

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 № 1 - 6
по дисциплине «Введение в специальность»
для студентов направления
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
Часть 1

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.1 / 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. – 108 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: исторические аспекты развития технологии машиностроения, металлорежущих станков и инструментов; ознакомление с конструктивными особенностями токарных резцов; применение условных обозначений при построении кинематических схем станков; изучение конструктивных особенностей токарных станков; обозначение опор, зажимов и установочных устройств в схемах базирования деталей при обработке; изучение и анализ схем обработки деталей на металлорежущих станках.

УДК 658.52.011.56

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

Изд. № 36/2020. Объем 6,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ И ИНСТРУМЕНТОВ.....	5
2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КОНСТРУКТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ.....	19
3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. ПРИМЕНЕНИЕ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ СТАНКОВ.....	35
4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ.....	41
5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. ОБОЗНАЧЕНИЕ ОПОР, ЗАЖИМОВ И УСТАНОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ В СХЕМАХ БАЗИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ.....	50
6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ СХЕМ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ.....	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А Шаблоны кинематических схем отечественных металлорежущих станков.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Классификация инструментов.....	104

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:

общефессиональными 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 1.

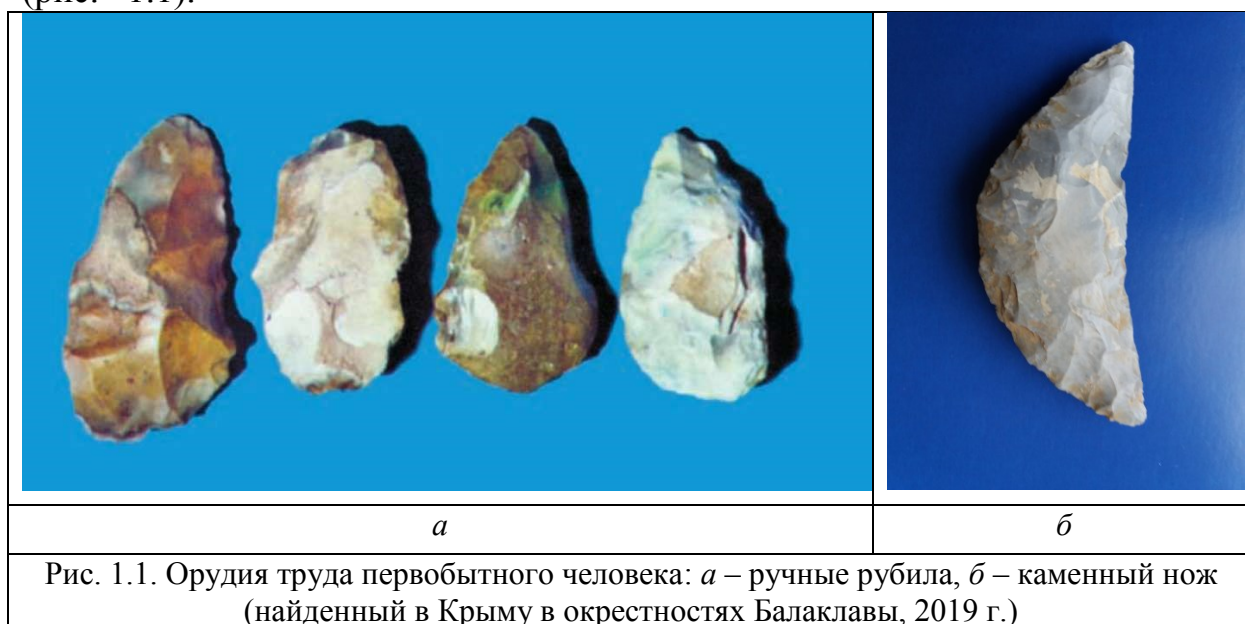
ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ И ИНСТРУМЕНТОВ

Цель работы: изучение исторических особенностей развития технологии машиностроения, металлорежущих станков и инструментов.

1.1 Теоретическое описание

Начало обработки материалов относят к 6...5 тысячелетиям до н. э., когда первобытный человек вел борьбу за существование с суровой природой. Первыми обрабатываемыми материалами были дерево, камень и кость. Из них выполняли примитивное оружие, предметы домашней утвари, а также инструменты для обработки естественных материалов.

Найденные археологические предметы свидетельствуют, что первыми инструментами были кремниевые скребки, резцы, ножи, молотки и топоры (рис. 1.1).



Эолиты, представляющие собой куски кремня с одним-двумя сколами, а также рубила и скребла часто с трудом можно отличить от обычных каменных или костяных осколков. Рубило являлось универсальным орудием, так как с его помощью осуществляли разделку мяса и кожи, скоблили и дробили плоды, счищали кору с деревьев, а также использовалось как средство нападения и защиты. Затем появились кремниевые резцы и микролиты – небольшие острые пластинки, которые использовали в качестве ножей, прикрепляли к палкам, превращая их в копья и в стрелы с каменными наконечниками. На примере обработки камня прослеживается зарождение первых технологических методов. Первоначально необходимую форму инструменту придавали сколом и обивкой. Потребовались столетия для освоения более тонкой обра-

ботки, получившей название «ударная ретушь». При этом методе наносились несильные, но частые скользящие удары по заготовке. Здесь уже присутствовали черты технологической операции: заготовка, скалывающий резец, молоток, кинематика (направление сколов и ударов, режим, сила и частота ударов) и изделие. Таким образом, появилась примитивная, но вполне полновесная технология, с помощью которой получали достаточно привлекательные предметы домашней утвари и украшения.

Следующим достижением в обработке явилась контрударная ретушь, которая обеспечивала более качественную обработку камня. При этом использовалась каменная наковальня.

Более трудоемким по своему изготовлению является каменный топор, в котором для надежного крепления ударной головки к рукоятке изготавливалось отверстие методом сверления твердых каменных пород. Вслед за топором появились молот, мотыги, лук и стрелы. Все это свидетельствовало о большой изобретательности наших далеких предков.

Металлообработка в истории человечества возникла примерно 4 тыс. лет до н.э. (окончание каменного века – начало бронзового). Впервые были обработаны металлы, встречающиеся в природе в чистом виде, как самородки (медь, золото, серебро, платина), обладающие сравнительно низкой температурой плавления, невысокой твердостью и хорошей ковкостью.

Имеющиеся навыки и первые инструменты определяли и первые методы металлообработки – свободную ковку, чеканку, гравировку, литье (рис. 1.2). Появились приемы, примитивное оборудование и инструмент для металлообработки, предпосылки технологии обработки металлов, а также мастера – носители этой технологии.

Открытие метода получения металлов из руды значительно расширило сферы и объемы их применения. Появилась горячая ковка стали, появилось волочение проволоки, для чего изготавливалась стальная матрица и пробойником прошивалось отверстие.

Производство стального оружия потребовало его заточки – так появилась шлифовка плоскими камнями, обладающими абразивными свойствами. Впоследствии заточку выполняли на круглых вращающихся камнях с ручным приводом.



Рис. 1.2. Медные клиноподобные топоры и молоты

Стремясь облегчить процесс сверления, мастера прошлого изобрели стационарные сверлильные устройства – первые станки с деревянной станиной, рычажным нажимным устройством с грузом и лучковым приводом (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Древний сверлильный станок

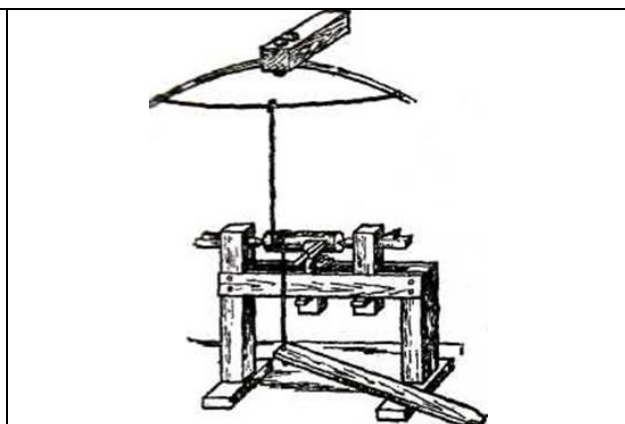


Рис. 1.4. Древний лучковый токарный станок

Значительно позже (через несколько тысяч лет) появился токарный станок (рис. 1.4). Он имел привод в виде обернутой вокруг древка бечевки. В отличие от сверлильного станка в нем вращалась заготовка детали, а в качестве инструмента использовался резец из металла, при обработке его держали в руках. Существенным недостатком таких токарных станков, применявшихся до начала XVII века, был привод, вращающий заготовку дискретно – то по часовой, то – против часовой стрелки.

К IX веку новой эры началось изготовление из металла прочного, работоспособного и стабильного инструмента для металлообработки – молотов, наковален, пробойников, зубил, клещей, ножниц. В это же время изготовлены и применены для обработки металлов стальные трех- и четырехгранные напильники, режущая часть которых получалась насечкой с использованием зубила и молотка. В металлообработке появились понятия припуска под обработку и шероховатости поверхности обработки.

В IX-XI веках в Западной Европе и на Руси началось изготовление и использование сверл, форму которым придавали ковкой, затем закаливали и затачивали. Так, археологические находки и письменные источники, относящиеся к этому периоду, дают представление о двух видах сверл (рис. 1.5). Это спиральные сверла – бурав, сверель, которые имели правое (по часовой стрелке) рабочее вращение и достигали длины до 370 мм при диаметре от 6 до 21 мм. Были в использовании мастеровых и перовидные сверла – напарья, похожие на ложку, которыми сверлили отверстия больших диаметров. Технология получения сверл была непростой, так как часто применялась кузнечная сварка. На железную основу наваривалось стальное острие, которое затем подвергалось закалке и заточке. Иногда наконечники перовидных сверл делали многослойными и так, чтобы на острие выходила стальная пластинка очень высокой твердости. Формы спиральных буравов и перовидных напарья

были настолько рациональны для тех времен, что они почти в неизменном виде продолжали применяться до XVII в. И только в 1822 году появилось всем известное сверло с винтовыми канавками. (рис. 1.6).

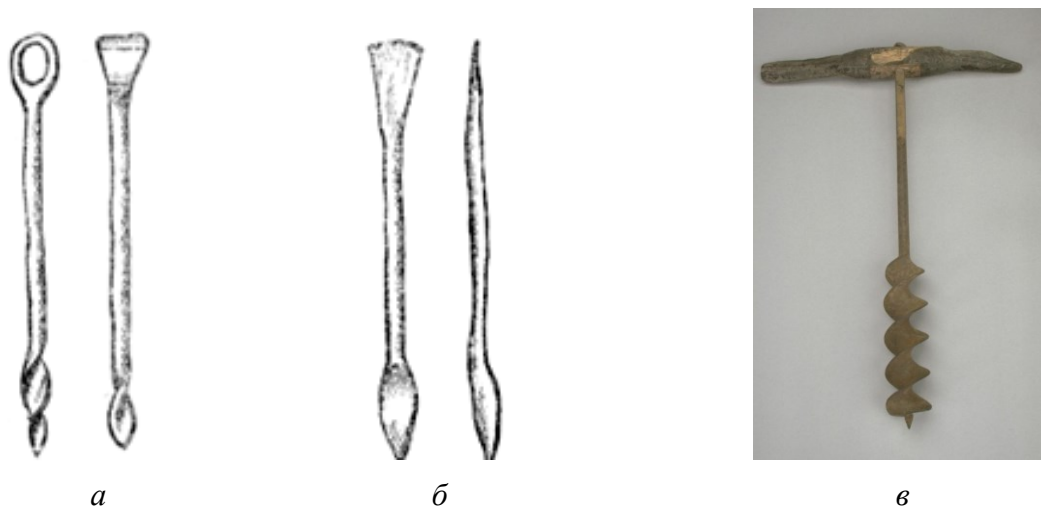


Рис. 1.5. Древние спиральные сверла-буравы (а) IX-XI в.в.; перовидные сверла (б); спиральные сверла-буравы (в) XVII в.

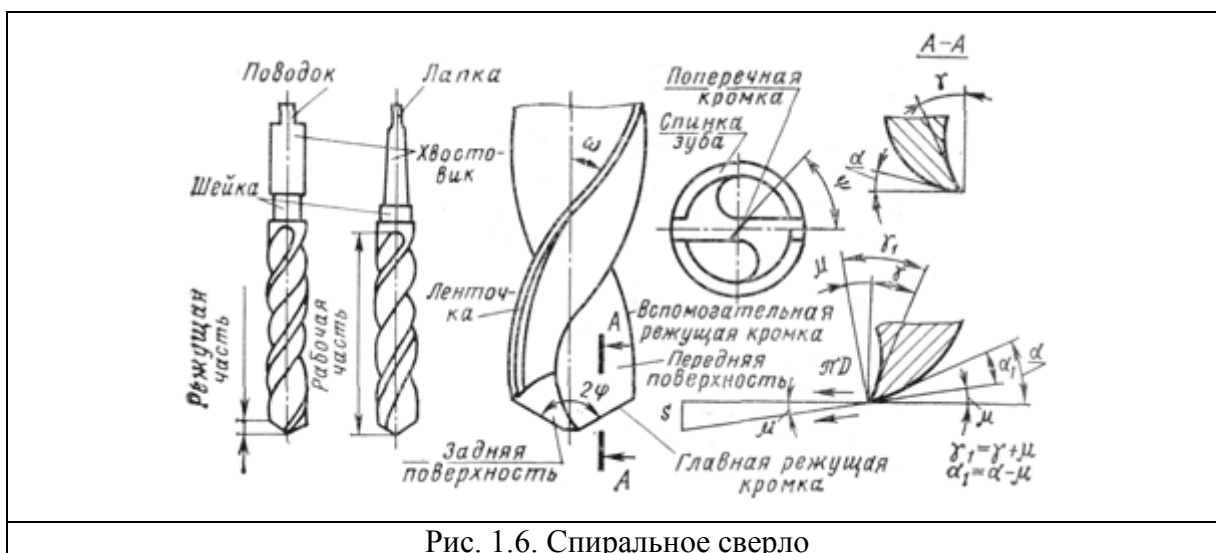


Рис. 1.6. Спиральное сверло

Развитию технологии обработки металлов способствовали два фундаментальных изобретения того времени – колесо и порох. Колесо использовалось не только в качестве элемента транспортных средств, но и как элемент преобразования энергии движущейся воды в энергию вращающегося колеса, что дало возможность применять ее для различных видов обработки. В XV веке токарные и сверлильные устройства были оснащены таким приводом, что позволило считать этот период рождением токарных и сверлильных станков.

Изобретение пороха послужило началом использования огнестрельного оружия, в первую очередь пушек, которые выполнялись из меди, бронзы, чугуна или стали. В отливке пушки осуществлялось сверление канала ствола и запального отверстия (рис. 1.7). По аналогичной технологии

производилось и ручное стрелковое оружие – пищали, мушкеты, ружья, канал их ствола представлял глубокое отверстие сравнительно малого диаметра, для чего были созданы специальные ружейные и пушечные сверла (рис. 1.8).



Рис. 1.7. Мортиры и пушечные стволы и станки для высверливания в них каналов

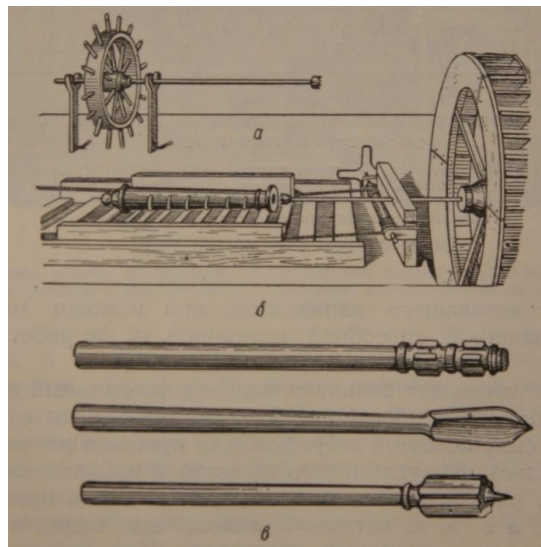


Рис. 1.8. Станки для высверливания каналов в стволах: а – с ручным приводом; б – с приводом от водяного колеса; в – пушечные сверла

В XV-XVI вв. началось изготовление метчиков (трех- и четырехгранных) для нарезания внутренней резьбы (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Древние метчики и плашки для нарезания резьб

К XVI веку сверлильные и токарные станки достигли универсальных механизмов, с помощью которых производились различные изделия, в том числе стволы огнестрельного оружия, цилиндры, насосы и воздуходувки.

В XVII веке в Голландии, Франции и Германии на токарном станке применили особый резцедержатель – прототип суппорта, исключивший необходимость держать в руках резец во время обработки, что повысило точности и производительность.

В конце XVII – начале XVIII веков на Тульском оружейном заводе было организовано взаимозаменяемое производство с использованием калибров и лекал, введением стандартов на изделия. Ведущим к унификации средств технологического оснащения. На этом заводе в 1714 г. механик М.В. Сидоров построил «вододействующие» машины для сверления оружейных стволов, отставной солдат Я.В. Батищев изготовил станок для одновременного сверления 24 ружейных стволов и для зачистки напильниками их наружных и внутренних поверхностей.

В 1717 г. сподвижник Петра I механик и изобретатель А.К. Нартов создал для токарного станка механический суппорт, перемещаемый вдоль оси вращающейся детали, что значительно повысило точность и производительность обработки, а также обеспечило возможность создания токарно-винторезного станка с нарезанием различных резьб на механической подаче. Что им и было осуществлено в 1725 г. Кроме того, в этот период им были построены большой токарно-копировальный станок, зуборезный и пилонасекальный станки. Объемно-копировальный токарный станок А.К. Нартова (рис. 1.8), позволяющий делать объемные копии с рельефных оригиналов, сейчас хранится в Эрмитаже в Санкт-Петербурге, один из его станков находится в Лувре (Париж), а еще один – в музее искусств и ремесел в Вене.

Во второй половине XVIII века М.В. Ломоносов сконструировал сферно-токарный, лоботокарный и шлифовальный станки. В это же время английские механики М. Смитон и Дж. Уилкинсон создали горизонтальный станок для расточки цилиндров, где применили борштангу с резьбовой головкой, приводящейся в движение водяными колесами. Так появился новый технологический метод – растачивание, а также расточные станки, резцовые головки и борштанги для его реализации.

В конце XVIII века появились первые паровые двигатели, создателями которых считаются англичанин Т. Северен, француз Д. Папен и русский механик И.И. Ползунов. Паровые двигатели кроме транспортных целей стали применяться в качестве привода металлорежущих станков, обеспечивая практически любую мощность технологическому оборудованию. Как правило, паровая машина обеспечивала групповой привод на весь цех или участок (рис. 1.8). Она вращала через ременную передачу общий вал трансмиссии, передающий через ременные передачи вращение на каждый станок.

Усовершенствование Г. Модсли токарно-винторезного станка с самоходным суппортом обеспечило автоматическую, равномерно работающую подачу. Это привело к созданию новых типов токарных, строгальных, сверлильных и шлифовальных станков с механической подачей, а также обеспечило возможность создания фрезерного станка, работающего новым многолезвийным инструментом – фрезой, впервые изготовленным во Франции.

В конце XVIII – начале XIX веков русский механик А.М. Сурнин на Тульском оружейном заводе разработал технологические процессы, обеспечивающие взаимозаменяемость всех ружейных деталей, организовал их внедрение и производство специализированного инструмента. Русский инженер Е.С. Якоби в начале XIX в. построил первый электродвигатель, став-

ший впоследствии основным элементом привода всех металлорежущих станков.

В 1812 г. российский механик Л.Ф. Сабакин создал на Тульском оружейном заводе 25-тонный станок для одновременной обработки 42 ружейных стволов, что положило начало развитию многопозиционной многоинструментальной обработки.

В 1811-1825 гг. на том же заводе механик П.Д. Захаво создает гамму специализированных фрезерных станков с высоким уровнем автоматизации – автоматический останов, следящий люнет, непрерывная подача СОТС в зону резания, стружколоматель.

В 1835 г. британский инженер-механик Джозеф Витуорт запатентовал автоматический токарно-винторезный станок, в 1836 г. шотландец Джеймс Несмит изобрел поперечно-строгальный станок, в 1839 швейцарец И.Г. Бодмер патентует карусельный станок, в 1835-1840 гг. совершенствуются долбежные, клепальные и другие станки (рис. 1.10).



К тому времени механообрабатывающие предприятия приобрели вполне современный вид. В этот период инженерами И. Уитни и С. Нортон на английских заводах внедряется стандартизация и взаимозаменяемость деталей машин, как это происходило и на российских оружейных заводах.

В конце XIX века в России на рабочих чертежах деталей стали впервые указывать допуски на размеры, стало возможным рассчитать посадки и зазоры сопрягаемых деталей и изготавливать их отдельно. Упростился и ускорился процесс сборки машин (отпала необходимость в подгонке деталей), появилась основа для взаимозаменяемости деталей и узлов без дополнительной доработки по месту.

Принцип взаимозаменяемости деталей машин позволил Г. Форду в 1913 г. на своих заводах (США) ввести конвейерную сборку автомобилей и двигателей, что стало революцией не только в автомобилестроении, но и во всей промышленности. Внедрение взаимозаменяемости деталей и конвейер-

ной сборки снизило себестоимость изделий при увеличении объемов их производства.

В результате осуществления промышленного переворота к 1860 г. из всей продукции обрабатывающей промышленности на долю производства с преобладанием машинного труда приходилось 63%, т.е. фабричная продукция уже преобладала над мануфактурной.

Более отчетливое представление о состоянии дореволюционного машиностроения России показывает станкостроительная промышленность. Строились отдельные несложные станки, но самостоятельной станкостроительной отрасли еще не было. Завод Братьев Бромлей (ныне – «Красный Пролетарий») с 1870 г. начал производство строгальных станков для металло- и деревообработки. В это же время станки начинают производить машиностроительные заводы «Феникс», Путиловский, Лесснера, Гольдберга – в Петербурге, завод Грачева – в Москве и «Фельзер» – в Риге.

Отечественное станкостроение в предвоенные годы (до 1914 г.) покрывало около трети всего потребления станков и зависимость русской промышленности от иностранной техники постоянно возрастала. На долю русского станкостроения приходилось производство тяжелых станков для судостроительных и артиллерийских заводов и простейших станков для мелких мастерских и железнодорожных ремонтных мастерских. Однако в годы войны (1914-1917 гг.) станкостроение в России заметно выросло как в количественном, так и в качественно отношении. Кроме имеющихся заводов станки стали производить Харьковский паровозостроительный, «Добровы и Набголец» – в Москве, Мамина – в Балаково, мастерские при фабрике Бардыгина – в Егорьевске, серийное производство станков освоили Тульский оружейный, Краматорский, Сормовский и Брянский заводы, выпускавшие лучшие изделия, чем большинство ввозимых из Скандинавии и других регионов Европы. Станкостроение того времени показало возможность русских машиностроительных заводов организовывать новые для них производства в кратчайшие сроки.

В конце 30-х годов XX века под руководством профессора А.П. Соколовского были разработаны основы **типизации** технологических процессов – технология, заключающаяся в классификации технологических процессов деталей машин и их элементов и последовательном комплексном решении всех задач, возникающих при осуществлении процессов каждой классификационной группы. Идея типизации процессов развилась в идею **групповой технологии**, которая легла в основу современной идеологии гибко-структурной технологии.

За годы первой пятилетки было построено 10 заводов (Ленинградский им. Свердлова, Куйбышевский, Ижевский, Московский револьверных станков, Горьковский фрезерных станков и др.), составивших основу новой производственной базы станкостроения, в результате чего было выпущено 46 тыс. станков и освоено 24 новых типа станков, в том числе никогда ранее не производившихся в Советском Союзе – фрезерных, расточных, больших строгальных, комбинированных, долбежных и сверлильных.

Наряду с успехами станкостроения, рост машиностроения потребовал развития инструментальной промышленности, которая переключилась на производство новейшего, современного инструмента – метчиков, плашек, разверток, фрез. А массовое производство современных сверл, не уступавших лучшим американским и европейским аналогам, было организовано на заводе им. Калинина. Собственная база для производства абразивных изделий была создана на построенном в первой пятилетке Челябинском абразивном заводе.

В 30-е годы типаж станкостроения обогатился рядом станков для массовых производств – специальными расточными станками, многошпиндельными, сверлильными и нарезными станками, сверлильно-расточными и рядом других. Расширился и увеличился типаж токарных и револьверных станков, автоматов и полуавтоматов, расточных станков, фрезерных, зуборезных (зубоотделочных, зубострогальных, зубофрезерных и зубодолбежных).

Большие сдвиги произошли к концу второй пятилетки (1929-1934 гг.) также по группе шлифовальных станков (высокопроизводительные плоско- и круглошлифовальные, внутришлифовальные, бесцентровые, специальные полировочные и заточные станки для резцов, фрез, разверток и протяжек).

Средний выпуск станков вырос от 12,5 тыс. в годы первой пятилетки до 34,6 тыс. в годы второй пятилетки, а также до 56,3 тыс. в три предвоенных года третьей пятилетки. Количество основных типоразмеров станков увеличилось в 1940 г. по сравнению с 1933 г. почти в 10 раз (составило 500 типоразмеров). Стали выпускаться тяжелые станки (крупные карусельные, строгальные, расточные, башенные и др.).

