

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Методические указания
к проведению практических занятий № 7 - 12
по дисциплине «Введение в специальность»
для студентов направления
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Часть 2

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 658.52.011.56
В24

Р е ц е н з е н т ы:

В.Я. Копп - д-р. техн. наук, профессор кафедры
«Приборостроение и автоматизация технологических процессов»

Составители: А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая

В24 Введение в специальность. Машиностроение : методические указания Ч.2 / Сост. А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая ; Министерство науки и высшего образования РФ, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Политехнический институт. – Севастополь : СевГУ, 2020. – 92 с. – Текст : непосредственный.

Методические указания предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплины «Введение в специальность». Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении практических занятий. Материал изложен в форме, удобной для практического использования, в следующей последовательности: ознакомление с типовыми технологическими маршрутами механической обработки; обозначение моделей и классификация станков с ЧПУ; анализ гибких производственных систем (ГПС) по составу и обозначениям; исследование иерархии технической системы; системный анализ процессов конструирования нового оборудования; основные современные тенденции развития машиностроения.

УДК 658.52.011.56

Методические указания рассмотрены и утверждены кафедрой «Технология машиностроения», протокол № 7 от 23 декабря 2019 г.

Изд. № 37/2020. Объем 5,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТИПОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАРШРУТАМИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ	5
2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. ОБОЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ И КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ С ЧПУ.....	14
3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9. АНАЛИЗ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ (ГПС) ПО СОСТАВУ И ОБОЗНАЧЕНИЯМ	25
4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЕРАРХИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	36
5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	43
6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12. ОСНОВНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Шаблоны кинематических схем отечественных металлорежущих станков.....	61

ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения дисциплины – формирование у студентов системы теоретических и практических знаний в области профессиональной деятельности в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 (151900) «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Задачи дисциплины – ознакомить студентов с историческими аспектами и современными проблемами мирового и отечественного машиностроительного комплекса, привить теоретические навыки по оценке возможности применения существующих средств производства, а также перспектив их модернизации для применения на предприятиях машиностроения, овладеть знаниями о современных технологических методах обработки конструкционных материалов, применяемых в различных отраслях машиностроения.

В результате изучения дисциплины «**Введение в специальность**» студент должен обладать следующими компетенциями:

обще профессиональными компетенциями (ОПК):

ОПК-1 – способностью использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда;

ОПК-2 – способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7.

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТИПОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАРШРУТАМИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ

Цель работы: изучение типовых технологических маршрутов механической обработки деталей на металлорежущих станках.

1.1 Теоретическое описание

Технологический процесс – это упорядоченная последовательность взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения требуемого результата.

Технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относят заготовки (ГОСТ 3.1109-82).

Практически любой технологический процесс можно рассматривать как часть более сложного процесса и совокупность менее сложных технологических процессов.

Элементарным технологическим процессом или технологической операцией называется наименьшая часть технологического процесса, обладающая всеми его свойствами, дальнейшая декомпозиция которого приводит к потере признаков, характерных для метода, положенного в основу данной технологии. Как правило, каждая технологическая операция выполняется на одном рабочем месте не более, чем одним сотрудником. Технологические процессы состоят из технологических (рабочих) операций, которые, в свою очередь, складываются из технологических переходов. Разрабатываемый **технологический процесс** должен быть прогрессивным, обеспечивать повышение производительности труда и качества деталей, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшение вредных воздействий на окружающую среду.

Технологический процесс разрабатывают на основе имеющегося типового или **группового** технологического процесса. По технологическому классификатору формируют код, по которому изделие относят к определенной классификационной группе и действующему для нее типовому или групповому технологическому процессу.

В случае отсутствия необходимой классификационной группы технологический процесс разрабатывают как единичный, учитывая ранее принятые прогрессивные решения в действующих единичных технологических процессах.

Базовой исходной информацией для проектирования технологического процесса являются:

- рабочие чертежи деталей;

- технические требования, регламентирующие точность;
- параметры шероховатости поверхности и другие требования качества;
- объем годового выпуска изделий.

При проектировании необходимо использовать руководящую (на основе государственных и отраслевых стандартов) и справочную (на базе опыта изготовления аналогов, нормативы, методические материалы, результаты исследований) информацию [3, 12].

Для разработки технологического процесса необходимо изучить конструкцию и функции детали, проанализировать технологичность ее конструкции и проконтролировать чертеж. Технологичность конструкции детали анализируют с учетом условий ее производства, учитывая особенности конструкции и требования качества как технологические задачи изготовления. Заготовку выбирают исходя из минимальной себестоимости готовой детали для заданного годового выпуска.

Маршрутную технологию разрабатывают, выбирая технологические базы и схемы базирования для всего технологического процесса. Выбирают две системы баз – **основные базы** и **черные базы**, используемые для базирования при обработке основных баз. Всю механическую обработку распределяют по операциям, выявляя последовательность выполнения операций и их число. Для каждой из операций выбирают оборудование и определяют конструктивную схему приспособления.

Деление всего объема обработки на операции, выбор оборудования, формирование операций по содержанию зависят в немалой степени от условий производства. В поточном производстве штучное время любой операции должно соответствовать такту выпуска, что требует применения специальных приспособлений, инструментальных наладок и станков. При обработке на универсальных станках стремятся к более полному использованию их возможностей. Наиболее точные станки используют для чистовой и отделочной обработки, выделяемой в отдельные операции. Для исключения переустановок крупногабаритных и тяжелых заготовок, их черновую и чистовую обработку выполняют за одну операцию. Аналогичным образом поступают с любыми деталями в мелкосерийном производстве, где при выполнении черновой и чистовой обработки за одну операцию рекомендуется сначала провести черновую обработку всех поверхностей, а затем выполнить чистовую обработку поверхностей, где она необходима.

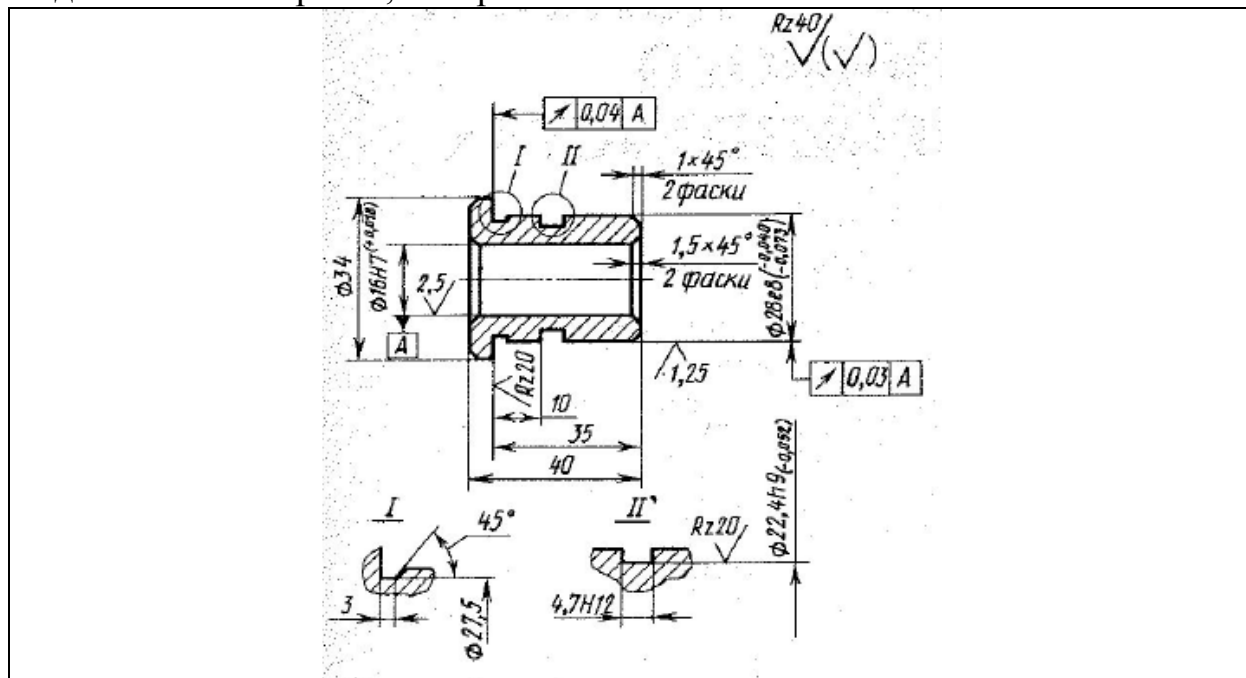
С учетом места каждой операции в маршрутной технологии разрабатывают **операционную технологию**. К моменту проектирования каждой операции должно быть известно, какие поверхности и с какой точностью нужно обрабатывать на данной операции.

Проектирование операций выполняется на основе разработки их структуры, составления схем наладок, расчетов настроечных размеров и точности обработки, назначения режимов обработки, определения нормы времени и сопоставления ее с тактом работы.

Операционная технология является основой для выдачи заданий на конструирование специального оборудования, средств механизации и автоматизации, на разработку средств технологического оснащения и метрологического обеспечения процесса.

1.2 Маршрут обработки втулки

Вид заготовки – прокат; материал – А12В

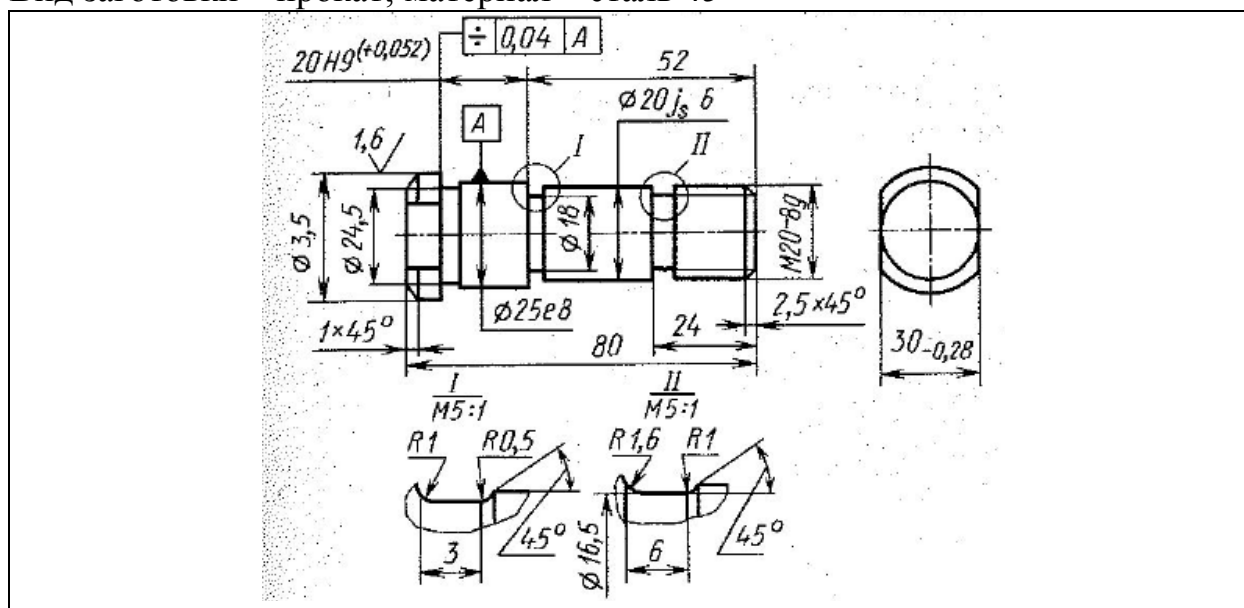


Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Править прутки	Пресс К5526	
010	Отрезать групповую заготовку $\phi 34$ в размер 2000	Абразивно-отрезной автомат 8Б242	Поддерживающее устройство
015	Заправить концы прутка фасками под угол 20° .	Токарный ХС-151	
020	Центровать торец под сверление, сверлить и зенкеровать отверстие $\phi 15$ H7 до $\phi 15,79+0,11$ под развертывание, точить поверхность $\phi 28_{e8}$ до $\phi 28,4-0,13$ под шлифование, проточить канавки $b=3$ и	Токарный автомат 2Б240-6К	Наладка

	b=4,7H12, фаску окончательно. Отрезать деталь в размер 40,5		
025	Промыть деталь	Моечная машина	
030	Навесить бирку с обозначением детали на тару		
035	Подрезать второй торец, выдерживая размер 40, точить и расточить фаски. Развернуть отверстие $\varnothing 16$ H7 (+0,018) окончательно.	Токарно-револьверный 1П340ПЦ	Цанговый патрон Вкладыш $\varnothing 28$
040	Шлифовать поверхность $\varnothing 28e8 \begin{pmatrix} -0,040 \\ -0,073 \end{pmatrix}$ с подшлифовкой торца окончательно	Круглошлифовальный 3М153Е	Оправка, центры, хомутик, прибор активного контроля
045	Зачистить заусенцы	Вибрационная машина ВМПВ-100	
040	Накатать резьбу М20-8g	Резьбонакатный А9518	Нож
045	Промыть деталь	Моечная машина	
050	Технический контроль	Плита	
055	Нанесение покрытия		

1.3 Маршрут обработки оси

Вид заготовки – прокат; материал – сталь 45

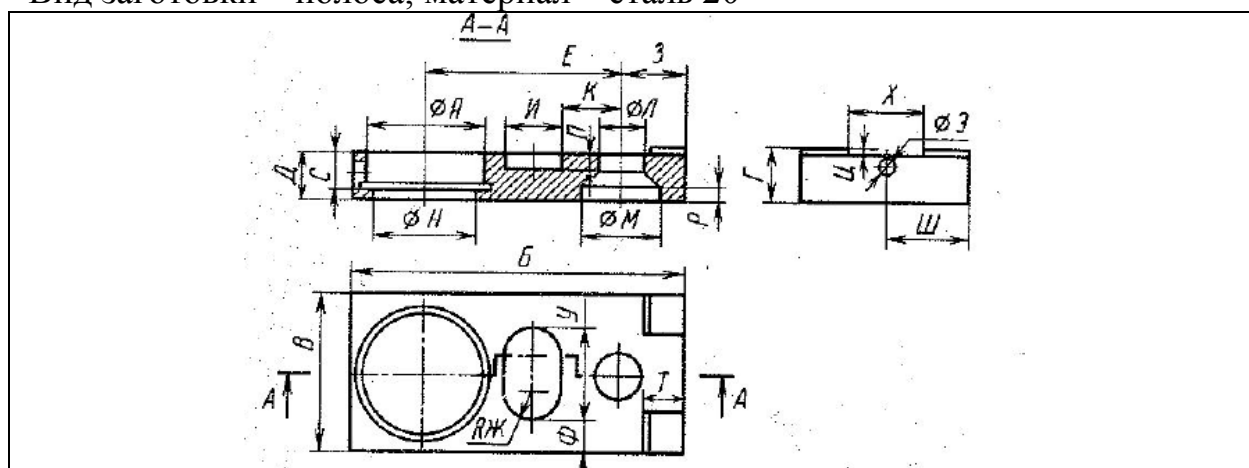


Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Рубить пруток $\varnothing 36$, выдерживая размер 3000	Пресс К9534	
010	Править пруток	Пресс И5529	
015	Заправить концы прутка фасками под угол 20°	Токарный ХС-151	
20	Подрезать и центровать торец, точить шейку под накатывание резьб М20–8g, точить шейки $\varnothing 20js6 \begin{pmatrix} +0,065 \\ -0,065 \end{pmatrix}$ и $\varnothing 25e8 \begin{pmatrix} -0,040 \\ -0,073 \end{pmatrix}$ под шлифование, точить шейку $\varnothing 35$, канавки $b=3$ и канавку $b=6$, фаски, отрезать деталь, выдерживая размер 81	Токарный автомат 2Б240–6К	Наладка
025	Подрезать второй торец, выдерживая размер $8,3-0,1$, точить фаску и центровать торец	Токарный 16Т02П	Цанговый патрон
030	Фрезеровать две лыски, выдерживая размер $30-0,28$ окончательно.	Горизонтально-фрезерный 6Р80Ш	Приспособление, наладка
035	Зачистить заусенцы	Вибрационная машина ВМПВ–100	
040	Накатать резьбу М20–8g	Резьбонакатный А9518	Нож

045	Термическая		
050	Шлифовать поверхность $\varnothing 25js6 \begin{pmatrix} +0,065 \\ -0,065 \end{pmatrix}$ окончательно	Круглошлифовальный 3У10В	Центры, хомутик
055	Шлифовать поверхность $\varnothing 25e8 \begin{pmatrix} -0,040 \\ -0,073 \end{pmatrix}$ с подшлифовкой торца $\varnothing 35/\varnothing 25e8$, выдерживая размер 20Н9(+0,052) окончательно.	Круглошлифовальный 3У10В	Центры, хомутик
060	Промыть деталь	Моечная машина	
065	Навесить бирку с обозначением детали на тару	Плита	
070	Технический контроль		
075	Нанесение покрытия		

1.4 Типовой маршрут обработки деталей типа планок

Вид заготовки – полоса; материал – сталь 20

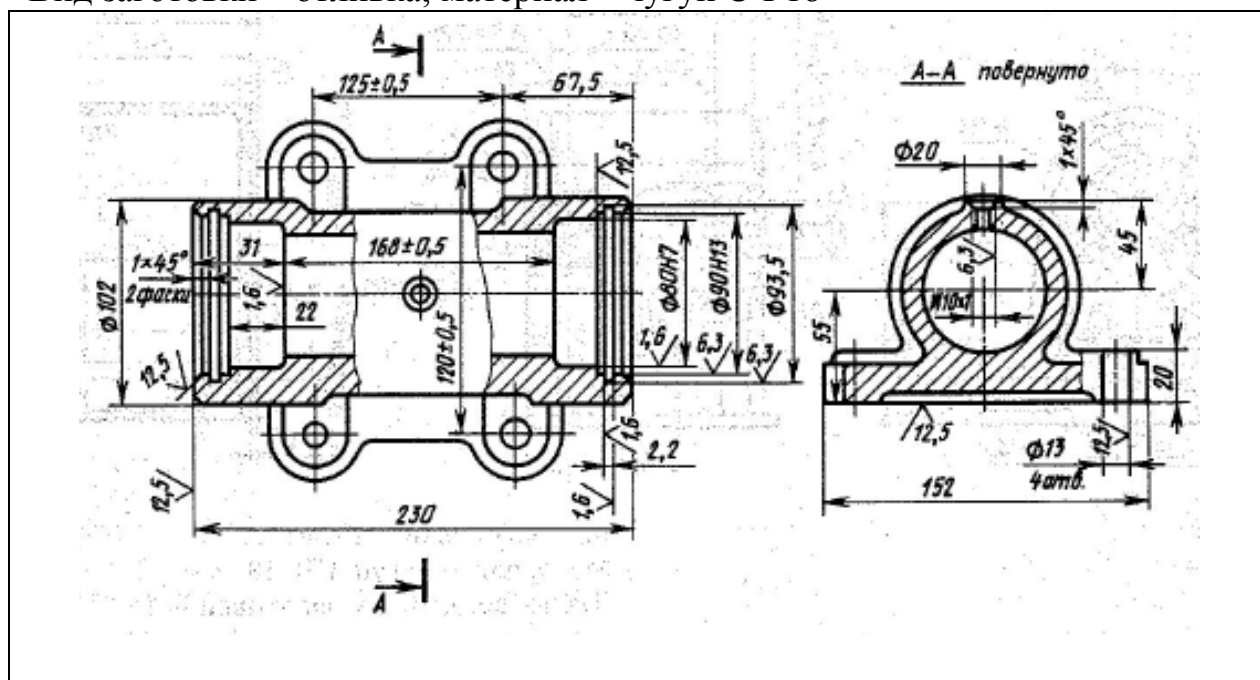


Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Отрезать заготовку от полосы	Абразивно-отрезной автомат 8В262	Тиски
010	Навесить бирку с номером детали на тару		
015	Фрезеровать две широкие поверхности в размер $D+0,3$ под шлифование две поверхности в размер B окончательно	Вертикально-фрезерный 6Т12	Гидротиски, наладка двухпозиционная
020	Фрезеровать два торца в размер B окончательно	Горизонтально-фрезерный 6Т82Г	Приспособление универ-

			сально-наладочное с гидрозажимом
025	Зачистить заусенцы после фрезерования	Машина для снятия заусенцев	
030	Шлифовать две широкие поверхности в размер D окончательно	Плоскошлифовальный 3П722ДВ	Магнитная плита
035	Зачистить заусенцы и притупить острые кромки	Машина для снятия заусенцев	
040	Фрезеровать два пластика в размер $T \times X$ окончательно. Сверлить, расточить и развернуть одно отверстие $\emptyset A \emptyset H$ окончательно. Фрезеровать паз $I \times P$ окончательно, сверлить и зенковать одно отверстие $\emptyset L \emptyset M$ окончательно.	Расточно-сверлильно-фрезерный с ЧПУ и инструментальным магазином 2254ВМФ4	Наладка УСПО двухпозиционная
045	Сверлить одно отверстие $\emptyset Э$	Вертикально-сверлильный 2Н125-1	Кондуктор
050	Зачистить заусенцы	Вибрационная машина ВМПВ-100	
055	Промыть деталь	Моечная машина	
060	Технический контроль		
065	Химическое оксидирование		
070	Нанесение антикоррозионного покрытия		

1.5 Маршрут обработки корпуса

Вид заготовки – отливка; материал – чугун СЧ 18



Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Литьё		
010	Обрубка и очистка отливки		
015	Фрезеровать плоскость основания окончательно. Сверлить четыре отверстия $\varnothing 13$ окончательно. Фрезеровать плоскость бобышки $\varnothing 20$ окончательно, сверлить и нарезать резьбу $M10 \times 1-7H$ в одном отверстии окончательно. Фрезеровать торец $\varnothing 102$, выдерживая размер 230 окончательно. Расточить выточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ и фаску $1 \times 45^\circ$ окончательно. Фрезеровать канавку $b=2,2 \pm 0,5$ окончательно. Повернуть стол на 180° . Расточить выточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ и фаску $1 \times 45^\circ$ окончательно. Фрезеровать канавку $2,2 \pm 0,5$ окончательно.	Многоцелевой с ЧПУ и инструментальным магазином ИР500ПМФ4	Наладка УСПО
020	Притупить острые кромки	Верстак	
025	Технический контроль		
030	Нанесение антикоррозионного покрытия		

1.6 Порядок выполнения работы

- 1) ознакомиться с особенностями типовых технологических маршрутов обработки деталей на металлорежущих станках;
- 2) подобрать для заданной обрабатываемой детали технологический маршрут обработки с целью получения необходимых поверхностей и элементов с указанием применяемых станочного оборудования и оснастки;
- 3) оформить отчет о проделанной работе.

1.7 Содержание отчета

- Чертеж заданной детали.
- Перечень необходимых операций, станочного оборудования и оснастки для обработки необходимых поверхностей по заданному варианту.
- Выводы по результатам выполненной работы.

1.8 Вопросы для самоконтроля

2. Что понимают под технологическим процессом?
3. Что является базовой исходной информацией для проектирования технологического процесса?
4. Как разрабатывают маршрутную технологию?
5. Пояснить процесс проектирования операций.

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8.

ОБОЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ И КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Цель работы: изучение принципов обозначения станков с ЧПУ, их классификации и особенностей расшифровки обозначений моделей.

2.1 Теоретическое описание

2.1.1 Принципы классификации и обозначения моделей станков

В зависимости от характера выполняемых работ и применяемого режущего инструмента станки подразделяют на группы и типы (таблица 2.1). Станки создают по размерным рядам, представляющим собой группы однотипных станков подобной кинематической структуры и конструкции, но имеющих разные размеры [5, 17, 18, 19].

Типоразмер станка – представитель ряда с конкретными параметрами, а модель станка – конструкция данного типоразмера.

Классификация станков по степени универсальности предусматривает подразделение их на **универсальные** (для разнообразных операций на заготовках широкой номенклатуры в единичном и мелкосерийном производствах, а также при ремонтных работах), **специализированные** (для обработки однотипных заготовок разных размеров в крупносерийном и массовом производствах) и **специальные** (для обработки заготовок одного наименования и одного типоразмера в массовом производстве).

По габаритным размерам и массе, которые в значительной степени определяются параметрами тех деталей, для обработки которых предназначен станок, их подразделяют на **легкие** (до 1 т), **средние** (до 10 т) и **тяжелые** (свыше 10 т). Последние делят на **крупные** (10...30 т), **собственно тяжелые** (30...100 т) и **особо тяжелые** — **уникальные** (свыше 100 т).

Классификация станков по точности предусматривает пять классов: **нормальной точности (Н)**; **повышенной точности (П)** (на базе станков класса Н, но при более высоких требованиях к качеству изготовления и сборки основных узлов); **высокой точности (В)** (достигается специальной конструкцией отдельных узлов и элементов при высоких требованиях к изготовлению, сборке и регулировке станка); **особо высокой точности (А)** (на базе станков класса В, но при более высоких требованиях к точности изготовления основных узлов и деталей); **особо точные (С)**, так называемые **мастер-станки** (для обработки деталей, определяющих точность эталонов зубчатых колес, измерительных винтов или деталей к станкам классов А и В).

Станки классов В, А, С эксплуатируют в помещениях с постоянной температурой и влажностью. В зависимости от класса точности соотношение допусков на изготовление деталей и узлов следующее: Н – 1,0; П – 0,6; В – 0,4; А – 0,25; С – 0,15.

Современный станок с ЧПУ представляет собой самоуправляющуюся рабочую машину, органически связанную с вычислительной машиной, работаю-

щей в реальном масштабе времени и преобразующей дискретные сигналы информации в дискретные сигналы управления.

По технологическим признакам в зависимости от назначения системы ЧПУ разделяют на позиционные, контурные и комбинированные.

По наличию обратной связи системы ЧПУ разделяют на **разомкнутые** (имеющие один источник информации — от управляющей программы через устройства управления к исполнительным органам станка) и **замкнутые** (с обратной связью по положению рабочего органа и с компенсацией погрешности станка, самоприспосабливающиеся — с адаптацией на различные внешние возмущения и изменения протекания техпроцесса).

В зависимости от степени автоматизации и типа системы ЧПУ для станков приняты следующие дополнительные обозначения: **Ф1** — цифровая индикация и предварительный набор координат; **Ф2** — позиционные и прямоугольные системы ЧПУ; **Ф3** — контурные системы ЧПУ; **Ф4** — универсальные комбинированные системы ЧПУ; **М** — инструментальный магазин и автоматическая смена инструмента (АСИ); **Р** — револьверная инструментальная головка и АСИ; **РМ** — револьверная головка, инструментальный магазин и АСИ.

Каждая модель станка имеет цифровое или буквенно-цифровое обозначение — шифр, по которому можно получить некоторое первоначальное представление о станке. Схемы расшифровки трех основных систем обозначений отечественных станков с ЧПУ приведены на рис. 6.1. Например, модель станка **1А512МФ3** следует расшифровывать по первому варианту (рис. 6.1, I), начинающемуся с цифры. Так, **1** — группа токарных станков; **А** — буква модернизации модели; **5** — тип карусельных станков; **12** — условный либо характерный размер станка (в данной модели это соответствует размеру планшайбы 1250 мм); **М** — с инструментальным магазином и автоматической сменой инструмента; **Ф3** — с контурной системой ЧПУ; станок относится к нормальному классу точности, буква **Н** в классе не указывается.

Модель станка **РТ-724Ф3РМ** расшифровывается по второму варианту (рис. 2.1, II): **РТ** — буквенное обозначение завода-изготовителя (Рязанский станкостроительный завод); **724** — порядковый номер модели; **Ф3** — с контурной системой ЧПУ; **РМ** — с револьверной головкой, инструментальным магазином и АСИ.

