пр} = \Pi_{м3} \cdot \frac{2}{30} \cdot \frac{2}{40} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{2}{40} \cdot 10$ то же $V_{б} = \Pi_{м4} \cdot \frac{2}{30} \cdot 10$	M3 M4 (обусловлено зп. бабки)	Модель М. Вил. М. Вил. механически
Ручной установочный подвод шпиндельной бабки	Механический Р2 → винт В	Р2 → $\frac{2}{40} \rightarrow \frac{39}{39} \rightarrow В$	$V_{у} = \Pi_{р2} \cdot \frac{2}{40} \cdot \frac{39}{39} \cdot 10$		

Таблица 2.5

Примеры использования систем ЧПУ в цифровых станках

Пример	Отличительные признаки
Плоскостной станок мод. 3Д740ВМ (имеет устройство цифровой индикации вертикального перемещения шпиндельной бабки)	Система управления с цифровой индикацией на табло или экране координат подвижного узла станка. В ней входят устройства для предварительного набора координат обрабатываемой поверхности и для автоматического перемещения шпиндельного круга в заданные координаты
Круглошлифовальный полуавтомат мод. 3Ч15102 (осуществляет программное позиционирование в поперечном и продольном направлениях)	Система позиционного программного управления, позволяющая автоматически перемещать подвижные узлы станка в точки с заданными координатами, то есть осуществлять их позиционирование. Траектория движения узла возможна лишь прямолинейная, вдоль направляющих
Профильно-шлифовальный станок мод. 3П9523	Контурная система программного управления, обеспечивающая произвольную траекторию движения инструмента за счет перемещения рабочего органа по двум или трем координатам одновременно
Многоцелевой заточной полуавтомат мод. В23154	Комбинированная позиционно-контурная система программного управления, как правило, с устройством автоматической смены режущих инструментов

Наименование станка и модель	Назначение
Круглошлифовальный универсальный мод. 3M132MB2	Для наружного и внутреннего шлифования гладких и прерывистых цилиндрических поверхностей (конических, фасонных, плоских, фланцевых, торцевых) методом продольного и врезного шлифования. Наибольший диаметр изделий $D_{max}=280$ мм; наибольшая длина шлифования $L_{max}=710$ мм
Круглошлифовальный мод. 3M1512	Для наружного шлифования ступенчатых валов. $D_{max}=200$ мм; $L_{max}=700$ мм
Торце-круглошлифовальный мод. 3T160B2	Для наружного врезного шлифования одновременно цилиндрических и торцевых поверхностей. $D_{max}=280$ мм
Внутренний шлифовальный универсальный мод. 3M225B2	Для шлифования цилиндрических и конических отверстий. Наибольший диаметр шлифуемого отверстия $D_{max}=80$ мм; $L_{max}=80$ мм
Плоскошлифовальный станок с крестовым столом и горизонтальным шпинделем мод. 3E711B23	Для шлифования периферией абразивного или алмазного круга плоских поверхностей изделий, возможна обработка торцов круга, а с применением приспособлений возможно фасонное шлифование. Размер рабочей поверхности стола 200×400 мм.
Плоскошлифовальный полуавтомат с прямоугольным столом, горизонтальным шпинделем мод. 3L722TB2	Для обработки пазов и продольных поверхностей деталей методом глубинного шлифования. Размер рабочей поверхности стола 300×1250 мм
Карусельно-шлифовальный станок мод. 3N763B2	Для круглого шлифования наружных и внутренних цилиндрических, конических и профильных поверхностей, а также для плоского шлифования торцов и периферий круга. Диаметр стола 1600 мм; высота изделия 600 мм
Универсальный заточной полуавтомат мод. B3-208B3	Для заточки и доводки цилиндрических и конических инструментов. $D_{max}=250$ мм; $L_{max}=500$ мм
Многоцелевой заточной полуавтомат повышенной точности мод. B3-31B-1	Для заточки различных режущих инструментов с любой профилем