Важную роль в развитии станкостроения сыграли научно-исследовательские организации и заводские лаборатории, особенно ЭНИМС (Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков), обеспечивавший станкостроительные заводы нормами точности на изготовление станков, типовыми технологическими процессами, разработанным типажом, стандартами и нормами.

В начале войны (1941 г.) 1360 крупных предприятий было эвакуировано в восточные районы страны (на Урал, в Западную Сибирь, Среднюю Азию и Казахстан), где в дальнейшем произошли существенные изменения в промышленной структуре, что предопределило направление дальнейшего развития машиностроения в новых районах.

После Великой Отечественной войны произошли значительные сдвиги в машиностроении – повышение вооруженности труда, обеспечение более высокой дееспособности и эффективности оборудования, интенсивности, скорости, производительности, непрерывности и автоматизации работы оборудования, замена ручного труда машинным.

В станкостроении и тяжелом машиностроении применяются концентрация операций, многорезцовая, многошпиндельная обработка, расширяется использование более производительных методов механической обработки – протягивания, накатывания резьбы, шлифования и др., повышающих производительность труда в 3...4 раза.

В машиностроении внедряются новые, более производительные методы обработки – пластическое деформирование, электроискровой и электроэрозионный методы, анодно-механическая обработка металлов и т.д.

К концу 1950-х годов значительно увеличился выпуск металлорежущих, в том числе прогрессивных станков – автоматов и полуавтоматов, специальных и агрегатных, прецизионных и тяжелых станков.

Во второй половине XX века начинается разработка проблемы организации поточных и автоматизированных технологических процессов обработки заготовок в серийном производстве.

Создаются системы автоматизированного управления ходом технологического процесса с его оптимизацией по всем основным параметрам изготовления и требуемым эксплуатационным качествам. Развертываются работы по созданию гибких автоматизированных производственных систем на основе использования ЭВМ, автоматизации межоперационного транспорта и контроля робототехники.

В 1960-70 гг. академик Л.Н. Кошкин создает и внедряет автоматические поточные линии роторного типа, отличающиеся небывалой производительностью. В это время также разработана целая серия резцов с механическим креплением твердосплавных неперетачиваемых режущих пластин.

Главным же событием этого периода следует считать появление станков с числовым программным управлением (ЧПУ), которые при сохранении функций автоматических станков достаточно быстро могут переходить от обработки одной номенклатуры деталей к другой путем смены управляющей программы и комплекта режущего инструмента, а также выполнения настройки, на что уходит от 1 до 4 часов. Первые станки с ЧПУ – токарно-винторезный 1К62ПУ и токарно-карусельный – 1541П, затем появились вертикально-фрезерные – 6Н13 Контур-3П.

Тяжелые станки, выпускаемые Коломенским заводом тяжелого станкостроения (КЗТС), были уникальными для своего времени. Четверть продукции завода поставлялась на экспорт в 50 стран мира, в том числе США, Германию, Англию, Францию, Японию, Китай. В 1970 году станок КУ299 Коломенского завода тяжелого станкостроения (рис. 1.11) приобрела компания Hitachi. Размер площадки для обработки деталей мог разместить заготовку размером в 20 м при весе 560 т. Вес самого станка – более 1000 т. Такая машина была нужна для изготовления турбин для ГЭС на реке Парана в Южной Америке. Изготовить турбины мог только Ленинградский металлический завод на коломенских станках. Это был самый дорогой станок в истории отечественных поставок за рубеж. В Коломне собрали и самый большой станок (1970 г.) в мире – КУ466, который мог обрабатывать детали высотой до 5 м и диаметром до 22 м.

К концу 1970-х годов появились многоинструментальные станки с новыми достаточно надежными системами ЧПУ отечественного производства типа Н-22 и Н-33 соответственно для токарного и фрезерного оборудования. В это же время появились токарные и фрезерные многоцелевые, многофункциональные станки типа обрабатывающий центр. К токарным центрам отно-

сились станки MDV-220 Max Miller (совместно производимый Московским станкозаводом им. Орджоникидзе и германской фирмой) с системой ЧПУ Si-
numetik, а также СТП-220 с системой ЧПУ Н-22. Они имели элеваторные ин-
струментальные магазины для размещения до 14 различных резцов, сверл,
зенкеров.

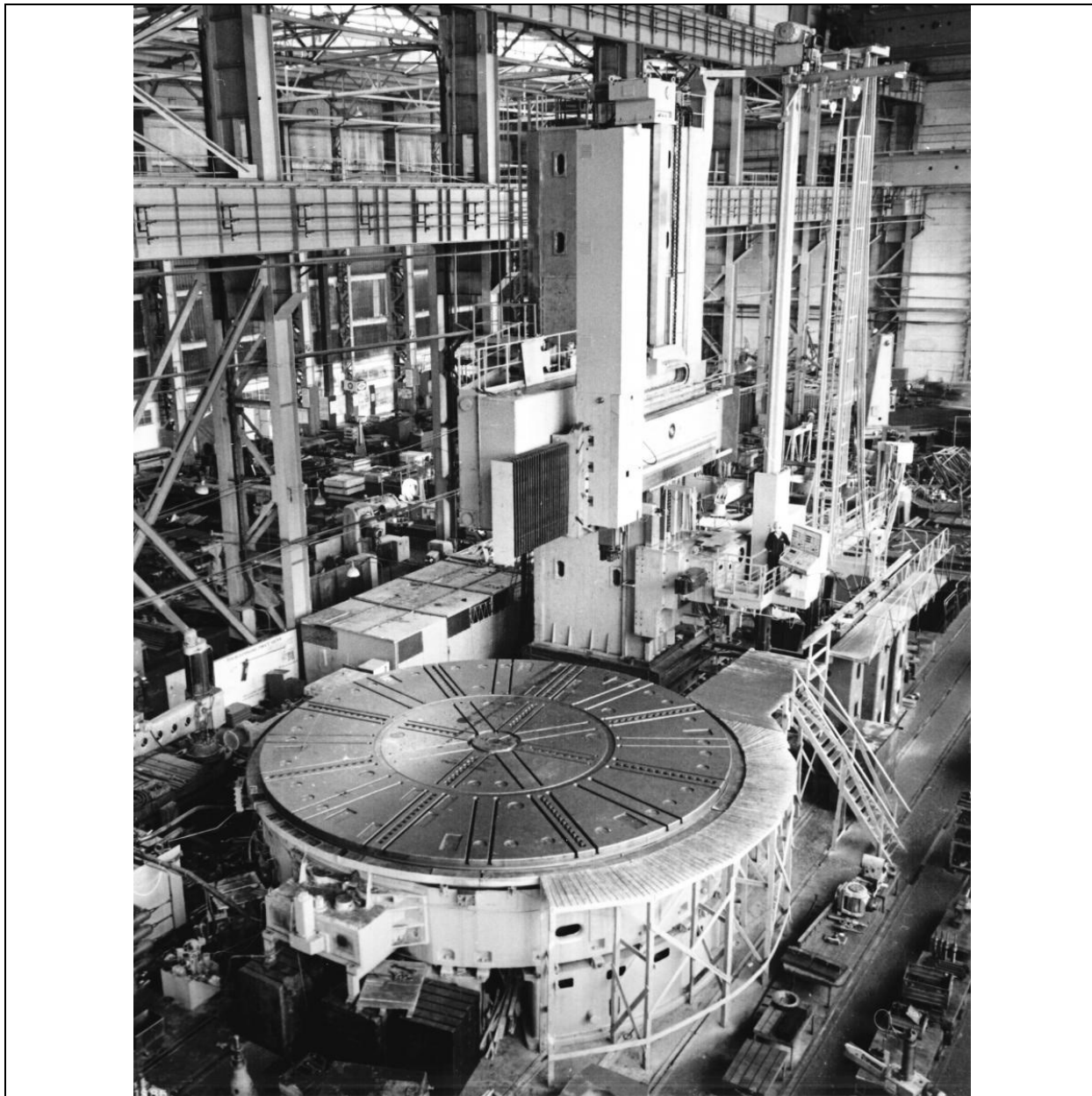


Рис. 1.11. Самый большой станок (1970 г.) в мире – двухстоечный карусельный КУ466
Коломенского завода тяжелого станкостроения

Лидерами среди отечественных фрезерных обрабатывающих центров
являлись станки Ивановского станкостроительного производственного объ-
единения – ИР320 и ИР500, которые вначале оснащались системами Н-33, а
затем – системами ЧПУ типа BOSCH. Многоцелевые станки ИР320ПМФ4 и
ИР500ПМФ4 с комбинированной системой числового программного управ-
ления, автоматической сменой инструмента и обрабатываемых деталей пред-

назначались для обработки корпусных деталей особо сложной конфигурации.



В середине 1980-х годов многофункциональные токарные и фрезерные станки явились основой для создания гибких автоматизированных производств (ГАП). Их появлению предшествовало развитие и распространение различных систем автоматизированного проектирования (САПР) и управления, в том числе САПР технологической подготовки производства (ТПП), автоматизированной системы управления (АСУ) и автоматизированной системы управления производством (АСУТП), средств вычислительной техники и промышленных роботов (ПР). К функциям ПР относится не только транспортировка отдельных предметов, но и их пространственная ориентация, а управление осуществляется от системы ЧПУ.

В последние годы активно реализовывалась концепция ГАП, представляющая собой совокупность многоцелевых станков с ЧПУ, оснащенных промышленными роботами, связанных единой транспортно-складской и другими вспомогательными системами, работающими под управлением единого управляющего комплекса. Это обеспечивало возможность сравнительно быстрого перехода к обработке любых по конфигурации деталей из ранее определенного перечня, без перепланировки производственных площадей и существенной переналадки оборудования.

Достижения в области надежности технических и программных средств ГАП, рационального выбора номенклатуры обрабатываемых деталей, организации автоматического контроля параметров качества детали и износа режущего инструмента, автоматической поднастройки оборудования и устранения неполадок способствовали появлению понятия безлюдной технологии – такой формы организации работы ГАП, происходящей в автоматическом режиме без участия человека в течение заданного времени.

При организации безлюдной технологии целесообразна реализация и другого понятия – безбумажной технологии – формы организации проекти-

рования и выполнения технологических процессов, при которой все процессы обработки содержатся в памяти ЭВМ в виде управляющих программ для станков с ЧПУ и по мере необходимости могут быть автоматически загружены в память системы ЧПУ и запущены на выполнение.

Тенденция развития современных станков – снабжение каждого узла собственным приводом в виде шагового электродвигателя, высокомоментного двигателя и создание на агрегатной основе многооперационных станков с ЧПУ, а также – модульный принцип построения компоновок, позволяющий расширить технологические возможности станков с параллельной кинематикой. С целью расширения технологических возможностей и повышения производительности обработки в России созданы различные исполнения многоцелевых станков на основе механизмов параллельной структуры (МПС), которые имеют четыре или пять кинематических звеньев (и аналогичное количество степеней свободы) принципиально построены на основе трехкоординатного МПС. Дополнительные (одно или два) кинематических звенья обеспечивают лишь расширение технологических возможностей подобного оборудования аналогично применению многоинструментальных головок или поворотных рабочих столов в традиционном технологическом оборудовании. Наиболее интересные из отечественных разработок последнего времени в области прогрессивного станочного оборудования показаны на рис. 1.13.



Опыт использования многооперационных станков показал, что при их рациональной эксплуатации помимо улучшения технико-экономических показателей изменяются также условия труда персонала. Тяжелый, монотонный, рутинный труд превращается в труд творческий с использованием широких интеллектуальных возможностей человека.

Обзор современного состояния многооперационных станков с МПС показывает, что оборудование этого класса активно производится многими ведущими российскими и иностранными компаниями и востребовано на ми-

ровом рынке, а его технические характеристики превосходят соответствующие характеристики станков традиционной компоновки.

1.2 Порядок выполнения работы

- 1) ознакомиться с историческими особенностями развития технологии машиностроения, металлорежущих станков и инструментов;
- 2) подобрать для заданного исторического периода характерные виды обработки, а также используемого оборудования и инструмента;
- 3) изобразить выбранные примеры характерных для заданного исторического этапа видов механической обработки, станков и инструментов;
- 4) оформить отчет о проделанной работе.

1.3 Содержание отчета

- Этапы исторического развития технологии машиностроения, металлорежущих станков и инструментов.
- Эскизы примеров, характерных для заданного исторического этапа видов механической обработки, станков и инструментов.
- Выводы по результатам выполненной работы.

1.4 Вопросы для самоконтроля

2. К каким тысячелетиям до н. э. относят начало обработки материалов? Какими были первые обрабатываемые материалы?
3. Какие найденные археологические предметы свидетельствуют о первых инструментах?
4. Когда в истории человечества возникла металлообработка?
5. Привести первые в истории виды металлообработки.
6. Привести примеры первых в истории станков.
7. Какие инструменты для сверления применялись в IX-XI веках?
8. Какие инструменты и станки характерны для XV-XVI вв.?
9. Какие виды обработки, инструменты и станки характерны для XVII-VIII вв.?
10. Какие виды механообработки и станки характерны для XVIII-XIX вв.?
11. Какие особенности технологии и производства развивались в первой половине XX века?
12. Охарактеризовать особенности военного и послевоенного машиностроительного производства в России.
13. Особенности развития машиностроения в России в конце XX – начале XX вв.
14. Тенденции развития современных станков и оборудования.

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2.

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КОНСТРУКТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Цель занятия: изучение конструктивных особенностей и ознакомление с общими методическими подходами к исследованиям геометрических параметров режущей части резца.

2.1. Теоретическое описание

Резцы являются наиболее простыми и распространенными металлорежущими инструментами. Приняты следующие основные определения, характеризующие обработку заготовок резцами (ГОСТ 25751 – 83).

Резец – однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в нескольких направлениях.

Лезвие инструмента – клинообразный элемент режущего инструмента для проникновения в материал заготовки и отделения слоя материала.

Резец состоит из рабочей части и крепежной части или державки, служащей для закрепления резца (рис. 3.1) в резцедержателе станка или в другом крепежном устройстве.

Крепежная часть – часть режущего инструмента для его установки и (или) крепления в технологическом оборудовании или приспособлении.

Рабочая часть – часть режущего инструмента, содержащая лезвия и выглаживатели при их наличии.

Выглаживатель лезвийного инструмента – выступ на лезвийном инструменте для выглаживания.

Рабочая часть резца состоит из следующих элементов: передней поверхности; задних поверхностей; режущих кромок; вершины.

На режущей части лезвийного инструмента имеются следующие поверхности и кромки.

Передняя поверхность A_γ – поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой.

Задняя поверхность A_α – поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания с поверхностями обрабатываемой заготовки.

Режущая кромка – кромка лезвия инструмента, образуемая пересечением передней и задней поверхностей лезвия.

Примечание. Режущие кромки образуются пересечением передней и задних поверхностей. Их две – главная режущая кромка и вспомогательная.

Главная режущая кромка К (режущая кромка) – часть режущей кромки, формирующая большую сторону сечения срезаемого слоя (рис. 2.1).

Примечание. Главная режущая кромка выполняет главную работу резания. Она образуется от пересечения передней и главной задней поверхностей.

Вспомогательная режущая кромка – часть режущей кромки, формирующая меньшую сторону сечения срезаемого слоя (рис. 2.1).

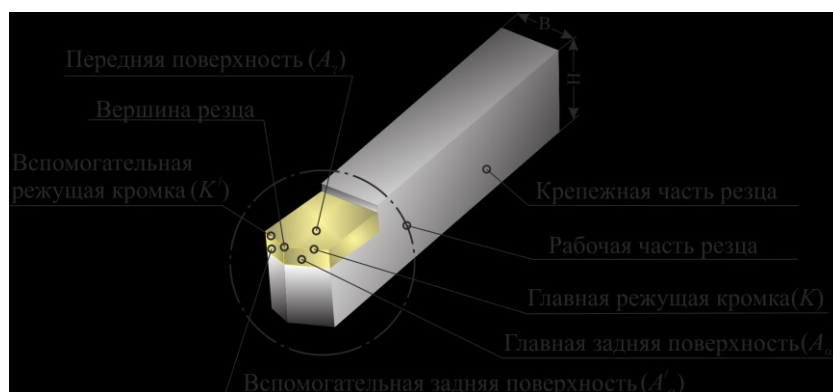


Рис. 2.1. Конструктивные элементы резца

Примечание. Вспомогательная режущая кромка образуется от пересечения передней и вспомогательной задней поверхностей. Вспомогательных режущих кромок может быть две (например, у отрезного резца).

Главная задняя поверхность A_a (задняя поверхность) – задняя поверхность лезвия инструмента, примыкающая к главной режущей кромке.

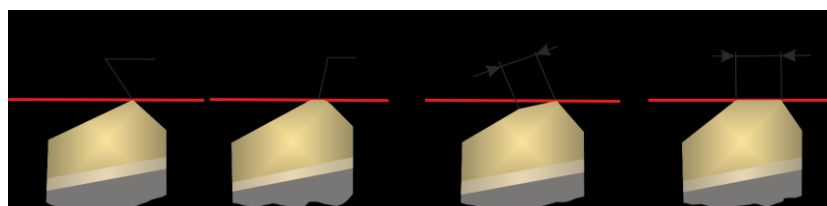
Примечание. Главная задняя поверхность A_a контактирует в процессе резания с поверхностью резания.

Вспомогательная задняя поверхность A'_a – задняя поверхность лезвия инструмента, примыкающая к вспомогательной режущей кромке.

Примечание. Вспомогательная задняя поверхность A'_a контактирует в процессе резания с обработанной поверхностью

Вершина лезвия (вершина) – участок режущей кромки в месте пересечения двух задних поверхностей. Вершиной резца является место сопряжения главной режущей кромки со вспомогательной.

У проходного токарного резца вершиной является участок лезвия в месте пересечения главной и вспомогательной режущих кромок; у резьбового резца – участок лезвия, формирующий внутреннюю поверхность резьбы; у сверла – точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок. Вершиной лезвия резца может быть точка (рис. 2.2, а, в), линия – кривая (рис. 2.2, б) или прямая (рис. 2.2, г).



а б в г
Рис. 2.2. Вершины лезвий режущих элементов

Форма режущей части резца определяется конфигурацией и расположением передней и задней поверхностей. Расположение указанных поверхностей и режущих кромок в пространстве характеризуется углами резца.

Для расчетов, заточки и измерения геометрических параметров рабочей части инструмента установлены специальные прямоугольные системы координат (СК) и координатных плоскостей: статическая (ССК), кинематическая (КСК) и инструментальная (ИСК).

При установлении статической системы координат считается, что скорость резания значительно (на порядки) больше скоростей вспомогательных движений (подачи) и последними для упрощения можно пренебречь. Поэтому ось Z ССК параллельна вектору скорости главного движения V , а начало координат совпадает с вершиной инструмента. При продольном точении две другие оси направлены соответственно: параллельно (X) и перпендикулярно (Y) оси заготовки (рис. 2.3).

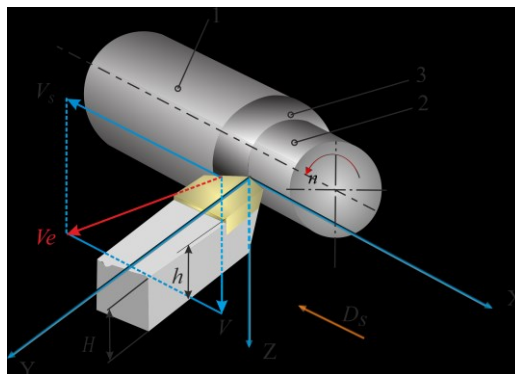


Рис. 2.3. Кинематическая схема продольного точения и векторы скоростей: V – главного движения; V_s – движения продольной подачи; V_e – результирующей скорости

В ряде случаев скоростями вспомогательных движений пренебрегать нельзя. При этом кинематическая система координат будет ориентирована по вектору результирующей скорости V_e (Z). Направление двух других осей при этом выбирают в зависимости от поставленной задачи.

Координатные плоскости (XY), перпендикулярные вектору скорости главного движения V (ССК) или V_e (КСК), называются, соответственно, основной статической (просто основной) или основной кинематической плоскостями.

Инструментальная система координат (ИСК) связана непосредственно с инструментом, а именно, с поверхностями, по которым инструмент базируют при его установке на станке или при заточке. Для проходного резца такой поверхностью является плоскость его основания, которая и исполняет роль основной инструментальной плоскости. Ось Z направлена ей перпендикулярно.

В рассматриваемом случае продольного точения, когда вершина резца находится на одном уровне с осью вращения заготовки, ось Z статической

системы координат совпадает с осью Z инструментальной системы координат.

Плоскостями, относительно которых определяются геометрические параметры рабочей части инструмента (углы относительного расположения его рабочих поверхностей и поверхностей заготовки, возникающих в процессе резания; линейные размеры в виде радиусов криволинейных режущих кромок, размеров фасок и т.п.), прежде всего являются: основная плоскость P_v ; рабочая плоскость P_s ; плоскость резания P_n (рис. 2.4).

Основная плоскость P_v – координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного в ССК или результирующего в КСК движения резания в этой точке.

Плоскость резания P_n – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости. В плоскости резания находится вектор скорости главного движения резания в ССК или вектор скорости результирующего движения резания в КСК.

Примечание. Плоскость резания проходит через главную режущую кромку касательно к поверхности резания.

Рабочая плоскость P_s – плоскость, в которой расположены векторы скоростей главного движения и движения подачи.

Исходной базой для измерения углов являются две плоскости: основная плоскость и плоскость резания.

Главная секущая плоскость P_τ – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания (N-N, рис. 2.11).

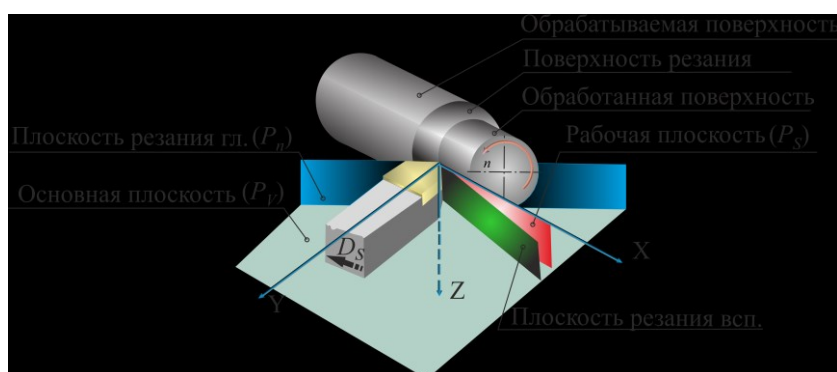


Рис. 2.4. Расположение плоскостей в процессе резания

Нормальная секущая плоскость P_n – плоскость, перпендикулярная режущей кромке в рассматриваемой точке. Очевидно, что нормальная секущая плоскость повернута относительно главной секущей плоскости на величину угла наклона главной режущей кромки λ (рис. 2.13).

Примечание. В стандартных обозначениях координатных плоскостей применяются индексы, которые соответствуют системе (рис. 2.3, 2.4): «и» – в ИСК; «с» – в ССК; «к» – в КСК. Например, P_{vc} – основная плоскость в ССК, P_{vk} – основная плоскость в КСК.

2.1.1 Классификация резцов

Резцы классифицируют по ряду характерных признаков (табл. 2.1).

Проходные резцы применяются для точения вдоль оси вращения заготовки (рис. 2.5, а).

Расточные резцы применяют для обработки глухих и сквозных отверстий (рис. 2.5, б).

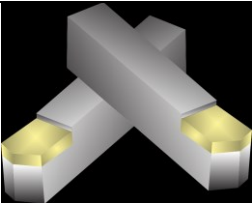
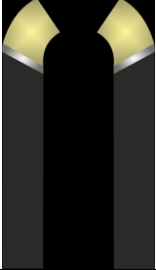
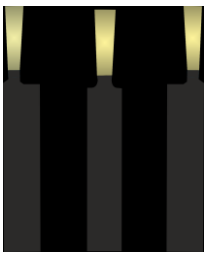
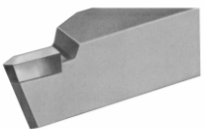
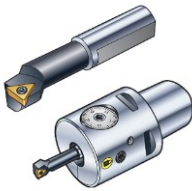
Отрезные резцы (рис. 2.6, а) аналогичны канавочным (прорезным) резцам (рис. 2.6, б), но имеют длину режущей кромки, соответствующую ширине прорезаемой канавки.

Подрезные резцы применяют для обработки заготовок в направлении, перпендикулярном или наклоненном к оси вращения заготовки (рис. 2.7, а). Подрезной торцевой упорный резец может быть использован для продольной обточки с одновременной обработкой торцевой поверхности, составляющей с цилиндрической поверхностью прямой угол.

Фасонные резцы применяют для обработки фасонных поверхностей (рис. 2.7, б).