Обозначение станка с ЧПУ, например, модели **ИР320ПМФ4** расшифровывается по третьему варианту (рис. 6.1, III): **ИР** — буквенное обозначение завода-изготовителя (Ивановский завод тяжелого станкостроения); **320** — характерный размер (габариты стола 320×320); **П** — повышенного класса точности; **М** — с инструментальным магазином и АСИ; **Ф4** — с комбинированной системой ЧПУ.

Наиболее часто встречаются следующие буквенные обозначения заводов-изготовителей России и Украины:

- БРСК** — Бердичевский станкостроительный (Украина);
- КТ** — Средневожский станкостроительный (г. Самара, Россия);
- РТ** — Рязанский станкостроительный (Россия);
- ИР** — Ивановский тяжелого станкостроения (Россия);
- ОФ** — Одесский фрезерных станков (Украина);

- ОП** — Одесский прецизионных станков (Украина);
КК — Самарский (Куйбышевский) координатно-расточных станков (Россия);
ЛР — Санкт-Петербургское (бывшее Ленинградское) станкостроительное производственное объединение (Россия);
МЕ — Московский завод автоматических линий (Россия);
КУ — Коломенский завод тяжелого станкостроения (Россия);
Е — Егорьевский станкостроительный (Россия);
СТ — Саратовский тяжелых зубообрабатывающих станков (Россия).

2.1.2 Обозначение осей координат и направлений перемещений исполнительных органов на схемах станков с ЧПУ

Систему координат станка, выбранную в соответствии с рекомендациями ISO (Международной организации по стандартизации) принято называть стандартной. Стандартная система координат представляет собой правую прямоугольную декартову систему координат, в которой положительные направления осей координат определяются правилом правой руки: большой палец указывает положительное направление оси абсцисс X , указательный – оси ординат Y , и средний – оси аппликат Z [8, 17, 18].

Особенность системы в том, что ось координат Z принимают всегда параллельной оси главного шпинделя станка, независимо от того, как он расположен – вертикально или горизонтально. Эта особенность позволяет при ЧПУ для наиболее распространенной плоской обработки использовать в программах обозначения координат через X и Y независимо от расположения шпинделя (рис. 2.2).

В качестве положительного направления оси Z принимают направление от заготовки к инструменту. Ось X — всегда горизонтальна. Дополнительные движения, параллельные осям X , Y , Z обозначают соответственно U , V , W (вторичные) и P , Q , R (третичные). Вращательные движения вокруг осей X , Y , Z обозначают соответственно буквами A , B , C . Положительные направления вращений A , B , C вокруг координатных осей X , Y и Z показаны на рис. 2.2. Для вторичных угловых перемещений вокруг специальных осей используются буквы D и E .

Начало стандартной системы координат станка обычно совмещается с базовой точкой узла, несущего заготовку и зафиксированного в таком положении, при котором все перемещения рабочих органов станка описываются в стандартной системе положительными координатами.

Таблица 2.1 – Классификация металлорежущих станков

Группа станков	индекс	Шифр типа									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резервные	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы			револьверные	Сверлильно-отрезные	Карусельные	Токарные и лобовые	Многорезцовые	Специализированные	Разные токарные
		специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2	Гайконарезные	Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
				одношпиндельные	многошпиндельные						
Шлифовальные и доводочные	3	—	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	—	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные и полировочные	Разные, работающие абразивами
Комбинированные	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Резьбонарезные	Зубострогальные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные	Для нарезания червячных пар	Для обработки торцов зубьев	Резьбофрезерные	Зубоотделочные и проверочные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Фрезерные	6	—	Вертикальные консольные	Непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольные широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные и протяжные	7	—	Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	—	Протяжные вертикальные	—	Разные строгальные
			одностоечные	двухстоечные							
Разрезные	8	—	Работающие			Правильно-разрезные	Ленточные	Дисковые	Ножовочные	—	—
			резцом, пилами	абразивным кругом	гладким диском						
Разные	9	—	Опиловочные	Пилонасекательные	Правильно-бесцентрово-обдирочные	Балансировочные	Для испытания сверл и шлифовальных кругов	Делительные машины	—	—	—

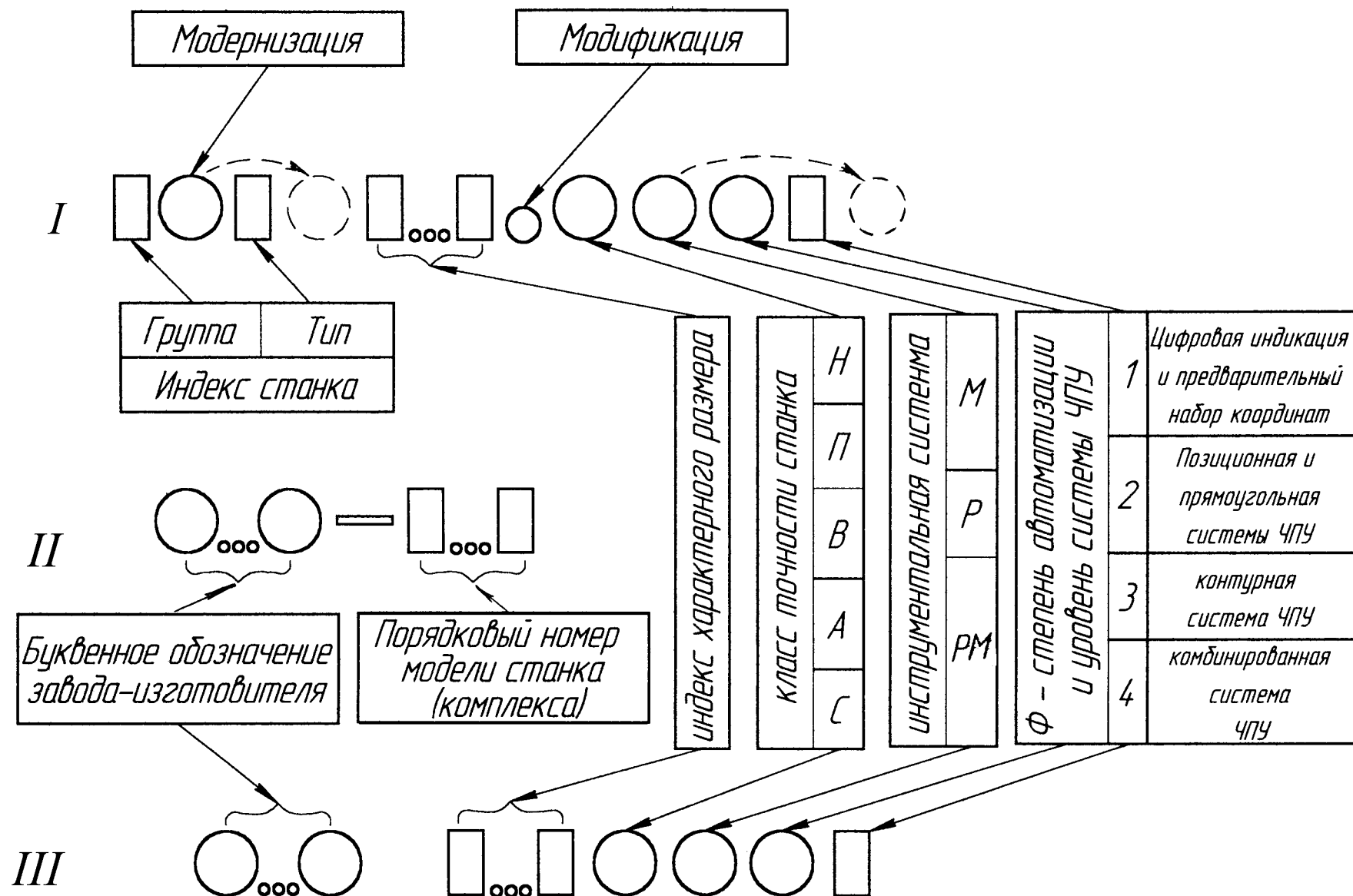


Рис. 2.1. Схемы расшифровки различных систем обозначений отечественных станков с ЧПУ

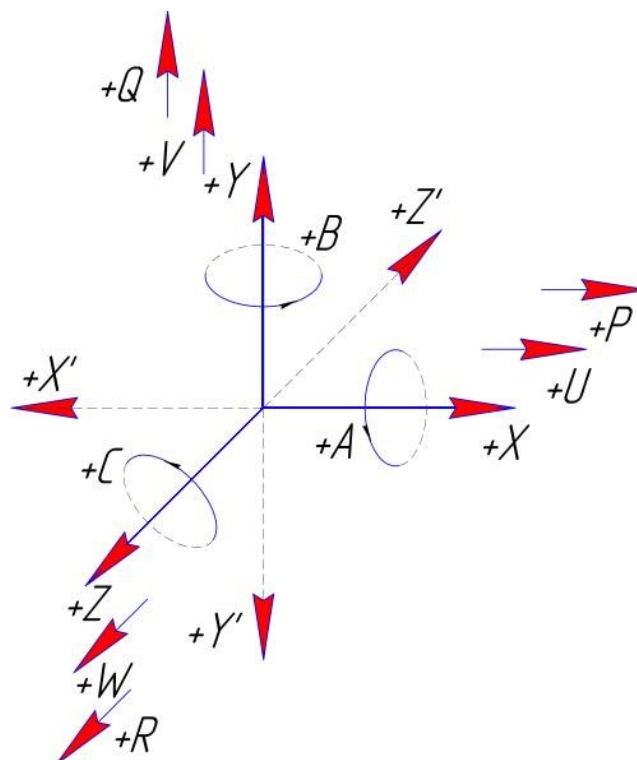


Рис. 2.2. Правая прямоугольная система координат станка

Системой координат токарного станка служит двухкоординатная система X, Z . Начало этой системы принимается в базовой точке шпиндельного узла. Положительные направления осей системы координат токарного станка определяются расположением основного рабочего диапазона перемещений инструмента (рис. 2.3, а, б).

Для станков сверлильной, сверлильно-расточной и фрезерной групп применяется трехкоординатная система X, Y, Z . Начало этой системы координат принимается преимущественно в базовой точке стола, расположенного в одном из крайних положений. Направления координатных осей этой стандартной системы связаны с конструкцией станка (рис. 2.3, в, г) [17-19].

Движения рабочих органов станка задаются в программе координатами или приращениями координат базовых точек в системе координатных осей, определенных в стандартной системе координат. Система координатных осей рабочих органов станка представляет собой совокупность отдельных управляемых по программе координат, каждая из которых закреплена за конкретным рабочим органом станка и имеет индивидуальное обозначение, направление и начало отсчета. Для обеспечения общности методов подготовки программ рекомендации комитета ISO регламентируют обозначения и направления осей координат рабочих органов станка.

На рис. 2.4–2.7 изображены схемы различного оборудования с ЧПУ, на которых указаны обозначения и положительные направления движений рабочих органов относительно стандартной системы координат, связанной с обрабатываемой заготовкой [17-20].

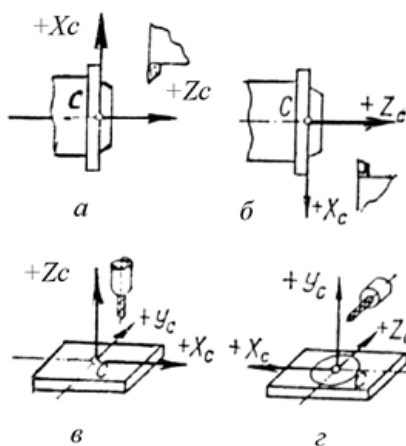
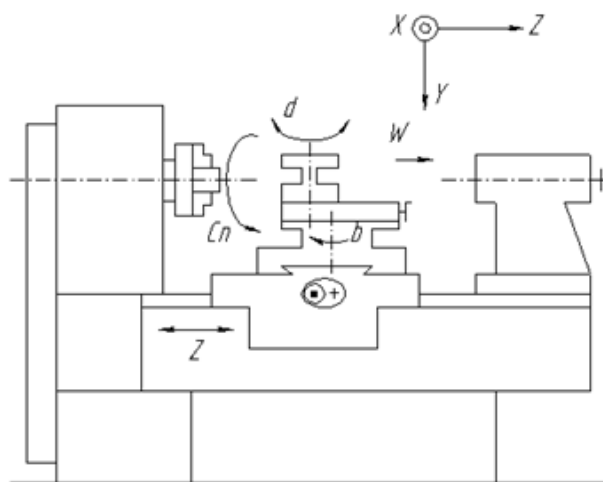
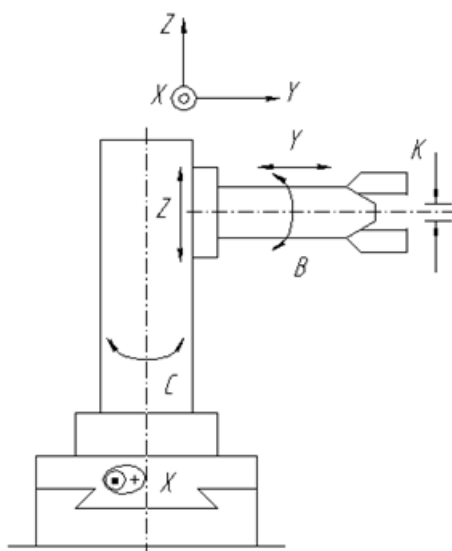


Рис. 2.3. Направления стандартной системы координат станка: *a* – токарного при перемещении инструментов над осью вращения шпинделя; *б* – то же, под осью шпинделя; *в, г* – сверлильно-расточных и фрезерных с соответственно вертикальным и горизонтальным расположением шпинделя



a



б

Рис. 2.4. Компонировка токарного станка (*a*) и промышленного робота (*б*) с направлениями их осей и движений

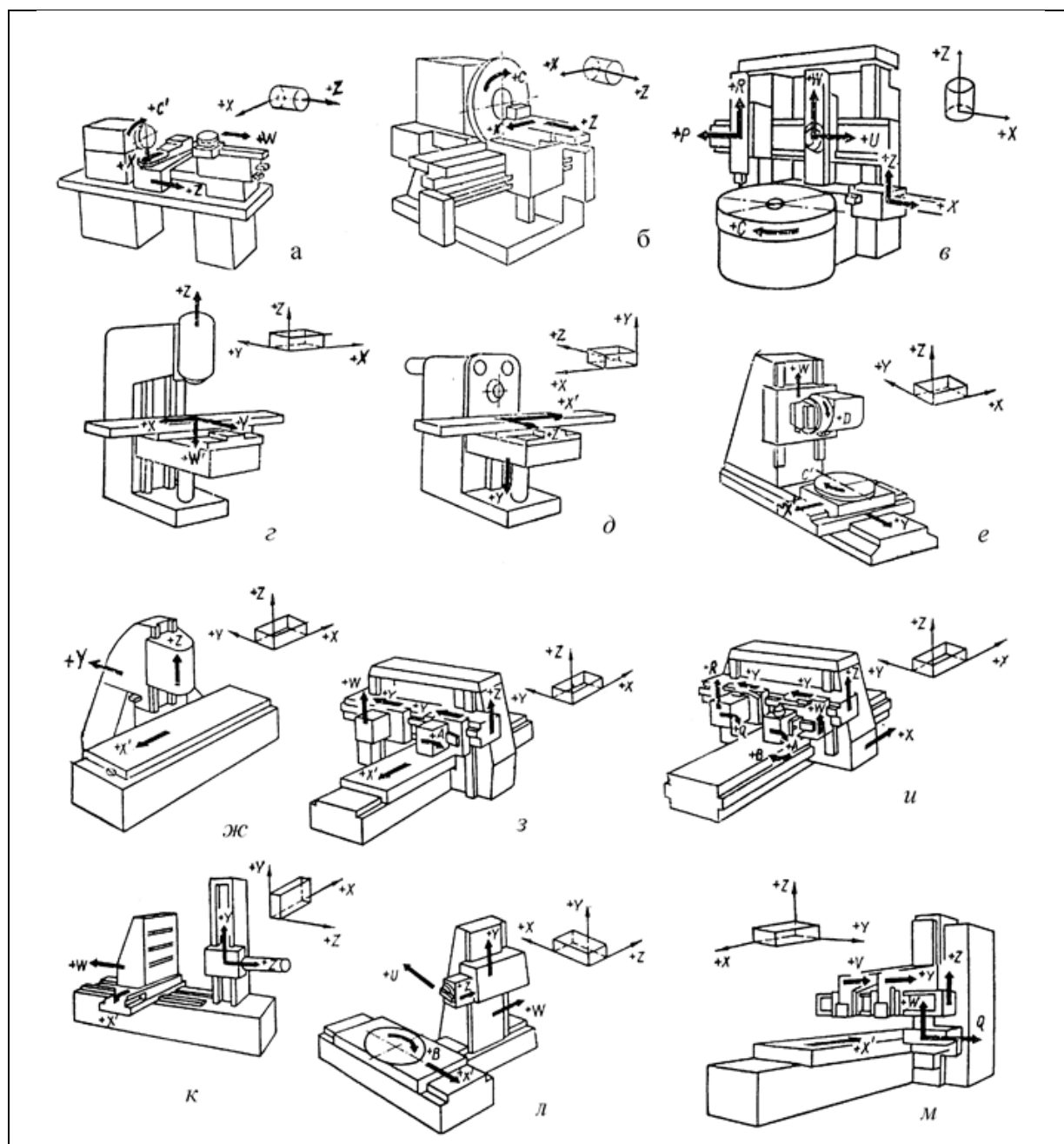


Рис. 2.5. Обозначение осей координат и направлений перемещений на схемах станков с ЧПУ: *а* – токарно-револьверного; *б* – лоботокарного; *в* – токарно-карусельного; *г* – вертикально-фрезерного; *д* – горизонтального консольно-фрезерного; *е* – фрезерного с поворотным столом и поворотной бабкой; *ж* – вертикального портально-фрезерного; *з* – двухстоечного портально-фрезерного; *и* – двухстоечного с подвижным порталом; *к* – горизонтально-расточного с неподвижной передней бабкой; *л* – с продольно-подвижной передней бабкой; *м* – продольно-строгального

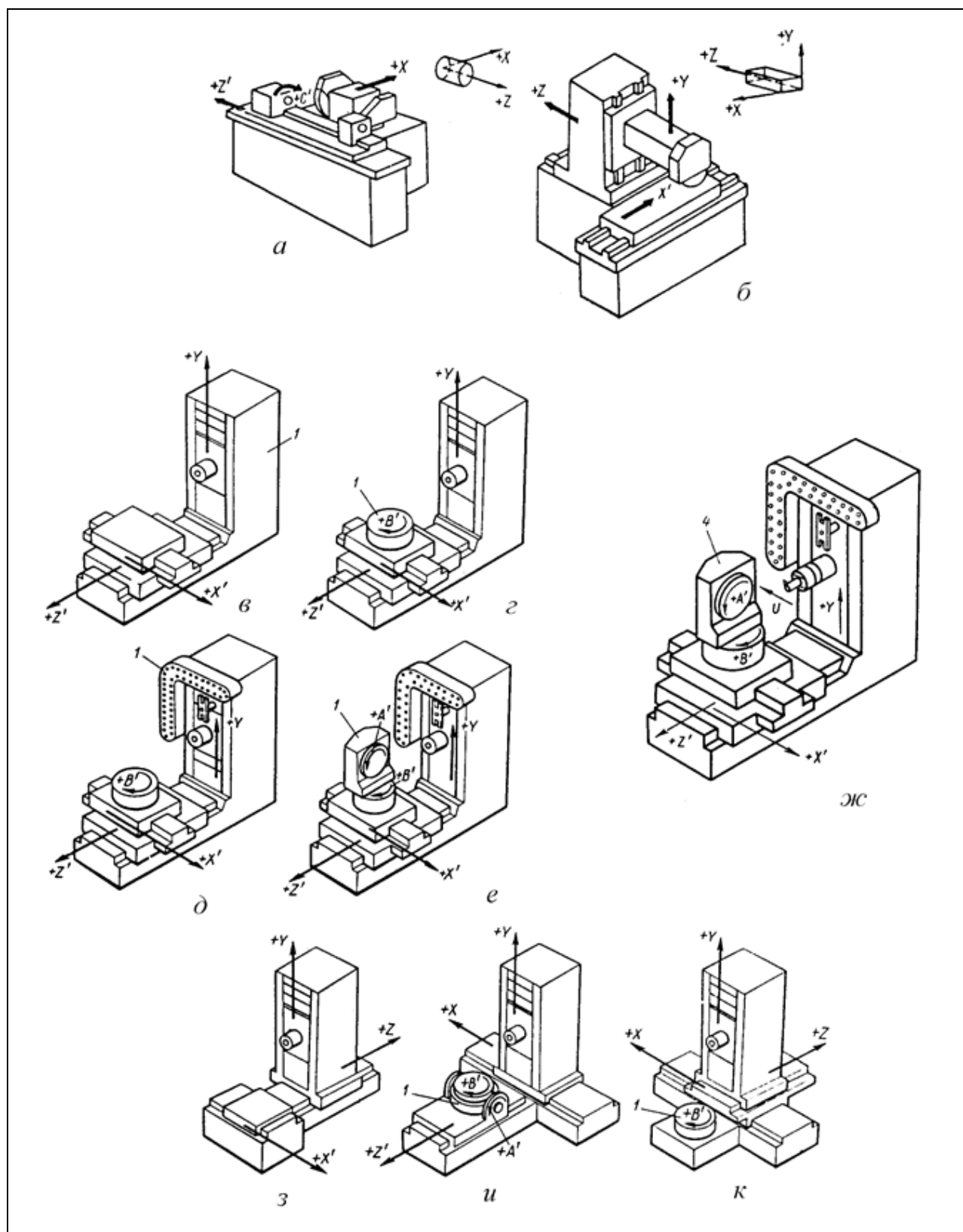


Рис. 2.6. Обозначение осей координат станков с ЧПУ:
а – круглошлифовального; *б* – плоскошлифовального; *в, г, д, е, ж* – многооперационных станков средних габаритов; *з, и, к* – многооперационных станков различных компоновок

2.2 Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с классификацией станков, принципами их обозначения.
- 2) Изучить особенности обозначения осей координат и направлений перемещений исполнительных органов на схемах станков с ЧПУ.
- 3) Для заданных вариантов (табл. 2.2) моделей станков (Приложение А, Ч.1) расшифровать обозначения, изобразить общие виды компоновки, показать оси координат и направления перемещений исполнительных органов.
- 4) Оформить отчет о проделанной работе.

Таблица 2.2 – Варианты заданий

№ п/п	Вариант	Модели станков
1	1	1И611П, 2Н135, 6М80Г
2	2	1А616Ф2, 2450, 6441Б
3	3	16К20, 2Р135Ф2, 6652
4	4	1М63, 3М151, 656П
5	5	1811, 3180, 514
6	6	1М553, 2М55Ф2, 7430
7	7	1341, 3А252, 5К324А
8	8	1П326, 2Н57, 5350Б
9	9	1П365А, 3724, 6М83Ш
10	10	1А730, 3772, 6652
11	11	1722, 743, 5350Б
12	12	1Б136, 526А, 737
13	13	1265-4, 2620А, 7231А
14	14	2Н135, 6652, 563Б
15	15	2Р135Ф2, 561, 1М553
16	16	2М55Ф2, 525, 1811
17	17	2Н57, 5А832, 1А616Ф2
18	18	2620А., 5К324А, 3М151
19	19	262ПР1, 5350Б, 3180
20	20	2450, 1И611П, 7430
21	21	6М80Г, 1М63, 7231А
22	22	6Н81, 1М553, 5К324А
23	23	6Н13Ф3-2, 1Б136, 563Б
24	24	6М83Ш, 1341, 7430
25	25	656П, 1265-4, 3А252

2.3 Содержание отчета

- Основные определения по классификации станков, обозначениям моделей и осей координат станков.

- Расшифровка заданных моделей станков, эскизы общих видов их компоновки, оси координат и направления перемещений исполнительных органов заданных моделей станков.
- Выводы по результатам выполненной работы.

2.4 Вопросы для самоконтроля

- 1) Как классифицируют станки по степени универсальности?
- 2) Принципы классификации станков по габаритным размерам и массе.
- 3) Какие классы точности используют для классификации станков?
- 4) Как разделяют станки по технологическим признакам в зависимости от назначения системы ЧПУ?
- 5) Как классифицируют станки по наличию обратной связи системы ЧПУ?
- 6) Охарактеризовать особенности расшифровки трех основных систем обозначений отечественных моделей станков с ЧПУ.
- 7) Как выбирают систему координат станка с ЧПУ в соответствии с рекомендациями ISO (Международной организации по стандартизации)?
- 8) Какие обозначения применяют для движений в выбранной системе координат станка?

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9.

АНАЛИЗ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ (ГПС) ПО СОСТАВУ И ОБОЗНАЧЕНИЯМ

Цель работы: изучение принципов построения гибких производственных систем, анализ состава оборудования, входящего в компоновки.

3.1 Теоретическое описание

3.1.1 Терминология

Согласно принятой терминологии (ГОСТ 26228-90), **гибкой производственной системой (ГПС)** называют управляемую средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, состоящего из разных сочетаний гибких производственных модулей и (или) гибких производственных ячеек, автоматизированной системы технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающую свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования.

По организационным признакам различают следующие виды ГПС: гибкая автоматизированная линия, гибкий автоматизированный участок, гибкий автоматизированный цех [1, 2, 17].

Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) – это гибкая производственная система, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

Гибкий автоматизированный участок (ГАУ) – это гибкая производственная система, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

Гибкий автоматизированный цех (ГАЦ) – это гибкая производственная система, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных рабочих участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

Основной составной частью ГПС является **гибкий производственный модуль (ГПМ)**, которым называют единицу технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующую, автоматически осуществляющую все функции, связанные с изготовлением, имеющую возможность встраивания в гибкую производственную систему.

Таким образом, **ГПМ** – это способная автономно функционировать, осуществляя многократные циклы, единица технологического оборудования с автоматизированным устройством программного управления (с ЧПУ), оснащенная автоматизированными устройствами (роботами) загрузки заго-

товок и удаления деталей (узлов), удаления отходов (например, стружки), подачи и замены инструментов, измерений и контроля в процессе обработки (сборки), а также диагностики неполадок и отказов в работе. ГПМ обладают способностью автоматизированной переналадки на выпуск разных изделий в пределах освоенной номенклатуры и своих технических возможностей, а также способностью встраиваться в ГПС.

Кроме ГПМ в состав ГПС (ГАЛ, ГАУ и ГАЦ) входят роботизированные технологические комплексы, системы обеспечения функционирования ГПС, автоматизированные транспортно-складские системы и автоматизированные системы инструментального обеспечения.

Роботизированный технологический комплекс (РТК) – это совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы.

РТК, предназначенные для работы в ГПС, должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в систему. В качестве технологического оборудования в РТК может быть использован промышленный робот. Средствами оснащения РТК могут быть устройства накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства (деталей, заготовок) и другие устройства, обеспечивающие функционирование РТК.

Система обеспечения функционирования ГПС – это совокупность в общем случае взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление гибкой производственной системой с помощью ЭВМ и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки.

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) – это система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

Автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО) – это система взаимосвязанных элементов, включая участки подготовки инструмента, его транспортирования, накопления, устройства смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента. В состав ГПС (ГАЦ) могут входить также роботизированные технологические линии и участки.

Роботизированная технологическая линия – это совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами для выполнения операций в принятой технологической последовательности.