Эскиз шлифуемой детали и графическая схема последовательности шлифования

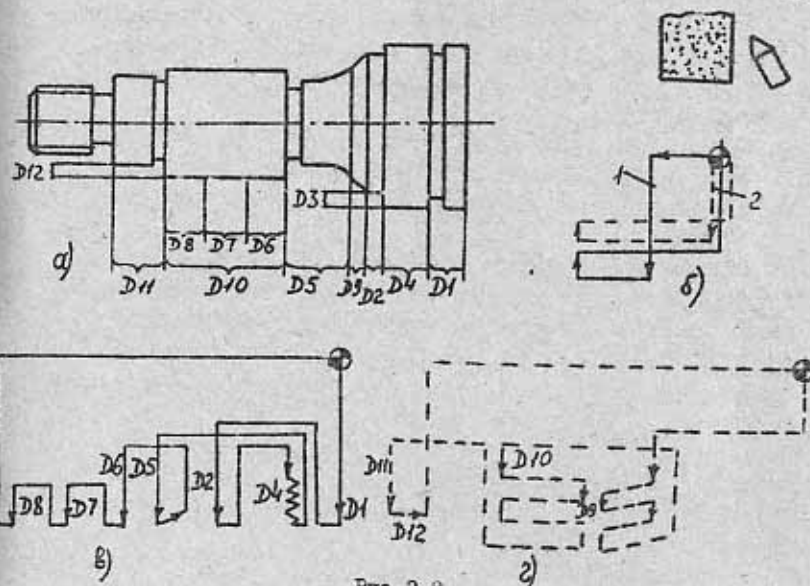


Рис. 2.8

мы технологической последовательности):

- 1) произвести правку правого торца и периферии круга (рис.2.8,б, линия I);
- 2) врезным шлифованием обработать шейки Д1, Д2 и торец Д3;
- 3) шлифовать шейку Д4 (врезанием по оси X) с одновременной осциллирующей шлифовальной круга (возвратно-поступательное движение вдоль оси Z с небольшой амплитудой) с целью снижения шероховатости;
- 4) шлифовать шейку Д5 с профилированием (по программе на проход) радиусной галтели за счет одновременного движения круга и заготовки (это исключает необходимость в профильной правке круга);
- 5) шлифовать предварительно шейку Д10 методом последовательного врезания (шейка Д10 условно разбита на три поверхности Д6, Д7, Д8), такой метод принят из-за малой высоты круга (ограниченной длиной шейки Д5). Проходное шлифование привело бы к ускоренному износу круга и увеличению времени обработки;
- 6) произвести правку периферии и торца круга (рис.2.8,б, линия 2) для окончательного шлифования;
- 7) шлифовать окончательно напроход коническую поверхность Д9 и шейку Д10 (рис.2.8,г);
- 8) шлифовать шейку Д11 и торец Д12.

Методы расчета координат и кодирования программы описаны в литературе /9/.

2.5. Изучение доводочных и зубошлифовальных станков

2.5.1. К доводочным станкам относятся хонинговальные станки, притирочные и станки для суперфинишного шлифования. На этих станках производят тонкую, чистовую обработку деталей абразивными инструментами для уменьшения шероховатости и для исправления погрешности формы. Минимальный объем знаний, который требуется от студентов, предполагает знание области применения станка и принципа работы (расположения обрабатываемой детали и инструмента и основных движений). Для более подробного изучения этих станков рекомендуется обратиться к литературе /1/.

2.5.2. Хонинговальные станки рекомендуется применять для обработки отверстий в гильзах, блоках цилиндров, шатунах, зубчатых колесах и других деталях. В результате обработки снижается шероховатость и исправляются погрешности формы (конусообразность, отклонение от овальности и др.). Обработку надо производить с подачей СОЖ.

Начать изучение принципа работы станка следует со схемы обработки (рис.2.9). Инструментом является хонинговальная головка I. Она имеет абразивные бруски, которые периодически раздвигаются. Деталь при обработке неподвижна, а хонинговальная головка совершает вращательное и возвратно-поступательное движение.