Таблица 2.1

Классификация резцов		
1. По применяемости на станках		
Токарные, строгальные, долбежные, автоматные		
2. По видам обработки		
Проходные	Подрезные	Прорезные
Отрезные	Расточные	Фасочные
Резьбовые	Галтельные	Фасонные

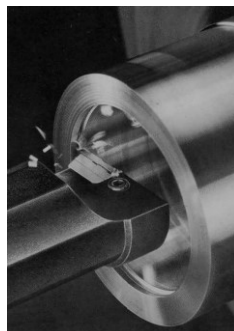
3. По характеру обработки		
Черновые, чистовые, для тонкого точения		
4. По направлению подачи		
Правые		Левые
		
6. По форме рабочей части		
Прямые (левый, правый)		Изогнутые
		
С отогнутой рабочей частью (левый, правый)		С оттянутой рабочей частью (влево, симметрично, вправо)
		
7. По способу изготовления и крепления режущей части		
Цельные	С приваренной или припаянной пластинкой	С механическим креплением пластинки
		
8. По конструктивным особенностям		
Державочные		Стержневые
		
Призматические		Круглые
		

9. По материалу режущей части

Быстрорежущие, твердосплавные, минералокерамические, алмазные, эльборовые, инструментальные

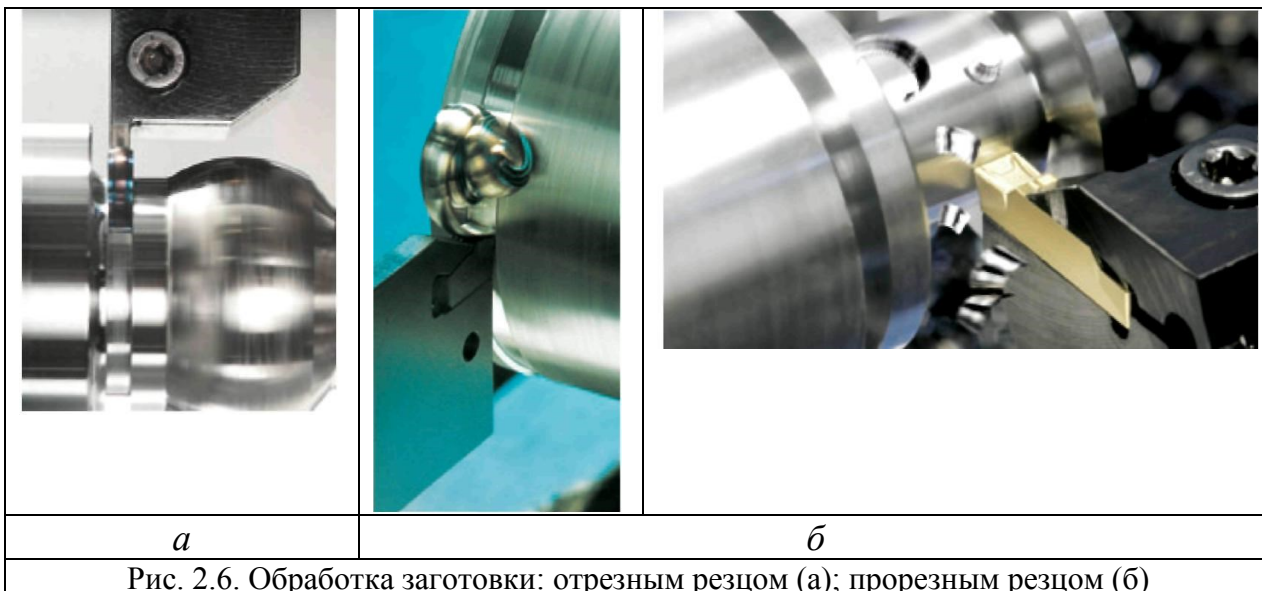


a



б

Рис. 2.5. Обработка заготовки: проходным резцом (а); расточным резцом (б)



a



б

Рис. 2.7. Обработка заготовки: подрезным резцом (а); фасонным резцом (б)

Резьбовые резцы применяют для нарезания наружной и внутренней резьбы (рис. 2.8).

По направлению подачи токарные резцы делятся на правые и левые.

Правыми называются резцы, у которых при наложении на них сверху ладони правой руки пальцами к вершине, главная режущая кромка расположена на стороне большого пальца. При работе на токарном станке эти резцы перемещаются справа налево (от задней бабки к передней).

Левыми называются резцы, у которых при указанном выше наложении левой руки главная режущая кромка расположена на стороне большого пальца.

По форме рабочей части и по ее расположению относительно стержня резцы разделяются на прямые, отогнутые, изогнутые и с оттянутой рабочей частью.

У прямых резцов ось – прямая линия. У отогнутых резцов рабочая часть резца в плане отогнута в сторону. У изогнутых резцов ось резца изогнута в боковой проекции.

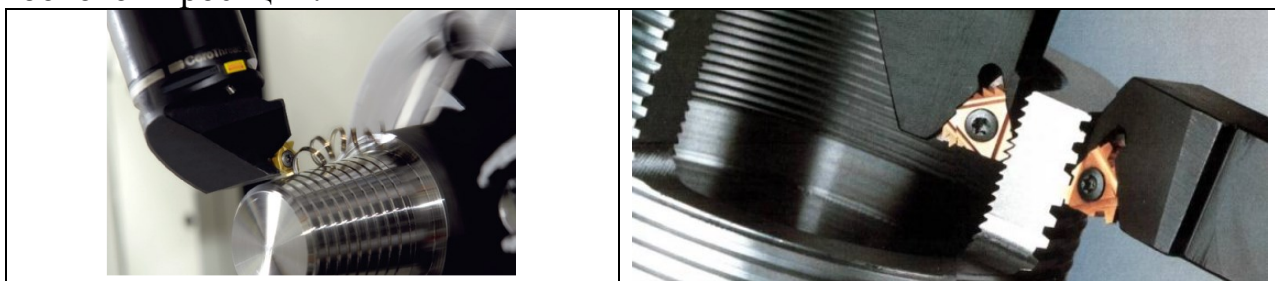


Рис. 2.8. Обработка заготовки резьбовыми резцами

Фасочные резцы применяют для обработки фасок. Галтельные применяют для протачивания галтелей и профильного точения.

Контурные используют для профильного точения. Для современных станков разработан инструмент, позволяющий осуществлять профильную обработку, подразумевающую изготовление деталей сложной формы. Такой инструмент хорошо работает по профилю, а в ряде случаев заменяет несколько инструментов, поскольку способен вести обработку при разносторонних и комбинированных подачах в любую сторону (рис. 2.9).

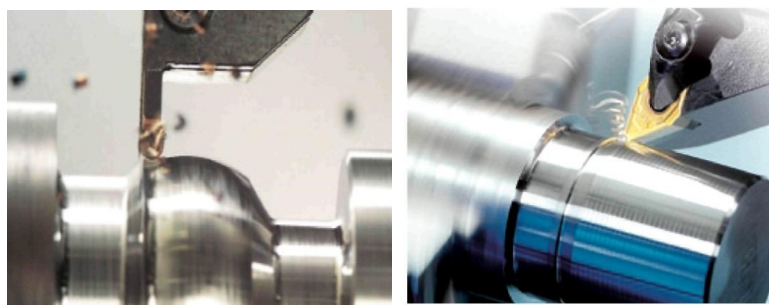


Рис. 2.9. Профильная обработка контурными резцами

У резцов с оттянутой рабочей частью режущая часть по ширине меньше крепежной части резца. Она может быть расположена как симметрично к оси тела резца, так и со смещением по отношению к ней, причем рабочая часть может быть прямой, отогнутой и изогнутой.

Высотой рабочей части h резца называется расстояние от вершины резца до опорной поверхности, измеренное перпендикулярно к ней. Высота рабочей части может быть положительной, когда вершина резца выше поверхности или отрицательной, когда вершина резца ниже опорной поверхности (рис. 2.10).

Длиной рабочей части резца называется наибольшее расстояние от вершины резца до линии выхода поверхности заточки, измеренное параллельно продольным граням тела резца.

На обрабатываемой заготовке при снятии с нее стружки различают следующие поверхности: резания, главного движения, обрабатываемую и обработанную.

Поверхностью резания R – называется поверхность, образуемая на обрабатываемой заготовке непосредственно главной режущей кромкой в результирующем движении. Поверхность резания является переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями.

Поверхность главного движения Rr – поверхность на заготовке, образуемая режущей кромкой в главном движении резания. Например, при точении инструментом с прямолинейной режущей кромкой это может быть коническая поверхность, если $\varphi < 90^\circ$ или плоскость, если $\varphi = 90^\circ$.

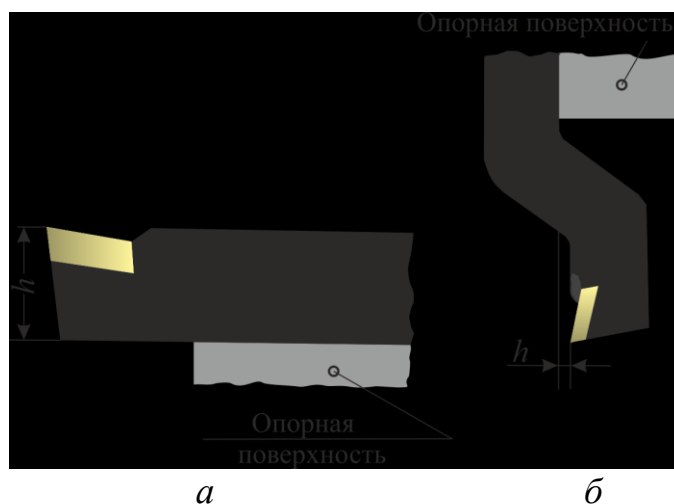


Рис. 2.10. Высота рабочей части резцов разной формы: токарных (а); строгальных (б)

Обрабатываемая поверхность – поверхность, подлежащая воздействию в процессе обработки, т.е. поверхность, которая частично или полностью удаляется с заготовки.

Обработанная поверхность – это поверхность, образованная после воздействия в процессе обработки, т.е. поверхность, образованная на заготовке в результате обработки после снятия стружки.

2.1.2 Углы резца

Режущая часть резца имеет форму клина, заточенного под определенными углами.

Углы резца делятся на главные и вспомогательные. Главные углы измеряются в главной секущей плоскости N-N. К главным углам резца относятся задний угол α , угол заострения β , передний угол γ и угол резания δ .

На рис. 2.11 дана рабочая часть резца с необходимыми сечениями, где показаны главные и вспомогательные углы:

а) γ – главным передним называется угол между следами передней поверхности и основной плоскости (или плоскости, параллельной основной плоскости, рис. 2.12), который отсчитывается по часовой стрелке и, следовательно, будет положительным, когда передняя поверхность располагается ниже основной плоскости, и отрицательным – в противоположном случае (при криволинейной передней поверхности передний угол является переменным по величине и располагается между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке и следом основной плоскости);

б) α – главным задним называется угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания;

в) δ – углом резания называется угол между следами передней поверхности и плоскости резания.

г) при положительном значении γ между углами существует зависимость

$$\delta + \gamma = 90^\circ,$$

$$\delta = 90^\circ - \gamma,$$

$$\alpha + \beta = \delta,$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ.$$

При отрицательном значении γ угол $\delta = 90^\circ + \gamma$.

д) β – главный угол заострения – это угол между передней и главной задней поверхностью резца.

Кроме рассмотренных главных углов, резец характеризуется: вспомогательными углами, углами в плане и углом наклона главной режущей кромки.

Вспомогательные углы измеряются во вспомогательной секущей плоскости N_1-N_1 .

Вспомогательная секущая плоскость – это плоскость, перпендикулярная к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

α_1 – вспомогательный задний угол – между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку, перпендикулярную основной плоскости.

Положение режущих кромок определяется углами в плане (рис. 2.11):

а) φ – главный угол в плане – между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи (угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью);

б) φ_1 – вспомогательный угол в плане – между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи (угол между рабочей плоскостью и проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость);

в) ε – угол при вершине – между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость;

Очевидно, что $\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ$.

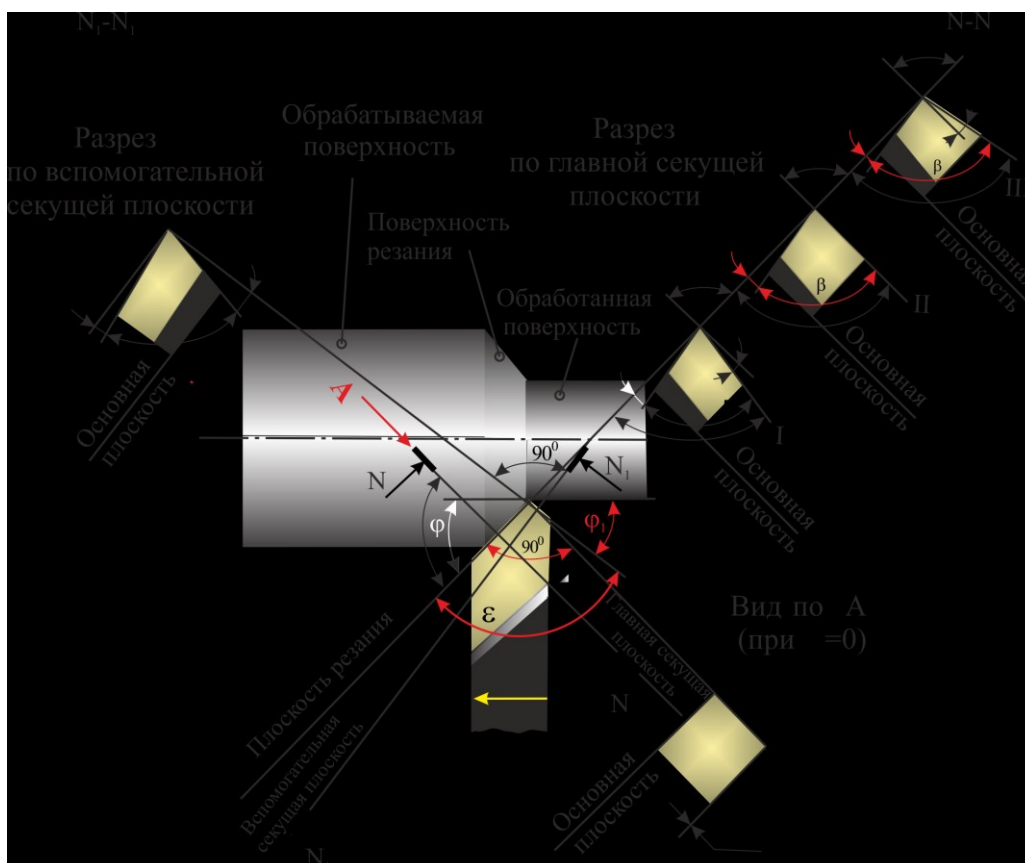


Рис. 2.11. Основные углы резца

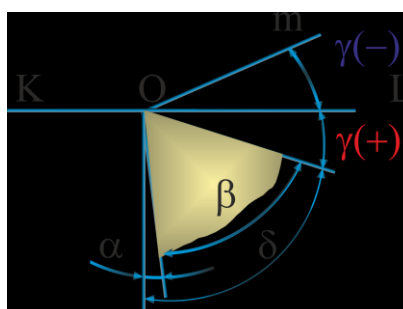


Рис. 2.12. Геометрические параметры в главной секущей плоскости:

γ – передний угол; α – главный задний угол; β – угол заострения;
 δ – угол резания; KL – след основной плоскости; Om – положение передней поверхности при отрицательном значении переднего угла

Углы наклона режущих кромок (рис. 2.13):

а) λ – угол наклона главной режущей кромки, заключенный между главной режущей кромкой и плоскостью, проведенной через вершину резца и параллельной основной плоскости (при положительном угле λ вершина резца занимает низшее положение на главной режущей кромке, при отрицательном – высшее положение);

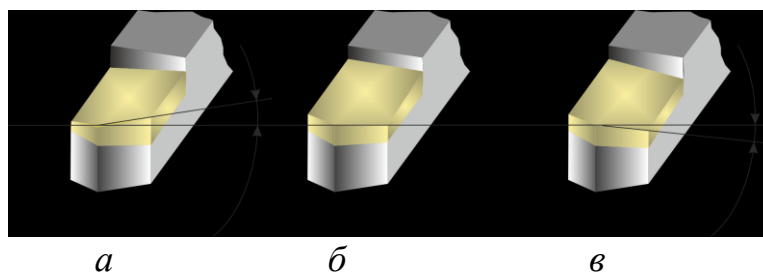


Рис. 2.13 – Угол λ со стороны главной задней поверхности: положительный (а), равный нулю (б), отрицательный (в)

б) угол наклона вспомогательной режущей кромки λ_1 считается положительным, если вершина резца является наивысшей точкой лезвия, и отрицательным – при низшем ее положении.

2.1.3 Геометрические элементы режущей части резцов

Геометрические элементы режущей части инструмента (форма передней поверхности, его углы, форму режущих кромок) оказывают большое влияние на его износ (стойкость). Оптимальное значение геометрических элементов зависит от правильности выбора материала обрабатываемой заготовки, материала режущей части инструмента, типа инструмента и условий обработки.

С целью повышения прочности режущего клина, обеспечения надежного стружкодробления или стружкозавивания переднюю поверхность инструмента делают сложной формы с наличием фасок, выкружек и т.д. (рис. 2.14). В этом случае величина переднего угла задается для каждого участка передней поверхности (углом γ_2 на фаске, углом γ за фаской и т.д.).

Передняя поверхность резцов может иметь несколько разновидностей форм. Наиболее простой является плоская положительная (рис. 2.14, а). Она рекомендуется:

- 1) для резцов всех типов (как резцов из быстрорежущих сталей, так и с пластинками из твердых сплавов) при обработке чугуна;
- 2) для резцов из быстрорежущей стали при обработке сталей с подачами до 0,2 мм/об;

3) для фасонных резцов со сложным контуром режущей кромки.

Для облегчения заточки и доводки резца по передней поверхности угол γ делается не на всей передней поверхности пластинки, а на некоторой ширине $f \geq 3$ мм. Угол же врезания пластинки $\gamma_3 = \gamma + 5^\circ$.

Для упрочнения режущего лезвия на некоторой ширине f делается фаска под углом γ_2 (форма II). Такая форма называется плоской с фаской (рис. 2.14, б). Применяется в конструкциях:

1) резцов из быстрорежущих сталей при обработке ими стальных заготовок с подачей $S_0 > 0,2$ мм/об (при точении), или $S_{2x} > 0,2$ мм/ дв. ход (при строгании);

2) резцов, оснащенных пластинками из твердых сплавов, при недостаточной жесткости системы для облегчения отвода стружки необходимо применять стружкозавиватели (форма II-а).

Для облегчения стружкоотвода (стружкозавивания) передняя поверхность делается с выкружкой радиусом R . Такая форма называется радиусной с фаской (рис. 2.14, в) и применяется для:

1) резцов из быстрорежущей стали всех типов (за исключением фасонных со сложным контуром режущей кромки) при обработке ими стальных заготовок;

2) резцов с пластинками из твердого сплава при полустоговой обработке.

При обработке сталей резцами с пластинками из твердого сплава применяются плоская отрицательная двойная (форма III, рис. 2.14, г) и плоская отрицательная одинарная (форма III-а, рис. 2.14, д).

Передний угол γ предназначается для облегчения процесса стружкообразования, уменьшения трения и износа по передней поверхности резца. Наиболее благоприятным значением угла γ был бы угол 45° , но такая величина переднего угла уменьшает угол заострения и делает режущее лезвие резца недостаточно прочным. Поэтому при обработке твердых металлов (при действии значительных по величине сил), при обработке прерывистых поверхностей (имеет место удар), а также при обработке хрупких металлов (вследствие «сыпучей» стружки надлома нагрузка на резец сосредоточена у режущей кромки), в целях упрочнения режущей кромки передний угол приходится уменьшать.

Чем мягче обрабатываемый металл, тем меньшие по величине силы будут действовать на резец, тем, следовательно, большим может быть выбран передний угол γ .

Задний угол α предназначен для уменьшения трения задних поверхностей резца об обработанную поверхность и поверхность резания, которые в процессе резания подвергаются как упругим, так и пластическим деформациям.

Наличие этих деформаций вызывает некоторое восстановление поверхностей, приводящее к возникновению давления на заднюю поверхность

резца вблизи его режущей кромки. Чем больше будет задний угол α , тем дальше будет отстоять задняя поверхность от мест вспучивания, тем меньше будет трение при относительном перемещении резца и заготовки. Однако большое значение величины заднего угла уменьшает угол заострения β , что приводит к снижению прочности режущего лезвия (кромки) резца.

Среднее рекомендуемое значение величины заднего угла α для резцов находится в диапазоне $6^\circ \dots 12^\circ$.

Чем меньше толщина срезаемого слоя, тем большим должен быть угол α , а так как толщина срезаемого слоя пропорциональна величине подачи, то значения заднего угла выбираются в зависимости от ее величины – чем меньше подача, тем больше задний угол.

В табл. 2.2 приведены средние значения задних и передних углов, рекомендуемые для резцов, оснащенных пластинками из твердых сплавов.

Задний вспомогательный угол α_1 принимается равным главному заднему углу α у всех резцов, кроме отрезных и прорезных. У последних угол $\alpha_1 = 1^\circ \dots 2^\circ$.

Главный ϕ и вспомогательный ϕ_1 углы в плане оказывают большое влияние на стойкость резца. С уменьшением главного и вспомогательного углов в плане: рабочая часть резца становится более массивной; уменьшается толщина стружки и увеличивается длина активной части режущей кромки. Режущая кромка испытывает меньшую термодинамическую нагрузку на единицу длины, при этом уменьшается интенсивность износа резца и увеличивается его стойкость. Кроме того, малые углы ϕ и ϕ_1 способствуют получению обработанной поверхности с меньшей шероховатостью, но вместе с тем увеличивается отжим резца от заготовки. При недостаточной жесткости системы «станок-приспособление-резец-заготовка» могут возникнуть вибрации, при которых резко ухудшается качество обработки. Для нормальных условий работы принимают значения $\phi = 60^\circ \dots 90^\circ$.

Угол наклона главной режущей кромки λ влияет на направление схода стружки, на массивность рабочей части резца и на место начального соприкосновения срезаемого слоя с режущей кромкой при прерывистом резании.

Таблица 2.2

Средние значения задних и передних углов, рекомендуемые для резцов, оснащенных пластинками из твердых сплавов

Обрабатываемый материал		α		γ	
		Величина подачи S , мм/об		Форма передней поверхности	
		$< 0,3$	$\geq 0,3$	I, II, II-a	III, III-a
Стали конструкционные, углеродистые и легированные	$\sigma < 1200 \text{ Па}$	12	8	15	-5
	$\sigma \geq 1200 \text{ Па}$	12	-	-	-10
Чугун серый	$HB < 220$	10	6	12	-

	$HB \geq 220$	10	6	8	-
Чугун ковкий	$HB = 140 \div 150$	12	8	15	-

Радиус закругления при вершине резца в плане r повышает прочность режущей кромки у вершины, стойкость резца и улучшает чистоту обработанной поверхности. Однако увеличение радиуса приводит к резкому возрастанию силы отжима резца от заготовки и к возникновению вибраций.

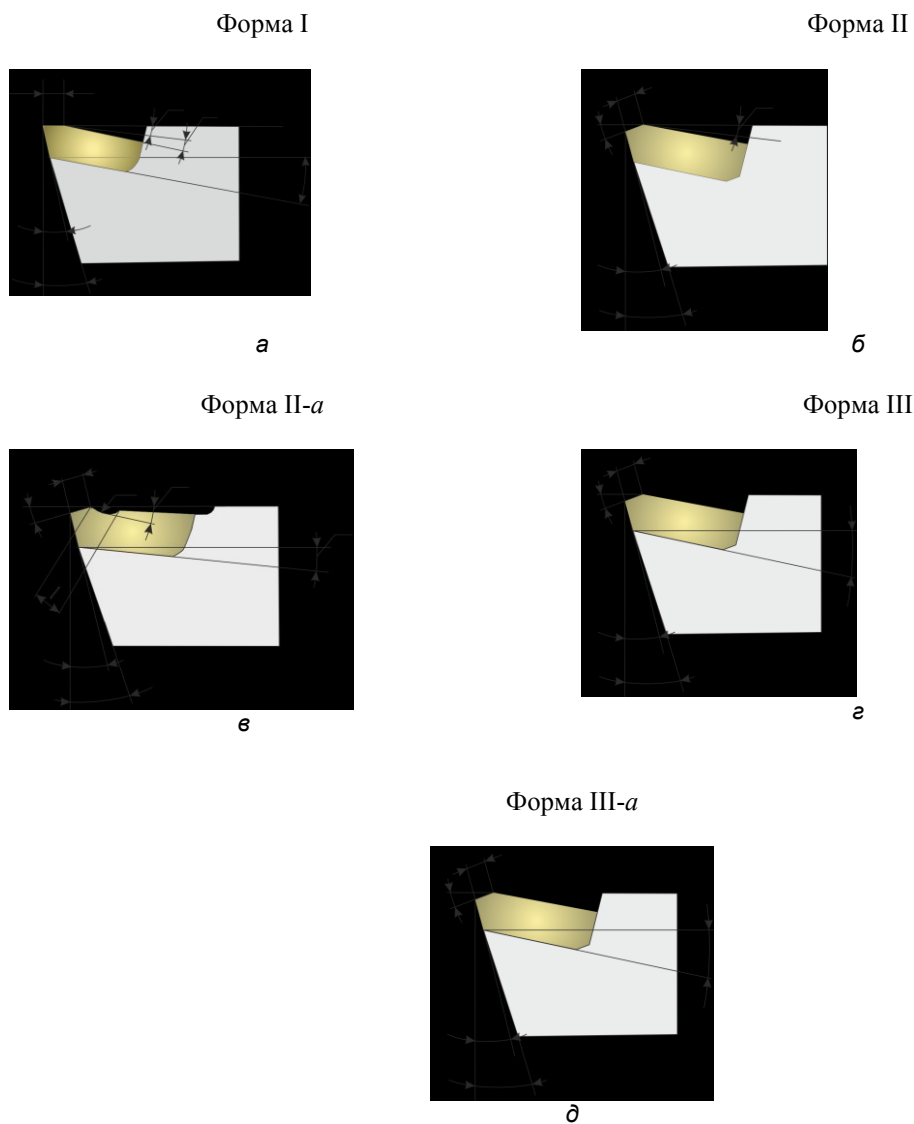


Рис. 2.14 – Форма передней поверхности резца: плоская положительная (а); плоская с фаской (б); радиусная с фаской (в); плоская отрицательная двойная (г); плоская отрицательная одинарная (д)

2.2 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с классификацией резцов, основными понятиями и определениями по их геометрическим параметрам и обозначениям.