Роботизированный технологический участок – это совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими

промышленными роботами, в которой предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

Из приведенных определений следует, что гибкая производственная линия или участок – это комплекс из нескольких (двух и более) взаимосвязанных гибких производственных модулей, объединенных **комплексной автоматизированной системой управления (КАСУ), автоматизированной транспортно-складской системой (АТСС) и автоматизированной системой инструментального обеспечения (АСИО)**, синхронизацию работы которых осуществляет (как и управление всем производственным циклом) единая управляющая ЭВМ (или сеть ЭВМ), обеспечивающая автономное функционирование ГАЛ или ГАУ в течение заданного интервала времени в условиях быстрых переходов на обработку любой другой детали (узла) в пределах технических возможностей оборудования; ГАЛ и ГАУ обладают способностью встраиваться в систему более высокого уровня, например, **ГАЦ**.

Аналогичным образом **гибкий автоматизированный цех (завод)** – это производственная система, состоящая из нескольких (двух и более) взаимно объединенных гибких производственных линий или участков, объединенных единой системой управления производством и **АТСС (КАСУ)** с гибкой автоматизированной инженерной и технической подготовкой производства, обеспечивающей быструю перестройку технологии производства на выпуск новых изделий за счет интеграции **систем автоматизированного проектирования объекта производства (САПР К), технологии и средств технологического обеспечения (САПР Т)**, а также **автоматизированных систем научных исследований (АСНИ), управления технологическими процессами (АСУТП), производством (АСУП) и автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП)**.

3.1.2 Состав оборудования ГПС

Состав оборудования определяется путем тщательного анализа технологических процессов обработки деталей в ГПС. Этому предшествует анализ и подбор номенклатуры деталей, подлежащих обработке, а также формирование групп деталей и типовых представителей. На базе разработки групповых технологических процессов выявляются временные связи, позволяющие рассчитывать состав оборудования ГПС. В качестве основного технологического оборудования применяются, как правило, станки с ЧПУ. В некоторых случаях используется универсальное и специальное оборудование.

Главной отличительной особенностью ГПС является также управление системой от ЭВМ. Основные компоненты ГПС показаны на рис. 3.1. Управляюще-вычислительный комплекс 1 через отделения управления 2 связан с отделением технологической подготовки производства 3, с отделениями подготовки инструмента и сборки приспособлений 4, с гибкими производственными модулями (ГПМ) 5 обработки, с транспортной системой 6, обеспечивающей загрузку оборудования и обеспечение инструментом; с комплекто-

вочным складом 7, а также с целым рядом вспомогательных служб (отделениями мойки 8, контроля деталей 9 и пультом диспетчера).

Существующие ГПС по составу оборудования, а также степени автоматизации технологического процесса и конструктивно-технологическим характеристикам обрабатываемых деталей можно условно разделить на три группы.

Первую группу составляют ГПС, организованные по принципу участков механической обработки серийного и мелкосерийного производства. В состав ГПС входят станки с ЧПУ и другое оборудование, управляемое от ЭВМ, которая обеспечивает работу транспортных устройств и снабжение станков с ЧПУ управляющими программами. Переналадку оборудования осуществляют операторы.

Во **вторую** группу входят ГПС, предназначенные для обработки небольшой группы деталей однородных по своим конструктивно-технологическим признакам.

Детали обрабатывают по групповому технологическому процессу, что позволяет специализировать оборудование по видам обработки или типам обрабатываемых деталей, и способствует повышению эффективности применения оборудования с ЧПУ. В состав таких участков включают агрегатные многошпиндельные станки с ЧПУ или станки, оснащенные многошпиндельными насадками.

К третьей группе относятся многофункциональные ГПС, предназначенные для обработки деталей широкой номенклатуры мелкими партиями. Такие участки оснащают оборудованием, способным перестраиваться на производство других деталей без остановки производства. Наиболее полно этому требованию отвечают многоцелевые станки с широкими технологическими возможностями. При эксплуатации ГПС этой группы важнейшей задачей является рациональная загрузка оборудования при полном использовании его технологических возможностей. Предпочтительно использовать однотипное оборудование, что позволяет сохранить работоспособность ГПС при выходе из строя части станков, а также выполнять отладку технологических процессов и новых программ без остановки работы оборудования.

Для обработки деталей типа тел вращения разработаны различные варианты ГПС в зависимости от конструктивных и габаритных особенностей деталей, технологических процессов и степени автоматизации оборудования.

НПО «ЭНИИМС» (Москва) разработана ГПС модели АСВР-01 (рис. 3.2) [17-19], предназначенная для токарной комплексной обработки базовых поверхностей, торцов и наружного диаметра деталей типа ступенчатых валов. В состав ГПС входят: магазин-накопитель 1, промежуточная позиция 2, фрезерно-центровальный станок 3 мод. МР-179, система ЧПУ робота 4, промышленный робот 5 мод. УМ160Ф281.01, система ЧПУ станка 6, система светозащиты 7 рабочей зоны, два токарных станка 8 с ЧПУ мод. 1Б732Ф3. ГПС предназначена для обработки стальных деталей диаметром до 400 мм, длиной до 1400 мм и массой до 160 кг.

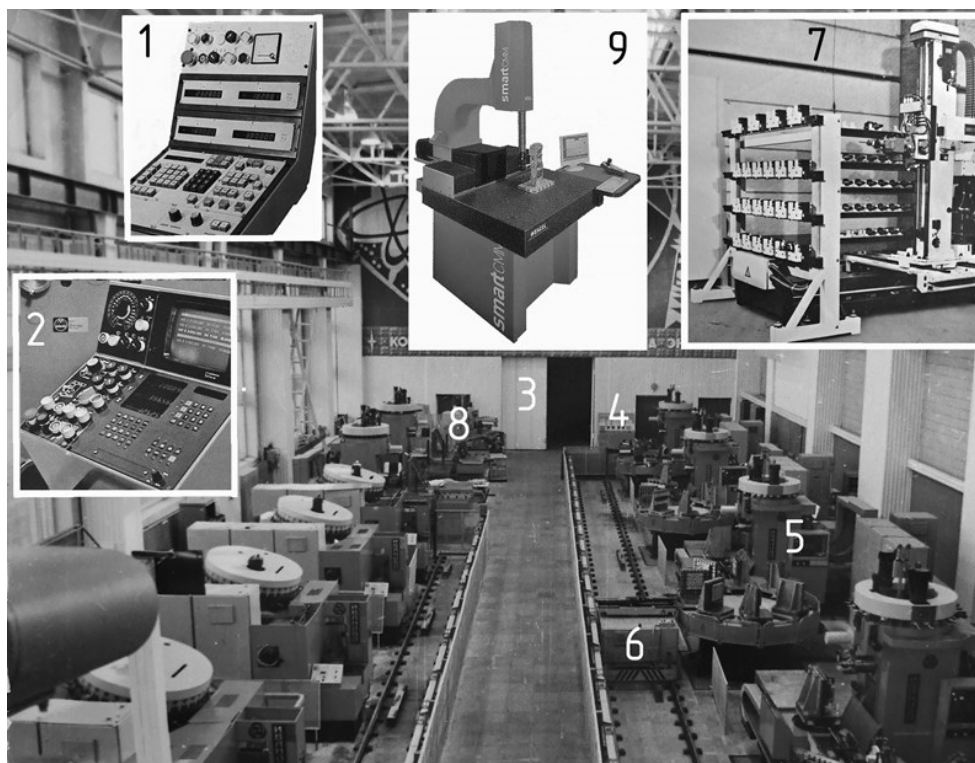


Рис. 3.1. Основные компоненты ГПС

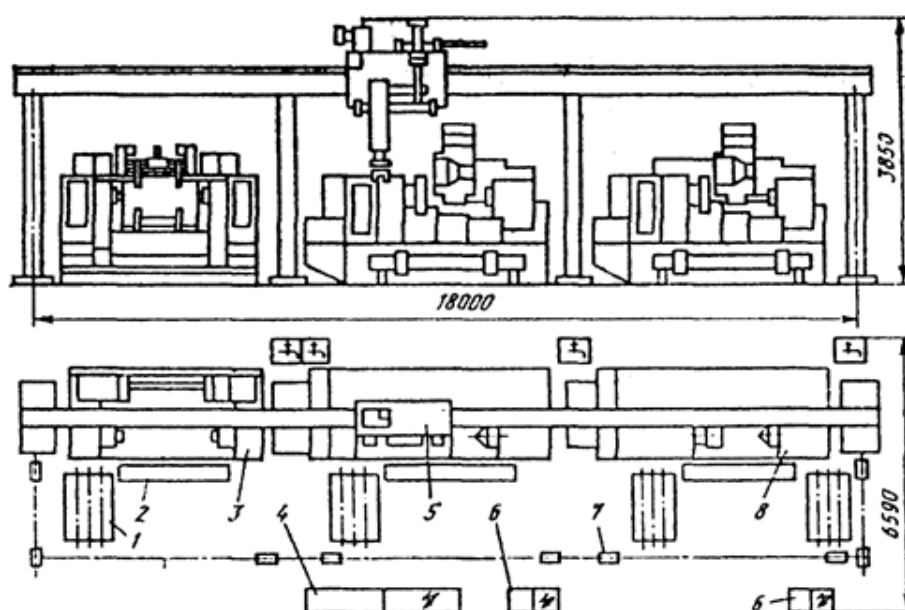


Рис. 3.2. ГПС модели АСВР-01

Технология обработки корпусных деталей отличается большим удельным весом основного времени в общем объеме штучного времени изготовления деталей, что определило преимущественное развитие ГПС для обработки корпусных деталей. К особенностям производства корпусных деталей можно отнести высокую стоимость и длительность производственного цикла, привлечение для обработки многоцелевых станков, возможность применения единых принципов базирования и транспортных устройств на базе спутни-

ков, необходимость создания многофункциональных обрабатывающих систем, обладающих широкими технологическими возможностями.

На рис. 3.3 показана схема ГАУ «Талка 500.3» [17, 18], в состав которой входит 5 ГПМ ИР500ПМ1Ф4, объединенных друг с другом и с автоматизированным складом транспортной рельсовой тележкой. Кроме того, транспортная тележка соединяет данный участок для механообработки с другими участками ГАЦ.

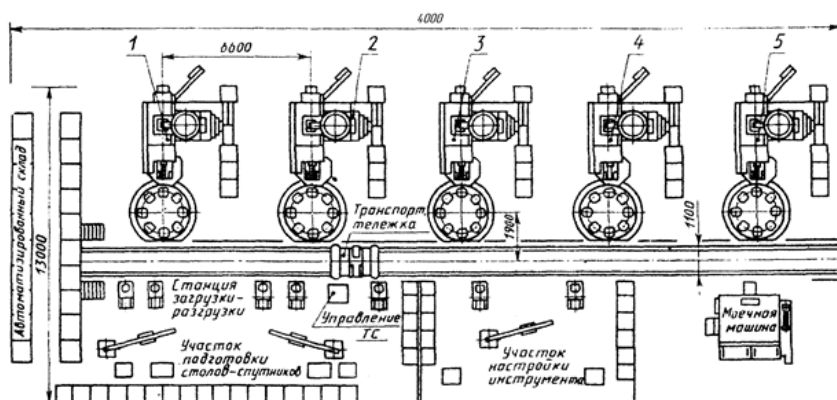


Рис.3.3. Цех выпуска ГПС «Талка 500» и схема ГАУ типа «Талка 500.3»

3.1.3 Гибкие производственные модули

ГПМ является основной составной частью ГПС и первым уровнем автоматизации.

На рис. 3.4 показан в качестве примера общий вид ГПМ токарной обработки (+GF+, Швейцария) [18, 19].

В состав ГПМ входит токарный станок 1 (NDM-16) с ЧПУ; порталный загрузчик 2 (PL-2) с программным управлением; устройство контроля инструментов 3; сортировочный бункер 4; система загрузки заготовок на поддонах 5 (CPS – Computerized Pallet System); измерительная система 6 с обратной связью; инструментальный блок 7; барабанный инструментальный мага-

зин 8 (на 120 инструментов); устройство управления 9 с барабанным магазином и сменой инструментов; тележка устройства смены инструментов 10.

ГПМ токарной обработки используется при серийном изготовлении деталей типа валов, дисков, фланцев, гильз, втулок и других деталей типа тел вращения.

Для механообработки корпусных деталей, плоских и других деталей сложной формы, не относящихся к телам вращения, наиболее эффективно используются ГПМ на базе сверлильно-фрезерно-расточных (многооперационных) станков.

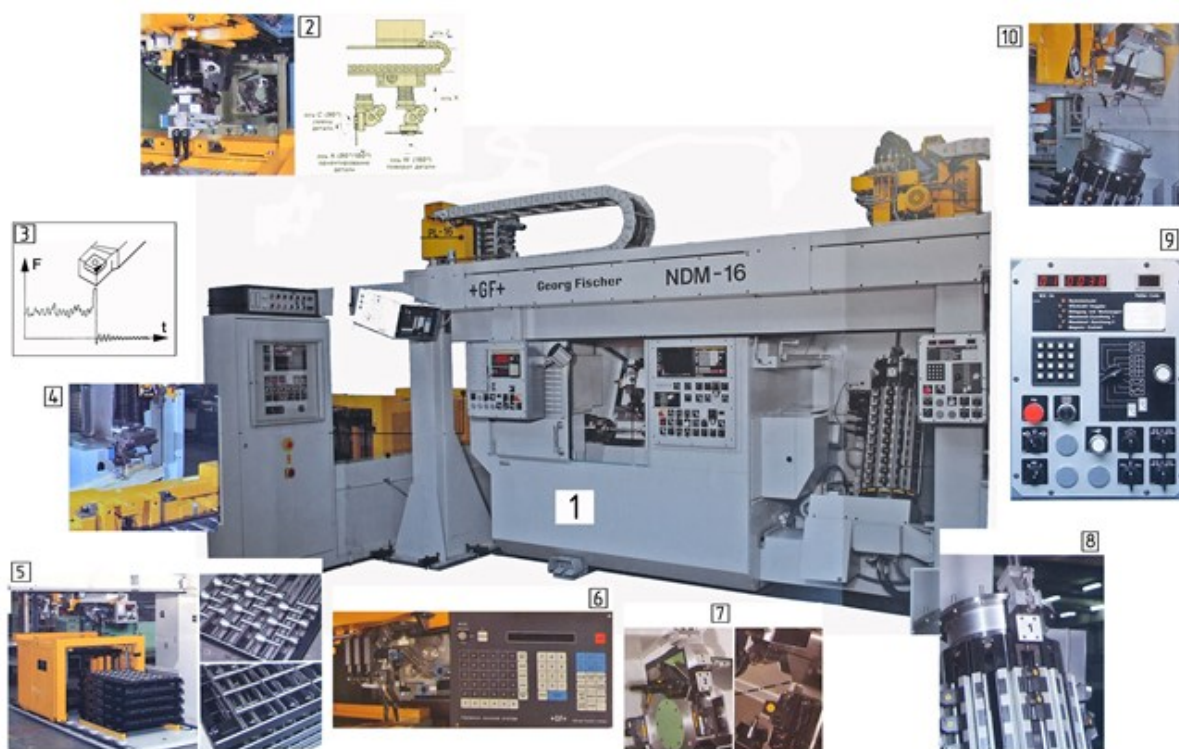


Рис. 3.4. Основные компоненты ГПМ токарной обработки

В состав типового ГПМ для механообработки корпусных заготовок входят: многоцелевой сверлильно-фрезерно-расточный станок с ЧПУ; накопитель столов-спутников с заготовками, устройство для их автоматической загрузки и разгрузки со стола станка; механизм автоматической смены режущего инструмента с инструментальным магазином; устройства для выполнения контрольно-измерительных операций на станке; механизмы уборки стружки и другие вспомогательные устройства.

ГПМ ИР500ПМФ4 (рис. 3.5) предназначен для высокопроизводительной обработки (с четырех сторон) корпусных деталей средних и крупных размеров из различных конструкционных материалов в условиях мелкосерийного производства.

ГПМ включает в себя многоцелевой горизонтальный сверлильно-фрезерно-расточный станок ИР500ПМФ4, оснащенный устройствами автоматической смены инструментов и столов-спутников с заготовками, а также 6- или 8-местными круговыми накопителями столов-спутников, которые обеспечивают автоматическую работу комплекса в течение одной смены.

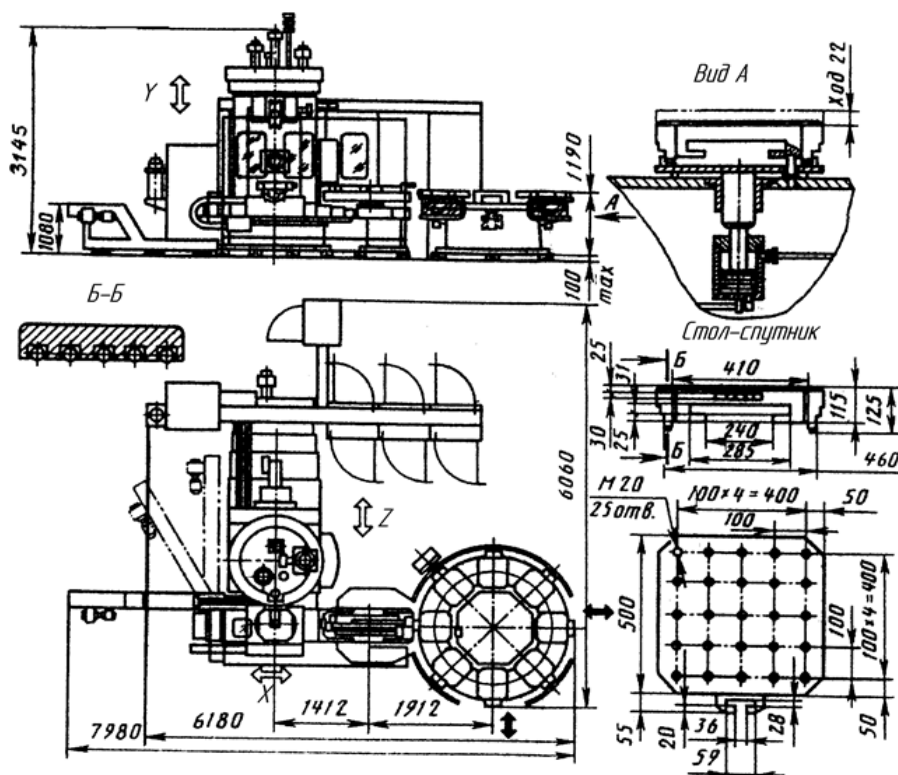


Рис. 3.5. Общий вид ГПМ ИР500ПМФ4

Загрузка и разгрузка накопителя кодированными столами-спутниками с заготовками или с обработанными на станке деталями может осуществляться как в направлении продольной, так и поперечной осей станка. Автоматическая передача стола-спутника с накопителя на стол станка и обратно выполняется с помощью двухпозиционного загрузочного поворотного-выдвижного устройства, которое устанавливают на оси X стола. Обработка заготовки на станке производится на поворотном столе подачи стойки (ось Z), шпиндельной бабки (ось Y) и стола (ось X).

Шлифовальные ГПМ предназначены для наружного и внутреннего шлифования гладких и прерывистых цилиндрических и конических поверхностей деталей типа тел вращения в автоматическом цикле.

Для шлифования торцевых и внутренних поверхностей зубчатых колес и втулок предназначен ГПМ «МиниНОВА Т» [19]. Его общий вид с порталъ-

ным грузочным устройством и автоматической заменой шлифовального круга изображен на рис. 3.6.

Использование ГПМ существенно уменьшает потребность в универсальном оборудовании, производственных площадях и квалифицированных рабочих.

3.2 Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с терминологией гибких производственных систем и определениями их видов;
- 2) Изучить особенности состава оборудования и компонентов ГПС;
- 3) Ознакомиться с составом ГПМ для обработки тел вращения и для корпусных деталей;
- 4) Подобрать для заданных условий обработки по варианту (табл. 3.1) и изобразить эскиз компоновки ГПМ (ГПС)
- 5) Оформить отчет о проделанной работе.

Таблица 3.1. Варианты заданий

№ п/п	Вариант	Деталь, количество станков с ЧПУ
1	1	Тело вращения, токарный, шлифовальный
2	2	Корпусная деталь, многооперационный
3	3	Тело вращения, 2 токарных
4	4	Корпусная деталь, 3 многооперационных
5	5	Тело вращения, 3 токарных
6	6	Корпусная деталь, 2 многооперационных
7	7	Тело вращения, 2 токарных, шлифовальный
8	8	Корпусная деталь, 4 многооперационных
9	9	Тело вращения, токарный, 2 шлифовальных
10	10	Корпусная деталь, 5 многооперационных
11	11	Тело вращения, 2 токарных, 2 шлифовальных
12	12	Корпусная деталь, 6 многооперационных
13	13	Тело вращения, фрезерно-центровальный
14	14	Корпусная деталь, многооперационный с роботом
15	15	Тело вращения, фрезерно-центровальный, токарный
16	16	Корпусная деталь, 2 многооперационных с роботом
17	17	Тело вращения, фрезерно-центровальный, 2 токарных
18	18	Корпусная деталь, 3 многооперационных с транспортером
19	19	Тело вращения, фрезерно-центровальный, токарный, шлифовальный
20	20	Корпусная деталь, 3 многооперационных с тележкой
21	21	Тело вращения, фрезерно-центровальный, 2 токарных, шлифовальный
22	22	Корпусная деталь, 4 многооперационных с транспортером
23	23	Тело вращения, фрезерно-центровальный, токарный, 2 шлифовальных
24	24	Корпусная деталь, 5 многооперационных с тележкой
25	25	Тело вращения, фрезерно-центровальный, 2 токарных, 2 шлифовальных

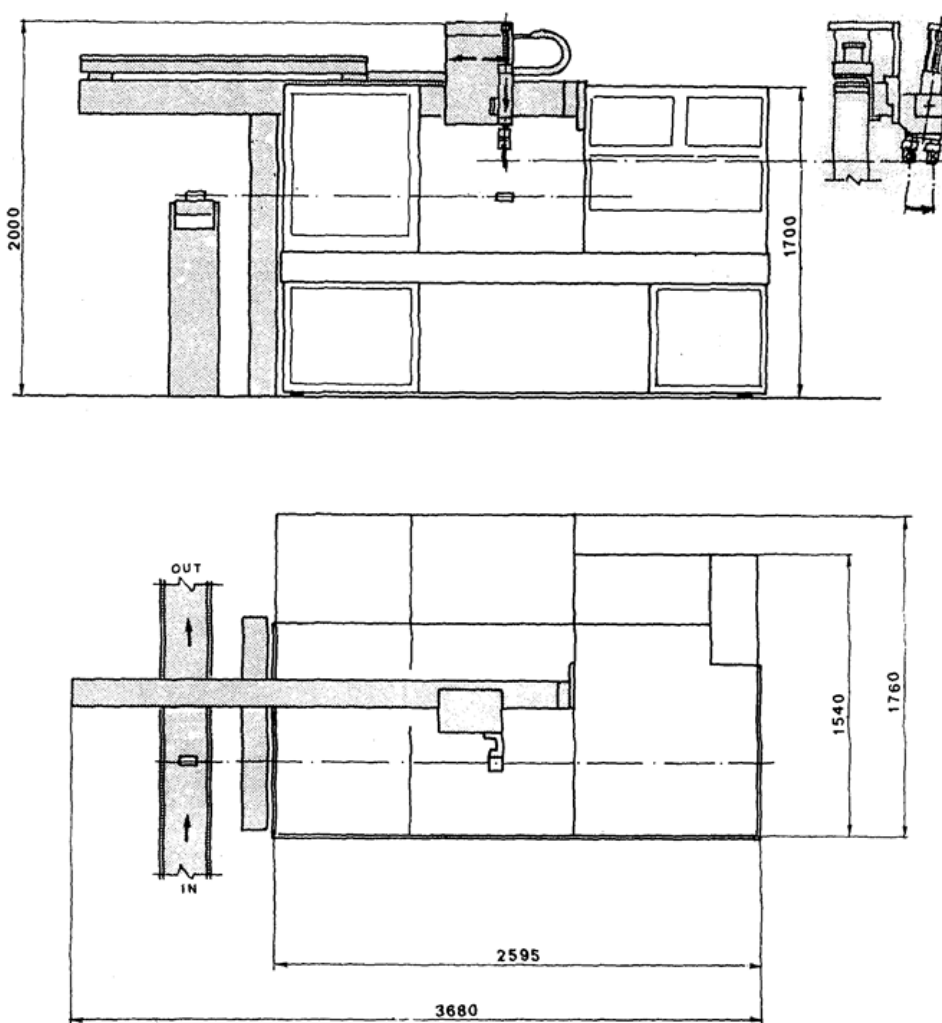
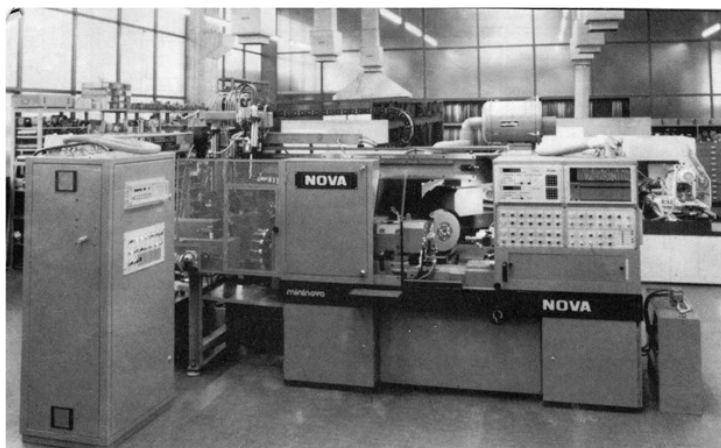


Рис. 3.6. Общий вид ГПМ «МиниНОВА Т» с порталным загрузочным устройством

3.2 Содержание отчета

- Терминология гибких производственных систем.
- Состав оборудования и компонентов ГПС.

- Эскиз компоновки ГПМ (ГПС) для условий обработки по заданному варианту (табл. 3.1).
- Выводы по результатам выполненной работы.

3.3 Вопросы для самоконтроля

- 1) Какую производственную систему называют гибкой (ГПС)?
- 2) Как различают ГПС по организационным признакам?
- 3) Что является основной составной частью ГПС?
- 4) Какое оборудование входит в состав ГПС?
- 5) Указать виды и состав ГПМ для обработки тел вращения, а также для корпусных деталей.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЕРАРХИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Цель работы: составление иерархического описания, исследование эволюции развития и уровней проектирования технических систем (ТС).

4.1 Общие сведения

Процесс проектирования ТС является многовариантным, многоуровневым и многоэкстремальным в многосвязной области. ТС – оптимальна, если для её реализации выбрана оптимальная (рациональная) техническая идея. Любая техническая задача имеет множество (дерево) конкретных решений (вершин) (рис. 4.1).