2.5.3. Притирка представляет собой тонкую отделку поверхностей мелкозернистым абразивным порошком, смешанным со смазкой и нанесенным в таком виде на поверхность притира (изготавливается из чугуна или бронзы). Для изучения схемы обработки следует обратиться к рис.2.10 (1-притир, 2 - диск, 3- сепаратор (деталедержатель) с обрабатываемыми деталями. Обратите внимание, что притир и диск вращаются вокруг оси O_1 в противоположные стороны с различными скоростями. Сепаратор с осью O_2 получает горизонтальное возвратно-поступательное движение от отдельного привода. Специализированные притирочные станки (например, для притирки шеек коленчатых валов) имеют другую схему работы.

2.5.4. Для изучения принципа работы станков для суперфинишного шлифования следует обратиться к рис.2.11. Обратите внимание, что инструментом являются мелкозернистые абразивные бруски, совершающие колебательные движения (амплитуда 2-5 мм, частота 500-2000 двойных ходов в минуту). При обработке на суперфинишных станках снижается шероховатость, удаляется волнистость поверхности, уменьшается овражка. На рис.2.11 показано суперфинишное шлифование наружной цилиндрической поверхности; надо иметь, однако, в виду, что обработке могут подвергаться также внутренние цилиндрические, плоские и фасонные поверхности.

2.5.5. Полировальные станки редко описываются в учебной литературе по металлорежущим станкам. Студенту необходимо усвоить принцип их работы. На этих станках производится заключительная операция механической обработки деталей для удаления с поверхностей мельчайших неровностей и придания ей зеркального блеска (шероховатость $R_a = 0,16-0,02$ мкм и меньше).

В качестве примера принципа работы полировальных станков

Схема хонингования

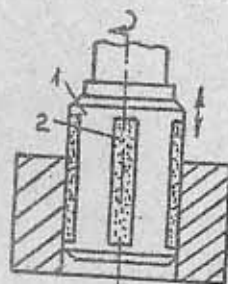


Рис. 2.9

Схема притирки

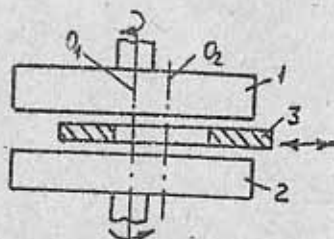


Рис. 2.10

Схема суперфиниширования

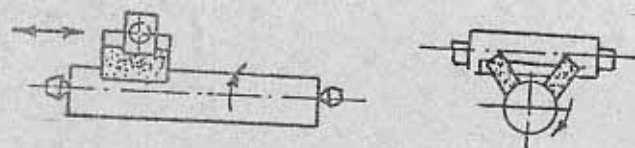


Рис. 2.11

Принципиальная схема обработки на координатных станках

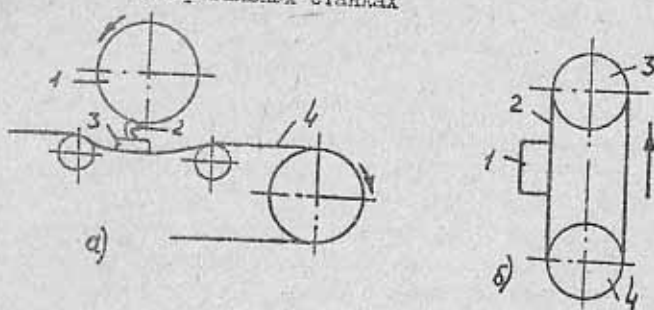


Рис. 2.12

на рис. 2.12, а приведена схема полирования войлочными кругами (1 - войлочный круг; 2 - обрабатываемая деталь; 3 - приспособление; 4 - лента конвейера), а на рис. 2.12, б дана схема полирования абразивной лентой (1 - обрабатываемая деталь; 2 - обрабатываемая лента; 3 - ведущий диск; 4 - натяжной ролик).

Подробнее о полировальных станках см. в литературе [1].