2. Выполнить эскизы трех резцов с необходимыми сечениями и обозначениями плоскостей и геометрических параметров.
3. Оформить отчет о проделанной работе.

2.3 Содержание отчета

Основные определения по классификации резцов, основным понятиям, геометрическим параметрам и обозначениям.

Эскизы заданных преподавателем резцов с указанием главных и вспомогательных углов, углов в плане и габаритных размеров.

Выводы по результатам исследований геометрии резцов.

2.4 Вопросы для самоконтроля

1. Назовите отличительные признаки токарных, строгальных, долбежных, и автоматных резцов.
2. Сколько режущих кромок у проходного токарного резца?
3. Какие углы измеряются в главной секущей плоскости?
4. Какими углами определяется положение режущих кромок?
5. На что влияет вспомогательный задний угол?
6. На что влияет угол наклона главной режущей кромки?
7. Какие приборы применяются для измерения углов резцов?
8. Как определить положение основной плоскости?
9. Как определяется знак (плюс или минус) угла наклона главной режущей кромки?
10. Как определяется главный угол в плане в случае криволинейной режущей кромки?

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3.

ПРИМЕНЕНИЕ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ СТАНКОВ

Цель работы: освоение методики применения графических условных обозначений при построении кинематических схем станков.

3.1 Основные условные обозначения для кинематических схем

В механизмах станков с ЧПУ для передачи движения от одного звена к другому служат ременные, цепные, зубчатые, червячные, винтовые, речные передачи, муфты, валы, подшипники.

Наиболее употребительные в приводах станков условные обозначения механических передач и других элементов даны в табл. 3.1.

Примеры кинематических схем современных станков с ЧПУ приведены на рис. 3.1–3.3.

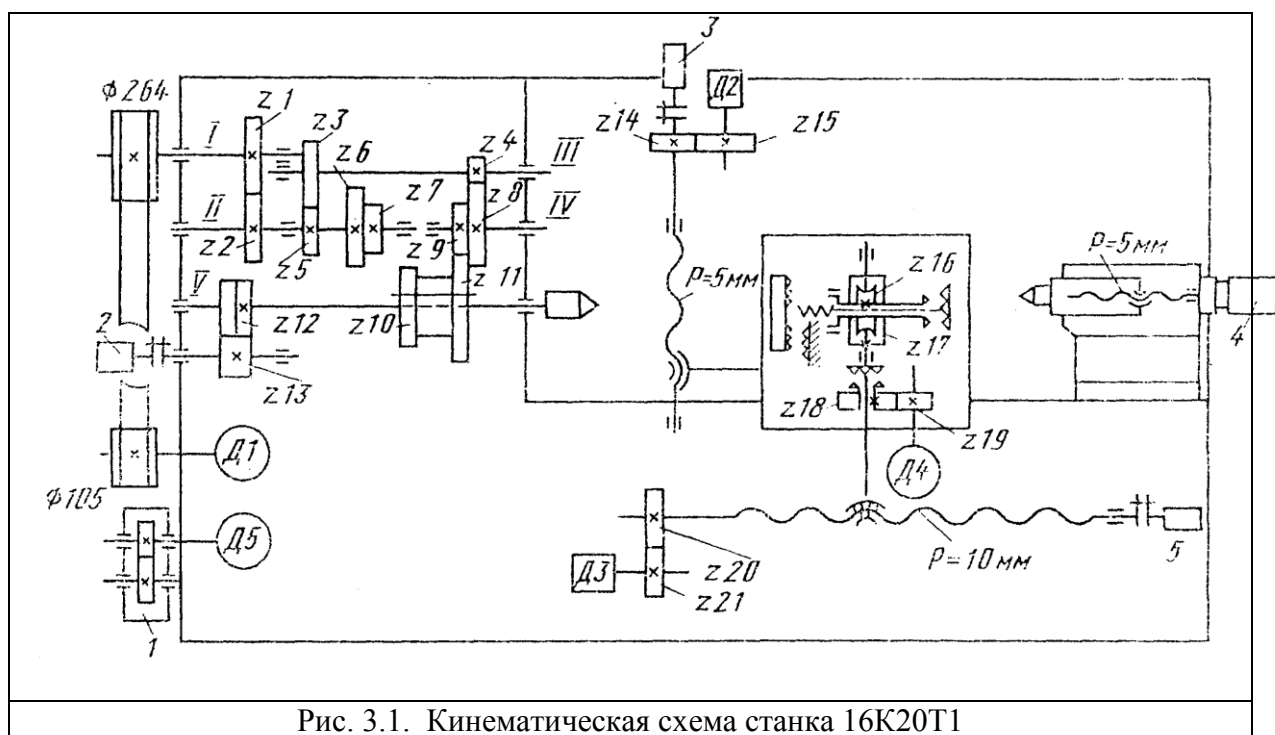
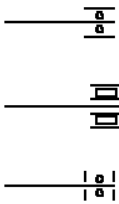
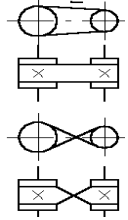
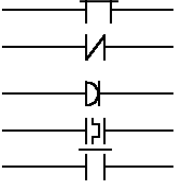
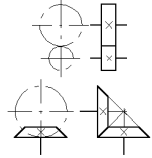
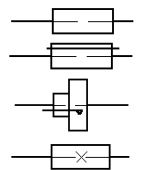
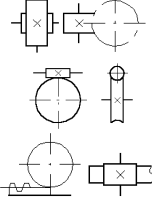
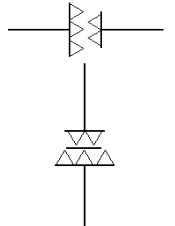
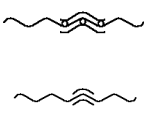
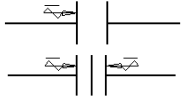
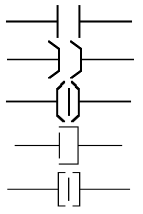
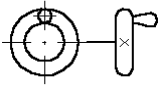
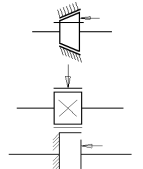
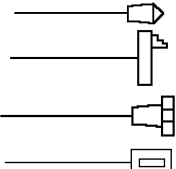


Таблица 3.1

Условные обозначения элементов кинематических схем

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал	—	Передача цепью	
Подшипник скольжения радиальный	—	Передача клиновым ремнем	

Подшипники качения: радиальный (общее обозначение) радиальный роликовый упорный шариковый одинарный		Передача ремнем: плоским Открытая перекрестная	
Соединение двух валов: глухое эластичное шарнирное плавающая муфта зубчатая муфта		Передача зубчатая: цилиндрическая коническая	
Соединение деталей с валом: свободное при вращении передвижное без вращения при помощи вытяжной шпонки глухое		винтовая червячная реечная	
Муфта сцепления кулачковая: односторонняя двусторонняя		Передачи винт-гайка: качения (шариковая) скольжения	
Муфта электромагнитная: односторонняя двусторонняя			
Муфта сцепления фрикционная: общее обозначение конусная односторонняя конусная двусторонняя дисковая односторонняя дисковая двусторонняя обгонная односторонняя		Маховичок	
		Электродвигатель	
Тормоз: конусный ленточный дисковый		Шпиндели станков: токарных фрезерного сверлильного	

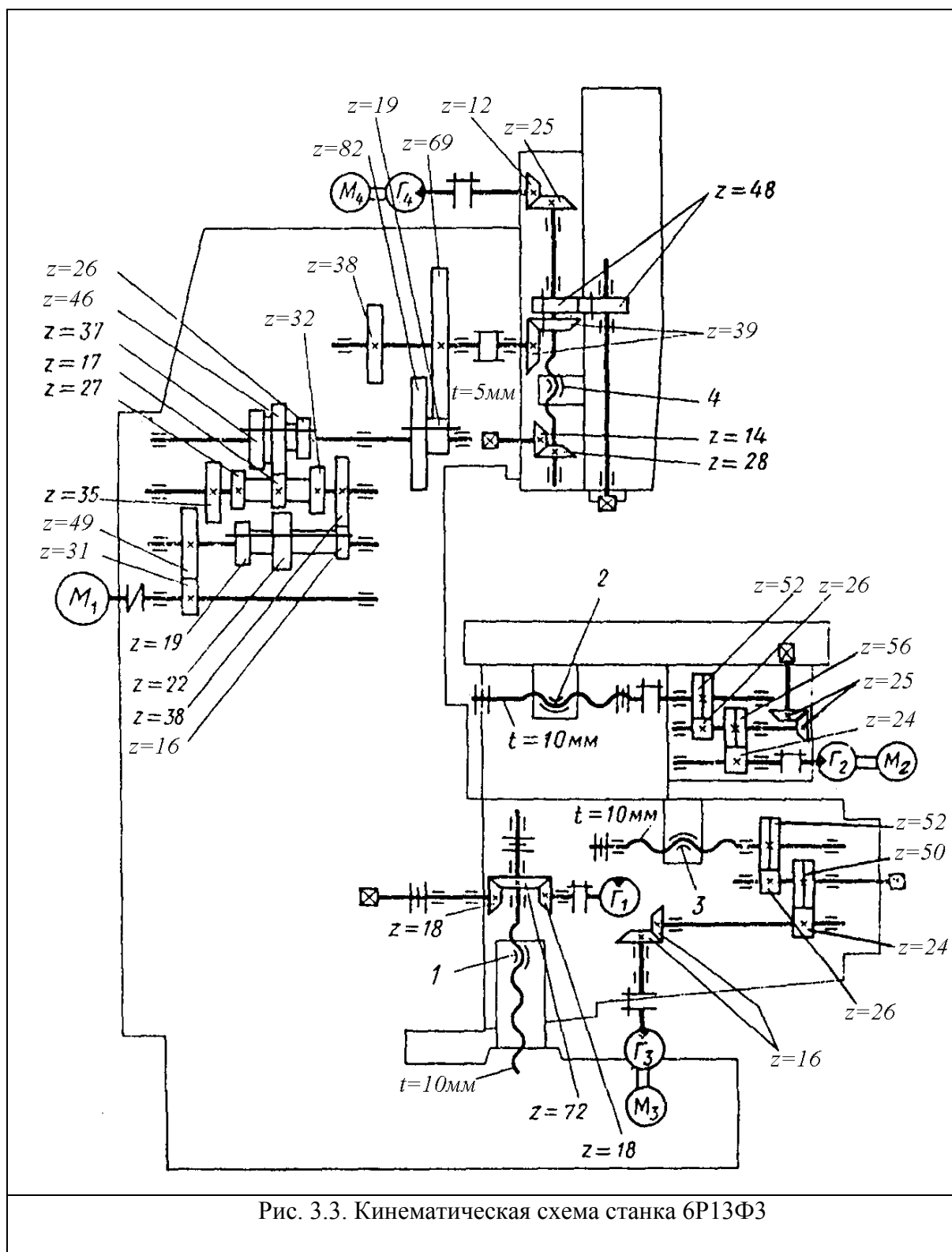


Рис. 3.3. Кинематическая схема станка 6P13Ф3

3.2 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основными графическими условными обозначениями кинематических элементов станков.

По заданному преподавателем шаблону кинематической схемы станка (приложение А) для конкретной модели (табл. 3.2) проанализировать особенности его кинематики, формообразующих движений, расшифровать обозначения его элементов и обозначить необходимый вид соединения деталей с валами.

2. Оформить отчет о проделанной работе.

Таблица 3.2

Варианты заданий

№ п/п	Группа станка	Модель
1	Токарные	1И611П
		1А616Ф2
		16К20
		1М63
		1811
		1М553
		1341
		1П326
		1П365А
		1А730
		1722
		1Б136
		1265-4
2	Сверлильные и расточные	2Н135
		2Р135Ф2
		2М55Ф2
		2Н57
		2620А
		262ПР1
		2450
3	Фрезерные	6М80Г
		6Н81
		6Н13Ф3-2
		6М83Ш
		656П
		6441Б
		6652
4	Зубо- и резьбообрабатывающие	514
		5К324А
		5350Б
		526А
		525
		5А832
		561

		563Б
5	Строгальные и долбежные	7231А
		737
		743
		7430
6	Шлифовальные	3М151
		3180
		3А252
		3724
		3772

3.3 Содержание отчета

- Название и цель работы.
- Основные графические условные обозначения кинематических элементов станков.
- Изобразить кинематическую схему станка заданной модели с расшифровкой используемых в ней условных обозначений узлов и элементов, а также с проставленными символьными обозначениями видов соединений шкивов, зубчатых колес и муфт с валами.
- Выводы по результатам работы.

3.4 Вопросы для самоконтроля

1. Привести примеры наиболее употребительных в станкостроении графических условных обозначений для кинематических схем.
2. Изобразить кинематическую цепь с использованием набора условных обозначений элементов.
3. Какие виды соединений детали с валом могут быть условно обозначены на кинематических схемах?
4. Изобразить виды передач для кинематических цепей станков.
5. Какие соединения двух валов могут быть использованы на схемах?

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4.

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Цель работы: изучение конструкции, кинематики и принципа действия станка, освоение приемов наладки станка на выполнение резьбонарезной операции.

4.1 Теоретическое описание

Токарно-винторезный станок мод. 16К20 предназначен для выполнения наружного и внутреннего точения, нарезания правой и левой метрической, дюймовой, модульной и питчевой резьб, одно- и многозаходных резьб с нормальным и увеличенным шагом, торцевой резьбы, а также отрезки, сверления, зенкерования и развёртывания отверстий. Общий вид станка 16К20 изображен на рис. 4.1.

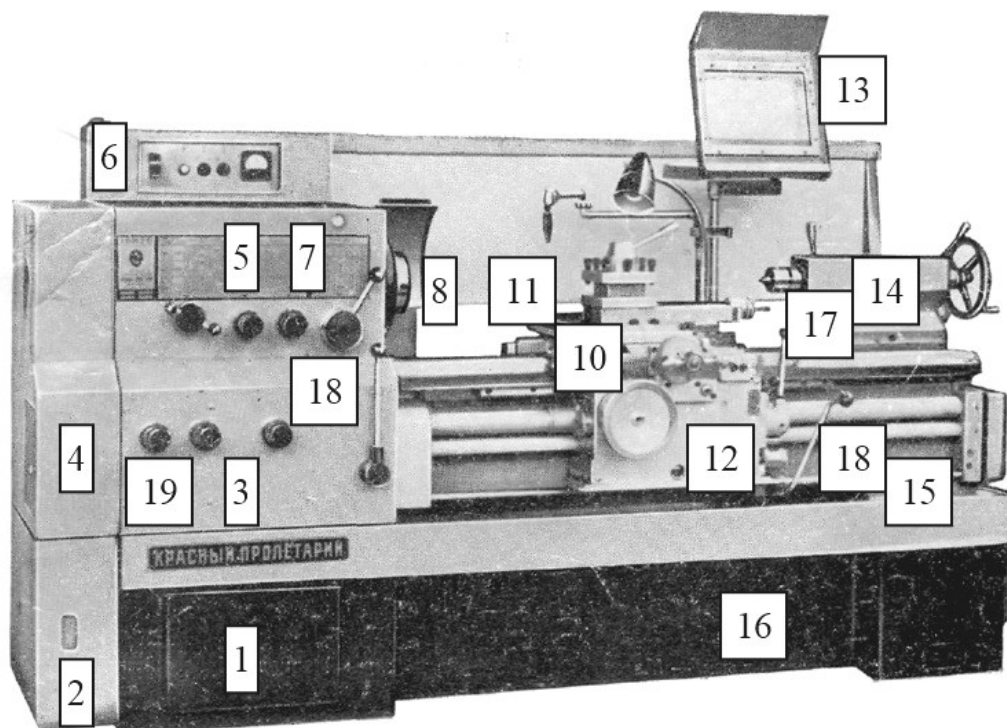


Рис. 4.1. Общий вид станка 16К20: 1 – передняя тумба; 2 – ременная передача; 3 – коробка подач; 4 – гитара сменных колес; 5 – передняя (шпиндельная) бабка; 6 – кнопочная станция; 7 – переключатель перебора; 8 – шпиндель; 9 – люнет; 10 – суппорт; 11 – резцедержатель; 12 – фартук; 13 – предохранительный щиток; 14 – задняя бабка; 15 – станина; 16 – основание; 17 – рукоятка включения перемещения суппорта; 18 – рукоятка включения шпинделя; 19 – рукоятки настройки подачи

Кинематическая схема станка 16К20 изображена на рис. 4.2.

Главное движение. Главным движением в станке является вращение шпинделя, которое он получает от электродвигателя 1 через клиноременную передачу со шкивами 2-3 и коробку скоростей.

Муфта 6 служит для включения, выключения и изменения направления вращения шпинделя. Движение от электродвигателя на шпиндель может передаваться по двум кинематическим цепям:

а) короткой (без перебора) – 12 высших ступеней частот вращения шпинделя:

$$n'_{шп} = 1460 \cdot (140/268) \cdot 0,985 \cdot (51/39) (\text{или } 56/34) \cdot (21/55) (\text{или } 23/47, \text{ или } 38/38) \cdot (30/60) (\text{или } 60/48), \text{ мин}^{-1}.$$

б) длинной (с перебором) – еще 12 ступеней частот вращения шпинделя:

$$n''_{шп} = 1460 \cdot (140/268) \cdot 0,985 \cdot (51/39) (\text{или } 56/34) \cdot (21/55) (\text{или } 23/47, \text{ или } 38/38) \cdot (15/60) (\text{или } 45/45) \cdot (18/22) \cdot (30/60), \text{ мин}^{-1}.$$

Таким образом, шпиндель станка получает всего 24 значения частот вращения. Практически шпиндель имеет только 22 различных по величине частоты вращения, так как две скорости совпадают.

Регулируемые звенья станков настраиваются на основе уравнения кинематического баланса, выражающего математическую связь между движением начального и конечного звеньев рассматриваемой кинематической цепи. Так, уравнение баланса привода главного движения в общем виде записывается следующим образом:

$$n_{шп} = n_{эл} \cdot i_{р.п.} \cdot p_I \cdot i_{мн} \cdot i_{пер},$$

где $n_{шп}$ и $n_{эл}$ – частоты вращения соответственно шпинделя и электродвигателя, мин^{-1} ;

$i_{р.п.}$ – передаточное отношение ременной передачи;

p_I – передаточное отношение реверсивной группы;

$i_{мн}$ – передаточное отношение множительной структуры коробки скоростей;

$i_{пер}$ – передаточное отношение перебора.

Движение подачи. Механизм подачи сообщает движение суппорту по четырем кинематическим цепям: винторезной, продольной и поперечной подач, а также быстрого перемещения.

Привод подачи состоит из звена увеличения шага ($i_{у.ш.}$), механизма реверса резьбы (P_2), гитары сменных колес (i_x), коробки подач (i_s) и механизма фартука ($i_{фарт}$), в котором содержатся реверсивные группы продольных (P_3) и поперечных (P_4) подач.

Движение подачи осуществляется непосредственно от шпинделя через пару зубчатых колес 60/60 (нормальное соединение) или через звено увеличения шага, которое расположено в коробке скоростей и имеет три передаточных отношения:

$$i_1 = (60/30) = 2;$$

$$i_2 = (60/30) \cdot (72/18) \cdot (45/45) \cdot (45/45) = 8;$$

$$i_3 = (60/30) \cdot (72/18) \cdot (60/15) \cdot (45/45) = 32;$$

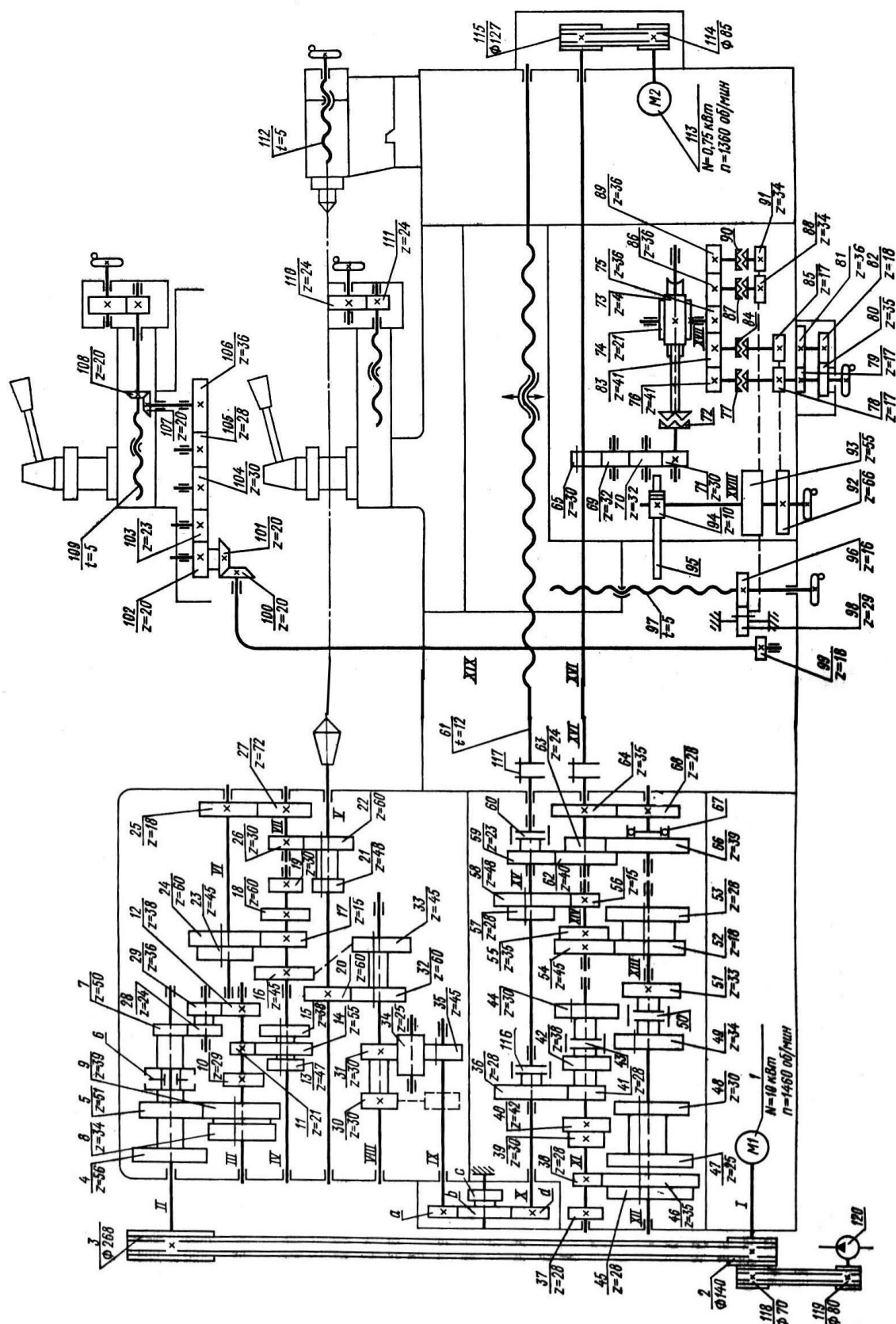


Рис. 4.2. Кинематическая схема станка 16K20

Для изменения направления вращения ходового винта служит реверсивный механизм. Правое вращение винта производится через пару зубчатых колес 30/40, левое – через передачу (30/25)(25/45). Далее

вращение передается сменными зубчатыми колесами гитары, которая имеет две комбинации сменных колес: передача $(A/B) \cdot (C/D) = (40/86) \cdot (86/64)$ применяется при нарезании метрических и дюймовых резьб и для подачи по ходовому валу, а передача $(A/B) \cdot (C/D) = (60/73) \cdot (86/36)$ – для нарезания модульных и питчевых резьб.