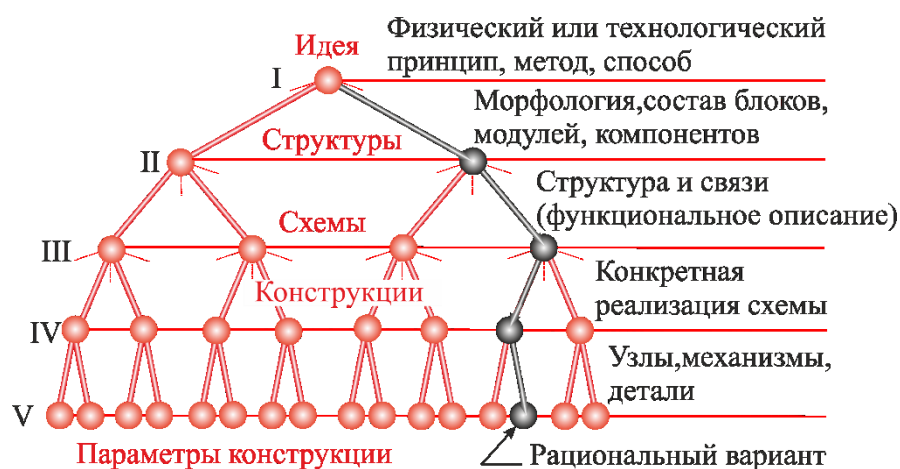


Рис. 4.1. Дерево поиска рациональных технических решений

В вопросах прогнозирования и создания новых станков должен быть использован фреймовый подход, согласно которому цепочка поиска, разветвляющаяся в виде дерева альтернатив, рассматривается последовательно на нескольких уровнях [20]:

- функция;
- альтернативные варианты модели физических или технологических принципов действия, реализующих рассматриваемую функцию;
- альтернативные варианты модели технических решений, реализующих рассматриваемый принцип действия.

4.2 Методы описания ТС

Для описания технических систем используют различные методы, основными из которых являются:

- **параметрический** – описание свойств, признаков и отношений исследуемого объекта, основанное на эмпирических наблюдениях; простейшая форма и исходный уровень исследования станка как ТС – основные технические характеристики (технологические, размерные, кинематические, сило-

вые, динамические) и показатели (производительность, точность, жесткость, мощность, габариты и т.д.);

- **морфологический** – переход к определению поэлементного состава строения объекта и взаимосвязи параметров, выявленных на предыдущем уровне (для станка – источник энергии, двигателя, передаточно-преобразовательные и исполнительные механизмы, система управления);

- **функциональный** – переход к определению функциональной зависимости между параметрами (функционально-параметрическое описание, например, зависимость точности обработки от жесткости станка), между элементами объекта (функционально-морфологическое описание, например, уравнение кинематического баланса цепи, формула настройки) или между параметрами и строением объекта;

- **поведения объекта** – выявление целостной картины «жизни» объекта и механизмов, обеспечивающих смену направлений и режимов его работы (самая сложная форма научного исследования); поведение станка при этом описывается такими фундаментальными законами, как закон сохранения энергии, количества вещества, импульса, силы и т.д.

Системный подход позволяет рассматривать объект как систему с учетом внутренних (между элементами) и внешних (со средой) связей. Отдельные элементы ТС можно, в свою очередь, рассматривать как подсистемы.

При исследовании ТС необходимо учитывать, что данная ТС может рассматриваться как часть надсистемы, с элементами которой она взаимосвязана (рис. 4.2) [8, 20]. Надсистема также является частью надсистемы более высокого порядка и т.д. С другой стороны, элементы ТС могут рассматриваться как подсистемы, которые, в свою очередь также состоят из подсистем другого порядка.

Выявляемые в процессе решения технических задач противоречия разделяют на три типа:

- **административные** – присутствуют первоначально в изобретательской задаче (надо что-то сделать, но неизвестно как);

- **технические** – возникают между частями и параметрами системы при попытке их изменения (если известными способами улучшить её одну часть (параметр), то недопустимо ухудшается другая часть);

- **физические** – заключаются в предъявлении к одной и той же части системы взаимно-противоположных требований (в такой ситуации физические противоречия становятся причиной технических противоречий).

Изучение проблемной ситуации – это выявление технических противоречий. Результатом разрешения технического противоречия становится создание новой ТС, представляющей органический синтез нового технического решения и элементов прежнего (известного) решения в новом целом.

Жизнь ТС можно изобразить в виде S-образной кривой (рис. 4.3), показывающей, как изменяются во времени главные показатели (мощность, производительность, скорость и т.д.). На участке 1, называемом «детством», ТС развивается медленно.



Рис. 4.2. Взаимосвязи систем с надсистемами и подсистемами

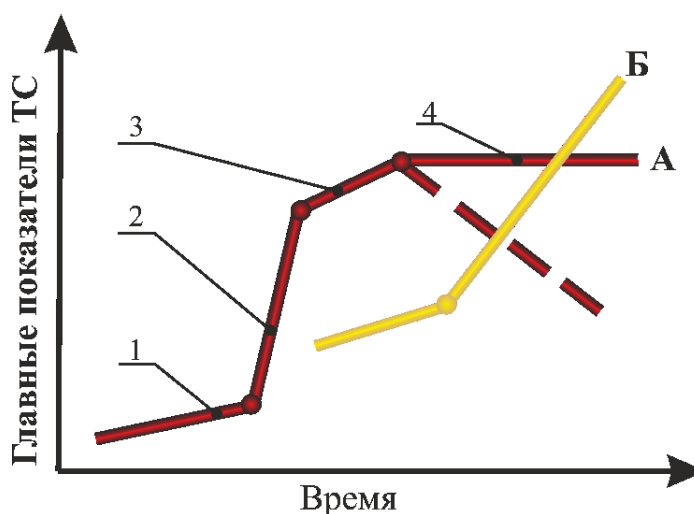


Рис. 4.3. Жизненный цикл технической системы

Затем ТС быстро совершенствуется, наступает пора «зрелости» (участок 2). На участке 3 темпы развития уменьшаются, система исчерпывает свои возможности, наступает «старость». Далее система либо деградирует (пунктирная кривая вниз), либо надолго сохраняет достигнутые показатели – *A* (участок 4), либо сменяется принципиально другой системой – *B*.

Развитие описывается **законами**:

- **статики (начало жизни);**
- **кинематики (развитие);**
- **динамики (главные современные тенденции развития).**

Законы статики:

- полноты частей – наличие и минимальная работоспособность основных частей ТС;
- энергетической проводимости – сквозной проход по всем частям ТС;
- согласование «ритмики» частей – частоты колебаний, периодичности работы всех частей.

Законы кинематики:

- увеличения степени идеальности – затраты на изготовление и функционирование ТС стремятся к нулю, хотя работоспособность её не уменьшается;
- неравномерности развития частей – чем сложнее ТС, тем неравномернее их развитие;
- перехода в подсистему – исчерпав возможности развития, система включается в подсистему в качестве одной из частей.

Законы динамики:

- переходов с макроуровня на микроуровень;
- увеличения степени вепольности – увеличивается число элементов и связей между ними (веполь, от сочетания «вещество» и «поле» – это модель минимально работоспособной технической системы, состоящей, как минимум, из трех элементов: двух веществ и поля).

Главной движущей силой развития ТС является противоречие между растущими потребностями общества и возможностями самих ТС. Диалектический характер творчества состоит в том, что в новом объекте сочетаются новые и известные технические решения. Так, в начале развития металлорежущие станки получали вращение от общего привода – локомобиля через трансмиссионные валы (что влекло за собой сложность управления, низкую производительность, представляло высокую опасность) или от ручного привода. В начале XVIII века родоначальник отечественного станкостроения, «личный токарь Петра I» – Андрей Константинович Нартов (1693-1756 гг.) изобрел первый в мире токарный станок с механическим суппортом (рис.4.4, а). Затем появились станки с индивидуальным приводом – от электродвигателя через ременные и зубчатые передачи (рис.4.4, б). Тенденция развития современных станков – снабжение каждого узла собственным приводом в виде шагового электродвигателя, высокомоментного двигателя (рис.4.4, в) и создание на агрегатной основе многооперационных станков с ЧПУ (рис.4.4, г), а также – модульный принцип построения компоновок, позволяющий расширить технологические возможности станков с параллельной кинематикой. Неравномерность развития частей ТС наблюдается в появлении регулируемых электродвигателей различных типов и сохранении обычных зубчатых передач, в быстром прогрессе систем управления и медленном развитии собственно приводов. С целью расширения технологических возможностей и повышения производительности обработки возможны различные исполнения многоцелевого токарного станка на основе механизмов параллельной структуры (МПС), примеры которых показаны на рис.4.4, д, е [8, 20].

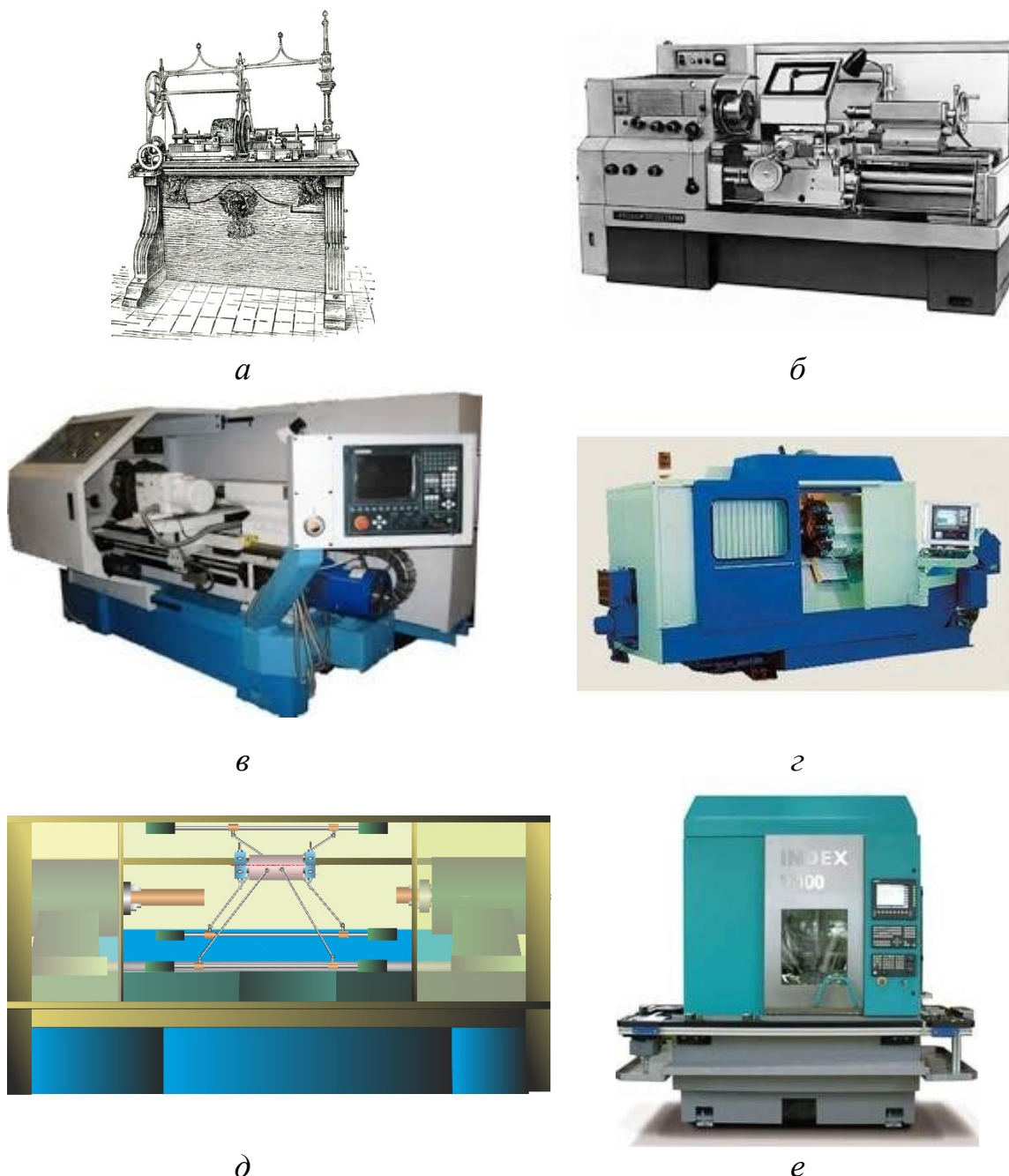


Рис. 1.4. Примеры развития ТС металлорежущего токарного станка: *а* – первый в мире токарно-копировальный станок Андрея Нартова (1712 г.); *б* – токарно-винторезный станок 16К20 (1973 г.); *в* – токарный станок с ЧПУ 16К20Ф30 (1980 г.); *г* – многооперационный токарный центр 1П420ПФ40 с ЧПУ NC-201 (1990 г.); *д* – токарный многоцелевой станок на базе МПС с шестью штангами постоянной длины (2006 г.); *е* – станок VerticalLine V100 (Германия) на основе дельта-робота для трехкоординатной обработки (токарной, фрезерной, лазерной закалки, лазерной сварки, шлифования, операции сборки) (2015 г.)

Варианты заданий для описания ТС представлены в табл. 4.1.

4.3 Последовательность выполнения работы

1. Получить задание от руководителя и уточнить его в соответствии с выданным вариантом.
2. Применительно к конкретной модели станка (робота) или устройства начертить его принципиальную (или структурную кинематическую) схему.

3. Выполнить иерархическое описание ТС (параметрическое, морфологическое, функциональное, поведение в действии), поясняя эскизами, блок-схемами, структурными изображениями, формулами и т.д.

4. В соответствии с системным подходом выделить для заданного объекта надсистему, систему и подсистему (изобразить графически по аналогии с рис. 4.2).

5. Выявить технические и физические противоречия в ТС.

6. Проследить по одному или нескольким основным показателям жизнь ТС с указанием всех этапов и рождения новой ТС (см. рис. 4.3).

7. Указать, как проявляются законы диалектики в законах статики, кинематики и динамики ТС; изложить главные тенденции развития ТС в будущем.

8. Показать (по аналогии с рис. 4.1) содержание и иерархию проектирования по уровням.

9. Привести примеры развития заданной преподавателем ТС (по аналогии с рис. 4.4) с подробным описанием меняющихся признаков.

Таблица 4.1 – Варианты ТС

1	Металлорежущий станок:	1.1 – токарный
		1.2 – зуборезный
		1.3 – фрезерный
		1.4 – резьбонарезной
		1.5 – сверлильный
2	Механизм главного движения станка:	2.1 – вращательный
		2.2 – поступательный
3	Механизм подачи:	3.1 – суппорта
		3.2 – прутка
4	Зажимной механизм:	4.1 – прутка
		4.2 – для штучной заготовки
		4.3 – для вращающегося режущего инструмента
5	Шпиндельный узел станка:	5.1 – токарного
		5.2 – сверлильного
		5.3 – фрезерного
		5.4 – шлифовального
6	Промышленный робот или манипулятор:	6.1 – стационарный
		6.2 – передвижной
7	Станочное приспособление:	7.1 – для токарных станков
		7.2 – для фрезерных станков
		7.3 – для многооперационных станков
8	Транспортно-загрузочные системы:	8.1 – для автоматической загрузки и разгрузки станков
		8.2 – транспортно-накопительные
		8.3 – межоперационные транспортные системы
9	Конвейер для удаления стружки:	9.1 – механический
		9.2 – пневматический
		9.3 – гидравлический

4.4 Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризовать процесс проектирования ТС на примере дерева поиска рациональных решений.
2. Привести примеры методов описания ТС.
3. Проиллюстрировать жизненный цикл ТС.
4. Какими законами описывается развитие системы?
5. Что выступает главной движущей силой развития ТС?

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель занятия: освоение методов системного анализа творческих процессов при конструировании заданной технической системы (ТС) с использованием основной комбинаторной концепции.

5.1 Теоретическое описание

Каждая ТС проходит жизненный цикл, состоящий из цепочки фаз [8, 20], представленных в таблице 5.1:

Таблица 5.1 – Фазы жизненного цикла ТС

Фазы	Содержание фазы
Ф1	Постановка цели при формировании задачи
Ф2	Разработка замысла ТС (ГПМ, станка, механизмов)
Ф3	Проведение целевых исследований в рамках программ
Ф4	Опытно – конструкторские работы (ОКР)
Ф5	Создание и исследование опытного образца
Ф6	Выпуск в экономическую сферу – внедрение (подготовка производства, собственно производство, эксплуатация)
Ф7	Прекращение выпуска и эксплуатации
Ф8	Уничтожение (утилизация)

На всех фазах жизненного цикла происходит непрерывное приобретение новых знаний и постоянное их применение не только в конструкции машин, но и в технологии, регламентах и технологической документации, патентных, научных публикациях и т.д.

Основные состояния формы машин (материальные уровни конструирования) следующие:

- **концептуальное** (понятийное, текстовое, документальное);
- **имитационное** (числовое, записанное на машинный носитель);
- **визуально – графическое**;
- **материальное воплощение.**

Все фазы жизненного цикла образца (кроме фазы промышленной эксплуатации машин) убыточны. На всех фазах наблюдаются немалые затраты и лишь на одной из них происходит возврат вложенных средств при получении прибыли (рис. 5.1): кривая 1 – при своевременном внедрении образца; 2 – при преждевременном; 3 – при запоздалом.

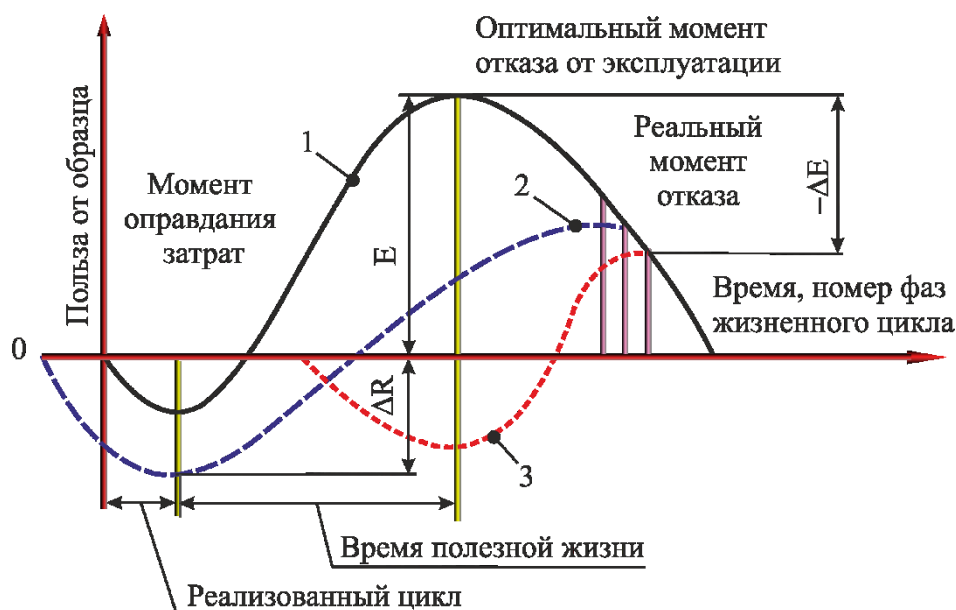


Рис..5.1 – График жизненного цикла образца ТС

Если начать разработку внедрения образца с отставанием, то прибыль от его эксплуатации будет меньше максимально возможной прибыли E . Как видно из графика (рис. 5.1), важно предсказать наиболее выгодные моменты начала и завершения эксплуатации машин заданного образца, поскольку при преждевременном внедрении требуются повышенные затраты ΔR , а при запоздалом – теряется часть прибыли ΔE . Сокращение реализационного периода разработки может быть достигнуто за счет применения агрегативного конструирования, поискового или графического макетирования (в частности с использованием систем электронной графики), стандартизации.

На стадии разработки замысла особое значение имеют процессы заимствования технических решений при тщательной оценке и согласовании трех основных источников знаний при проектировании:

- **архив факторов машиностроения;**
- **реальные ресурсные и творческие возможности коллектива разработчиков;**
- **прогностический массив технических решений.**

В соответствии с источниками знаний, введем следующие классы технических решений: *Пр* – прошлые; *Тек* – текущие (современные); *Буд* – будущие (прогнозируемые), составляющие матрицу (таблица 5.1).

Матрица дает представление о тематических разделах, на которые должны обратить внимание и обязательно обсудить разработчики замысла.

Из нее можно получить 9 характерных процессов заимствования:

- 1) **Тек-Тек** – кооперирование;
- 2) **Пр-Тек** – вовлечение прошлых решений;
- 3) **Буд-Тек** – выжидание (откладывание разработки);
- 4) **Пр-Пр** – поиск опоздавших изобретений;
- 5) **Тек-Пр** – модернизация (горизонтальное движение технологии);
- 6) **Буд-Пр** – футуризация;
- 7) **Пр-Буд** – парадоксальное конструирование;

- 8) **Тек-Буд** – подбор базы;
- 9) **Буд-Буд** – опережающее конструирование.

Таблица 5.2 – Матрица процессов заимствования технических решений

Классы подбора		Фиксируемая группа		
		<i>Пр</i>	<i>Тек</i>	<i>Буд</i>
	<i>Буд</i>	футуризация	выжидание	опережающее конструирование
	<i>Тек</i>	модернизация	кооперирование	подбор базы
	<i>Пр</i>	поиск опоздавших изобретений	вовлечение прошлых решений	парадоксальное конструирование

Существует два подхода к решению задач анализа (*A*) и синтеза (*C*), связанных с поиском и созданием нового технологического оборудования [20]. Внутреннее состояние объекта (станка) характеризуется вектором его состояния или структуры (X_i), поведение объекта характеризуется выполнением требуемых функций, т.е. вектором его выходных параметров (Y_i), которые в конечном счете определяют вектор обобщенного показателя качества (K_i). Если имеется аналог или прототип, то процесс начинается с анализа (рис. 5.2, *a*), если аналог (прототип) отсутствует, то процесс создания начинается с синтеза (рис. 5.2, *б*). Чаще всего преобладает первый подход, однако инновационные решения, сопровождаемые открытиями и изобретениями высших уровней, связаны с решением начальной задачи синтеза, что обычно сопровождается рождением нового поколения станков и их механизмов. Задачи анализа и синтеза (рис. 5.2, *в*) объединены таким образом, что образуется непрерывный итерационный процесс.

Используются три основных направления решения задач синтеза:

- традиционное (полный перебор вариантов – дискретный синтез);
- современное (неполный перебор);
- перспективное (неполный перебор на новых принципах).

Выбор того или иного метода исследования зависит в основном от степени сложности проектируемого объекта, определяемой числом n заданных свойств функционирования с частными показателями их качества из всего множества, а также их взаимосвязью. Различные ТС условно разделены на 3 основных класса:

- I – относительно высокой сложности ($n > 10$);
- II – средней сложности ($n \sim 10$);
- III – малой сложности ($n < 10$).

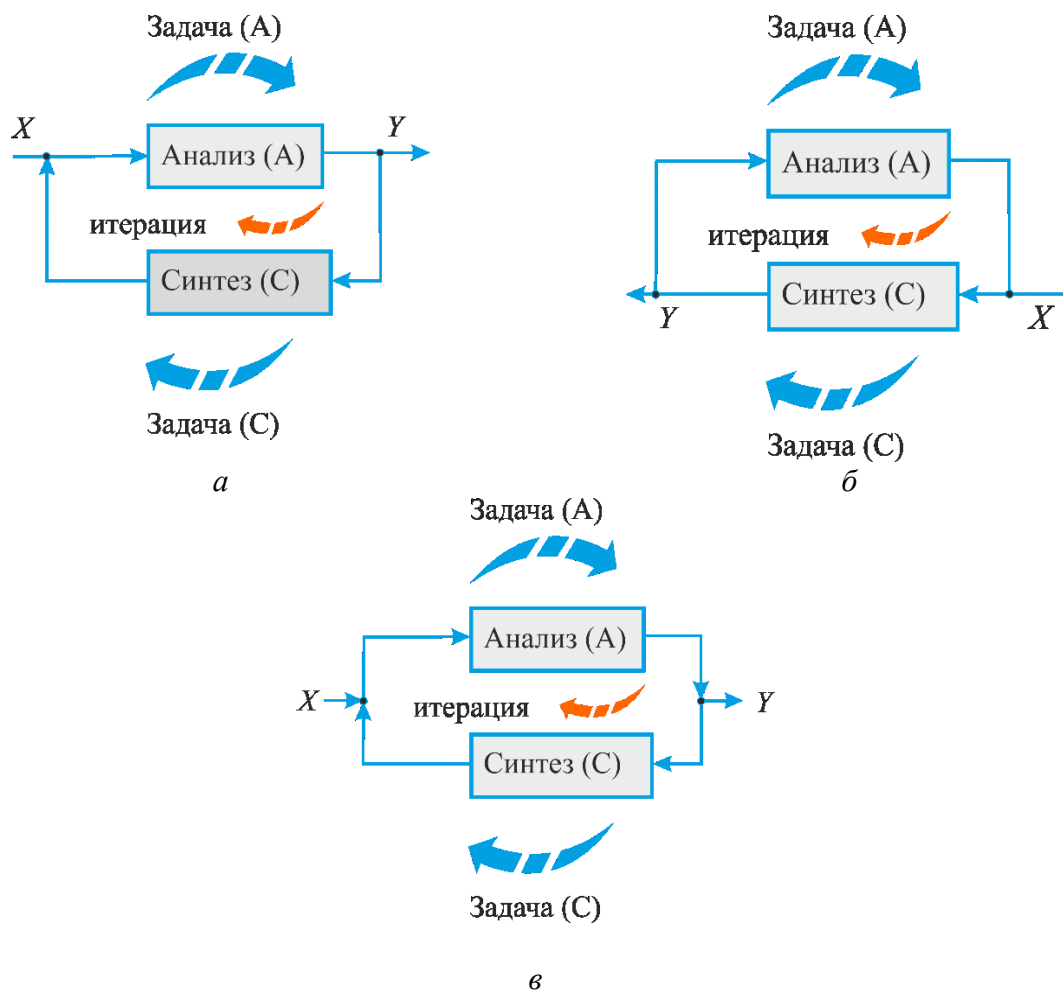


Рис. 5.2. Типы задач, решаемых при проектировании технической системы: *a* – при наличии аналога (или прототипа) процесс начинается с анализа; *б* – в отсутствие аналога (или прототипа) процесс начинается с синтеза; *в* – задачи анализа и синтеза образуют непрерывный итерационный процесс

Перечисленные процессы – своеобразные базисные векторы, комбинируя которые, можно описать конкретную тактику заимствования.

В некоторых коллективах принята доктрина – добиваться минимума технологической преемственности, то есть избегать вовлечения прошлых решений (парадоксальное конструирование, поиск опоздавших изобретений, модернизации), предпочитать подбор базы, футуризацию, кооперирование и даже, в некоторых случаях, опережающее конструирование.

Каждая идея может окупать себя, если она использована в промышленном образце машин. Однако существуют механизмы посторонних применений того, что составило техническую сущность данного образца, позволяющие более интенсивно окупать затраты на протяжении реализационного цикла. Если при разработке замысла заимствовать результаты, то с момента выпуска первого промышленного экземпляра стремятся распространить технические решения и полезно использовать их. Процессы распространения технических решений и непрямого извлечения выгоды из разработки, когда она завершена, могут называться процессами рекуперации (рис. 5.3) [20].