2.5.6. Зубошлифовальные станки являются наиболее сложными из станков, работающих абразивным инструментом. На них обрабатываются обычно закаленные зубчатые колеса с целью достижения необходимой точности размеров и формы зубьев, малой шероховатости их поверхности. Шлифование можно производить методом копирования или методом обката по аналогии с зубонарезанием (см. методические указания по изучению темы "Зубообрабатывающие станки"). Основные принципиальные схемы работы зубошлифовальных станков приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Таблица к изучению принципов работы зубошлифовальных станков

Метод обработки	Схема обработки	Класс структуры станка	Инструмент	Движения формообразования Движение движения скорости резания	Движения движения	Движение движения
Копирование		Э22	Фасонный дисковый круг	$\varphi_1(B_1)$	$\varphi_2(P_2)$	$D(P_4)$
Обкат		К34	Дисковый обкатной круг	$\varphi_1(B_1)$	$\varphi_{31}(P_2)$ $\varphi_{32}(P_3B_4)$	$D(B_6)$
Обкат		К34	Два торцевых круга	$\varphi_1(B_1)$	$\varphi_{31}(P_2)$ $\varphi_{32}(P_3B_4)$	$D(B_6)$
Обкат		С24 (косозубое колесо)	Червячный шлифовальный круг	$\varphi_1(B_1B_2)$	$\varphi_2(P_2B_4)$	$D(B_6)$

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ УСВОЕНИЯ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА

- 1) Для каких операций предназначены шлифовальные станки и какие поверхности на них обрабатываются? - См. п.2.1.1;
- 2) Какие инструменты применяются на шлифовальных станках? - См. п.2.1.1;
- 3) К какой группе по классификации ЭНИМСа относятся шлифовальные станки и на какие типы они подразделяются? - См. п.2.1.2;
- 4) Какие существуют методы обработки деталей на круглошлифовальных станках? - См. п.2.1.3;
- 5) Как определяется скорость резания при шлифовании, размерность скорости? - См. п.2.1.4;
- 6) К какому классу по кинематической структуре относятся шлифовальные станки? - См. п.2.2.1;
- 7) Назовите основные особенности кинематики шлифовальных станков. - См. п.2.3.1;
- 8) Назначение и основные характеристики круглошлифовального станка мод.3М151. - См. п.2.3.2;
- 9) Основные особенности шлифовальных станков с ЧПУ. - См. п.2.4.1;
- 10) Какие перемещения программируются в шлифовальных станках с ЧПУ? - См. п.2.4.2;
- 11) Дайте общую характеристику круглошлифовального станка с ЧПУ мод.3М151Q2. - См. п.2.4.3;
- 12) Какие системы ЧПУ используются в шлифовальных станках? - См. п.2.4.4;
- 13) Назначение и принцип работы конинговальных станков. - См. п.2.5.2;
- 14) Назначение и принцип работы притирочных станков. - См. п.2.5.3;
- 15) Назначение и принцип работы станков для суперфиниш-рования. - См. п.2.5.4;
- 16) Назначение и принцип работы полировальных станков. - См. п.2.5.5;
- 17) Назначение и принцип работы зубошлифовальных станков. - См. п.2.5.6.

4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задача 1

Дать принципиальную схему обработки деталей на круглошлифовальном станке методом продольной подачи и врезным методом. Обозначить движения формообразования и врезания; составить условную запись движений.

Задача 2

Дать принципиальную схему обработки на круглошлифовальном станке конической поверхности (угол конуса до 6°). Обозначить движения формообразования и врезания; составить условную запись движений.

Задача 3

Дать структурную схему круглошлифовального станка, обозначить движения.

Задача 4

Проанализировать структурную схему круглошлифовального станка (рис. 2.3). Определить движения формообразования; записать внутренние и внешние связи; определить звенья настройки.

Задача 5

Дать структурную схему бесцентровшлифовального станка. Выполнить анализ кинематической структуры (движения формообразования, внутренние и внешние кинематические связи, звенья настройки).

Задача 6

Используя принципиальную схему, показанную на рис. 4.1, синтезировать кинематическую структуру внутришлифовального станка.

Задача 7

Используя принципиальную схему, показанную на рис. 4.2, синтезировать кинематическую структуру плоскошлифовального станка.