Коробка подач имеет две основные кинематические цепи. Одна цепь служит для нарезания дюймовых и питчевых резьб (количество вариантов 16):

$$(28/28) \cdot (38/34) \cdot (25/30) \text{ (или } 30/42, 35/28, 28/28) \cdot (30/33) \cdot (18/45) \text{ (или } (28/35) \cdot (15/48) \cdot \text{ (или } 35/28)).$$

Другая цепь предназначена для нарезания метрических и модульных резьб (количество вариантов 16):

$$(28/28) \cdot (30/25) \text{ (или } 42/30, 28/35, 28/28) \cdot (18/45) \text{ (или } 28/35) \cdot (15/48) \cdot \text{ (или } 35/28).$$

В первом случае ходовой винт получает движение, когда муфты 116, 43 и 50 выключены, а муфта 60 включена. Во втором случае муфта 116 выключена, муфты 43, 50 и 60 включены. Вторую кинематическую цепь используют также для получения продольной или поперечной подачи, при этом вращение на ходовой вал передается через зубчатые колеса: $(23/40) : (24/39) : (28/35)$. Муфта 60 – выключена.

При нарезании резьбы с повышенной точностью движение на ходовой винт передается напрямую, т.е. коробка подач отключена, а муфты 116 и 60 – включены. Аналогично нарезают специальные резьбы. В обоих случаях резьбу на требуемый шаг настраивают подбором сменных зубчатых колес гитары. От ходового вала вращение через передачи $(30/32) \cdot (32/32) \cdot (32/30)$, предохранительную муфту и червячную пару 4/21 передается зубчатому колесу $Z=36$. От этого колеса движение на реечное колесо $Z=10$ для осуществления продольной подачи (правой или левой) происходит через передачи: $(36/41) \cdot (41/41) \cdot (17/66)$. Поперечная подача (правый и левый ход) осуществляется через передачи $(36/36) \cdot (34/55) \cdot (55/29) \cdot (29/16)$ или $(36/36) \cdot (36/36) \cdot (34/55) \cdot (55/29) \cdot (29/16)$. Наличие в коробке подач муфты обгона 67 позволяет сообщать суппорту ускоренное движение от вспомогательного электродвигателя $M2$ без выключения рабочей подачи.

Уравнения кинематического баланса цепей подач в общем виде для различных работ представляются:

- 1) для нарезания резьб нормального шага:

$$I_{об\ вин} \cdot i_{y.u.} \cdot P_2 \cdot i_x \cdot i_s \cdot T_{x.v.} = t_{нар},$$

шаг дюймовой резьбы $t_{нар} = 25,4/n$ (n – кол-во витков на 1 дюйм);

шаг модульной резьбы $t_{нар} = \pi m$ (m – модуль резьбы);

шаг питчевой резьбы $t_{нар} = 25,4 \cdot \pi / p$ (p – число зубьев на 1 дюйме начальной окружности);

- 2) для нарезания резьб увеличенного шага:

$$I_{об\ вин} \cdot i_{пер} \cdot i_{y.u.} \cdot P_2 \cdot i_x \cdot i_s \cdot T_{x.v.} = t_{нар};$$

- 3) для нарезания точных резьб:

$$I_{об\ вин} \cdot i_{y.u.} \cdot P_2 \cdot i_x \cdot T_{x.v.} = t_{нар};$$

- 4) для продольной подачи:

$$I_{об шп} \cdot i_{y.ш.} \cdot P_2 \cdot i_x \cdot i_s \cdot i_{фap} \cdot P_3 \cdot \pi m z = S_{np};$$

- 5) для поперечной подачи:

$$I_{об шп} \cdot i_{y.ш.} \cdot P_2 \cdot i_x \cdot i_s \cdot i_{фap} \cdot P_3 \cdot T = S_{поп.}.$$

Настройка кинематических цепей станка для нарезания резьб сводится к подбору передаточных отношений передач коробки подач и других механизмов, что осуществляется переключением соответствующих рычагов. Исключение представляет нарезание особо точных резьб или резьб с ненормализованным шагом. Конечным звеном является ходовой винт и маточная гайка.

Уравнение настройки можно представить в виде:

$$I_{об шп} \cdot i \cdot T_{x.в.} = t_{нар},$$

где $t_{нар}$ – шаг нарезаемой резьбы; $T_{x.в.}$ – шаг ходового винта; i – передаточное отношение кинематической цепи от шпинделя до ходового винта.

Поскольку в этом случае валы X, XV и ходовой винт 61, связанные муфтами 116 и 60, представляют собой единое звено, то передаточное отношение цепи:

$$i = i_n \cdot i_z,$$

где i_n – передаточное отношение постоянных передач; i_z – передаточное отношение сменных колес звена настройки (гитары).

Отсюда: $i_z = (1/i_n) \cdot (t_{нар}/T_{x.в.})$,

обозначив $1/i_n$ через C , получим

$$i_z = C \cdot (t_{нар}/T_{x.в.}).$$

Передаточное отношение i_n чаще всего равно 1:1 или 1:2. Применительно к кинематической схеме станка значение i_n может быть различным в зависимости от положения блоков с зубчатыми колесами 21–22, 23–24 и 32–33. Если колесо 20, расположенное на шпинделе, сцеплено с колесом 32, то вращение механизму подач сообщает непосредственно шпиндель, и передаточное отношение постоянных передач i_n от шпинделя к звену настройки (гитаре) будет $(60/60) \cdot (30/45) = 2/3$ (валы V, VIII и IX).

При нарезании резьбы с большим шагом (16...112 мм) передача движения осуществляется через звено увеличения шага. В этом случае блок колес 21-22 на шпинделе занимает правое положение, и колесо 16 на валу IV зацепляется с колесом 33 на валу VIII. Передаточное отношение цепи от шпинделя до вала IX при сцеплении колес в такой последовательности будет иметь два варианта:

- 1) $i_n = (60/30) \cdot (72/18) \cdot (45/45) \cdot (30/45) = 16/3$;
- 2) $i_n = (60/30) \cdot (72/18) \cdot (60/15) \cdot (45/45) \cdot (30/45) = 64/3$.

Таким образом, включение звена увеличения шага из двух вариантов зацепления колес дает увеличение передаточного отношения от шпинделя до

вала VIII в 8 и 32 раза, что соответственно увеличивает шаг нарезаемой резьбы во столько же раз.

Коробка подач (рис. 4.3.) закреплена на станке ниже передней бабки и имеет несколько валов, на которых установлены подвижные блоки зубчатых колес 3, 9, 11, 12 и переключаемые зубчатые муфты 1, 2, 4 и 10. В правом положении муфты 4 получает вращение ходовой винт 5, а в левом ее положении (как показано на рисунке) через муфту обгона 8-7 вращается ходовой вал 6.

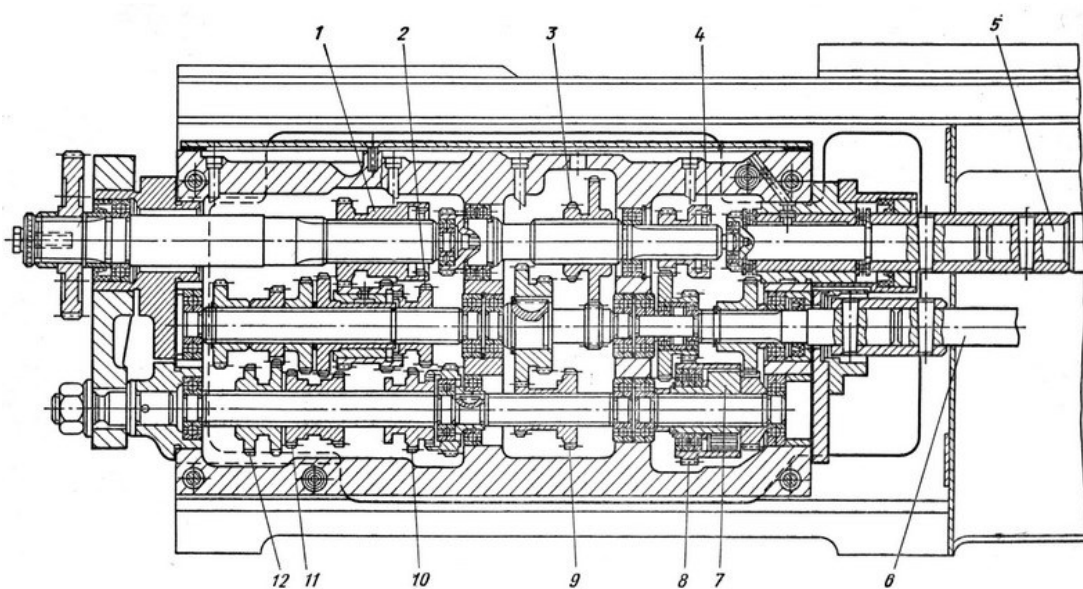


Рис. 4.3. Коробка подач станка 16K20

Необходимая частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле:

$$n = (1000 \cdot V) / \pi D,$$

где V – скорость резания, D – диаметр обрабатываемой резьбы.

Режимы резания для различных материалов приведены в справочной литературе [3].

Скорость резания при нарезании наружных резьб (материал – сталь 45) представлена в табл. 4.1.

После определения расчетных частот вращения шпинделя на станке устанавливают ближайшее меньшее значение частоты вращения, имеющееся в таблице положения рукояток переключения на передней бабке станка.

Число проходов при нарезании резьбы для различных резьб и материалов представлено в табл. 4.3.

Величина подачи определяется из справочной литературы [3] и устанавливается на станке переключением соответствующих рукояток коробки подач. Данные о величинах подач и соответствующих им положениях рукояток приведены в таблице на станке.

В зависимости от шага и системы нарезаемой резьбы производят настройку станка переключением соответствующих рукояток и установкой необходимых зубчатых колес в гитаре.

Таблица 4.1

Скорость резания при нарезании наружных резьб на проход резьбовыми резцами

Метрическая резьба												
Шаг резьбы $t_{нар}$, мм		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0			
Скорость резания V , м/мин.	При черновых проходах	36	31	30	27	25	24	22	22			
	При чистовых проходах	64	56	50	48	44	42	41	38			
	При зачистных проходах	-	-	-	-	-	-	-	-			
Дюймовая резьба												
Число ниток на 1 дюйм		11	10	9	8	7	6	5	4,5	3	2	1
Скорость резания V , м/мин.	При черновых проходах	40	36	36	31	26	27	25	23	21	20	10
	При чистовых проходах	65	58	57	56	49	47	42	39	37	34	31
	При зачистных проходах	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Трапецеидальная резьба												
Шаг резьбы $t_{нар}$, мм		5	6	8	10	12	16	20	24			
Скорость резания V , м/мин.	При черновых проходах	37	32	25	21	18	15	14	24			
	При чистовых проходах	64	64	54	64	64	52	52	52			
	При зачистных проходах	-	-	-	-	-	-	-	-			

При многозаходной резьбе под шагом $t_{нар}$ понимают расстояние между параллельными сторонами профиля двух соседних витков. Поэтому для получения резьбы заданного шага механизм подачи должен за один оборот заготовки переместить суппорт на величину хода резьбы $S = k t_{нар}$, где k – число заходов нарезаемой резьбы.

Такого типа резьбы нарезают на ходовых винтах, многозаходных червяках и других деталях.

Многозаходная резьба нарезается двумя способами:

- 1) после нарезания первой нитки заготовку поворачивают на часть оборота $1/k$, после чего нарезают следующий заход;
- 2) после нарезания первой нитки, предварительно разомкнув винторезную цепь и оставляя заготовку неподвижной, перемещают инструмент вместе с резцовыми салазками продольно на величину шага резьбы $t_{нар}$, затем нарезают следующий заход.

На станке 16K20 имеется специальное делительное устройство для нарезания многозаходных резьб. Оно состоит из кольца с риски, укрепленного на корпусе передней бабки, и диска с делениями, насаженного на шпиндель и имеющего 60 делений. После нарезания первого захода шпиндель необходимо повернуть на число делений, равное $60/k$. Это устройство позволяет нарезать резьбы с числом заходов 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, 60. На станках, не

имеющих делительного приспособления, пользуются поводковой делительной планшайбой.

Таблица 4.2

Число проходов при нарезании резьбы										
Трапецеидальная резьба	Углеродистая сталь	Чугун, бронза, латунь	Легированная сталь	Число проходов		Чистовых		Черновых		
				Шаг резьбы $t_{нар}$. В мм		Чистовых		Черновых		
						Чистовых		Черновых		
						Чистовых		Черновых		
						Чистовых		Черновых		
						Чистовых		Черновых		
Дюймовая резьба	Сталь, чугун, бронза и латунь	Число проходов	Чистовых с радиальным врезанием		Черновых с боковым врезанием		Чистовых		Черновых	
							Чистовых		Черновых	
							Чистовых		Черновых	
							Чистовых		Черновых	
Метрическая резьба	Сталь, чугун, бронза и латунь	Число проходов	Чистовых с радиальным врезанием		Черновых с боковым врезанием		Чистовых		Черновых	
							Чистовых		Черновых	
							Чистовых		Черновых	
							Чистовых		Черновых	
			Шаг резьбы $t_{нар}$, мм		Шаг резьбы $t_{нар}$. В мм		Чистовых		Черновых	
			0,75;1,0		3,2,4		14		10	
			1,25;1,5		5,6,8		14		10	
			0		10		14		10	
			1,75		12		14		10	
			2,0		18		15		10	
			2,50;3,0		20		17		15	
			3,50;4,0		24		21		15	
			4,5		32		17		15	
			5,0;5,5		40		32		15	
			8,0							

4.2 Порядок выполнения работы

- 1) Изучить общее устройство станка, технологические возможности, кинематическую схему, расположение и назначение органов настройки.
- 2) Изобразить кинематическую цепь, расчетные перемещения и записать уравнение кинематического баланса для заданного преподавателем движения станка.
- 3) Сравнить кинематическую схему станка 16K20 со схемой станка с ЧПУ 16K20Ф3 (рисунок 5.4) и охарактеризовать принципиальные отличия в их кинематике.

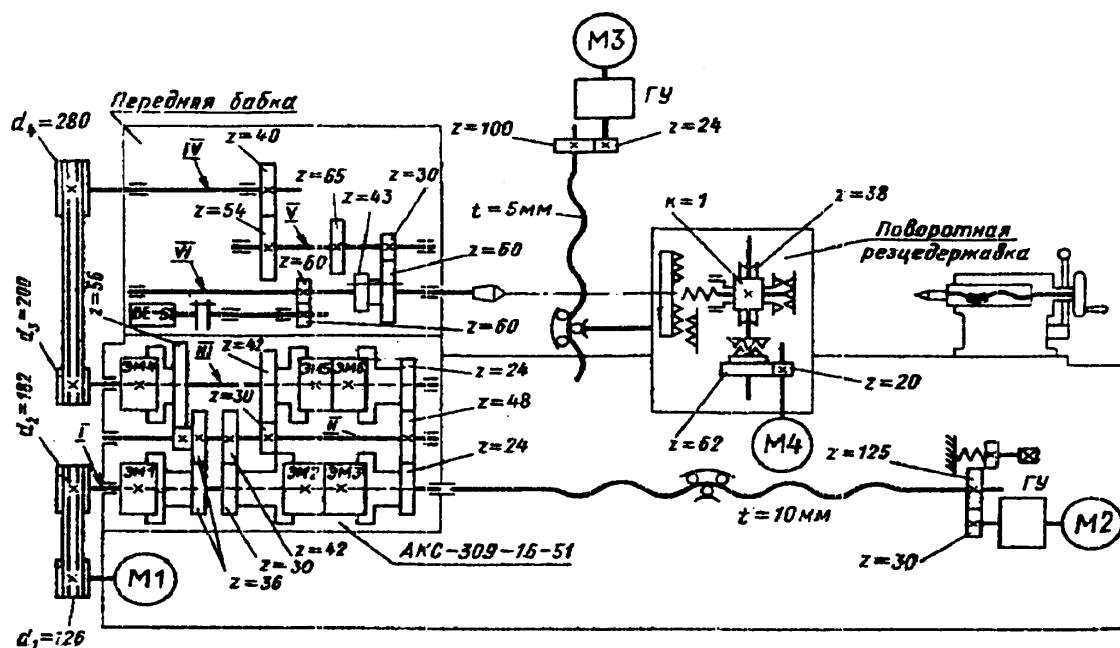


Рис. 4.4. Кинематическая схема станка с ЧПУ 16K20Ф3

4) Произвести наладку станка по заданию преподавателя и нарезать необходимую резьбу на заготовке, осуществить контроль обрабатываемой детали.

4.3 Содержание отчета

- Наименование и цель работы.
- Кинематическая схема исполнительного движения, уравнение кинематического баланса.
- Эскиз детали для нарезания резьбы.
- Выводы по результатам выполнения работы.

4.4 Вопросы для самоконтроля

- 1) Каковы принципы работы основных узлов станка 16K20?
- 2) Выделить кинематические цепи и записать расчетные перемещения формообразующих движений станка.
- 3) Какие отличия имеются в кинематике станков 16K20 и 16K20Ф3?
- 4) Перечислить виды резьб и охарактеризовать особенности настройки резбонарезной цепи станка 16K20.
- 5) Каковы особенности нарезания многозаходных резьб?

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ОПОР, ЗАЖИМОВ И УСТАНОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ В СХЕМАХ БАЗИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ

Цель работы: изучение особенностей установки и базирования деталей при обработке на металлорежущих станках.

5.1 Теоретическое описание

Заготовка детали в процессе обработки должна занимать и сохранять определенное положение относительно деталей станка или приспособления. Для этого требуется лишить ее возможности трех прямолинейных движений в направлении выбранных координатных осей и трех вращательных движений вокруг них или параллельных им осей. При этом заготовка детали лишается шести степеней свободы.

Для определения положения заготовки требуется наличие **шести опорных точек**, для размещения которых нужны координатные поверхности. На заготовках призматических деталей (в форме прямоугольного параллелепипеда) **три** опорные точки рекомендуется размещать на поверхности с наибольшими размерами, **две** – на наиболее протяженной поверхности, **одну** – на поверхности с наименьшими размерами (рис. 5.1).

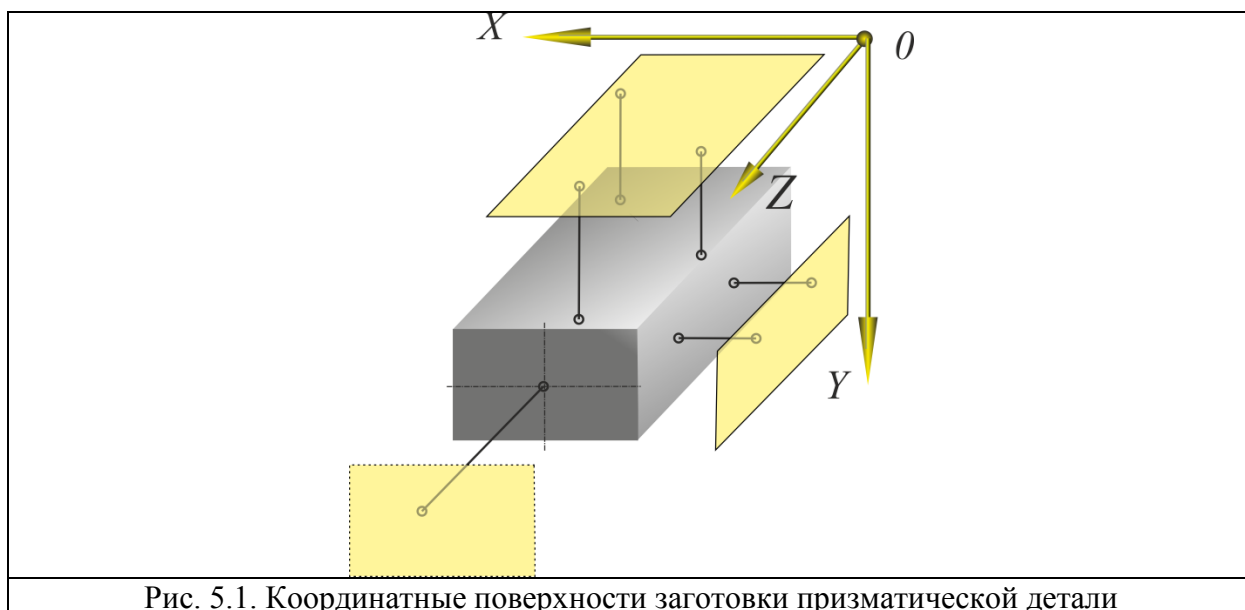


Рис. 5.1. Координатные поверхности заготовки призматической детали

Поверхность (или сочетание поверхностей), ось, точка на заготовке, используемые для **базирования**, называются **базой**.

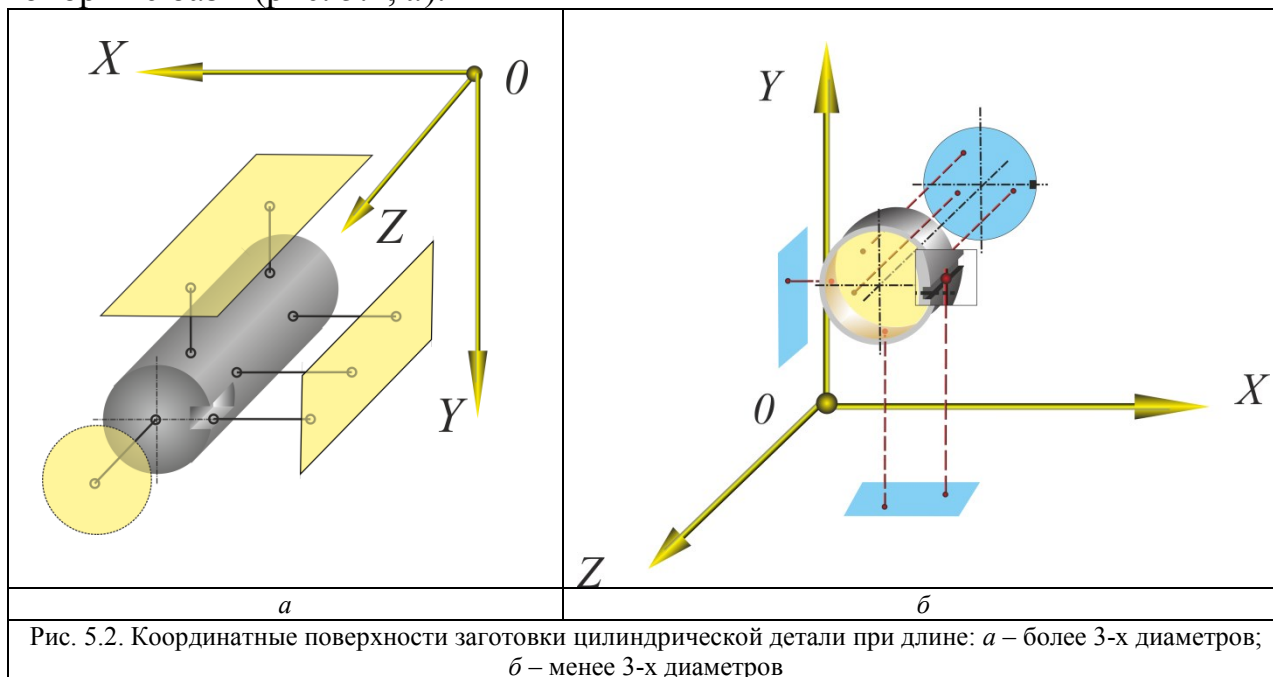
Установочной называют базу, лишаящую заготовку детали трех степеней свободы. В этом качестве выбирают поверхность с наибольшими размерами.

Направляющей называют базу, лишаящую заготовку детали двух степеней свободы. В этом качестве выбирают поверхность наибольшей протяженности.

Опорной называют базу, лишаящую заготовку детали одной степени свободы. В этом качестве выбирают поверхность с наименьшими размерами.

Измерительной называют базу, используемую для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

По поверхностям заготовок цилиндрических деталей, представляющих собой тела вращения с длиной, превышающей три диаметра (валики), располагаются четыре опорные точки. Такую базу, лишаящую заготовку четырех степеней свободы, называют **двойной направляющей**. На торцевой и одной из поверхностей шпоночного паза располагается по одной опорной точке – опорные базы (рис. 5.2, а).



По поверхностям заготовок цилиндрических деталей, представляющих собой тела вращения с длиной, менее трех диаметров (диски, зубчатые колеса, фланцы), три опорных точки располагаются на торцевой поверхности (установочная база), две – на цилиндрической (двойная опорная база), одна (опорная база) – на одной из поверхностей шпоночного паза (рис. 5.2, б).

Для обеспечения контакта между поверхностями заготовки и опорными точками требуется силовое замыкание посредством зажимных сил, располагаемых против опорных точек.

Закрепление – это приложение сил и пар сил к заготовке с целью обеспечения постоянства ее положения, достигнутого при базировании.

Установка – процесс базирования и закрепления заготовки.

Обозначение опор, зажимов и установочных устройств регламентировано ГОСТ 3.1107-81 (табл.5.1, 5.2).

Для указания устройств зажимов применяются условные обозначения английскими буквами, например, пневматические – *P*, гидравлические – *H*, электрические – *E*, магнитные – *M*, электромагнитные – *ЕМ*.

Число точек приложения силы зажима к заготовке детали следует записывать справа от обозначения зажима.

Обозначение опор (табл. 8.1) и установочных устройств (табл. 8.2), кроме центров, разрешается наносить на выносных линиях соответствующих поверхностей.