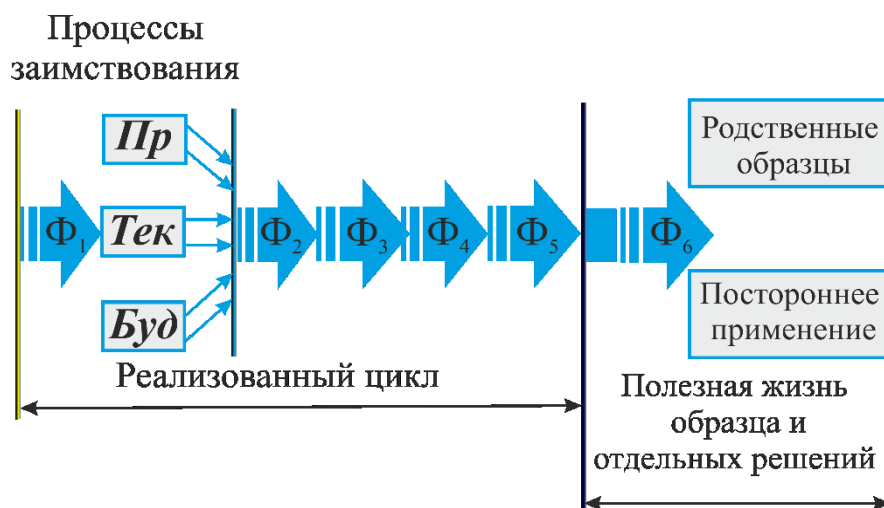


Рис. 5.3. Процессы рекуперации технологической системы

ТС можно представить (графически) в виде дерева блоков наложением друг на друга различных оснований членения – факторов, из-за которых приходится по-разному делить объект на части. Членения могут быть функциональными, технологическими и др. ТС можно изобразить графически в виде дерева признаков строения объекта (рис. 5.4, а, в) или в виде списка иерархии спецификации (рис. 5.4, б).

Для систематизации той или иной предметной области удобно применять картотеки (файлы), в любое место которых можно легко вставить новую карточку, отыскать нужную, изъять её и т.д. Это свойство используют в процессе проектирования при обработке больших массивов с построением комбинаторного файла – списка лексикографически упорядоченных записей. Таким образом комбинаторный файл – это списковая структура, в которой учтены её альтернативы и комбинации признаков строений: оно описывает некоторое свойство объектов в целом и ни один объект в отдельности.

В качестве примера рассмотрим фрагмент комбинаторного файла **металлорежущего станка**:

1. Рабочий орган.
2. Привод главного движения.
3. Привод подачи.
4. Привод вспомогательного движения.
5. Направляющие элементы.
6. Устройство для замены заготовки.
7. Система управления.

1. Рабочий орган:

- 1.1. Инструмент;
- 1.2. Приспособление для крепления инструмента;
- 1.3. Связь с направляющим элементом;
- 1.4. Связь с приводом;
- 1.5. Связь с системой управления.

а. Инструмент:

- i. Количество инструментов;
- 1.1.1. А.1. Один; 1.1.1. А.2. Два; 1.1.1. А.3. Несколько;

1.1.2. Тип инструмента; 1.1.2. А.1. – резец; 1.1.2. А.2. – сверло и т.д.

(«А» обозначает альтернативу, вариант реализации).

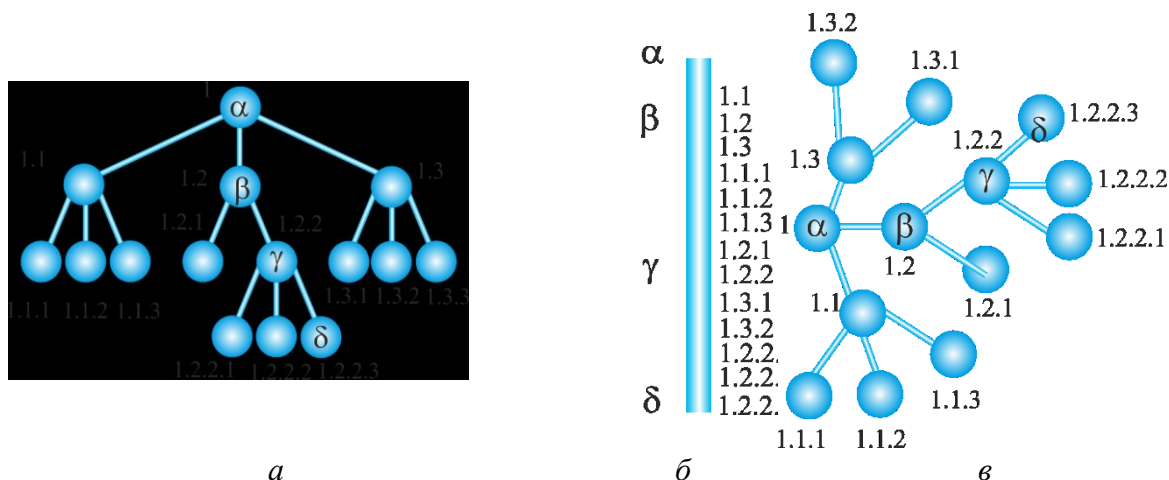


Рис. 5.4. Графическое представление ТС

Совокупности, с которыми имеют дело конструктора, существенно комбинаторны, т.е. переход сопровождается быстрым ростом возможных вариантов. Если каждую из K деталей станка изготавливают из N материалов, то число различных комбинаций – N^K .

При выпуске новейших станков необходимо учитывать следующие факторы:

- целесообразна не модернизация, а создание принципиально нового;
- время жизненного цикла станка должно быть ограничено с начала проектирования до снятия с производства 6...8 годами;
- создаваемые станки должны быть конкурентоспособны на рынках развитых стран;
- срок освоения нового станка не должен превышать 1 года.

Реализация этих факторов возможна при широком применении современных методов поиска новых технических решений и с использованием ЭВМ на различных этапах создания новых станков.

5.2 Последовательность выполнения работы

1. По заданному в таблице 5.2 варианту выбрать из справочных источников модель станка.

2. На примере заданного узла (механизма) показать создание новой конструкции для станка с ЧПУ с использованием процессов заимствования.

3. С использованием процесса рекуперации (см. рис. 5.3) показать применение новой конструкции в других типах и моделях станков (родственные образцы и постороннее применение).

4. Изобразить заданный вариант станка в виде дерева блоков (см. рис. 5.4, а) или концентрических окружностей (см. рис. 5.4, в) по цепочке уров-

ней: станок – кинематические цепи – приводы – передаточный механизм (механизмы рабочих, холостых ходов и управления) – узлы;

5. Для заданной и новой конструкции узла (механизма) записать комбинаторный файл, проиллюстрировав в нем выделенный список иерархии спецификации для новой конструкции.

5.3 Вопросы для самоконтроля

1. Перечислить фазы жизненного цикла ТС.
2. Охарактеризовать виды состояния формы машин.
3. Изобразить и пояснить график жизненного цикла образца ТС.
4. Назвать основные источники знаний при проектировании ТС.
5. Охарактеризовать три основных направления решения задач синтеза.
6. Перечислить классы технических решений и характерные процессы заимствования при проектировании.
7. Что понимают под процессами рекуперации ТС?
8. Привести пример комбинаторного файла ТС.

Таблица 5.3 – Варианты заданий

№ п/п	Тип станка	Узел, механизмы
1	Токарный	1а – шпиндельный узел
		1б – коробка скоростей
		1в – поперечный суппорт с приводом
2	Токарно-револьверный	2а – шпиндельный узел
		2б – механизм зажима прутка
		2в – механизм подачи прутка
		2г – револьверная головка
3	Многошпиндельный токарный автомат	3а – шпиндельный узел
		3б – механизм поворота шпиндельного барабана
		3в – механизм зажима
		3г – механизм подачи прутка
		3д – привод продольного суппорта
4	Сверлильный станок	3е – механизм шпиндельного барабана
		4а – коробка скоростей
		4б – шпиндельный узел
5	Универсальный фрезерный станок	4в – коробка подач
		5а – шпиндельный узел
		5б – коробка скоростей
6	Многооперационный станок	5в – вертикальная головка
		6а – электрошпиндель
		6б – привод подач
		6в – инструментальная система
		6г – система стружкоудаления
		6д – система управления

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12.

ОСНОВНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Цель работы: изучение особенностей современного машиностроения, как главной отрасли промышленного производства.

6.1 Теоретическое описание

Современное машиностроение – главная отрасль промышленного производства, включающая более 70 отраслей и 300 различных производств, влияющая на развитие других сфер хозяйственной деятельности и отражающая уровень научно-технического состояния и обороноспособности государства. Занимает первое место по числу занятых (свыше 80 млн человек), а также по стоимости (около 38% от мировой промышленной продукции) и многообразию выпускаемой продукции, составляющей основную часть мирового экспорта (таблица 6.1). Продукция отрасли разнообразна по массовости выпуска:

- самолетов производится около 1 тыс. в год;
- металлорежущих станков – 1,2 млн в год;
- тракторов – 1,3 млн в год;
- автомобилей – 40...50 млн в год;
- электронной техники – 150 млн в год;
- часов – 1 млрд в год.

Удельный вес продукции машиностроения в ВВП составляет:

- страны ЕС – 36...45%;
- США – 10%;
- Россия – 6...13%.

Удельный вес такой продукции в общем объеме экспорта:

- Япония – 64%;
- США и Германия – 48%;
- Канада – 42%;
- Швеция – 44%;
- Россия – 15...20%.

Таблица 6.1 – Выпуск продукции машиностроения в ведущих странах мира по годам в \$ млрд с прогнозом

Страна	2005	2010	2015	2020	2025
Китай	58,4	161,4	248,0	329,4	410,1
ЕС	160,8	157,5	178,3	193,2	204,7
США	124,5	103,0	115,5	129,7	144,9
Япония	96,2	66,2	75,4	81,0	86,3
Индия	8,4	12,8	19,3	26,0	34,4
Бразилия	13,2	14,2	18,8	22,6	27,2
Россия	10,8	12,1	14,9	17,6	20,8

Машиностроение – наиболее наукоёмкая отрасль промышленности с самой высокой долей выпускаемой инновационной продукции. Также – это самая распространенная отрасль промышленности, оказывающая огромное влияние на отраслевую и пространственную структуру мирового хозяйства.

Машиностроение укрупненно по целевому назначению подразделяют на:

- общее машиностроение (производство средств производства, т.е. оборудования всех видов и назначений, а также станкостроение);
- электротехника (продукция для производства электроэнергии, её передачи потребителю и преобразованию в другие виды энергии) и электроника;
- транспортное (все виды наземных, воздушных и водных транспортных средств) и сельскохозяйственное машиностроение;
- строительно-дорожное;
- другие.

Машиностроительный комплекс представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих отраслей машиностроения, специализирующихся на производстве средств транспорта, военной техники и оружия, средств производства и различных предметов потребления. Состоит более чем из 70 отраслей, которые выделяются в зависимости от назначения выпускаемой продукции, однако имеют сходные технологии и используемое сырьё.

По **факторам размещения** машиностроение находится в зависимости от характера выпускаемой продукции (широта номенклатуры, масса изделий, масштабы производства). На эффективность размещения влияют следующие факторы:

- научно-технический прогресс;
- специализация (предметная, поддетальная, технологическая, функциональная);
- кооперирование (внутриотраслевое, с заводами других отраслей – межотраслевое);
- кооперирование;
- комбинирование производства;
- наличие трудовых ресурсов;
- близость к источникам сырья и материалов, к потребителям;
- объем транспортных работ;
- затраты на транспортировку.

Отрасли машиностроения России в зависимости от особенностей выпускаемой продукции и факторов размещения делят на пять групп.

1. Тяжелое и энергетическое машиностроение (производство оборудования для металлургических предприятий, горно-шахтного и энергетического оборудования, тяжелых станков, кузнечно-прессовых машин).

1.1 Металлургическое оборудование (рис.6.1) производят вблизи центров развития металлургии и потребления продукции – на Урале (г. Ека-

теринбург, г. Орск), в Центральном районе (г. Электросталь), в Поволжье (г. Сызрань), в Восточной Сибири (г. Красноярск, г. Иркутск) и на Дальнем Востоке (г. Комсомольск-на-Амуре).

1.2 Горно-шахтное оборудование выпускается на предприятиях (рис. 6.2), размещенных в районах угледобычи – Западной Сибири (г. Прокопьевск, г. Кемерово), Восточной Сибири (г. Красноярск, г. Черемхово), на Урале (г. Екатеринбург, г. Копейск).

1.3 Оборудование для нефтяной и газовой промышленности производят в нефте- и газодобывающих районах – Урало-Поволжье, Западной Сибири и на Северном Кавказе.

1.4 Энергетическое машиностроение (рис. 6.3) сосредоточено в центрах с высокой культурой производства – г. Санкт-Петербурге, г. Екатеринбурге и г. Новосибирске (гидравлические турбины и генераторы), г. Волгодонске и г. Колпино (реакторы для атомных электростанций), г. Белгороде, г. Подольске, г. Таганроге и г. Барнауле (паровые котлы).

1.5 Тяжелые станки и кузнечно-прессовое оборудование выпускаются в Центральном (г. Иваново, г. Коломна), Центрально-Черноземном (г. Воронеж), Поволжском (г. Ульяновск) и Западно-Сибирском (г. Новосибирск) районах.

2. Транспортное машиностроение (производство различных видов транспортных средств – автомобилей, железнодорожного подвижного состава, морских и речных судов).

2.1 Автомобилестроение (рис. 6.4) характеризуется специализацией предприятий на выпуске определенного типа **автомобилей** – г. Москва, г. Брянск, г. Нижний Новгород, г. Миасс (среднетоннажные автомобили); г. Ульяновск, г. Набережные Челны (небольшого тоннажа и большегрузные); г. Москва, г. Нижний Новгород, Ижевск (легковые высшего и среднего класса); г. Тольятти (малолитражные); г. Серпухов, г. Набережные Челны (микролитражные). **Автобусы** выпускают заводы в г. Ликино и г. Голицыно (Центральный район), в г. Павлово (Волго-Вятский), г. Курган (Уральский), г. Краснодар (Северо-Кавказский), г. Волжский (Южный), г. Нефтекамск (Поволжский). **Троллейбусы** выпускает завод в г. Энгельсе. Выпуском **моторов** (г. Ярославль, г. Уфа, г. Тюмень, г. Ульяновск, г. Заволжье, г. Набережные Челны, г. Тутаев), **подшипников, прицепов и электрооборудования** также занимается автомобильная промышленность.

2.2 Железнодорожное машиностроение включает **локомотивостроение** (рис. 6.5) – **тепловозы** (г. Коломна, г. Брянск, г. Людиново, г. Муром) и **электровозы** (г. Новочеркасск), а также **вагоностроение** (г. Нижний Тагил, г. Алтайск, г. Абакан, г. Тверь, г. Калининград, г. Брянск, г. Мытищи и г. Санкт-Петербург).

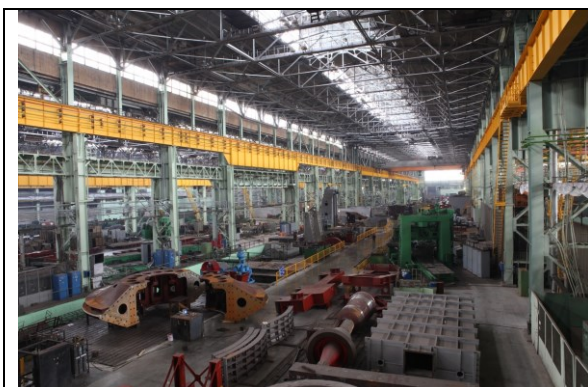


Рис. 6.1. Производство металлургического оборудования

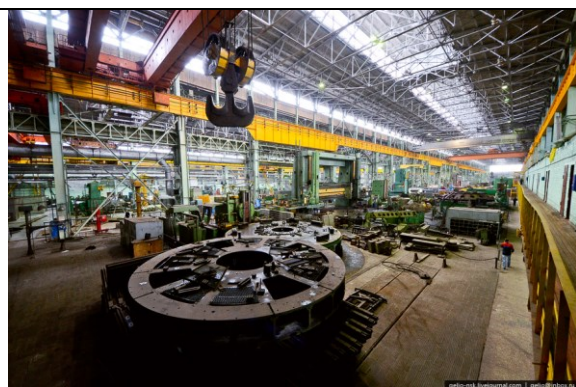


Рис. 6.2. Производство горно-шахтного оборудования (завод «Уралмаш»)



Рис. 6.3. Энергетическое машиностроение

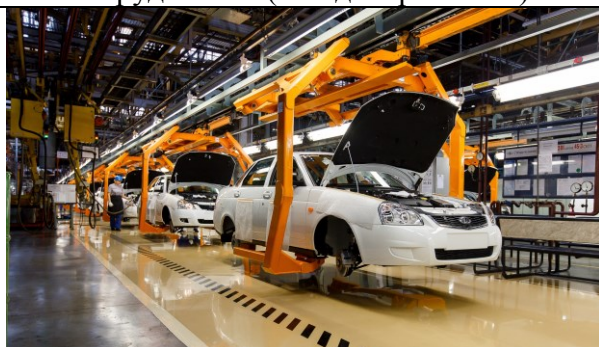


Рис. 6.4. Автомобилестроение



Рис. 6.5. Локомотивостроение



Рис. 6.6. Судостроение

2.3 **Судостроение** (рис. 6.6) подразделяется на **морское** (г. Санкт-Петербург, г. Выборг, г. Калининград, г. Архангельск, г. Мурманск, г. Северодвинск, г. Астрахань, г. Владивосток, г. Петропавловск-Камчатский, г. Новороссийск, г. Севастополь, г. Феодосия, г. Керчь) и **речное** (г. Нижний Новгород, г. Волгоград, г. Тюмень, г. Тобольск, г. Красноярск, г. Благовещенск и др.).

2.4 **Авиационное машиностроение** (рис. 6.7) – это промышленное производство **самолетов** (г. Казань, г. Ульяновск, г. Самара, г. Саратов, г. Москва, г. Смоленск, г. Нижний Новгород, г. Воронеж, г. Новосибирск, г. Иркутск, г. Комсомольск-на-Амуре, г. Таганрог), **вертолетов** (г. Москва, г. Люберцы, г. Казань, г. Ростов-на-Дону, г. Кумертау, г. Улан-Уде, г. Арсеньев) и **авиационных двигателей** (г. Москва, г. Санкт-Петербург, г. Пермь, г. Уфа, г. Рыбинск).

3. Сельскохозяйственное машиностроение – это производство различных видов техники для сельского хозяйства, в том числе и тракторов.

3.1 Производство сельскохозяйственной техники (рис. 6.8) сосредоточено в основном в местах потребления готовой продукции – г. Ростов-на-Дону, г. Таганрог, г. Красноярск (зерновые комбайны); г. Бежецк (льноуборочные), г. Рязань, г. Тула (картофелеуборочные), г. Люберцы (силосоуборочные), г. Воронеж, г. Сызрань, г. Курган, г. Омск, г. Новосибирск, г. Рубцовск (различные сельхозмашины и оборудование).

3.2 Тракторостроение (рис. 6.9) сосредоточено в г. Санкт-Петербурге, г. Волгограде, г. Челябинске, г. Владимире, г. Липецке, г. Рубцовске, а также в г. Петрозаводске и г. Чебоксары.

Особое место в отрасли занимает военное машиностроение – производство вооружений и военной техники

4. Станкостроение (рис. 6.11) и **точное машиностроение** – производство различных видов станков, приборов, аппаратов, электронной техники, наиболее трудоёмкое, сосредоточено в районах с высокой технической культурой и требует высокой квалификации работников. Размещение ориентировано на крупные города, научные и конструкторские центры. Для станкостроения – это г. Москва, г. Коломна, г. Дмитров, г. Егорьевск, г. Нижний Новгород, г. Воронеж, г. Иваново, г. Самара, г. Уфа, г. Краснодар; для электротехники и электроники – г. Саранск, г. Чебоксары, г. Новосибирск, г. Зеленоград.

5. Металлообработка – это отрасль машиностроения, связанная с производством металлических изделий и конструкций, а также с ремонтом машин и оборудования. Предприятия размещаются практически повсеместно с учетом потребительских факторов регионов.

6. Особое место в отрасли занимает военное машиностроение – производство вооружений и военной техники (рис. 6.10), сконцентрированное в основном в регионах Урала (Свердловская обл. и Пермский край, Республика Удмуртия, Челябинская обл., Кемеровская обл., Владимирская обл., Тульская обл., Нижегородская обл., Республика Татарстан и др.).



Рис. 6.7. Авиастроение



Рис. 6.8. Производство сельскохозяйственной техники (завод «Ростсельмаш»)



Рис. 6.9. Тракторостроение



Рис. 6.10. Военное машиностроение



Рис. 6.11. Станкостроение

Территориальная специализация машиностроения Российской Федерации организована в виде определенных сочетаний разных предприятий, связанных между собой производственными отношениями (таблица 6.2).

Коренные изменения последних десятилетий, произошедшие в мировом хозяйстве промышленно развитых стран, отразились также на структуре и географии машиностроения. Прежде всего это заключалось в широком внедрении систем автоматизированного проектирования (САПР) и гибких автоматизированных производств (ГАП), основу которых составляют многооперационные станки с ЧПУ, компьютеры и промышленные роботы, транспортно-загрузочные и складские системы, а также в использовании новых методов организации производства, обучения и управления персоналом.

Это позволило быстро перестраивать производственные процессы под запросы рынка, обеспечило гибкость и многономенклатурность производства в жестких условиях современной конкуренции.

Основу российского машиностроительного экспорта в настоящее время составляют:

- реакторы ядерные, котлы, оборудование и механические устройства (Росатом);
- продукция оборонно-промышленного комплекса (ОПК), оружие и боеприпасы (Алмаз-Антей);
- технологии и услуги военного и двойного назначения (Рособоронэкспорт);
- вертолетная техника (Вертолеты России).

Таблица 6.2 – Территориальная организация машиностроительного комплекса в России

Федеральный округ	Специализация машиностроения
Центральный	Транспортное машиностроение (авиакосмическая промышленность, автомобилестроение, железнодорожное машиностроение). Производство оборудования для легкой, химической и нефтехимической промышленности. Станкостроение. Сельскохозяйственное машиностроение. Точное и сложное машиностроение. Электроника.
Приволжский	Транспортное машиностроение (авиакосмическая промышленность, автомобилестроение, речное судостроение). Производство оборудования для нефтяной и газовой, нефтеперерабатывающей промышленности, химии органического синтеза, целлюлозно-бумажной промышленности. Сельскохозяйственное машиностроение.
Уральский	Транспортное машиностроение (авиакосмическая промышленность, автомобилестроение, железнодорожное машиностроение). Производство оборудования для металлургической промышленности, горно-шахтного, для нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Энергетическое машиностроение. Станкостроение.
Северо-Западный	Транспортное машиностроение (морское судостроение, судоремонт). Энергетическое машиностроение. Производство оборудования для отраслей лесопромышленного комплекса.
Южный	Транспортное машиностроение (морское судостроение, судоремонт). Производство оборудования для пищевой промышленности. Сельскохозяйственное машиностроение.
Сибирский	Транспортное машиностроение (авиакосмическая промышленность, железнодорожное машиностроение). Производство горно-шахтного оборудования.
Дальневосточный	Транспортное машиностроение (морское судостроение, судоремонт, авиационная промышленность).

Широкое внедрение САПР и ГАП позволило сократить простои оборудования, обеспечить экономию рабочего времени, труда и площадей, учитывать конкретные пожелания заказчиков даже в условиях крупносерийного производства. Продолжается эта тенденция и в виде широкого использования прогрессивных систем материально-технического снабжения в рамках кооперации машиностроительных предприятий по принципу *just-in-time* (точно в срок), требующая поставки комплектующих изделий и доставки к сборщикам в условиях жесткого графика производства. Это позволяет сборочное предприятие избавиться от громоздких складских помещений, дополнительного персонала по их обслуживанию, а также существенно повысить производительность производства.

6.2 Порядок выполнения работы

- 1) ознакомиться с особенностями структуры машиностроительного комплекса, факторами размещения отраслей машиностроения в России, территориальной специализацией и перспективами развития;
- 2) охарактеризовать для заданного варианта (таблица 6.2) состояние машиностроительных отраслей на современном этапе развития;
- 3) проиллюстрировать материалы графиками, диаграммами, таблицами;
- 4) оформить отчет о проделанной работе.

6.3 Содержание отчета

- Описание структуры и состояния машиностроительных отраслей на современном этапе развития (для заданного варианта).
- Графики, диаграммы, таблицы, поясняющие состояние отрасли.
- Выводы по результатам выполненной работы.

6.4 Вопросы для самоконтроля

1. Какими особенностями характеризуется современное машиностроение?
2. Какие страны лидируют по выпуску машиностроительной продукции?
3. Как машиностроение укрупненно подразделяют по целевому назначению?
4. Какие факторы влияют на эффективность размещения машиностроительных отраслей?
5. Охарактеризовать особенности продукции и размещения отечественного тяжелого и энергетического машиностроения.
6. Каковы особенности продукции и размещения отечественного транспортного машиностроения?
7. Охарактеризовать особенности продукции и размещения отечественного сельскохозяйственного машиностроения.
8. Каковы особенности продукции и размещения отечественного станко-строения и точного машиностроения, а также металлообработки?

9. Охарактеризовать перспективы и основные тенденции развития машиностроительного производства в России.