Задача 8

По кинематической схеме круглошлифовального станка мод. 3У131 (рис. 4.3) проанализировать кинематические цепи главного движения и круговой подачи. Ответ оформить в виде табли-

Схема к задаче № 6

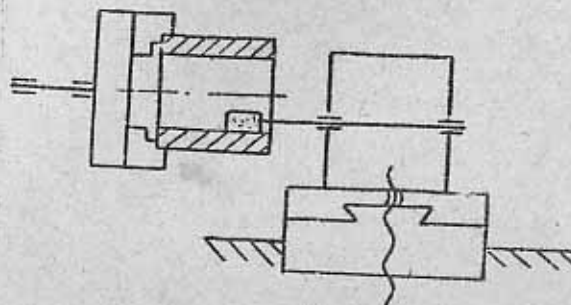
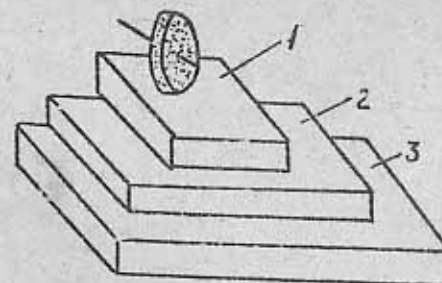


Рис. 4.

Схема к задаче № 7



1 - обрабатываемая деталь; 2 - продольный стол; 3 - поперечные салазки

Рис. 4.2

Задача II

Показать цикл обработки торца (рис.4.5,а) и одновременной обработки цилиндрической и торцовой поверхности на торце-круглошлифовальном станке с ЧПУ.

Схемы обработки на торце-круглошлифовальном станке с ЧПУ

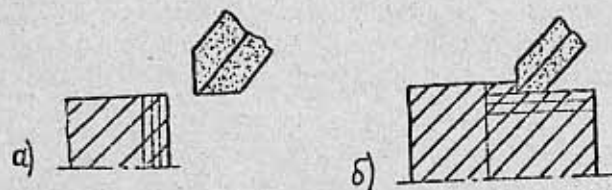


Рис.4.5

Задача I2

Дать схемы обработки плоских поверхностей при магнитном и глубинном шлифовании.

Задача I3

По кинематической схеме круглошлифовального станка с ЧПУ (рис.2.7) проанализировать кинематические цепи главного движения и крутовой подачи.

Ответ оформить в виде таблицы, содержащей графы: обеспечиваемое движение; конечные звенья цепи, кинематическая цепь; уравнение кинематического баланса; звенья настройки.

Задача I4

По кинематической схеме круглошлифовального станка с ЧПУ (рис.2.7) проанализировать кинематические цепи: продольная подача (гидравлическая и ручная); поперечное перемещение (рабочая подача, периодическая подача, быстрое поперечное перемещение шлифовальной бабки; ручной установочный подход шлифовальной бабки).

Ответ оформить в виде таблицы, содержащей графы: обеспечиваемое движение; конечные звенья цепи, кинематическая цепь; уравнение кинематического баланса; звенья настройки.

Задача I5

Используя таблицу 2.6, подобрать шлифовальный станок с ЧПУ для обработки:

- 1) поверхностей I и 2 (рис.4.6,а);
- 2) поверхности I (рис.4.6,б);
- 3) поверхности I (рис.4.6,в);
- 4) поверхности I (рис.4.6,г).