На схемах, имеющих несколько проекций, допускается на отдельных из них не указывать обозначения опор, зажимов и установочных устройств относительно изделия, если их положение однозначно определяется на одной проекции.

Обозначение форм рабочих поверхностей (табл. 8.2) наносят слева от обозначения опоры, зажима или установочного устройства.

Таблица 5.1

Обозначение опор и зажимов

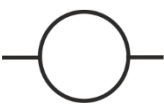
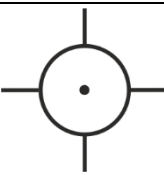
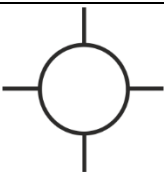
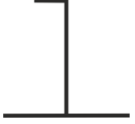
Опора	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			
Зажим	Обозначение зажима на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Одиночный			
Двойной			

Таблица 5.2

Обозначение установочных устройств и формы их рабочей поверхности

Установочное устройство	Обозначение	Формы рабочей поверхности	Обозначение
Центр:		Плоская	
неподвижный			
вращающийся			
плавающий			
рифленый		Призматическая	
Оправка:		Коническая	
цилиндрическая			
шариковая (роликовая)		Ромбическая	
Патрон поводковый		Трехгранная	

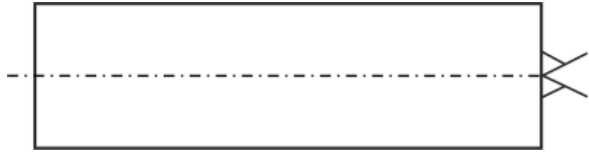
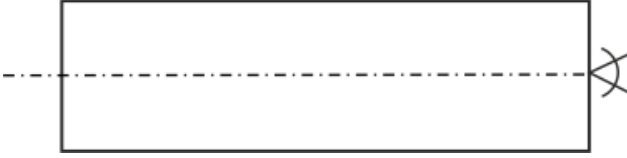
5.2 Порядок выполнения работы

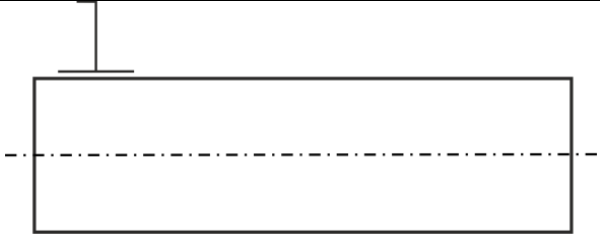
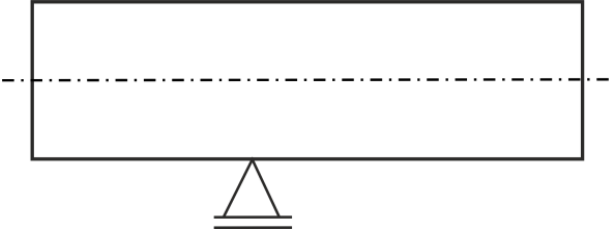
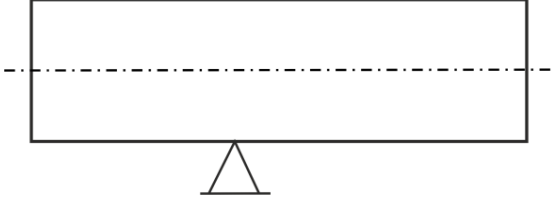
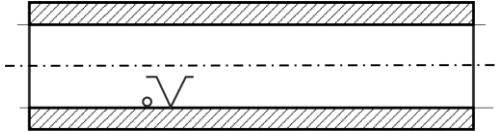
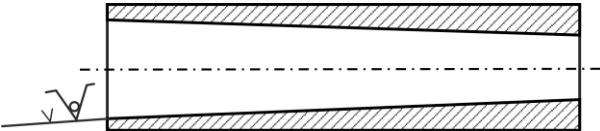
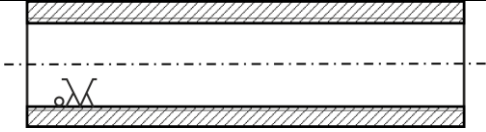
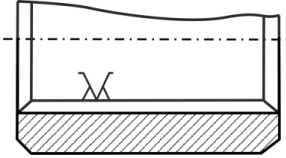
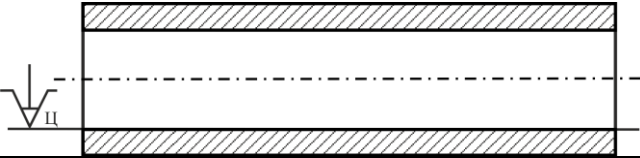
- 1) ознакомиться с особенностями базирования деталей и с терминологией при обозначении элементов базирования;
- 2) изучить особенности выбора координатных поверхностей при обработке призматических деталей и деталей типа тел вращения;

- 3) ознакомиться с условными обозначениями опор, зажимов и установочных устройств;
- 4) подобрать для заданной обрабатываемой детали элементы базирования и изобразить эскиз схемы базирования и ее общего вида (по примерам табл.8.3, 8.4);
- 5) оформить отчет о проделанной работе.

Таблица 5.3

Примеры изображения опор, зажимов и установочных устройств на схемах

Наименование	Изображение
Центр неподвижный (гладкий)	
Центр неподвижный (рифленый)	
Центр неподвижный (плавающий)	
Центр неподвижный (вращающийся)	
Наименование	Изображение
Центр неподвижный (обратный вращающийся с рифленной поверхностью)	
Патрон поводковый	

	
Наименование	Изображение
Люнет подвижный	
Люнет неподвижный	
Оправка цилиндрическая	
Оправка коническая, роликовая	
Оправка резьбовая цилиндрическая с наружной резьбой	
Оправка шлицевая	
Оправка цанговая	

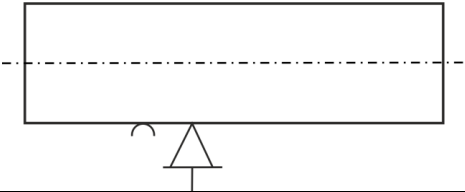
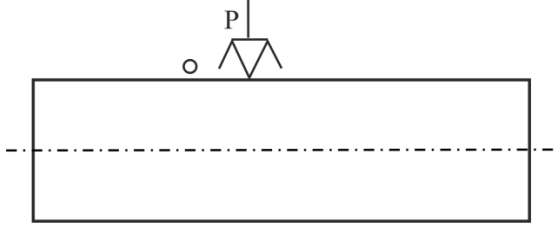
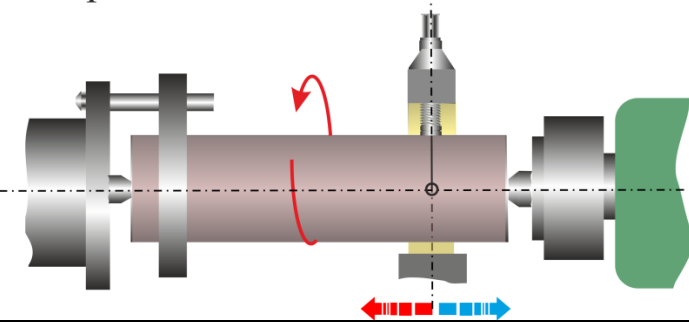
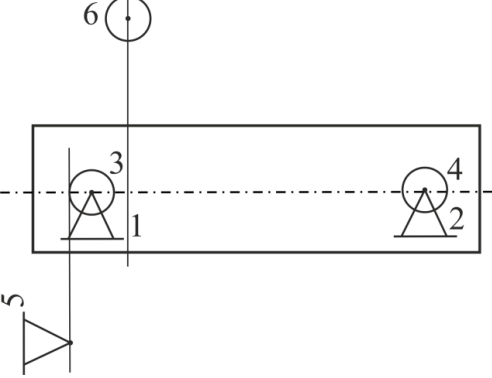
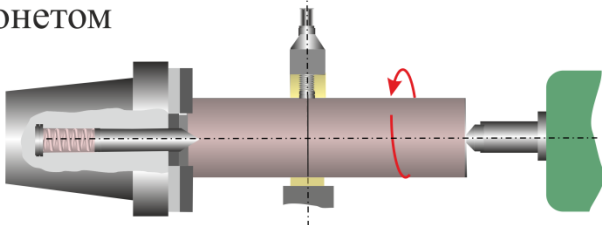
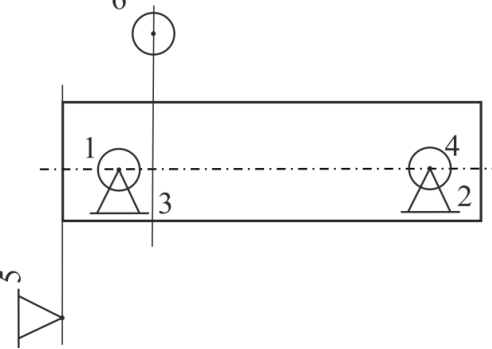
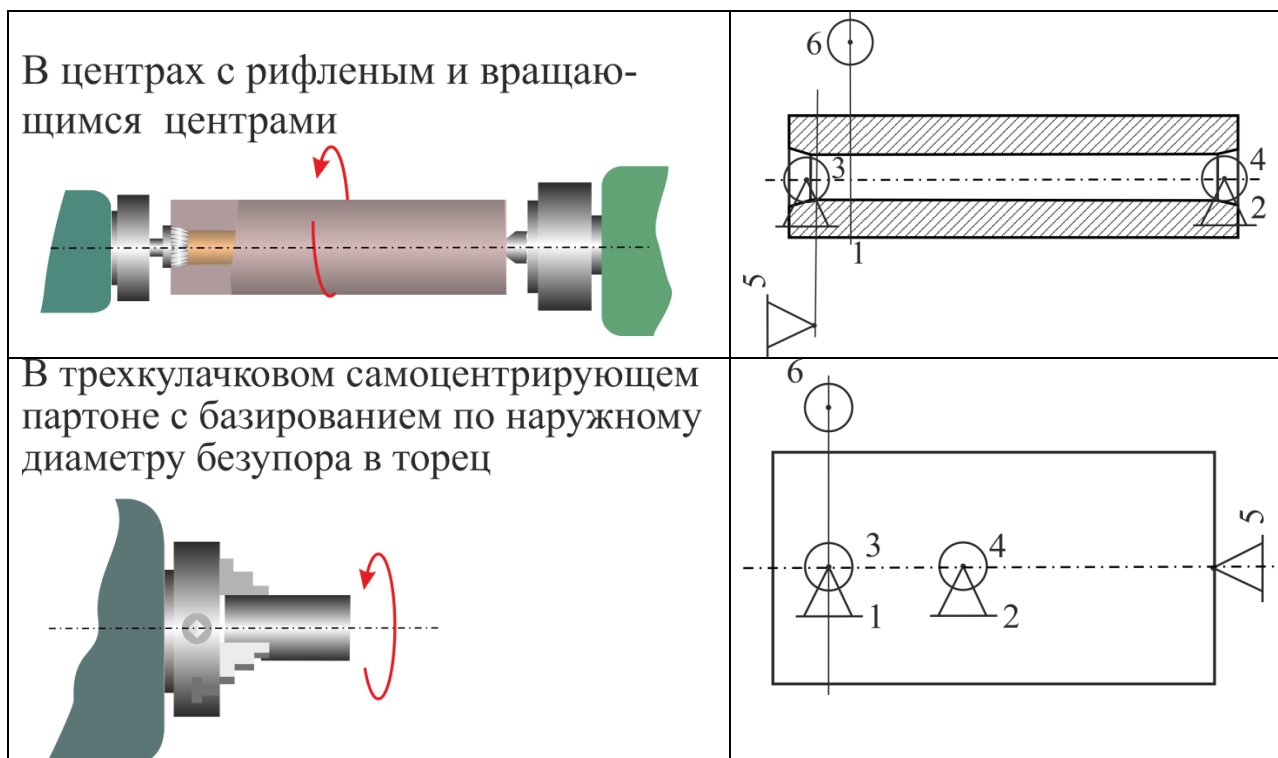
Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью	
Наименование	Изображение
Зажим пневматический с цилиндрической рефленной рабочей поверхностью	

Таблица 5.4

Примеры схем базирования деталей типа тел вращения

Описание и схема установки	Схема базирования
В центрах с поводком, вращающимся центром и подвижным люнетом 	
В центрах с плавающим центром в поводковом патроне и с неподвижным люнетом 	



5.3 Содержание отчета

- Терминология базирования деталей и обозначение элементов базирования.
- Координатные поверхности при обработке призматических деталей и деталей типа тел вращения.
- Эскиз схемы базирования и ее общего вида для условий обработки по заданному варианту.
- Выводы по результатам выполненной работы.

5.4 Вопросы для самоконтроля

1. Сколько опорных точек требуется для определения положения жесткой заготовки?
2. Что выбирают в качестве базы при обработке заготовки и какие базы могут при этом использоваться?
3. Как условно обозначают опоры и зажимы?
4. Какие бывают установочные устройства и формы их рабочей поверхности?
5. Какими могут быть устройства зажима и как они обозначаются на схемах?

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6.

ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ СХЕМ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Цель работы: изучение особенностей схем обработки деталей на металлорежущих станках.

6.1 Теоретическое описание

Токарные работы применяют при изготовлении деталей типа тел вращения, например, валов (с длиной, превышающей три диаметра), осей, втулок, дисков, фланцев. При этом могут быть использованы различные схемы обработки:

- 1) обтачивание и растачивание цилиндрических поверхностей напроход (рис. 6.1, *а*) и в упор – до уступа (рис. 6.1, *б, в*);

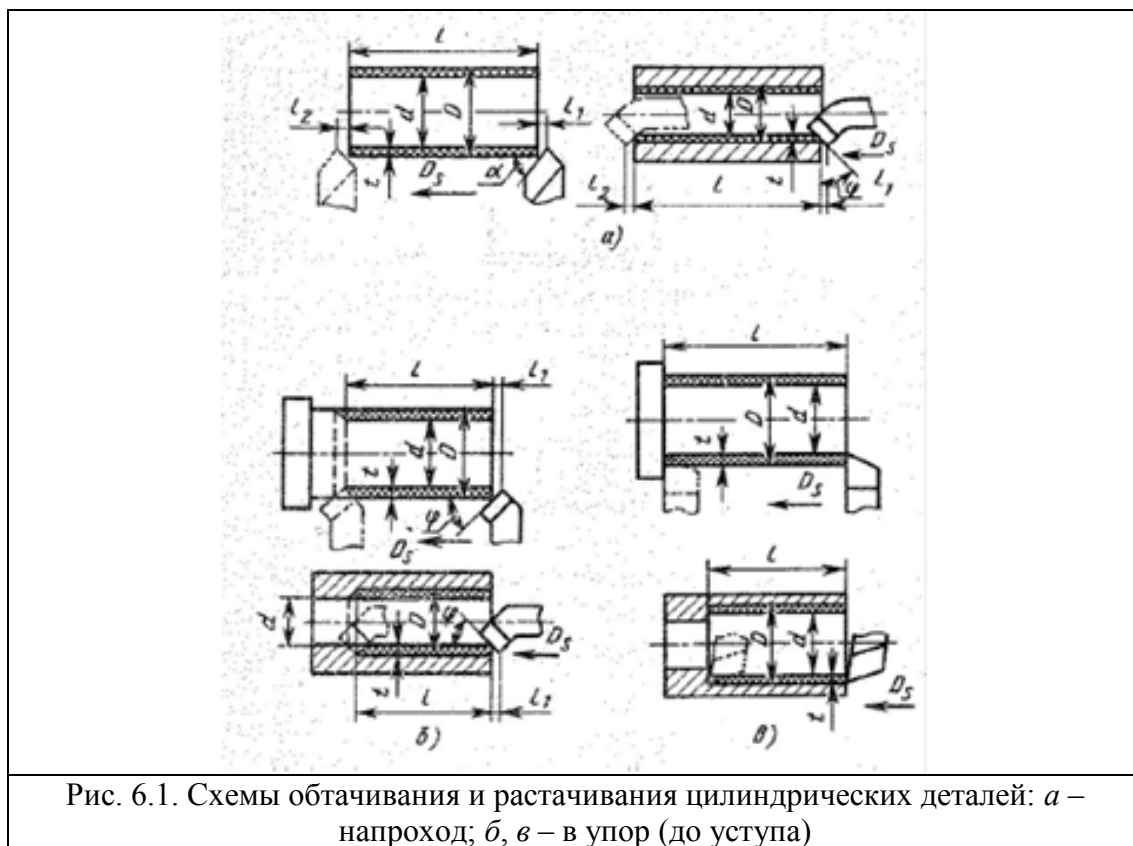


Рис. 6.1. Схемы обтачивания и растачивания цилиндрических деталей: *а* – напроход; *б, в* – в упор (до уступа)

- 2) многорезцовая токарная обработка ступенчатых валов (рис. 6.2, *а*), дисков и фланцев (рис. 6.2, *б*);

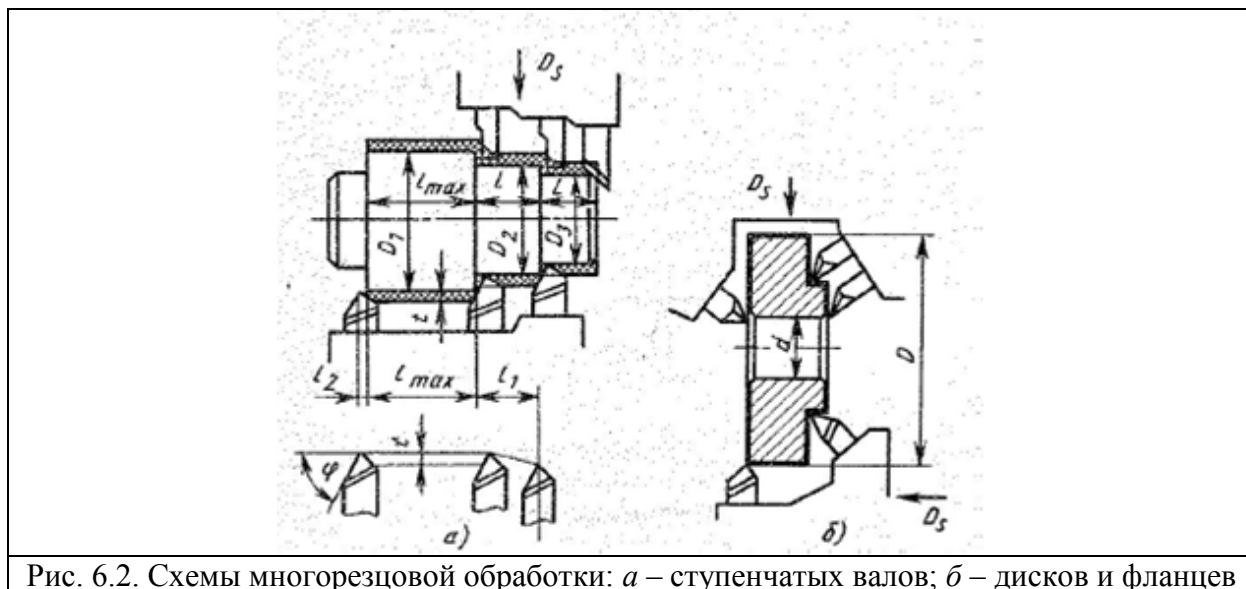


Рис. 6.2. Схемы многорезцовой обработки: а – ступенчатых валов; б – дисков и фланцев

- 3) точение канавок, фасонных и торцовых поверхностей (рис. 6.3);
- 4) снятие фасок (рис. 6.4);

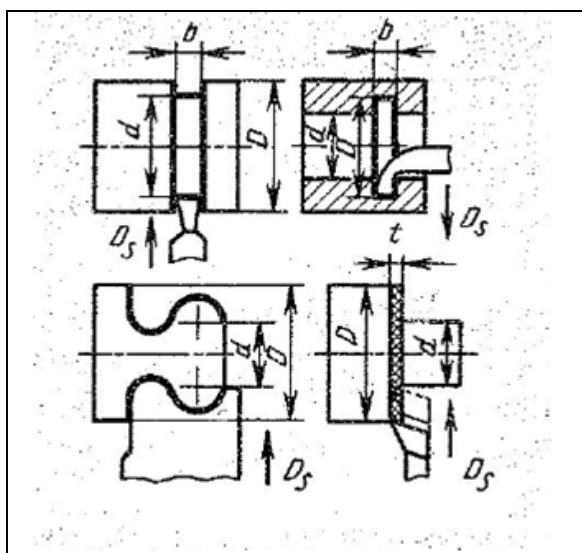


Рис. 6.3. Схемы точения канавок, фасонных и торцовых поверхностей

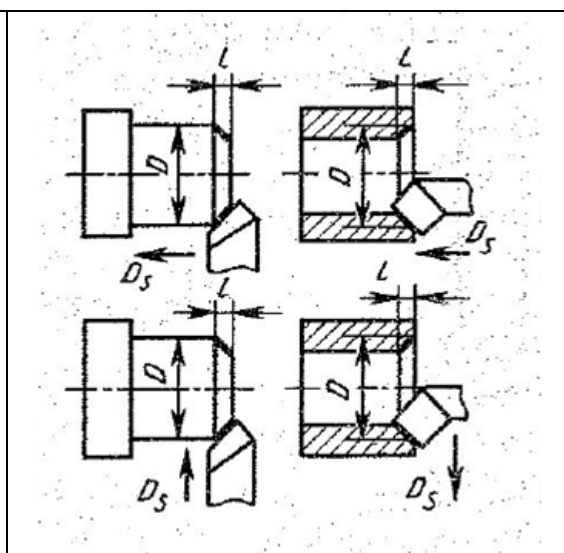


Рис. 6.4. Схемы снятия фасок при точении

- 5) точение наружных и внутренних выточек поперечной и продольной подачей (рис. 6.5);
- 6) точение торцовых канавок с одной подачей (осевой) и с двумя подачами (осевой и радиальной) (рис. 6.6);
- 7) точение торцовых поверхностей и отрезание деталей (рис. 6.7).