Таблица 6.3. Варианты заданий

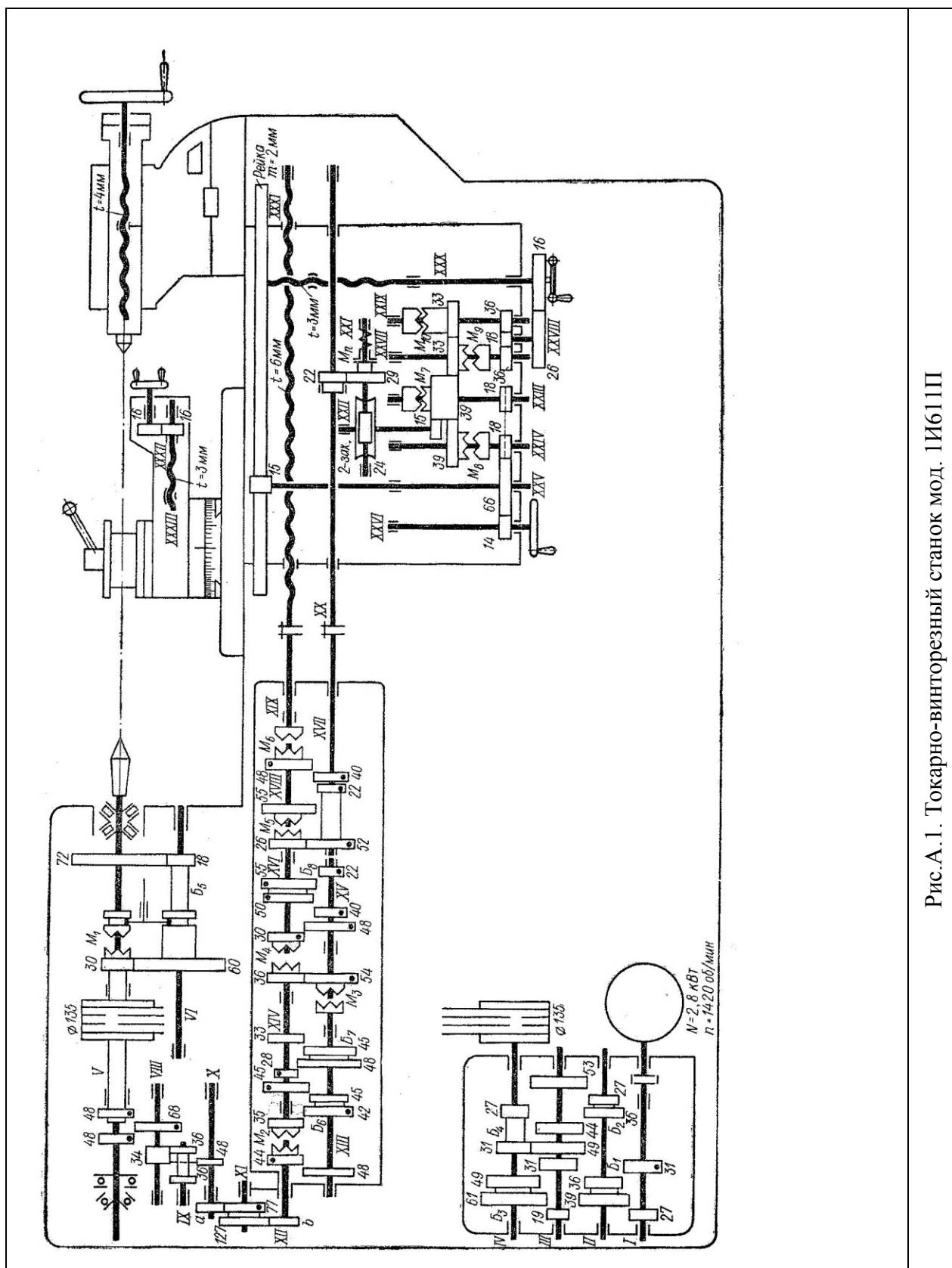
№ п/п	Вариант	Тема
1	1	Современное машиностроение развитых стран
2	2	Машиностроение Японии
3	3	Машиностроение ФРГ
4	4	Машиностроение США
5	5	Машиностроение Англии
6	6	Машиностроение Китая
7	7	Машиностроение Республики Корея
8	8	Машиностроение Южной Америки
9	9	Особенности размещения машиностроения России
10	10	Состояние машиностроения Южного федерального округа России
11	11	Нанотехнологии в машиностроении
12	12	Передовое машиностроение России
13	13	Крупнейшие центры машиностроения России
14	14	Перспективы инновационных технологий и создания высококачественного оборудования
15	15	Модернизация и переоснащение производственной и технологической базы машиностроения России
16	16	Наиболее перспективные направления совершенствования машиностроительного производства
17	17	Машиностроение на современном этапе развития
18	18	Современное состояние станкостроительной отрасли в России
19	19	Распределение станкостроительных заводов по регионам России
20	20	Роль науки и российских ученых в возрождении станкостроения
21	21	Примеры реализации концепции создания станков нового поколения
22	22	Структура и характеристика оборонно-промышленного комплекса России
23	23	Качество машин, как показатель развития машиностроения
24	24	Общие тенденции дальнейшего развития мирового машиностроения
25	25	Экспорт и импорт российского машиностроения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Азбель В.О. Гибкое автоматическое производство / В.О. Азбель, В. А. Егоров, А.Ю. Звоницкий; Под ред. С.А. Майорова. – Л.: Машиностроение, 1985. – 454 с.
2. Белянин П.Н. Гибкие производственные системы: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов / П.Н. Белянин, М.Ф. Идзон, А.С. Жогин. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
3. Братан С.М. Процессы и операции формообразования поверхностей при механической обработке: Теоретические основы и лабораторный практикум: Учебное пособие / С.М. Братан, Е.А. Владецкая, Е.А. Левченко, П.А. Новиков, С.И. Рощупкин А.О. Харченко. – К.: Центркаталог, 2018. – 200 с.
4. Гибкие производственные системы Японии/ Пер. с яп. А.Л. Семенова; Под. ред. Л.Ю. Лищинского. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
5. Колев Н.С. Металлорежущие станки /Н.С. Колев, Л.В. Красниченко, Н.С. Никулин. – М.: Высшая школа, 1980. – 500 с.
6. Кузнецов Ю.И. Инструментальная оснастка для станков с ЧПУ / Ю.И. Кузнецов, Р.Э. Сафраган, Н.А. Кармышкин; Под ред. Р.Э. Сафрагана. – К.: Тэхника, 1988. – 156 с.
7. Кузнецов Ю.И. Станочные приспособления для металлорежущих станков с ЧПУ / Ю.И. Кузнецов, Р.Э. Сафраган, Б.А. Гончаренко; Под ред. Р.Э. Сафрагана. – К.: Тэхника, 1984. – 156 с.
8. Кузнецов Ю.М. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення: Навч. посібник / Ю.М. Кузнецов, О.Ф. Саленко, О.О. Харченко, В.Т. Щетинін. – Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка» – Харків, 2014. – 500 с.
9. Кучер А.М. Немые кинематические схемы металлорежущих станков. Альбом: учебное пособие/ А.М. Кучер. – Л.: Машиностроение, 1977. – 136 с.
10. Лоскутов В.В. Шлифовальные станки/ В.В. Лоскутов. – М.: Машиностроение, 1988. – 176 с.
11. Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки: Справочник / Р.Э. Сафраган, Г.А. Кривов, В.Н. Татаренко; Под ред. Р. Э. Сафрагана. – К.: Тэхника, 1989. — 175 с.
12. Панов А.А. Обработки металлов резанием: Справочник технолога / Под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
13. Проников А.С. Металлорежущие станки и автоматы /А.С. Проников, И.И. Камышный, Л.И. Волчкевич. – М.: Машиностроение, 1981. – 479 с.
14. Соломенцев Ю.М. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей / Ю.М. Соломенцев, К.П. Жуков, Ю.А. Павлов; Под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1989. – 192 с.

15. Таратынов О.В. Металлорежущие системы машиностроительных производств: Учеб. пособие для вузов / О.В. Таратынов, Г.Г. Земсков, И.М. Баранчукова; Под ред. Г.Г. Земскова. – М.: Высш. шк., 1988. – 464 с.
16. Хартли Дж. ГПС в действии: Пер. с англ. / Дж. Хартли. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
17. Харченко А.О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: Учебное пособие для студентов вузов/ А.О. Харченко. – К.: ИД «Профессионал», 2004. – 304 с.
18. Харченко А.О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: Учеб. пособие / А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 260 с.
19. Харченко А.О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: Учеб. пособие ISBN-online: 975-5-16-102790-5 (размещение в ЭБС Znanium.com: 17.03.2015) <http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=502151>.
20. Харченко А.О. Анализ и синтез структур современных многооперационных станков: практикум / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая, С.И. Рощупкин. – К.: Центркаталог, 2018. – 144 с.