Детали, обрабатываемые на шлифовальных станках с ЧПУ

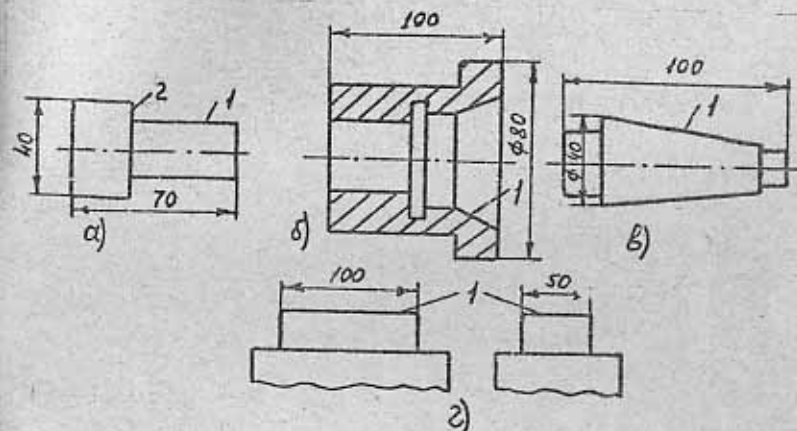
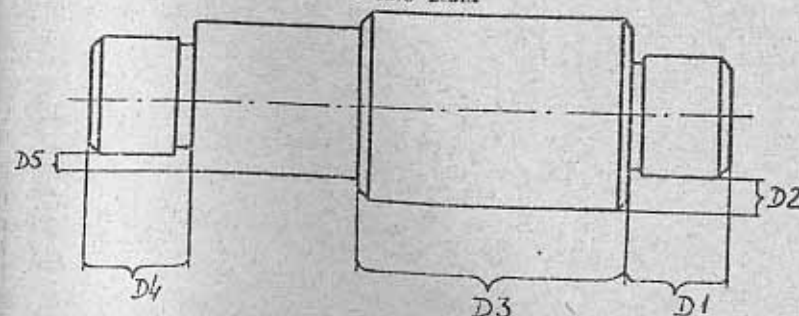


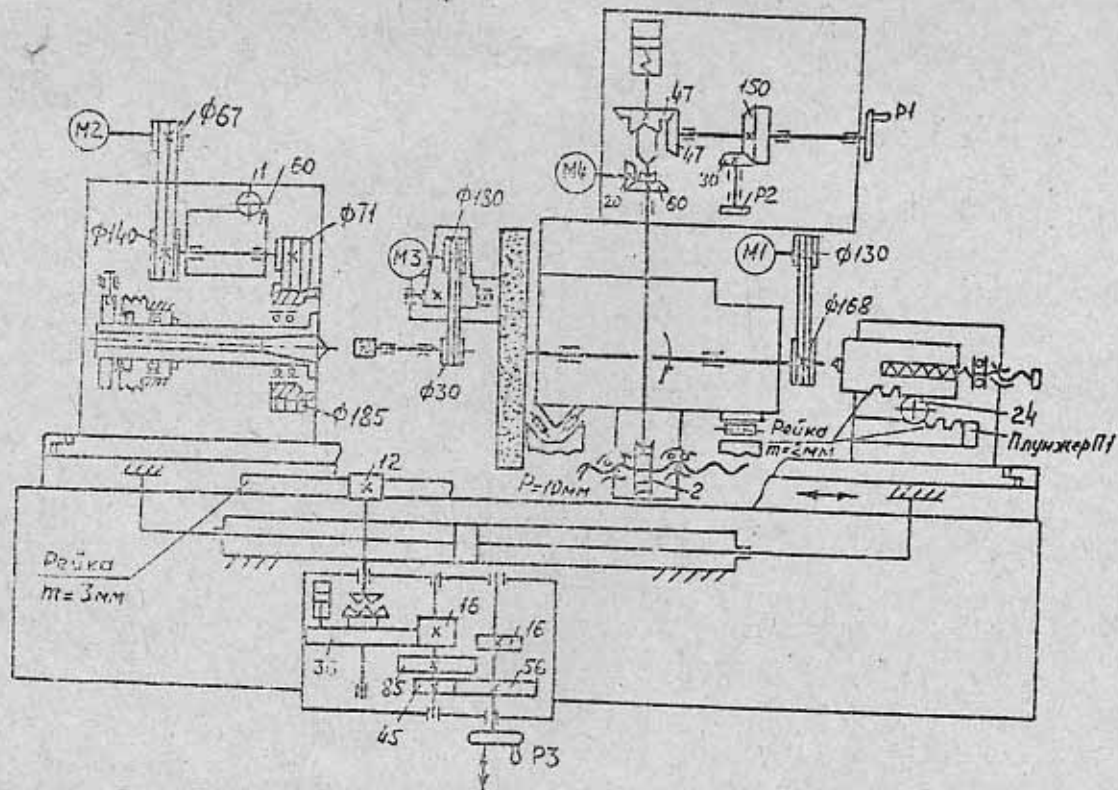
Рис.4.6

Задача I6

Составить графическую схему шлифования ступенчатого вала (рис.4.7) на круглошлифовальном станке с ЧПУ. Шлифуются шейки Д1, Д3, Д4 и торцы Д2 и Д5.