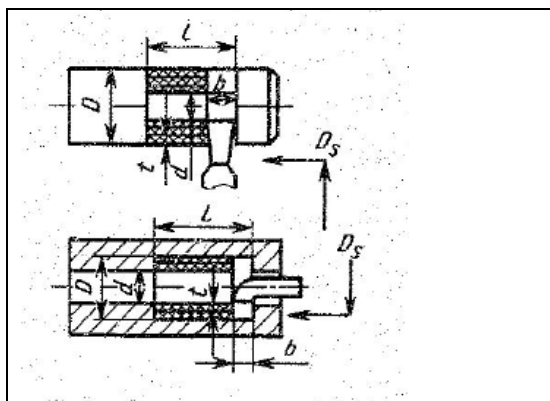


Рис. 6.5. Схемы точения наружных и внутренних выточек поперечной и продольной подачей

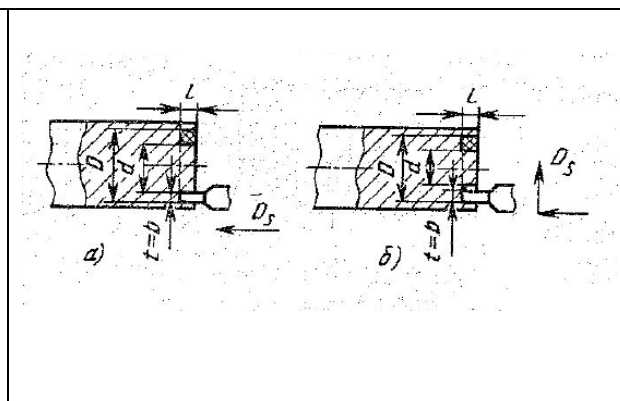


Рис. 6.6. Схемы точения торцовых канавок: а – с одной подачей (осевой); б – с двумя подачами (осевой и радиальной)

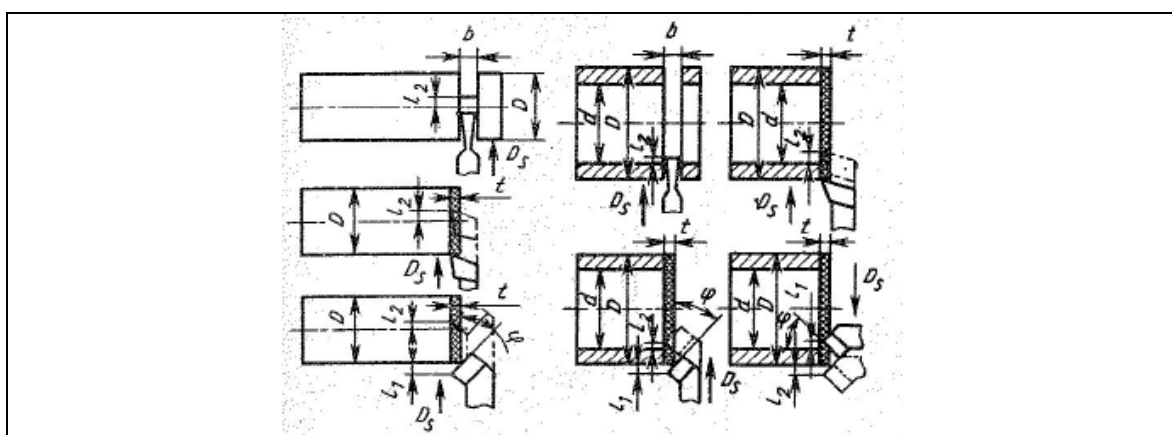
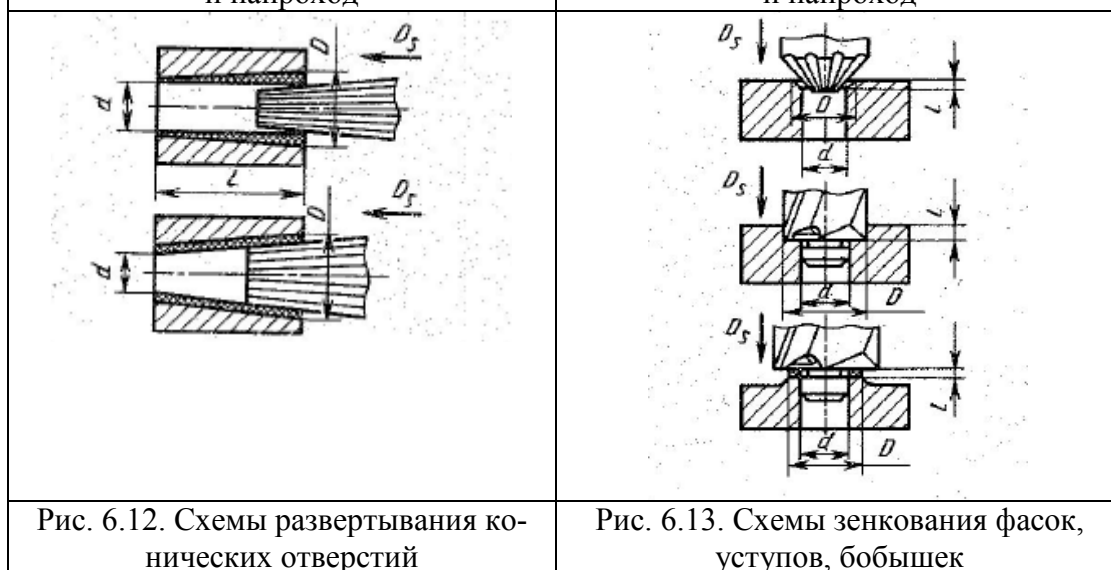
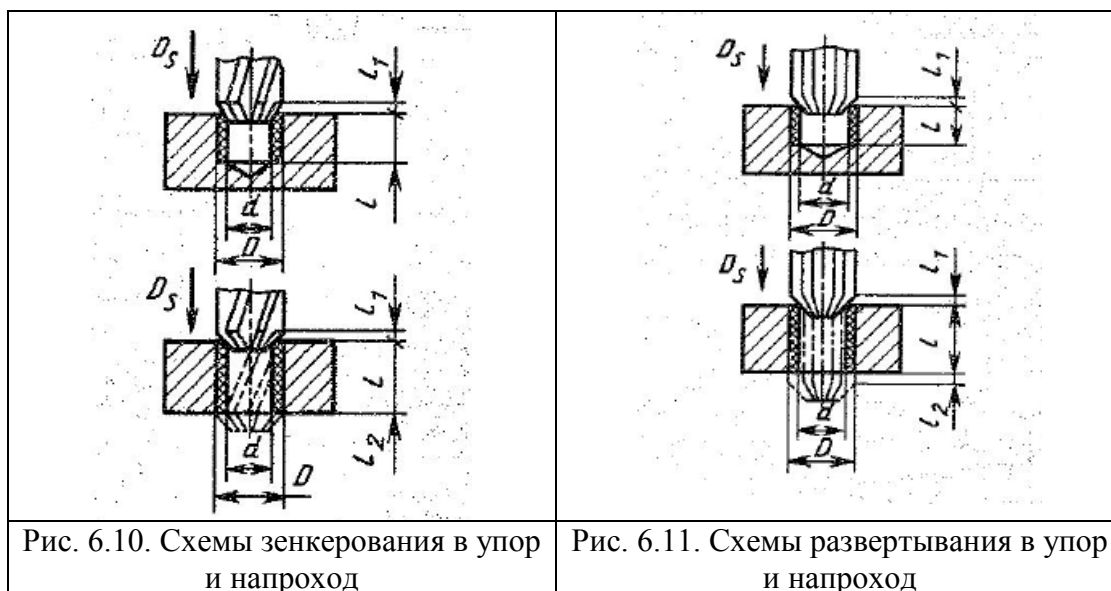
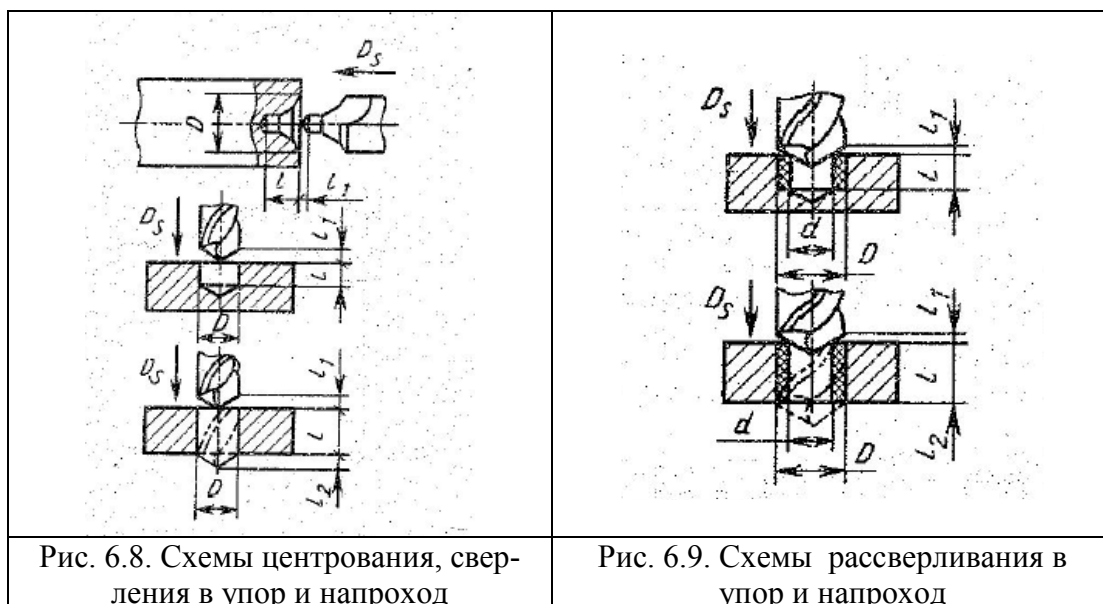


Рис. 6.7. Схемы отрезания деталей и точения торцовых поверхностей

Сверлильные и расточные работы используются как при изготовлении деталей типа тел вращения, так и для обработки призматических (корпусных) и иных сложных деталей. Реализуются при этом следующие схемы обработки:

- 8) центрование, сверление в упор и напроход (рис. 6.8);
- 9) рассверливание в упор и напроход (рис. 6.9);
- 10) зенкерование в упор и напроход (рис. 6.10);
- 11) развертывание в упор и напроход (рис. 6.11);
- 12) развертывание конических отверстий (рис. 6.12);
- 13) зенкование фасок, уступов, бобышек (рис. 6.13);
- 14) растачивание отверстий однорезцовой борштангой (оправкой) (рис. 6.14);
- 15) одновременное растачивание соосных отверстий многорезцовой борштангой (рис. 6.15).

Резьбонарезные и резьбофрезерные работы выполняются для получения наружных и внутренних резьбовых поверхностей, реализуя различные схемы обработки, основными из которых являются:

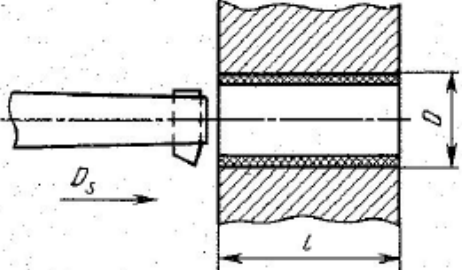
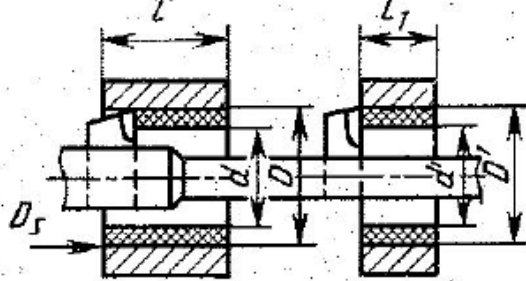
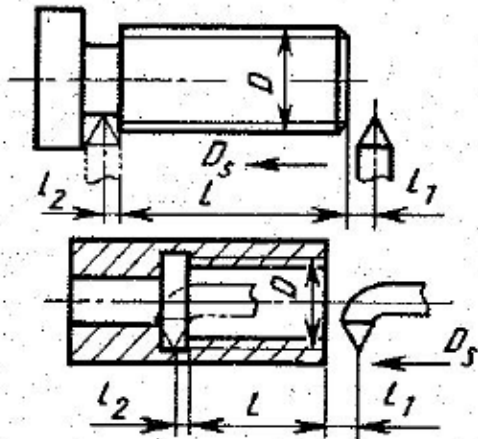
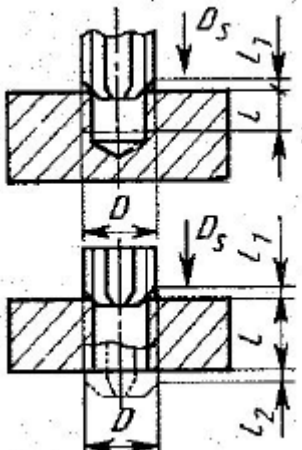


- 16) нарезание резьбы резцом (рис. 6.16);
 17) нарезание резьбы машинными метчиками (рис. 6.17);

18) нарезание резьбы плашками и самооткрывающимися головками (рис. 6.18);

19) фрезерование резьбы гребенчатой фрезой (рис. 6.19);

20) фрезерование резьбы дисковой резьбовой фрезой (рис. 6.20).

	
Рис. 6.14. Схема растачивания отверстий однорезцовой борштангой	Рис. 6.15. Схема растачивания соосных отверстий многорезцовой борштангой
	
Рис. 6.16. Схемы нарезания резьбы резцом	Рис. 6.17. Схемы нарезания резьбы машинными метчиками

Фрезерные работы осуществляют на многооперационных и фрезерных станках, реализуя при этом следующие инструменты и схемы:

21) фрезерование цилиндрическими, дисковыми фасонными и прорезными фрезами (рис. 6.21);

22) фрезерование дисковыми фрезами методом врезания (рис. 6.22);

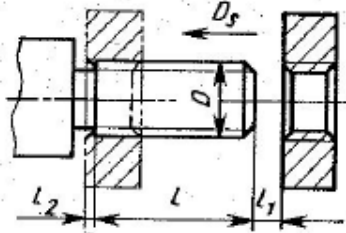
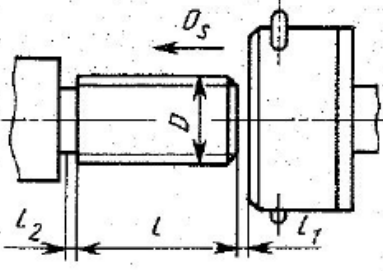
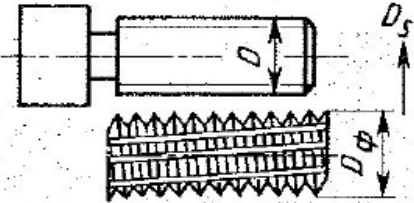
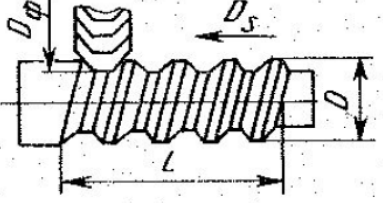
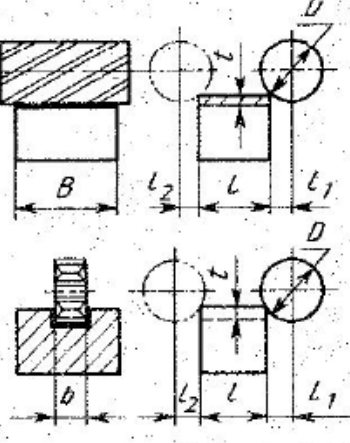
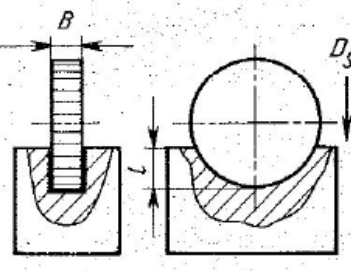
23) фрезерование торцовыми и концевыми фрезами (рис. 6.23);

24) фрезерование концевыми фрезами в обход по контуру (рис. 6.24);

25) фрезерование шпоночных пазов (рис. 6.25);

26) фрезерование Т-образных пазов (рис. 6.26);

27) фрезерование шлицев червячной фрезой (рис. 6.27);

	
<i>a</i>	<i>б</i>
Рис. 6.18. Схемы нарезания резьбы плашками (а) и самооткрывающимися головками (б)	
	
Рис. 6.19. Схема фрезерования резьбы гребенчатой фрезой	Рис. 6.20. Схема фрезерования резьбы дисковой резьбовой фрезой
	
Рис. 6.21. Схема фрезерования цилиндрическими, дисковыми фасонными и прорезными фрезами	Рис. 6.22. Схема фрезерования дисковыми фрезами методом врезания

28) круговое фрезерование на станках непрерывного действия (рис.6.28);

29) многошпиндельное продольное фрезерование на станке с вертикальными и горизонтальными шпинделями.

Строгальные и долбежные работы выполняют для получения плоских и сложных продольных и поперечных профильных поверхностей посредством реализации следующих основных схем:

- 30) строгание плоскостей на поперечно-, продольно-строгальных и долбежных станках (рис. 6.29);
- 31) строгание направляющих типа «ласточкин хвост» (рис. 6.30);
- 32) строгание призматических направляющих профильным (рис. 6.31) и проходным резцами;
- 33) долбление плоскостей и шпоночных пазов (рис. 6.32).

Рис. 6.23. Схема фрезерования торцовыми и концевыми фрезами	Рис. 6.24. Схема фрезерования концевыми фрезами в обход по контуру
Рис. 6.25. Схема фрезерования шпоночных пазов	Рис. 6.26. Схема фрезерования Т-образных пазов
Рис. 6.27. Схема фрезерования шлицев червячной фрезой	Рис. 6.28. Схема кругового фрезерования на станках непрерывного действия

Шлифовальные работы предназначены для финишной обработки деталей типа тел вращения и корпусных деталей и реализуются на шлифовальных станках по следующим схемам:

- 34) наружное круглое шлифование методом продольной подачи напроход и в упор (рис. 6.33);
- 35) наружное врезное шлифование (рис. 6.34);
- 36) шлифование отверстий (сквозных и в упор) методом продольной подачи (рис. 6.35);
- 37) врезное шлифование торцов (рис. 6.36);
- 38) плоское шлифование торцом круга на станках с прямоугольным столом (рис. 6.37);
- 39) плоское шлифование торцом круга на станках с круглым столом (рис. 6.38);
- 40) плоское шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом (рис. 6.39);
- 41) бесцентровое наружное шлифование врезное (рис. 6.40) и методом продольной подачи.

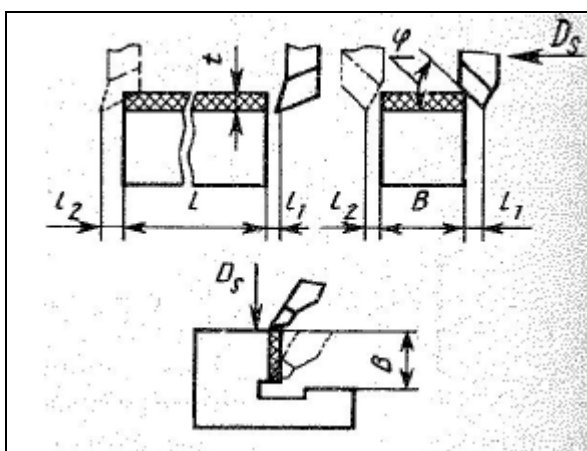


Рис. 6.29. Схема строгания плоскостей на поперечно-, продольно-строгальных и долбежных станках

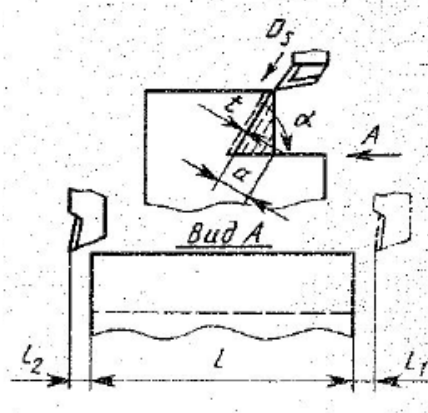


Рис. 6.30. Схема строгания направляющих типа «ласточкин хвост»

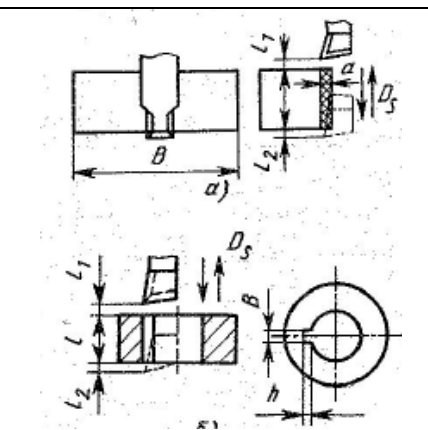
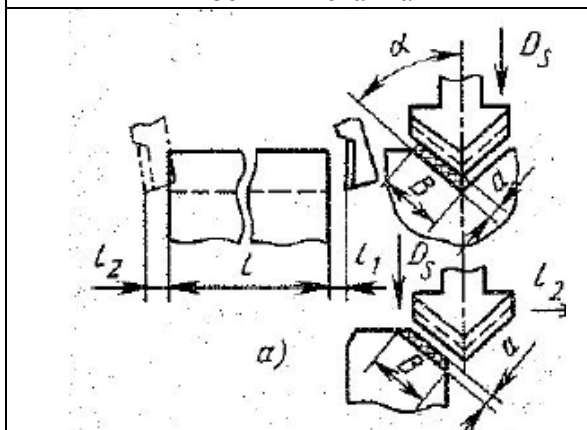


Рис. 6.31. Схема строгания призматических направляющих профильным резцом

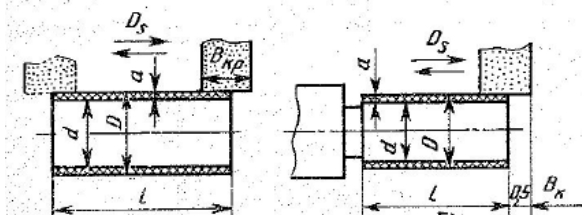


Рис. 6.32. Схемы долбления плоскостей и шпоночных пазов

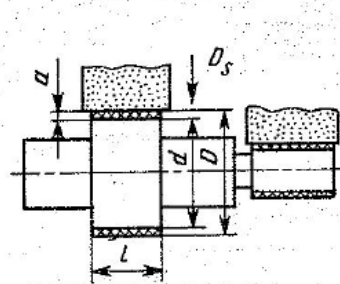


Рис. 6.33. Схема наружного круглого шлифования методом продольной подачи напроход и в упор

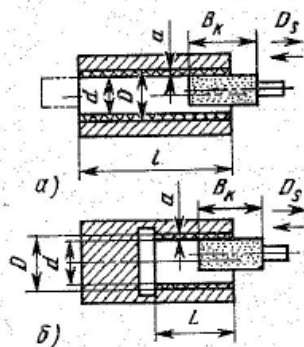


Рис. 6.34. Схема наружного врезного шлифования

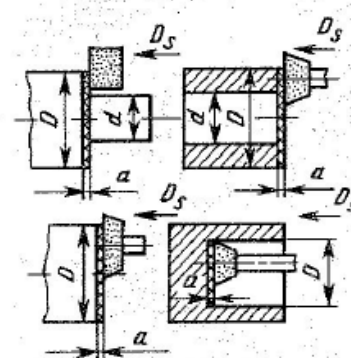


Рис. 6.35. Схема шлифования отверстий (сквозных и в упор) методом продольной подачи

Рис. 6.36. Схемы врезного шлифования торцов

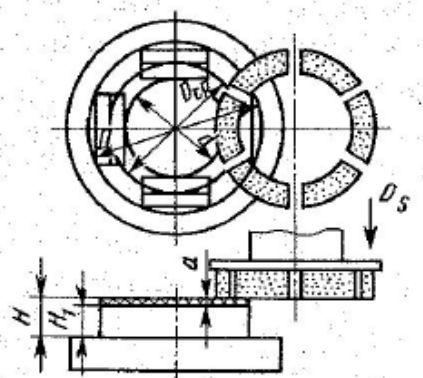
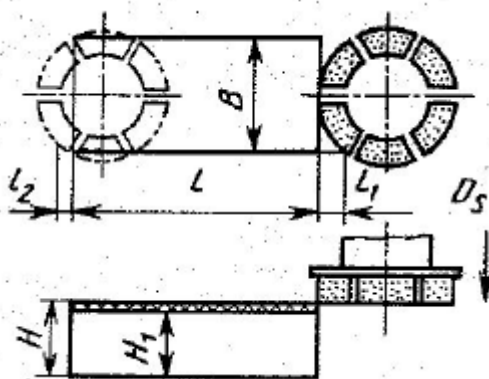
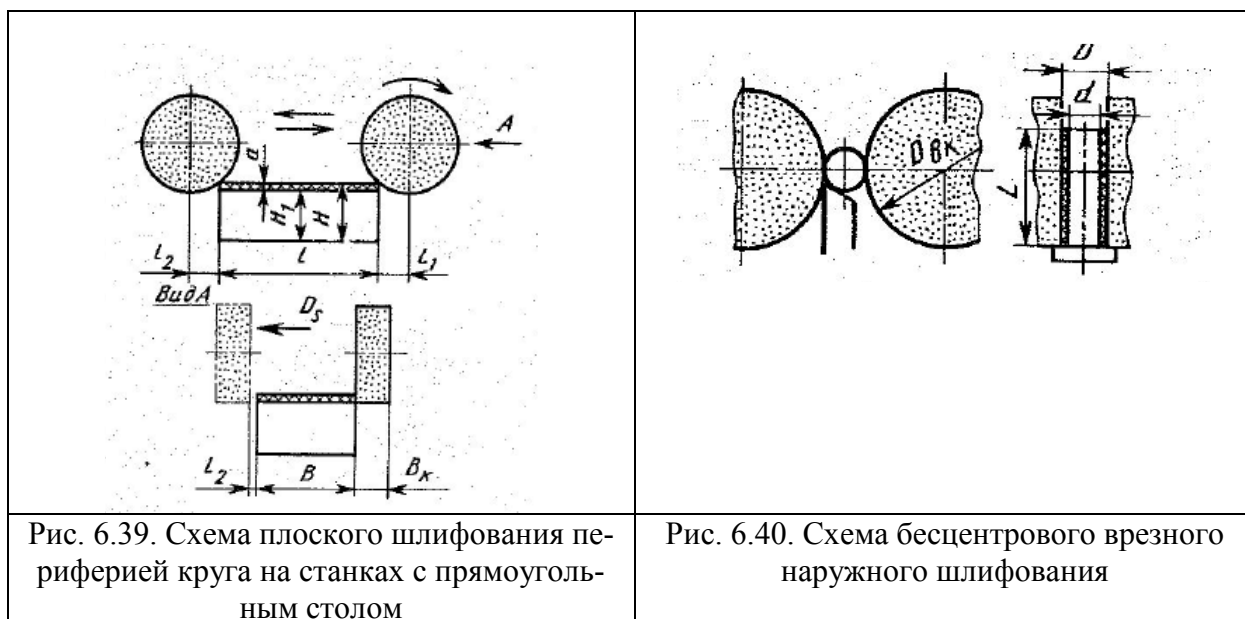


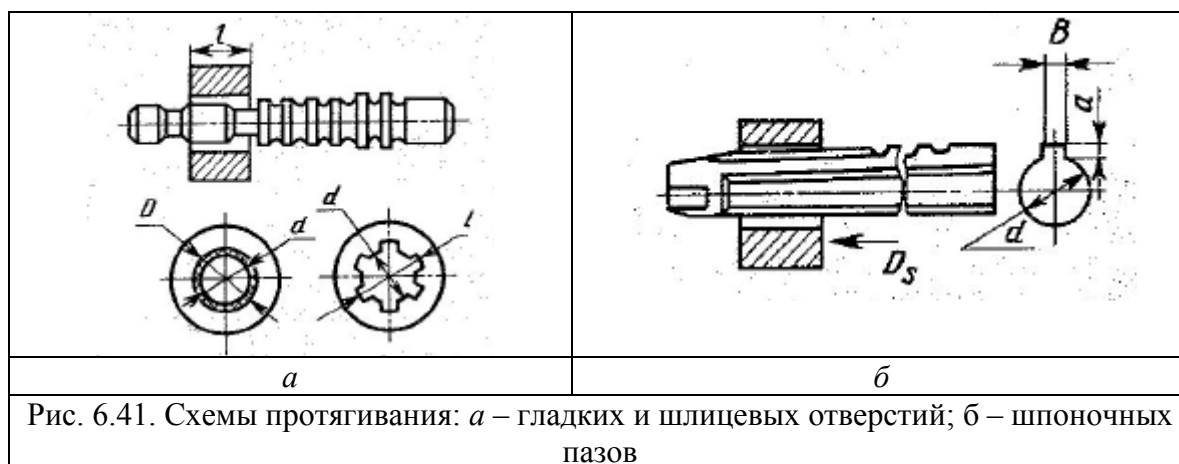
Рис. 6.37. Схема плоского шлифования торцом круга на станках с прямоугольным столом

Рис. 6.38. Схема плоского шлифования торцом круга на станках с круглым столом



Протягивание и прошивка. Протягивание широко применяется для обработки отверстий, во многих случаях оно заменяет развертывание цилиндрических отверстий, а для изготовления шлицевых (а также других форм) отверстий протягивание является единственным, практически применимым производительным способом. Прошивки применяются для калибрования предварительно протянутых отверстий с целью получения более высокой точности формы и размера и более высокого класса чистоты обработанной поверхности. Реализуются на протяжных станках и прошивочных прессах по следующим схемам:

- 42) протягивание гладких и шлицевых отверстий (рис. 6.41, а);
- 43) протягивание шпоночных пазов (рис. 6.41, б);
- 44) калибрование отверстий прошивкой (рис. 9.4а).