Приложение А Шаблоны кинематических схем отечественных металлорежущих станков



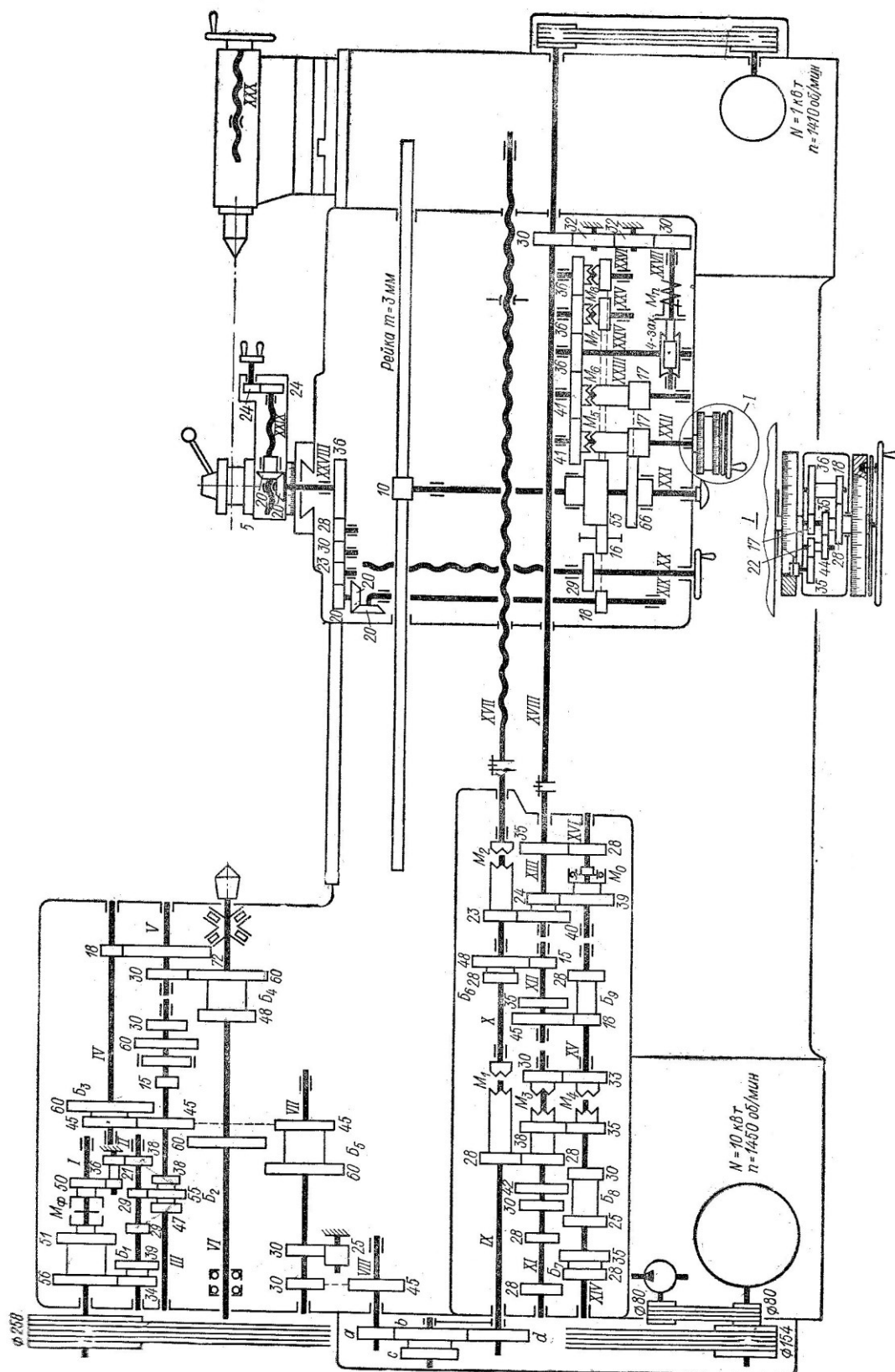


Рис.А.2. Токарно-винторезный станок мод. 16К20

Рис.А.3. Токарный многорезцовый полуавтомат мод. 1А730

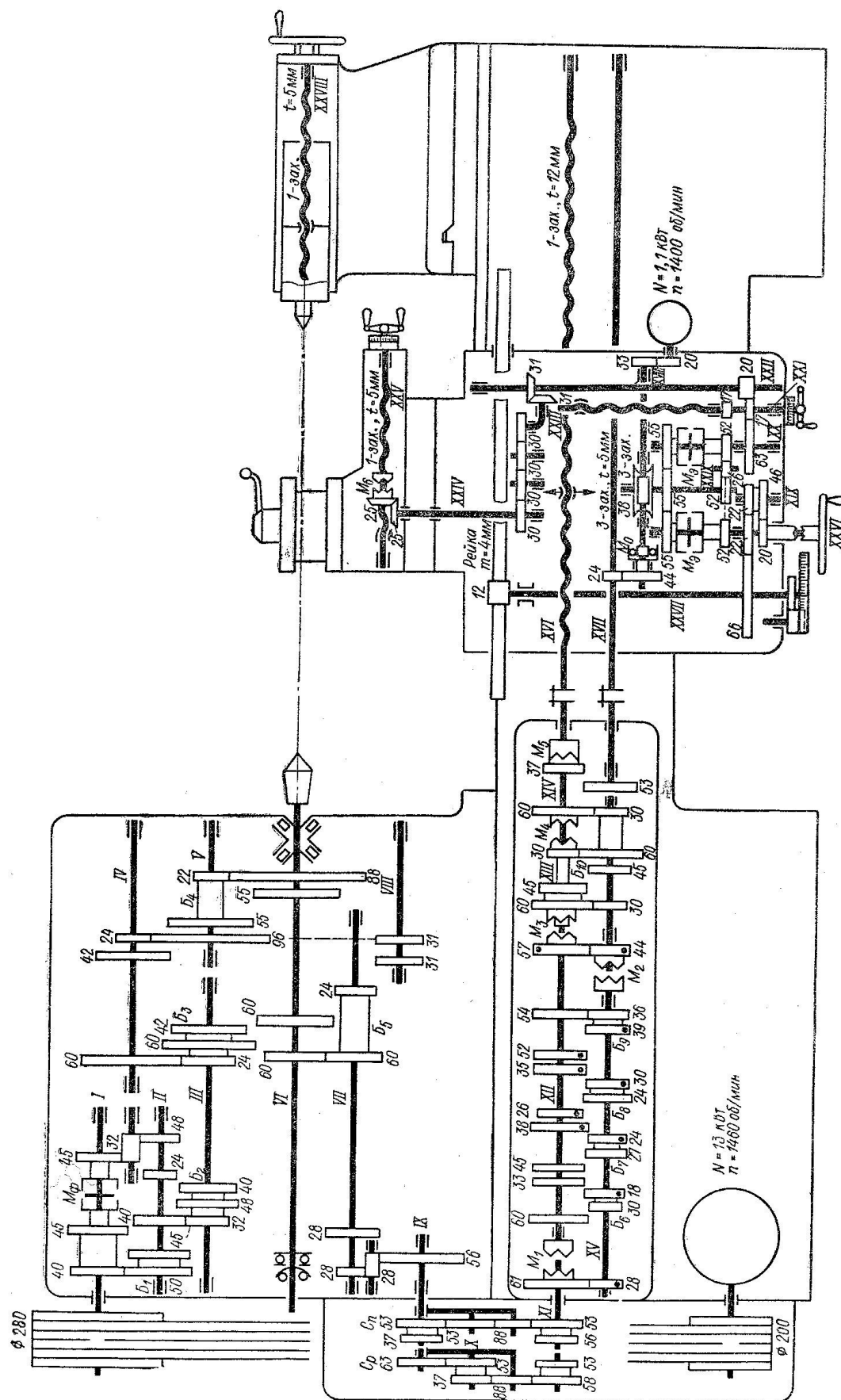


Рис.А.4. Токарно-винторезный станок мод. 1М63

Рис. А.5. Двухстоечный токарно-карусельный станок мод. 1М553

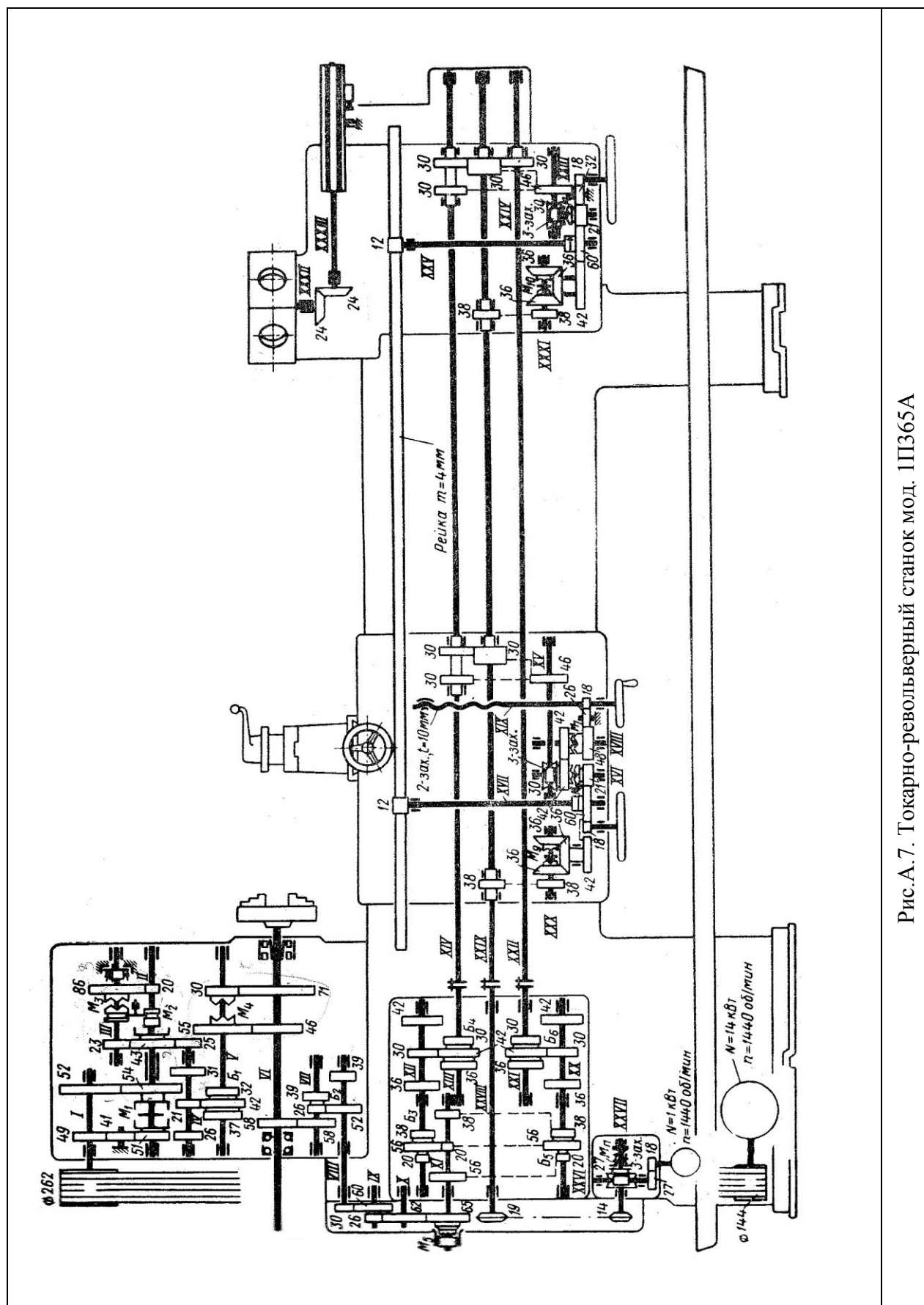


Рис.А.7. Токарно-револьверный станок мод. 1П365А

Рис. А.8. Четырехшпиндельный токарный автомат мод. 1265-4

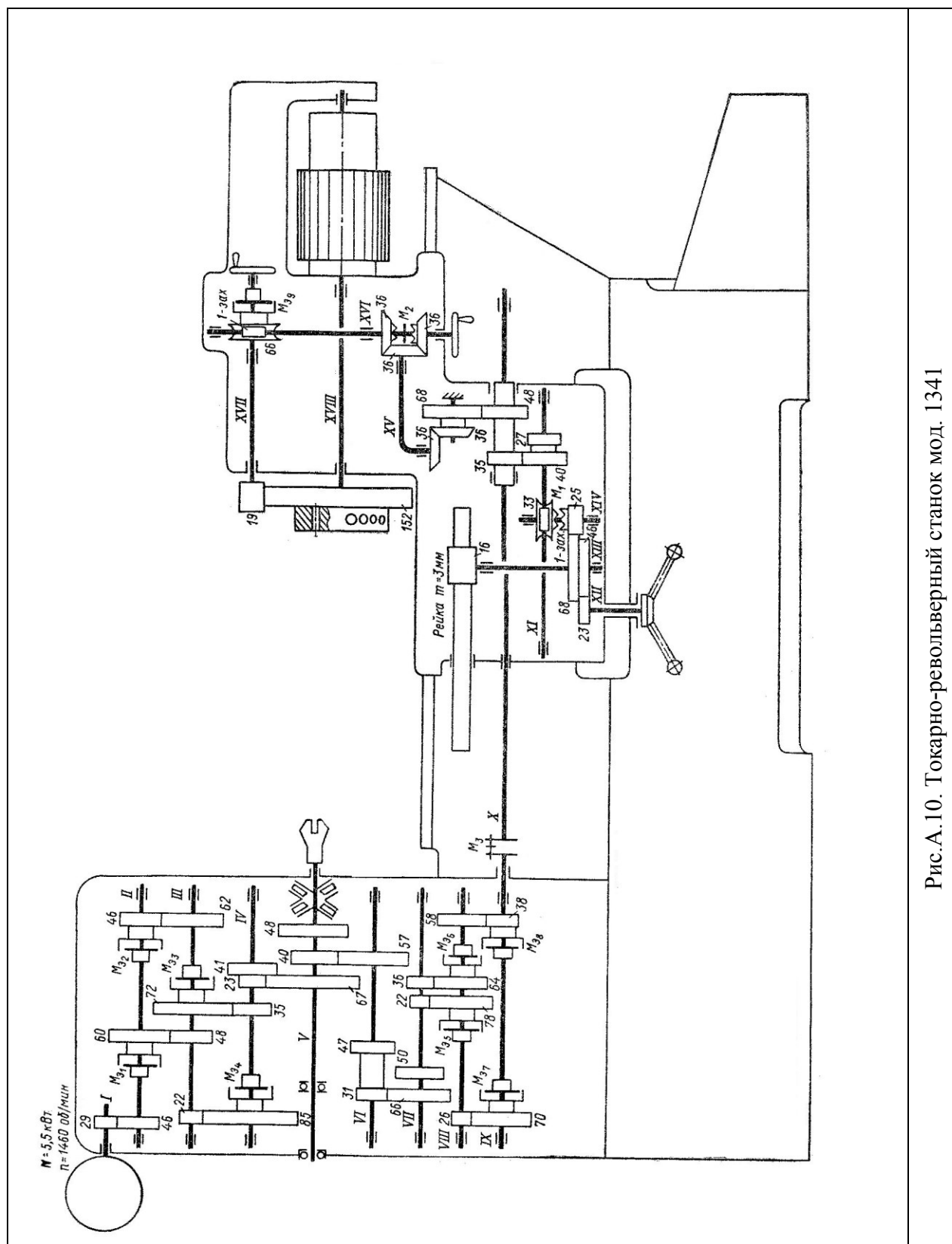


Рис. А.11. Токарный гидрокопировальный полуавтомат мод. 1722

Рис. А.12. Радиально-сверлильный станок с ЧПУ мод. 2М55Ф2

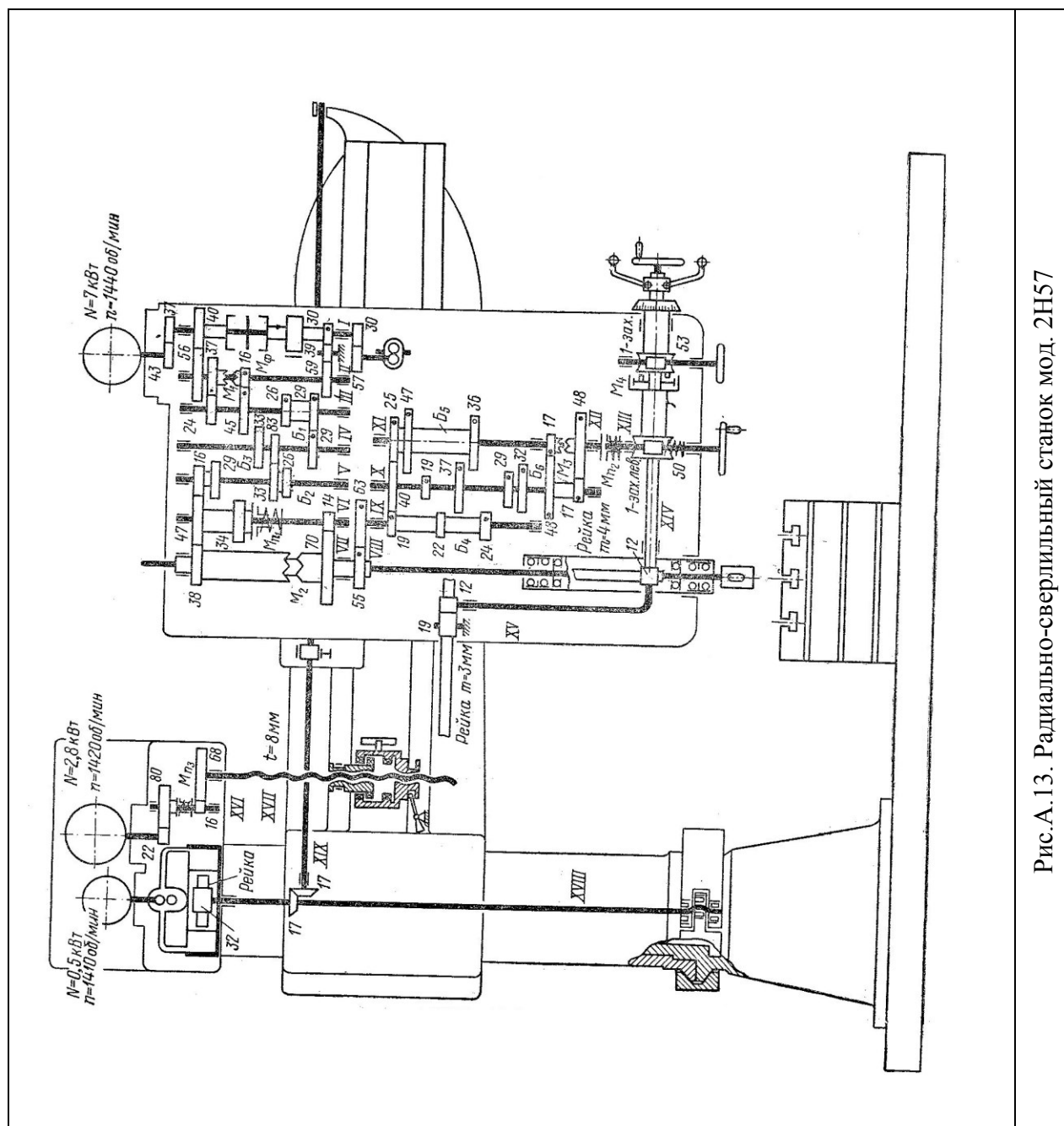


Рис. А.13. Радиально-сверлильный станок мод. 2Н57

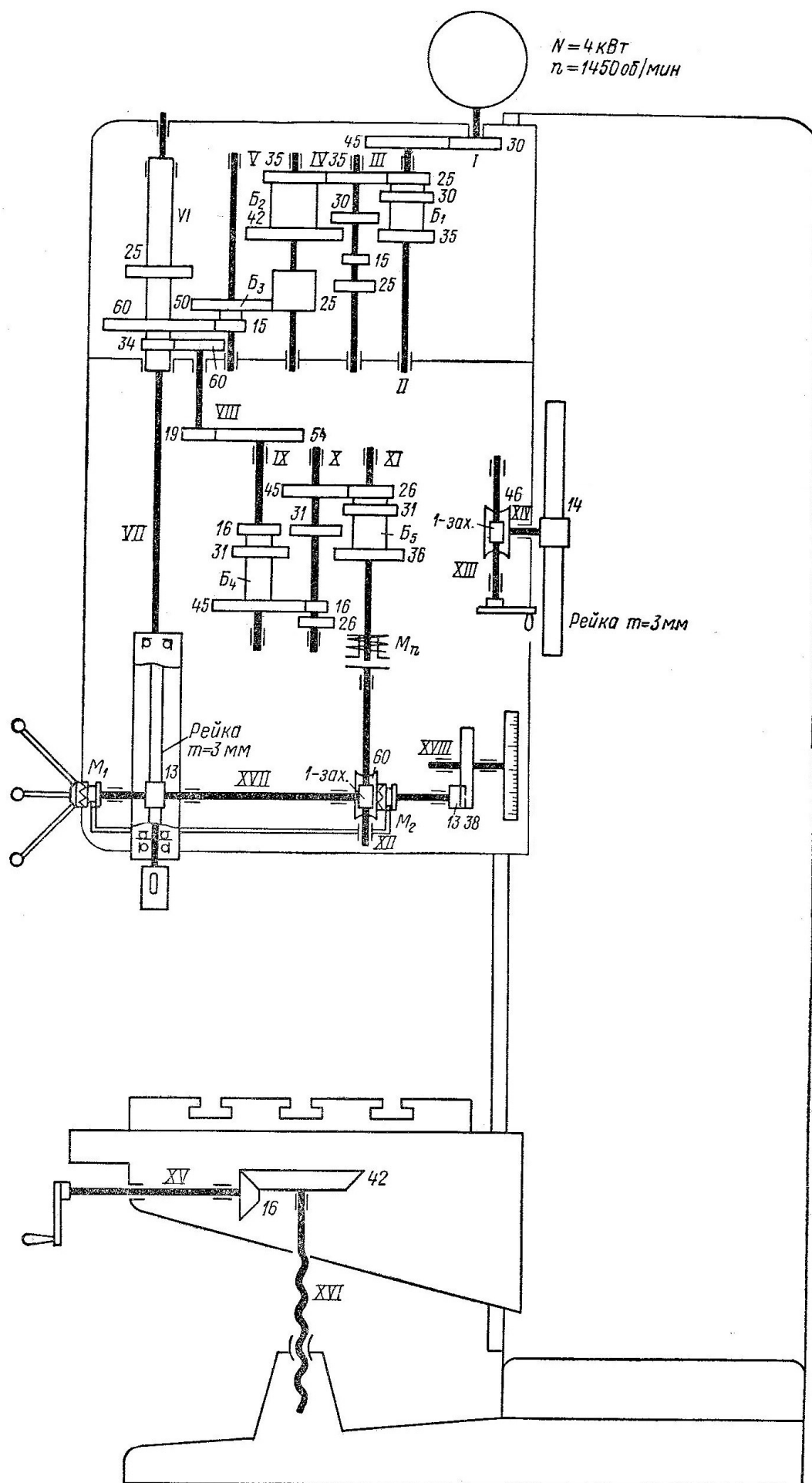
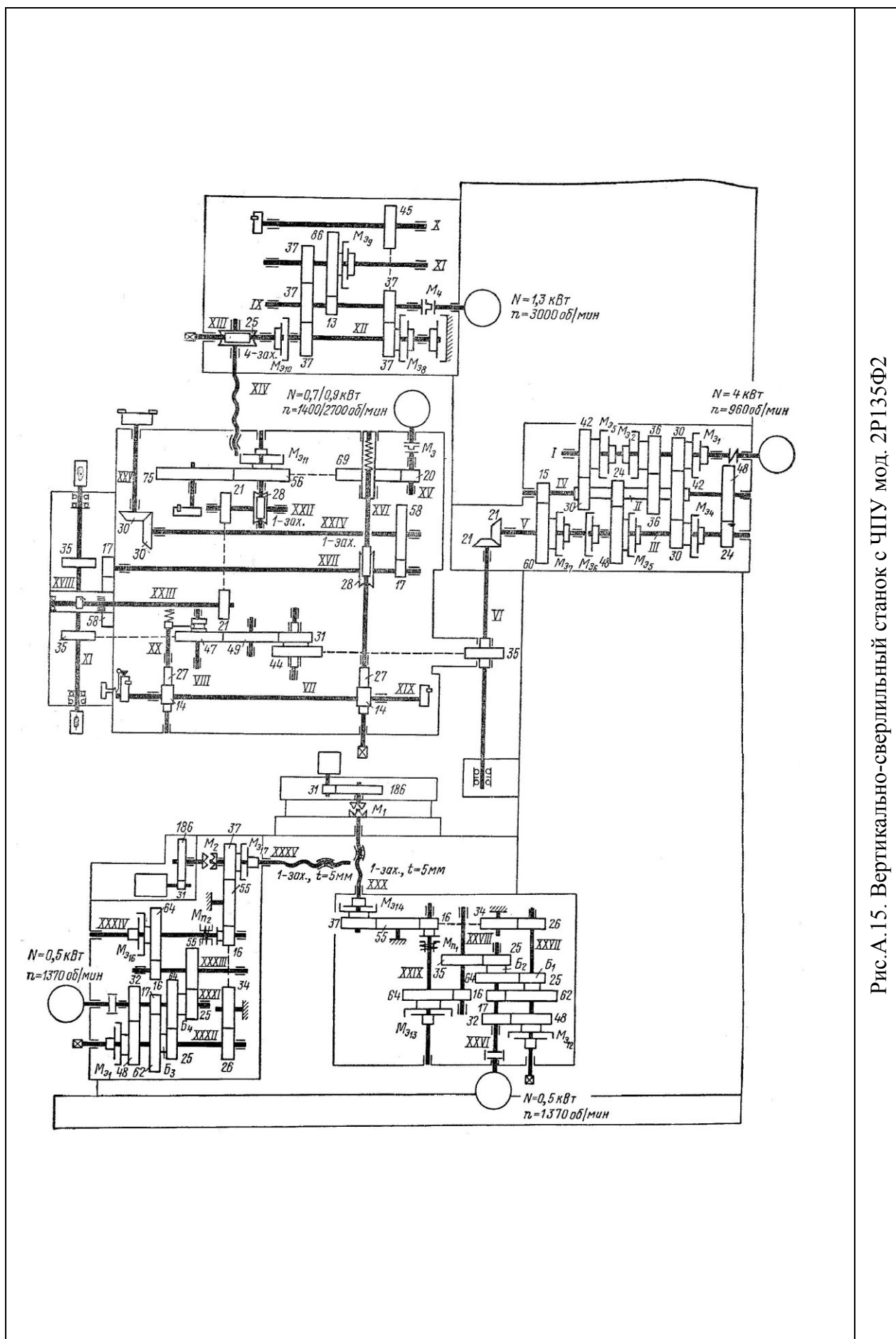
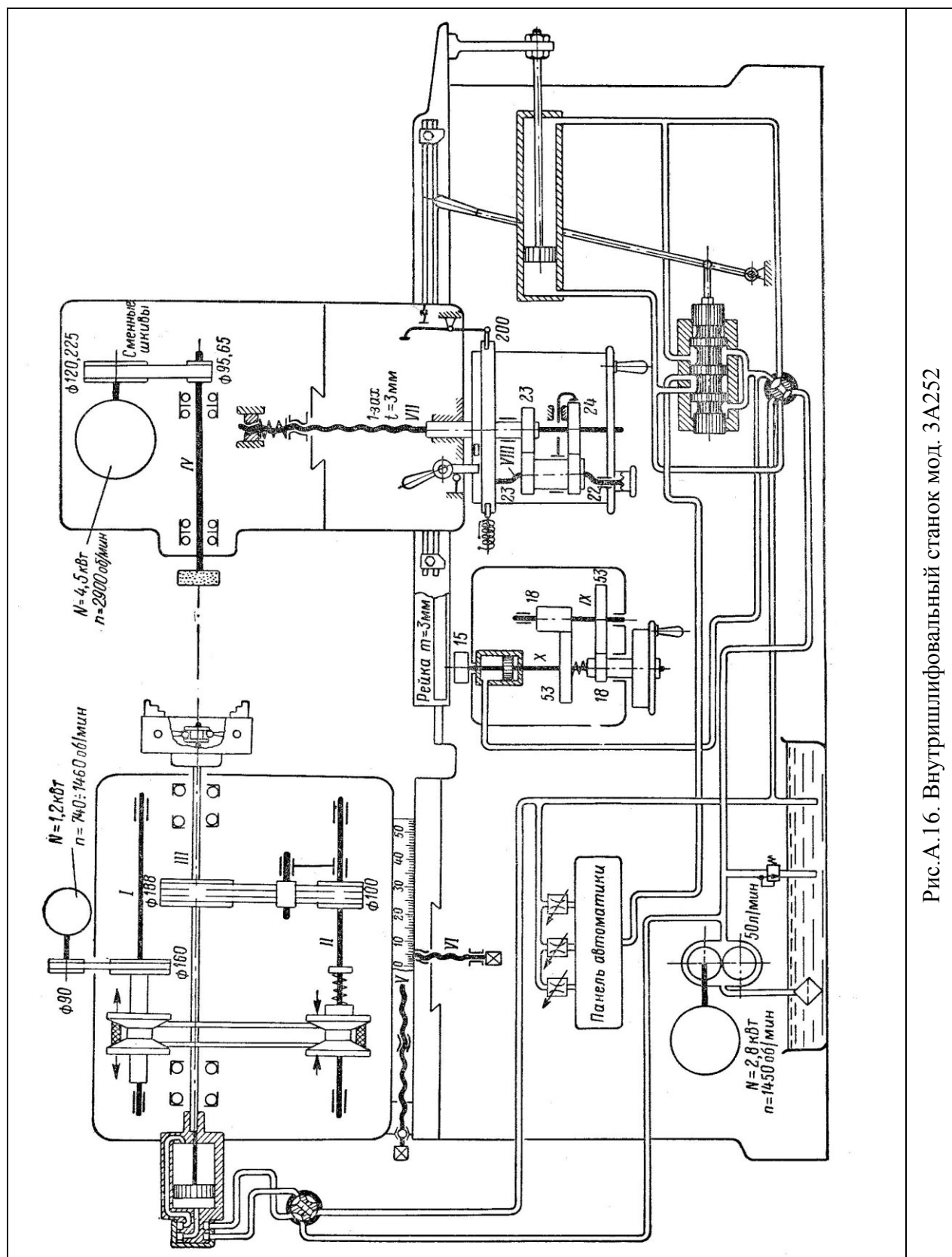