Сквозь вала





ца, подобной табл.2.2.

Задача 9

По кинематической схеме круглошлифовального станка мод.3У131 (рис.4.3) проанализировать кинематические цепи вращения шпинделя приспособления для внутреннего шлифования, продольной подачи, поперечной подачи, тонкой доводочной подачи, ручного перемещения стола и отвода шпинделя задней бабки. Ответ оформить в виде таблицы, подобной табл.2.3.

Задача 10

Показать (пунктирной линией) цикл относительного движения при обработке на станке с ЧПУ и обозначить основные программно-управляемые оси перемещений:

1) при шлифовании на круглошлифовальном станке поверхности фасонным кругом врезным методом (рис.4.4,а);

2) при шлифовании на круглошлифовальном станке цилиндрической поверхности напроход (рис.4.4,б);

3) при шлифовании на круглошлифовальном станке толщ (при продольной подаче (рис.4.4,в);

4) при обработке конической поверхности с использованием двух ходов (рис.4.4,г);

Схема обработки на круглошлифовальном станке с ЧПУ

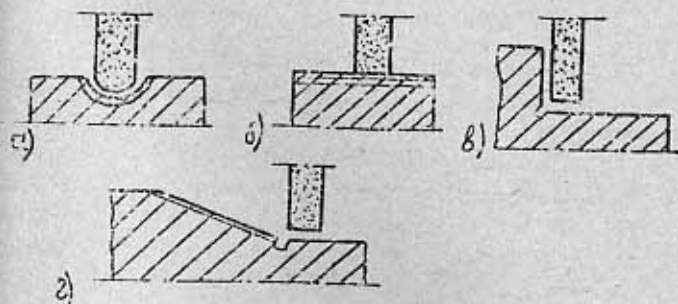


Рис.4.4

6. ДИДЖИТАЛИ И РАЗДЕЛЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ИЗУЧЕНИЮ ДАННОЙ ТЕМЫ

Для успешного изучения данной темы необходимо иметь общую классификацию металлорежущих станков и тему "Кинематическая структура станков". Для того, чтобы представить образование поверхностей на станках, необходимо знание начертательной геометрии. Понимание принципа работы зубошлифовальных станков поможет предварительное изучение темы "Зубообрабатывающие станки" (рассмотрение вопросов лезвийной обработки зубьев). Для изучения темы необходимо также знание теории резания.

7. ДИДЖИТАЛИ И РАЗДЕЛЫ, ДЛЯ УСВОЕНИЯ КОТОРЫХ НЕОБХОДИМО ЗНАНИЕ ДАННОЙ ТЕМЫ

Знание данной темы необходимо для последующего изучения курса "Технология машиностроения".

8. ВРЕМЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Ориентировочное время усвоения данной темы – 8 часов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альперович Т.А., Константинов В.Н., Шапиро А.Н. Конструкция шлифовальных станков. – М.: Выс.шк., 1989. – 288 с.
2. Наерман М.С., Наерман Я.М. Руководство для подготовки шлифовщиков. – М.: Высш.шк., 1989. – 279 с.
3. Металлорежущие станки /Под ред. В.В.Пуша. – М.: Машиностроение, 1986. – 575 с.
4. Металлорежущие станки /Н.С.Конев, М.В.Красниченко, Н.Г.Никулин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
5. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1970. – 403 с.
6. Кинематическая структура металлорежущих станков. Методические указания по контролирующие-обучающему модулю КОМ СТ-1 /Сост. В.Н.Подлеснов. – Волгоград: изд.ВолгПИ, 1986. – 45 с.
7. Кинематическая настройка металлорежущих станков. Методические указания по контролирующие-обучающему модулю КОМ СТ-2 /Сост. В.Н.Подлеснов. – Волгоград: изд.ВолгПИ, 1987. – 42 с.
8. Маеров А.Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий. – М.: Машиностроение, 1986. – 368 с.
9. Локтева С.Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
10. Спиргладзе, Новиков А. Станочник широкого профиля. – М.: Высш.шк., 1989. – 464 с.