Рис. А.14. Вертикально-сверлильный станок мод. 2Н135





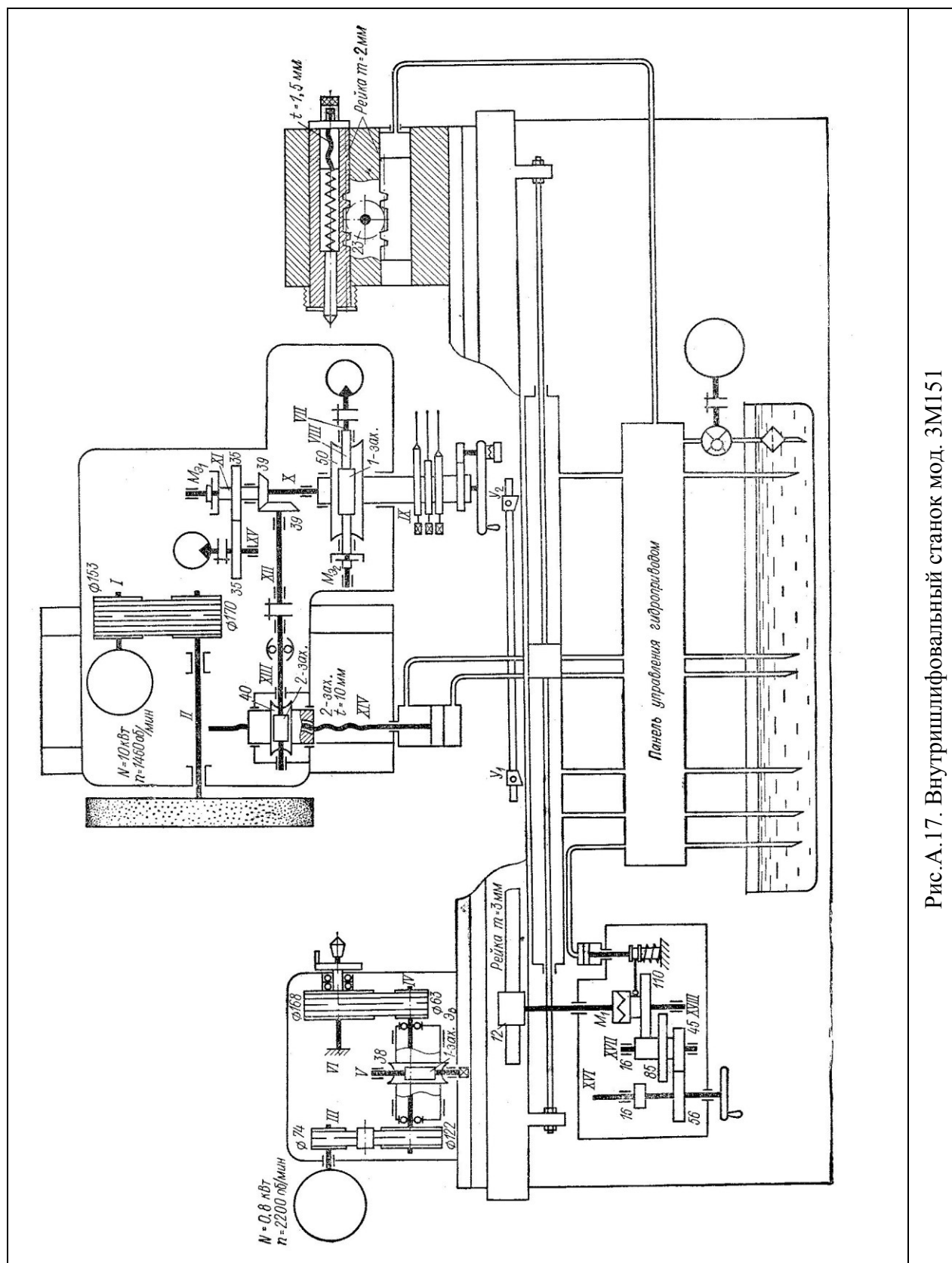


Рис. А.17. Внутришлифовальный станок мод. 3М151

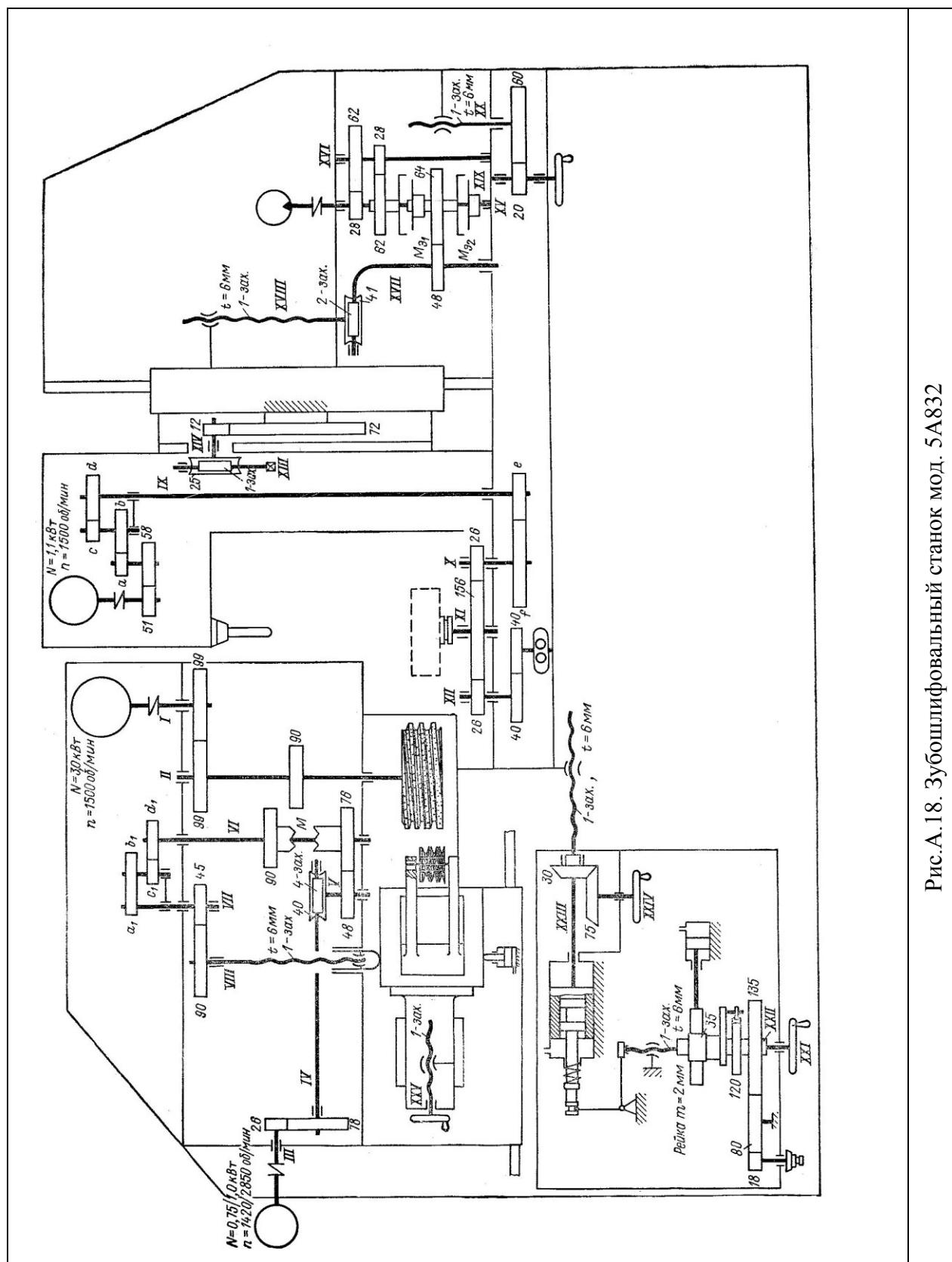


Рис. А.18. Зубошлифовальный станок мод. 5А832

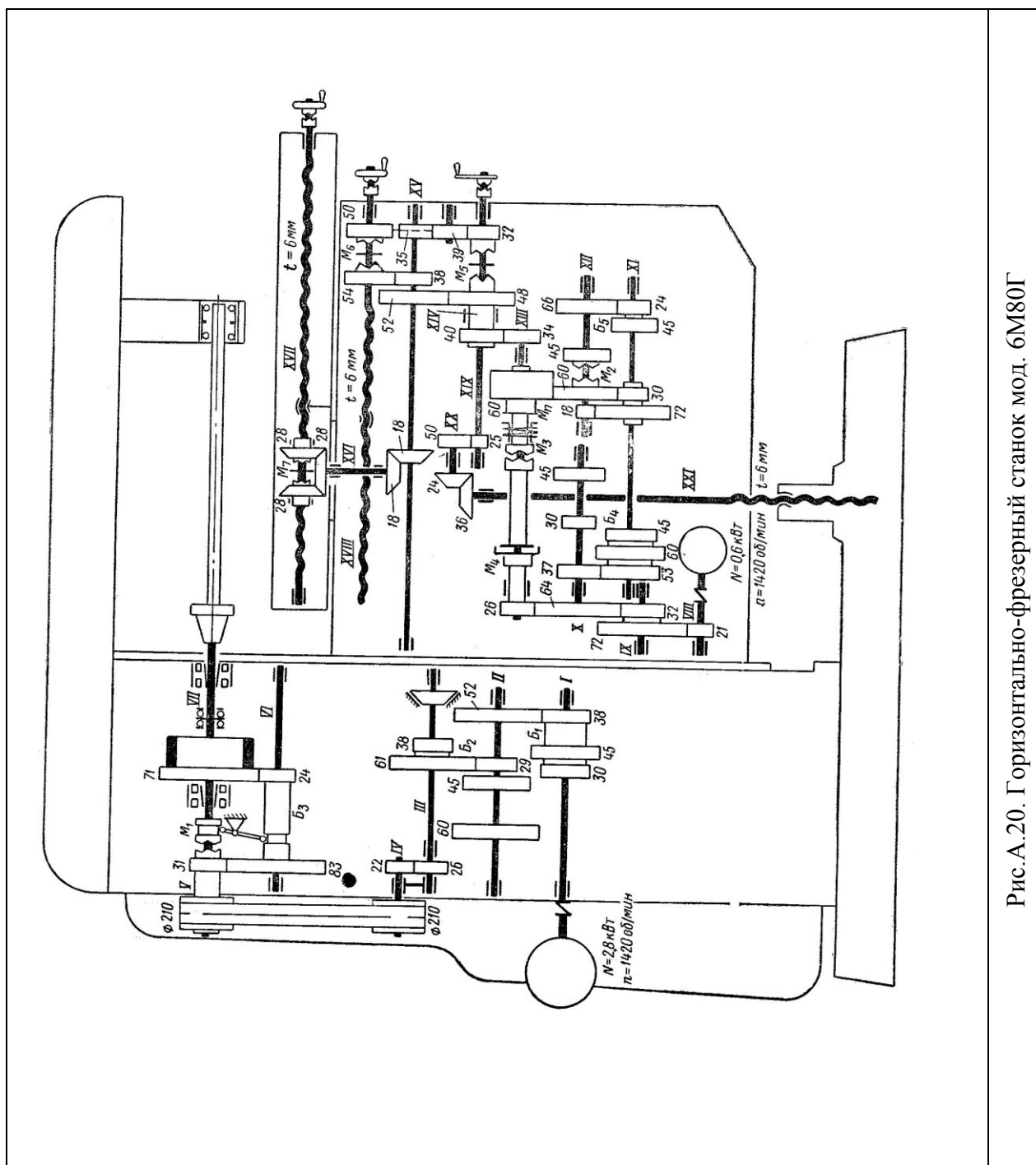


Рис. А.20. Горизонтально-фрезерный станок мод. 6М80Г

Рис. А.21. Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6М83Ш

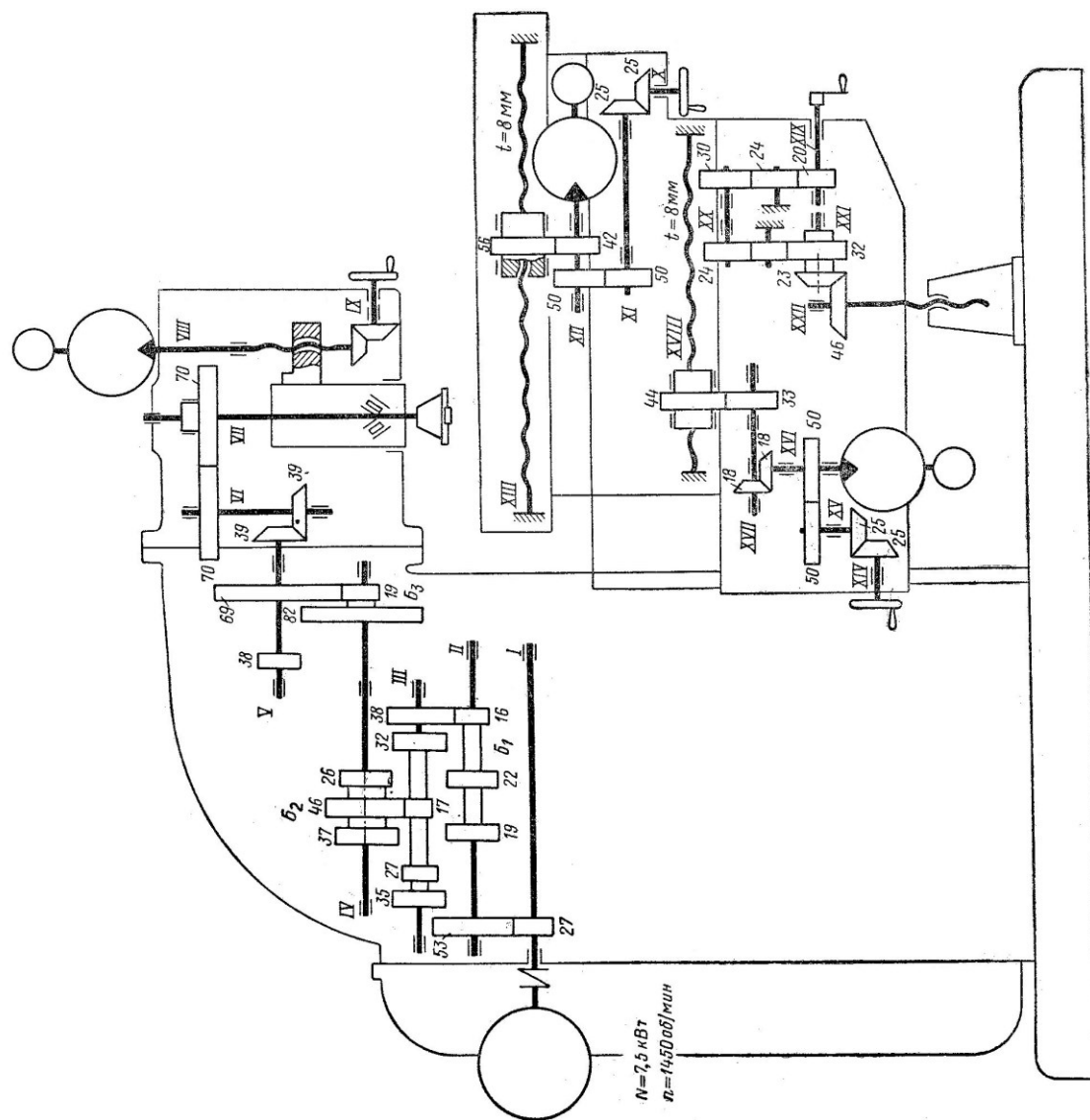


Рис. А.22. Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ мод. 6Н13Ф3-2

Рис. А.23. Универсально-фрезерный станок мод. 6Н81

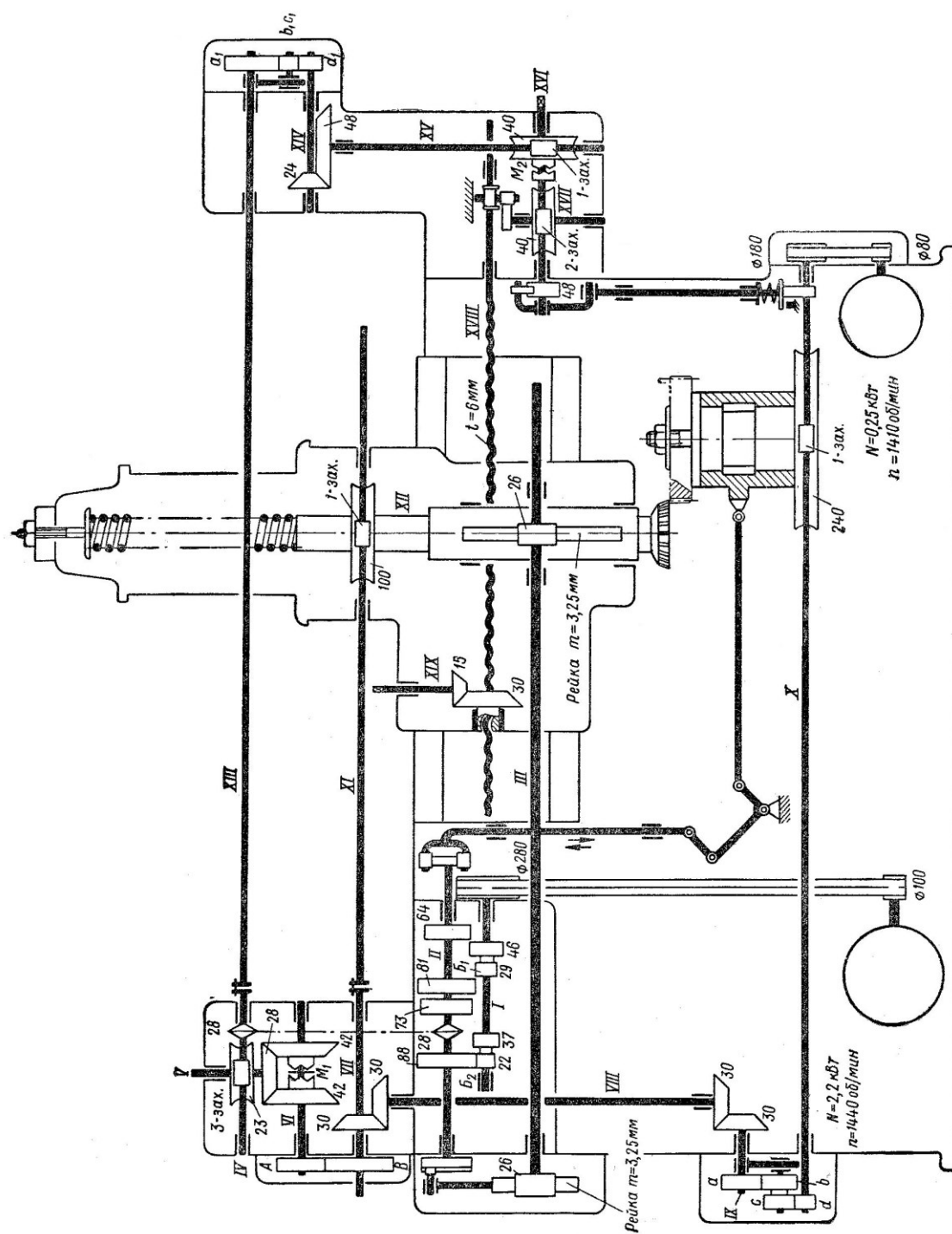


Рис. А.25. Зубодолбежный станок мод. 514

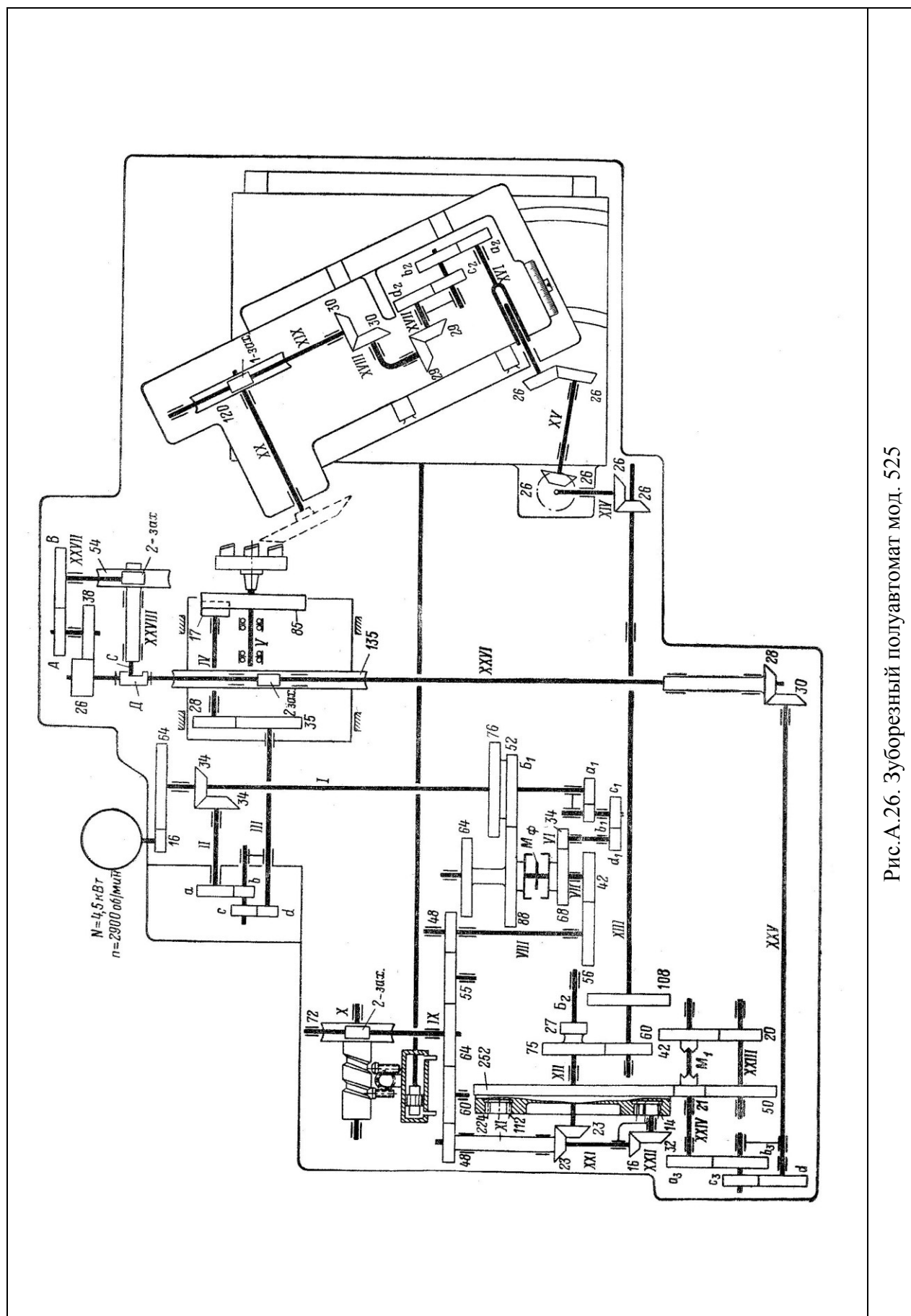


Рис.А.26. Зуборезный полуавтомат мод. 525

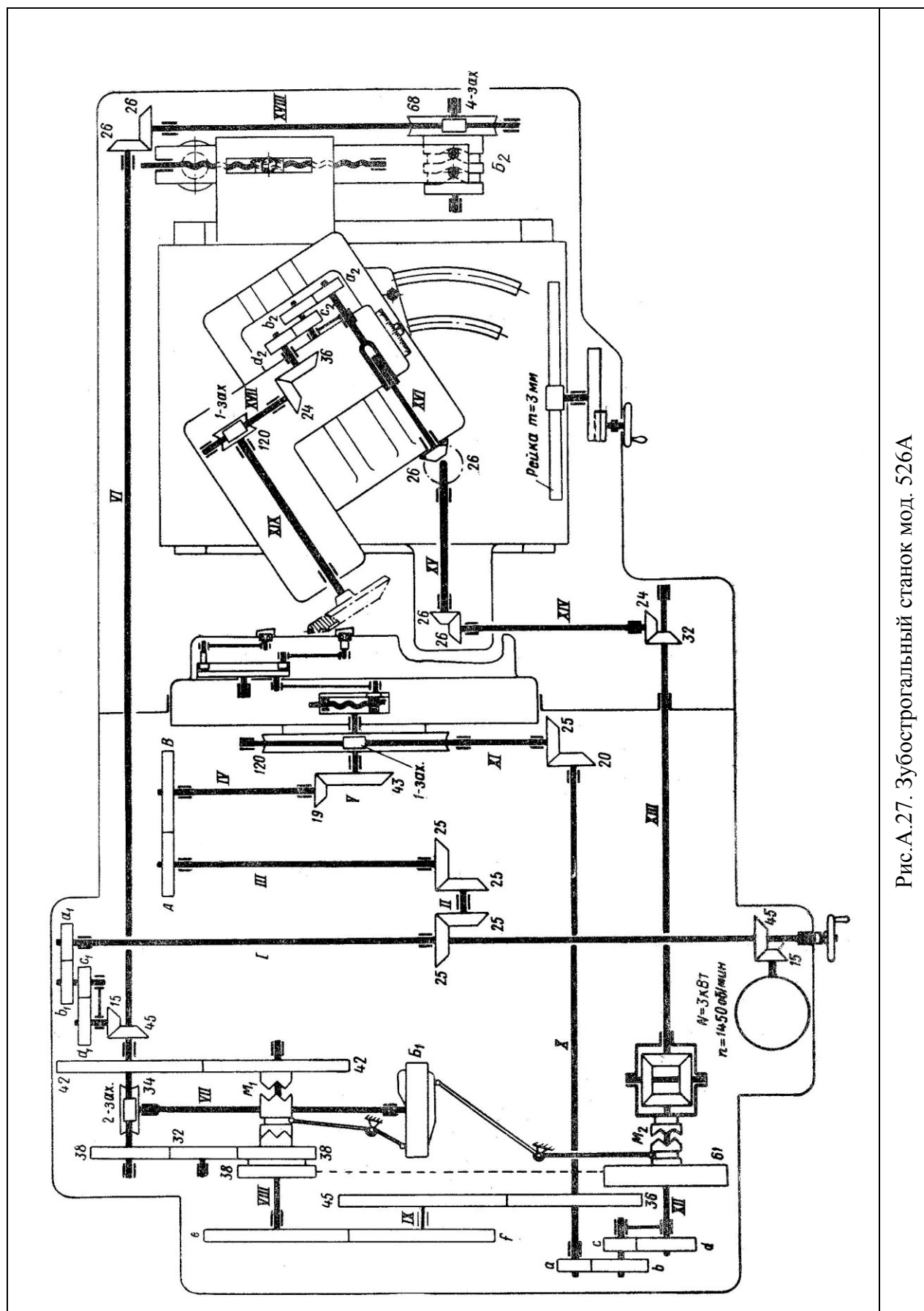


Рис. А.27. Зубострогальный станок мод. 526А

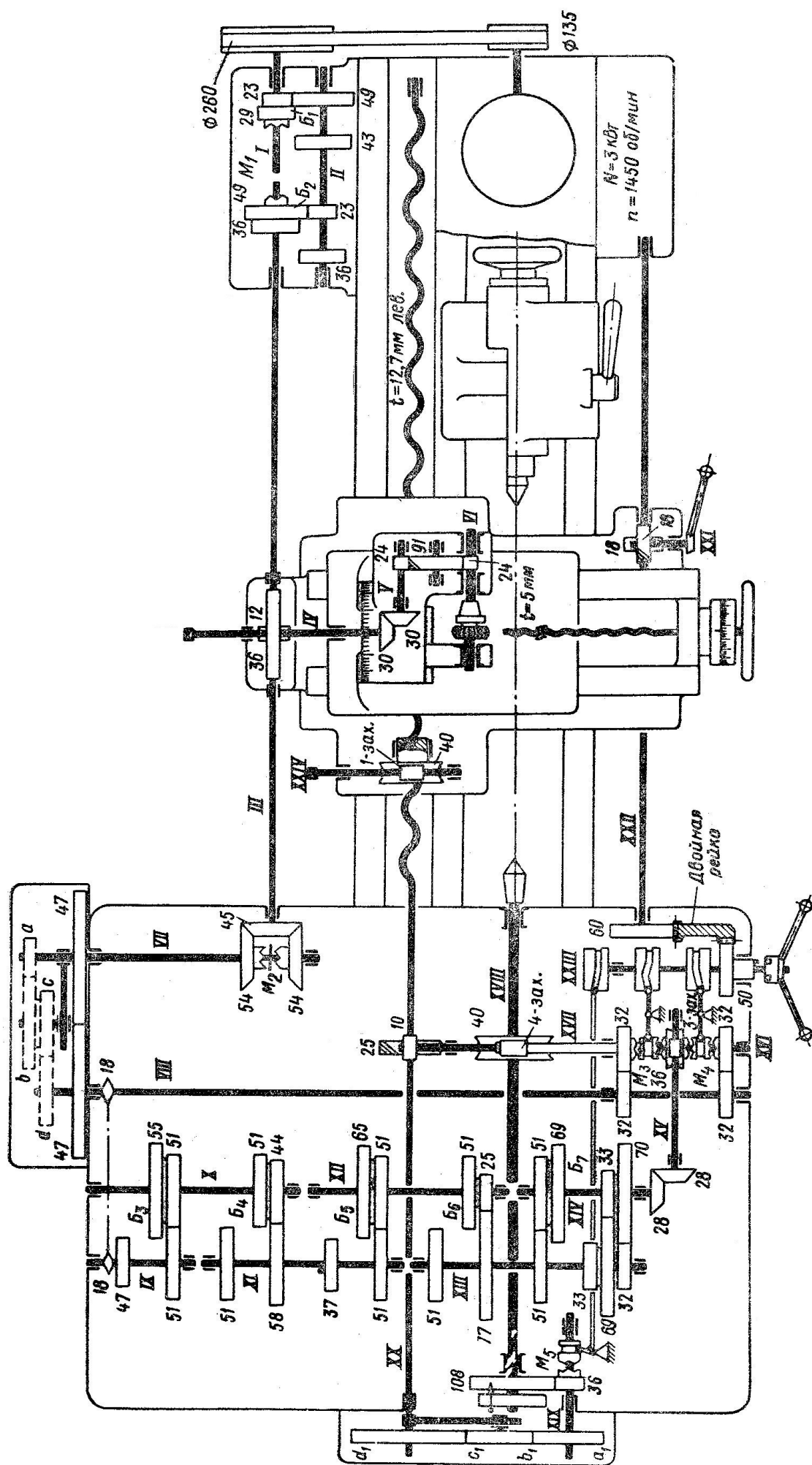


Рис.А.28. Резьбофрезерный станок мод. 561

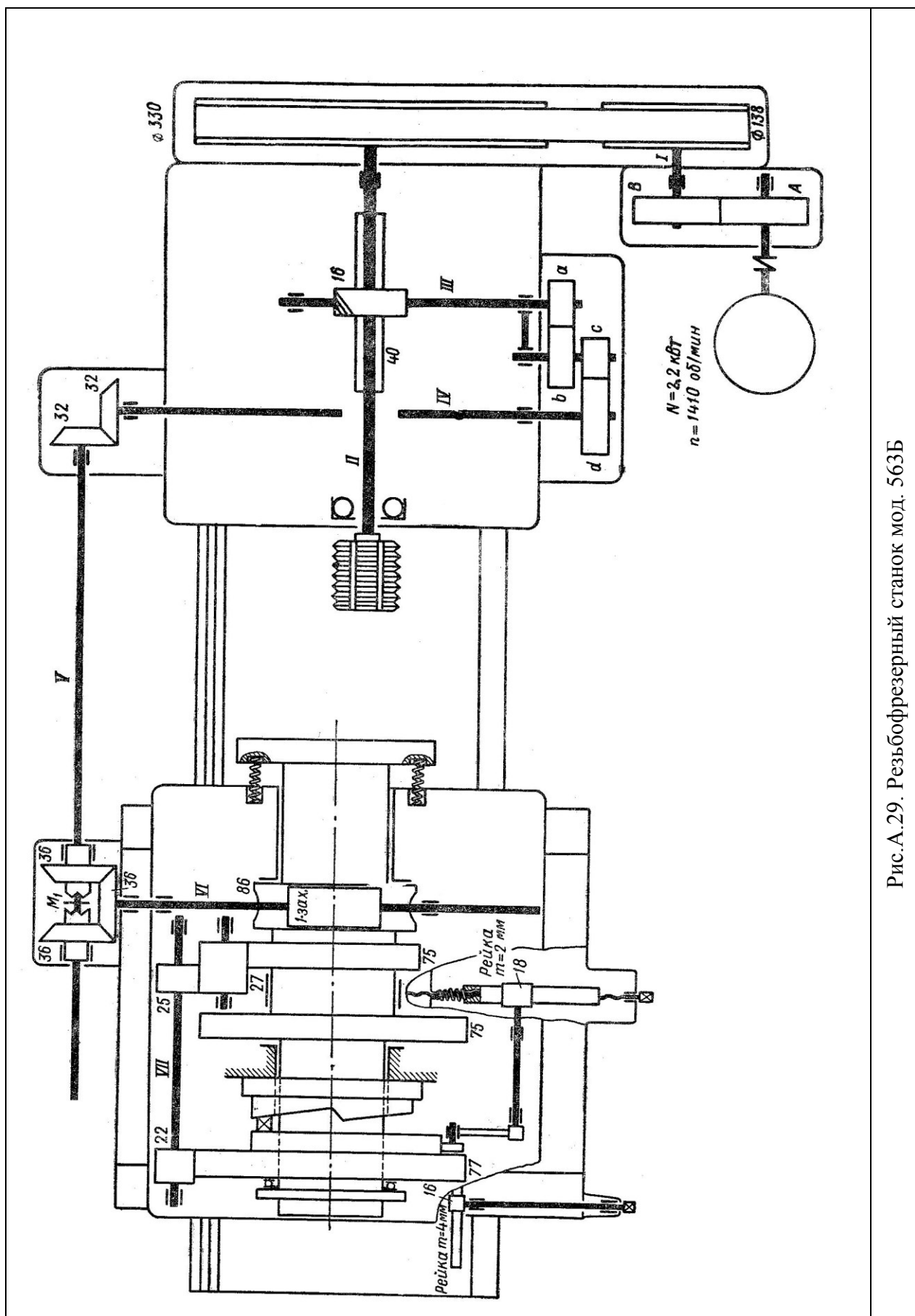


Рис.А.29. Резьбофрезерный станок мод. 563Б

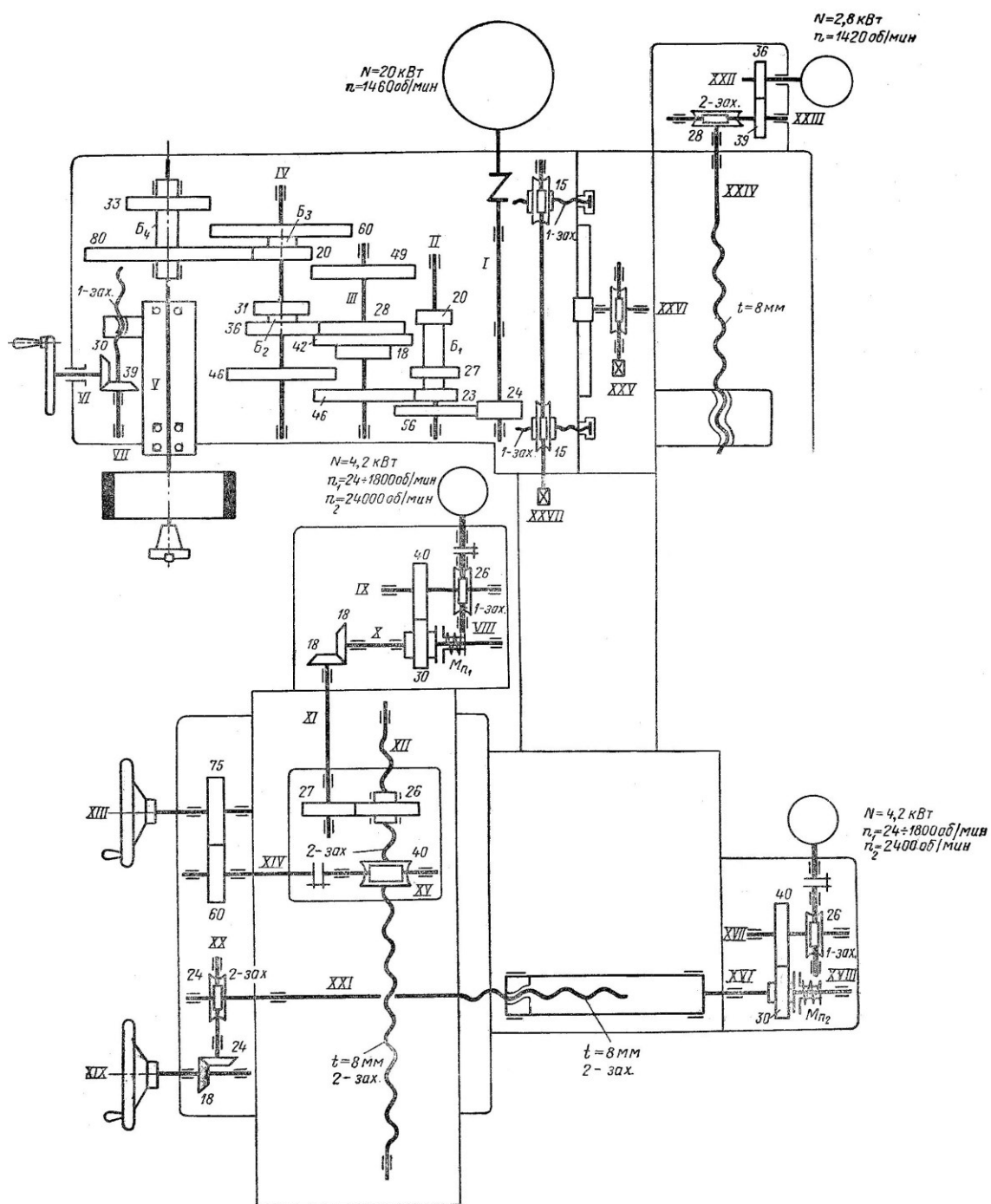


Рис. А.30. Бесконсольный вертикально-фрезерный станок мод. 656П

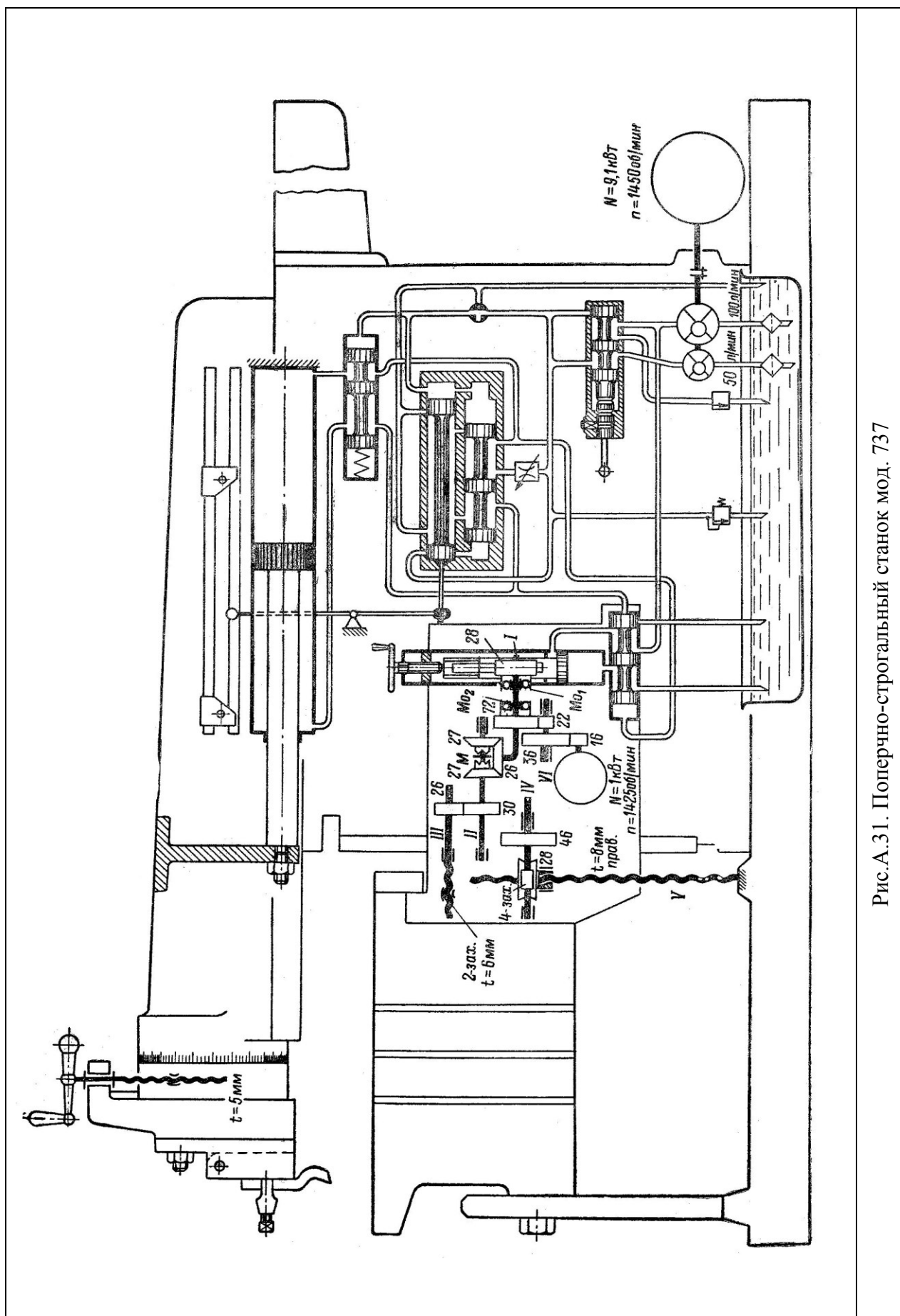


Рис.А.31. Поперчно-строгальный станок мод. 737

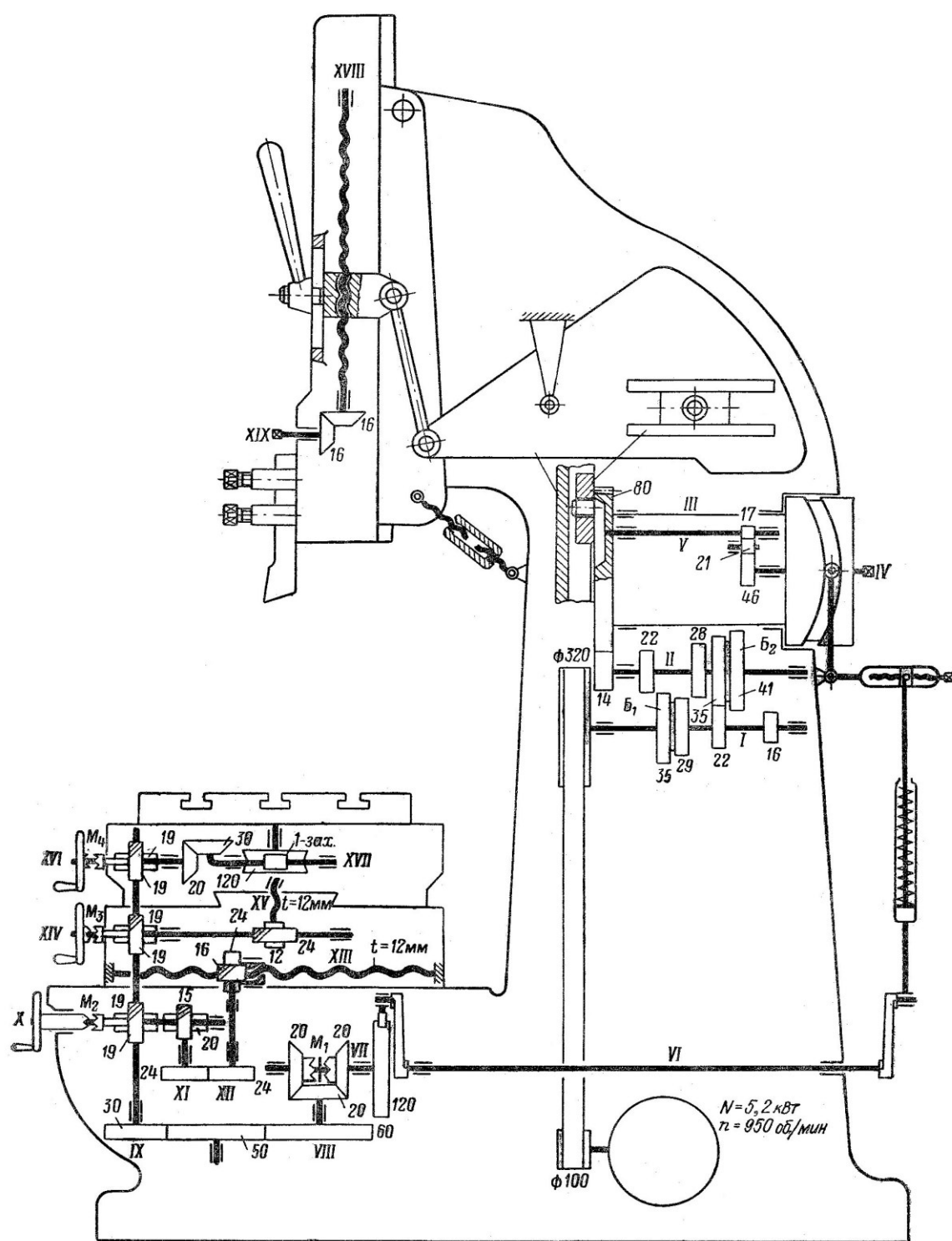


Рис. А.32. Долбежный станок мод. 743