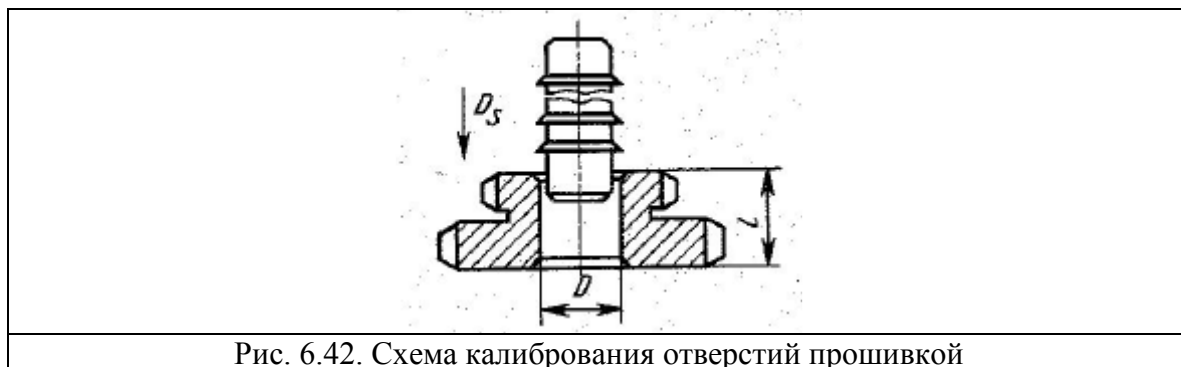
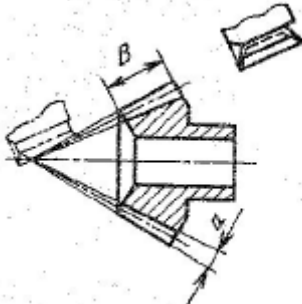
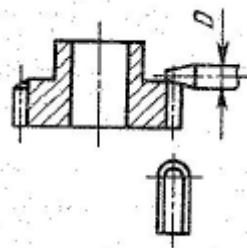


Рис. 6.42. Схема калибровки отверстий прошивкой

Зуборезные работы – это вид механической обработки при котором осуществляют нарезание зубьев на изделии с целью получения зубчатого колеса (шестерни, вала-шестерни, зубчатой рейки). Реализуются на зубообрабатывающих станках по следующим схемам:

- 45) зубофрезерование цилиндрических зубчатых колес червячными фрезами (рис. 6.43);
- 46) зубофрезерование червячных колес методом радиальной подачи (рис. 6.44);
- 47) зубофрезерование червячных колес методом тангенциальной подачи (рис. 6.45);
- 48) зубодолбление методом обкатки (рис. 6.46);
- 49) зубострогание конических зубчатых колес зубострогальными резцами (рис. 6.47);
- 50) зубозакругление цилиндрических колес (рис. 6.48).

Рис. 6.43. Схема зубофрезерования цилиндрических зубчатых колес червячными фрезами	Рис. 6.44. Схема зубофрезерования червячных колес методом радиальной подачи
Рис. 6.45. Схема зубофрезерования червячных колес методом тангенциальной подачи	Рис. 6.46. Схема зубодолбления методом обкатки

	
Рис. 6.47. Схема зубострогания конических зубчатых колес зубострогальными резцами	Рис. 6.48. Схема зубозакругления цилиндрических колес

6.2 Порядок выполнения работы

- 1) ознакомиться с особенностями схем обработки деталей на металлорежущих станках;
- 2) изучить направления рабочих формообразующих движений при токарной обработке деталей типа тел вращения;
- 3) изучить направления рабочих формообразующих движений при обработке корпусных деталей;
- 4) изучить направления формообразующих движений при зуборезных работах;
- 5) подобрать для заданной обрабатываемой детали схемы обработки для получения необходимых поверхностей и элементов с указанием необходимых инструментов;
- 6) оформить отчет о проделанной работе.

6.3 Содержание отчета

- Виды работ на металлорежущих станках и используемые инструменты.
- Эскиз схемы обработки для получения необходимых поверхностей и элементов по заданному варианту.
- Выводы по результатам выполненной работы.

6.4 Вопросы для самоконтроля

1. Какие схемы обработки применяются на токарных операциях?
2. Пояснить схемы обработки, реализуемые при сверлильных и расточных работах.
3. Какие схемы обработки применяются при резьбонарезании и резьбофрезеровании?
4. Привести схемы обработки, которые реализуются на фрезерных операциях.
5. Какие схемы обработки применяются при строгальных и долбежных работах?
6. Пояснить схемы обработки, применяемые при шлифовании.
7. Какие схемы обработки применяются на протяжных и прошивочных операциях?
8. Привести схемы, которые реализуются при выполнении зуборезных работ.

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.: Высш. шк., 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.znaniy.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.

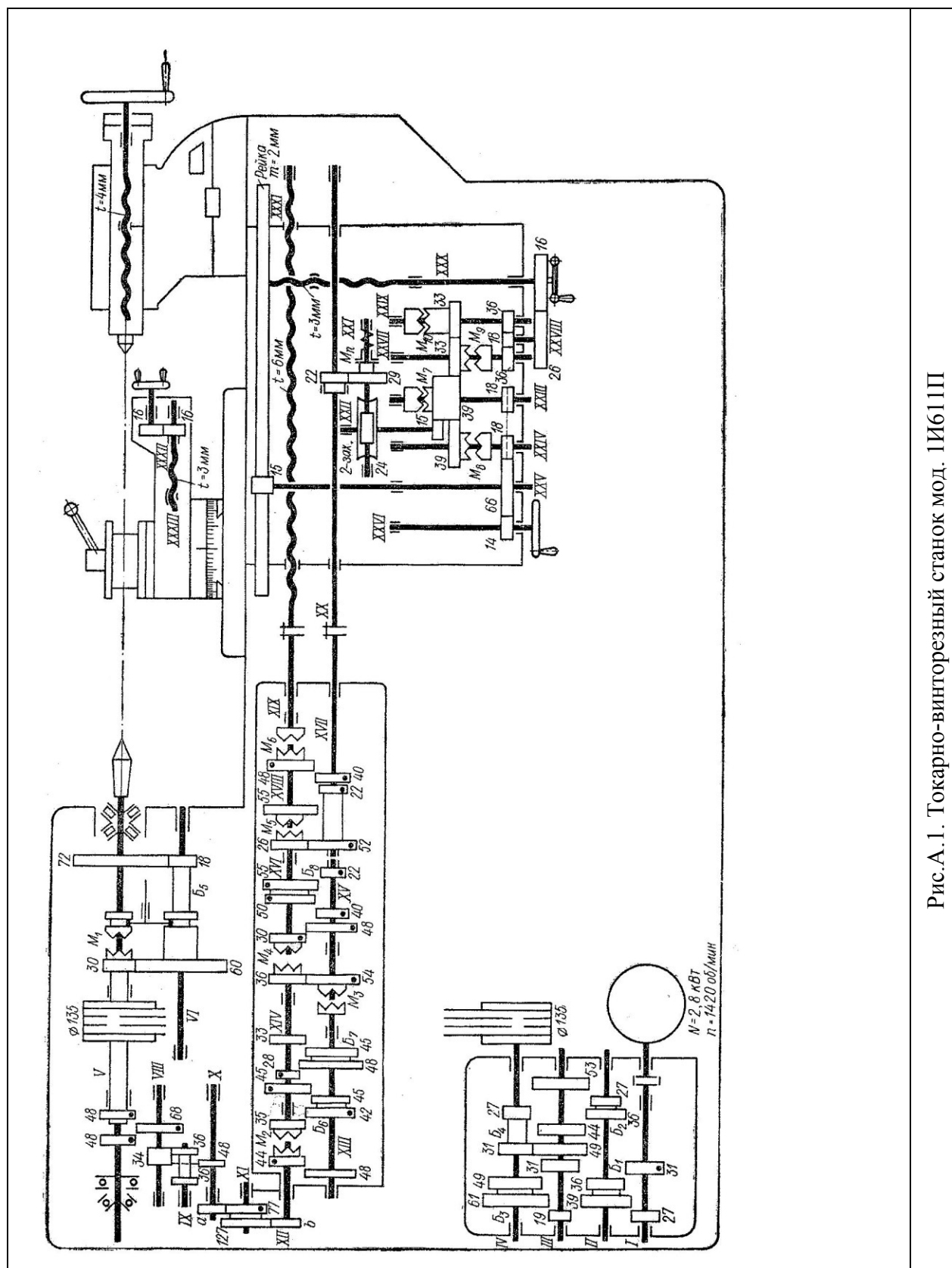


Рис.А.1. Токарно-винторезный станок мод. 1И611П

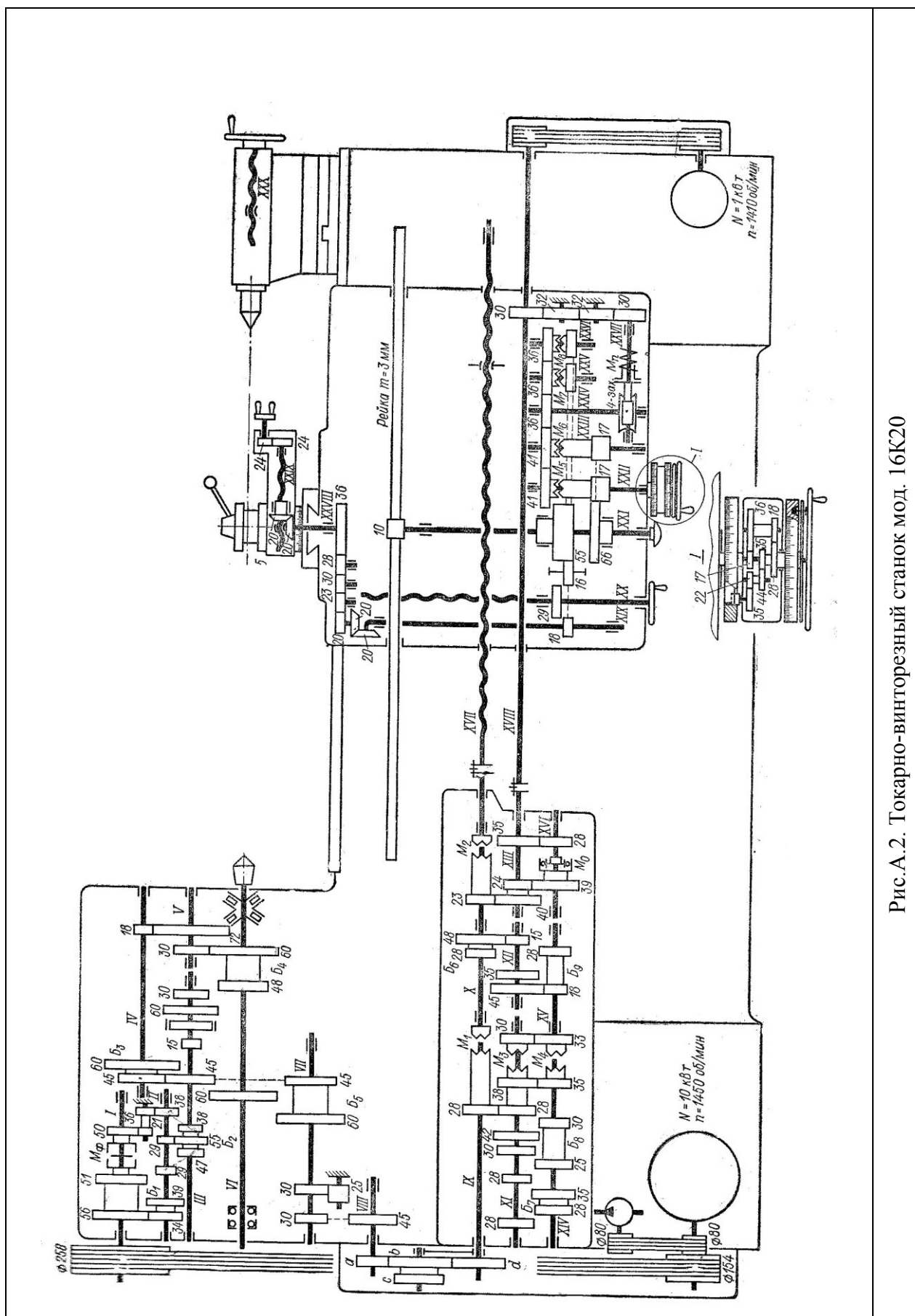
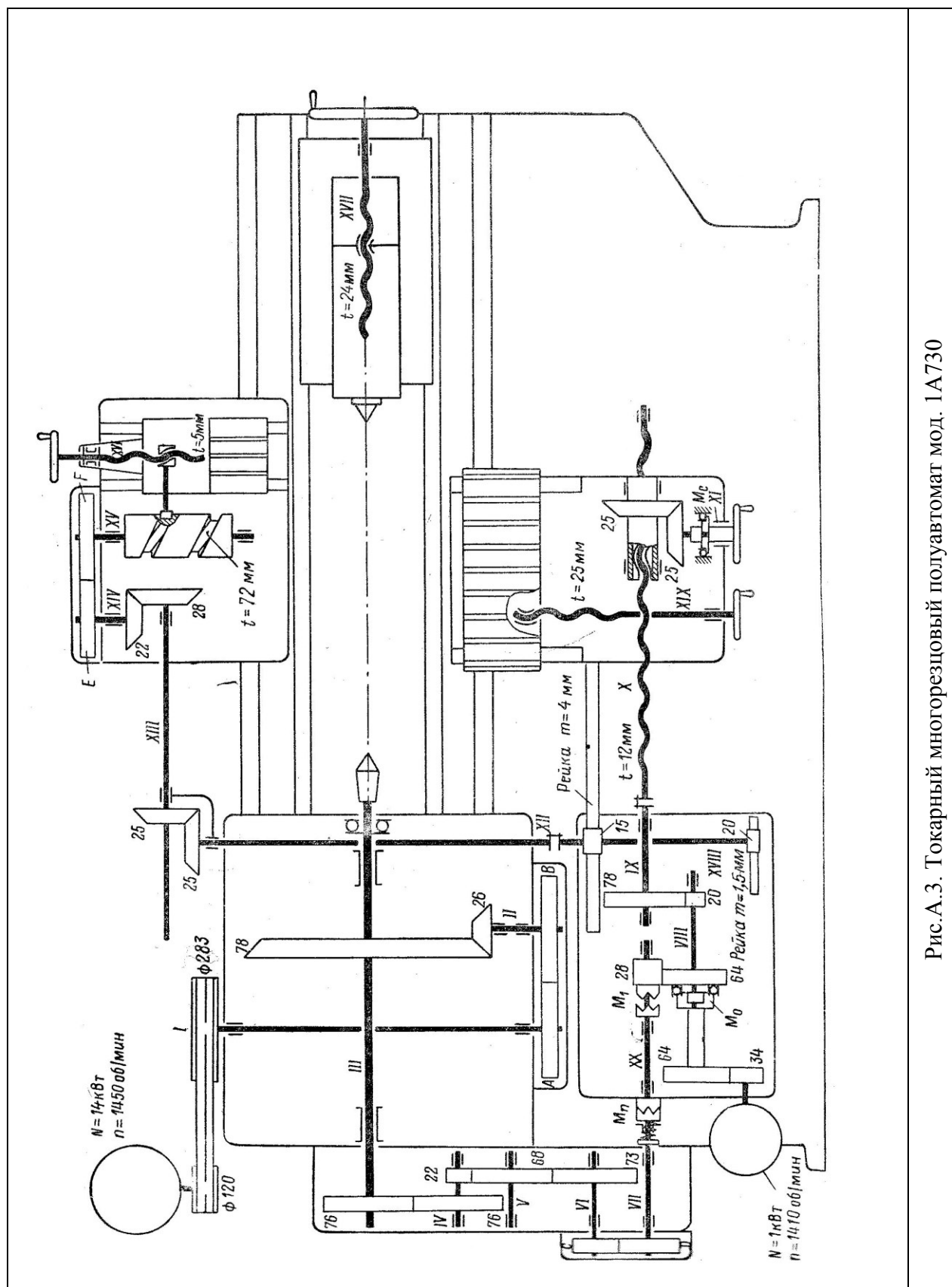


Рис.А.2. Токарно-винторезный станок мод. 16К20



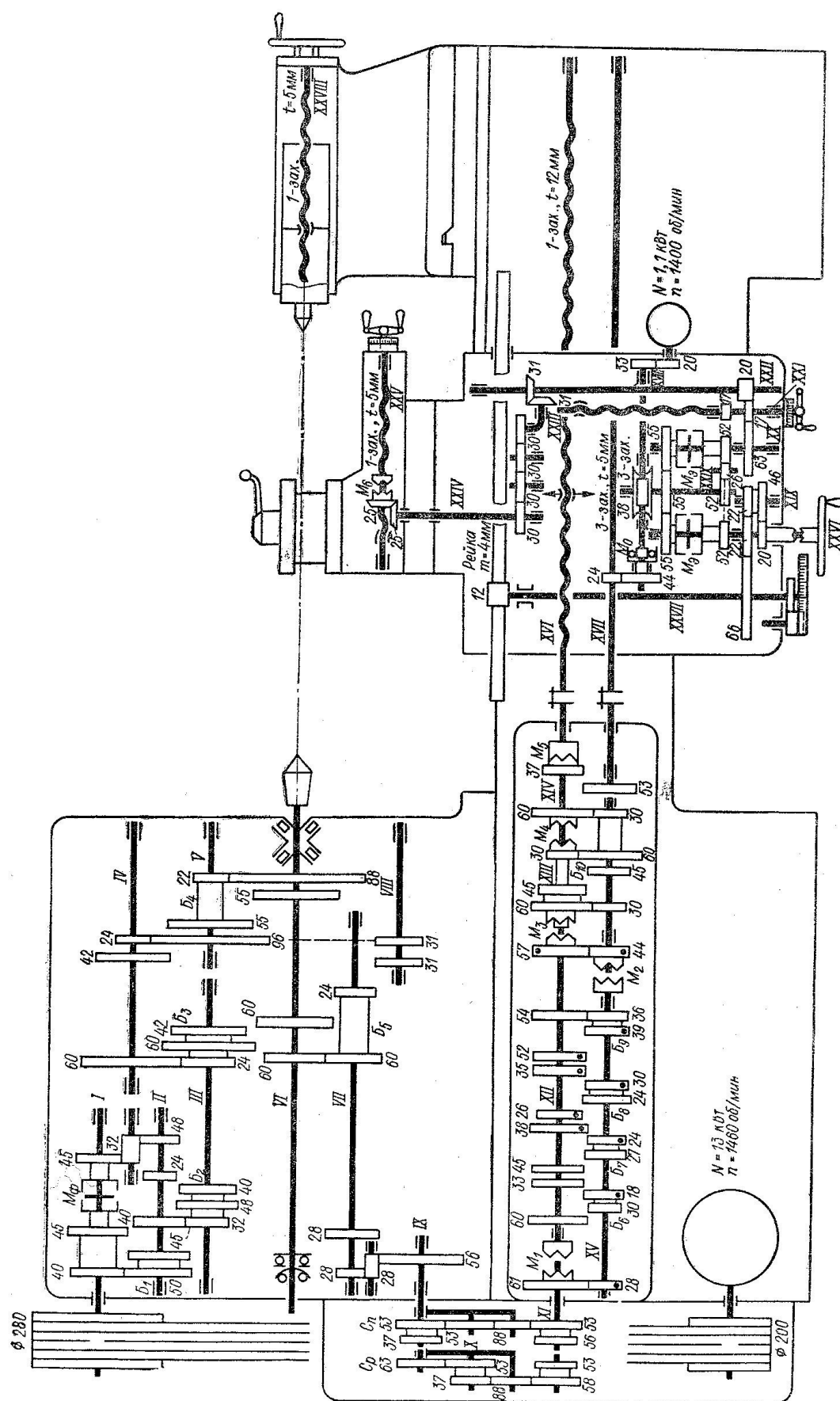


Рис.А.4. Токарно-винторезный станок мод. 1М63

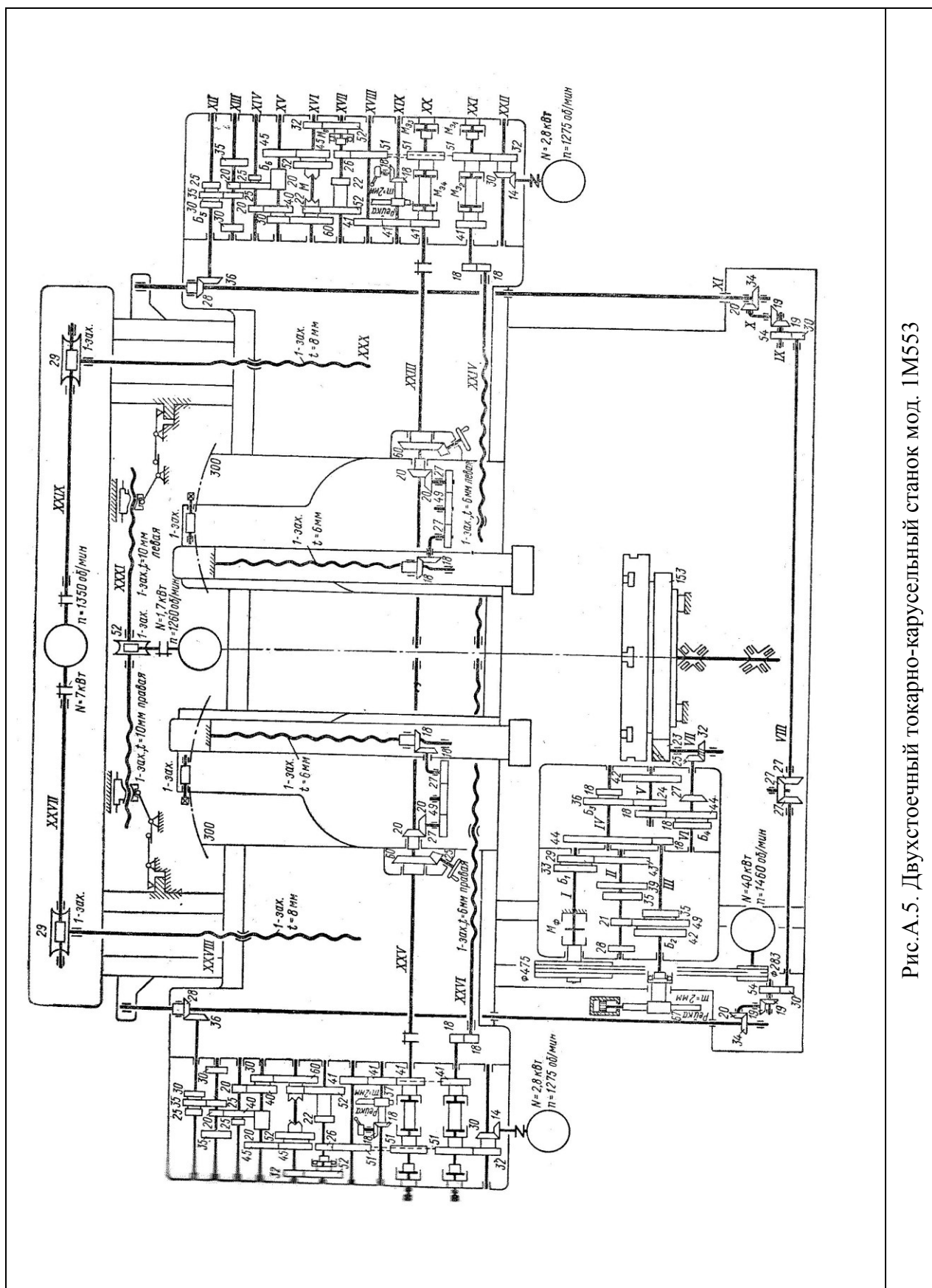
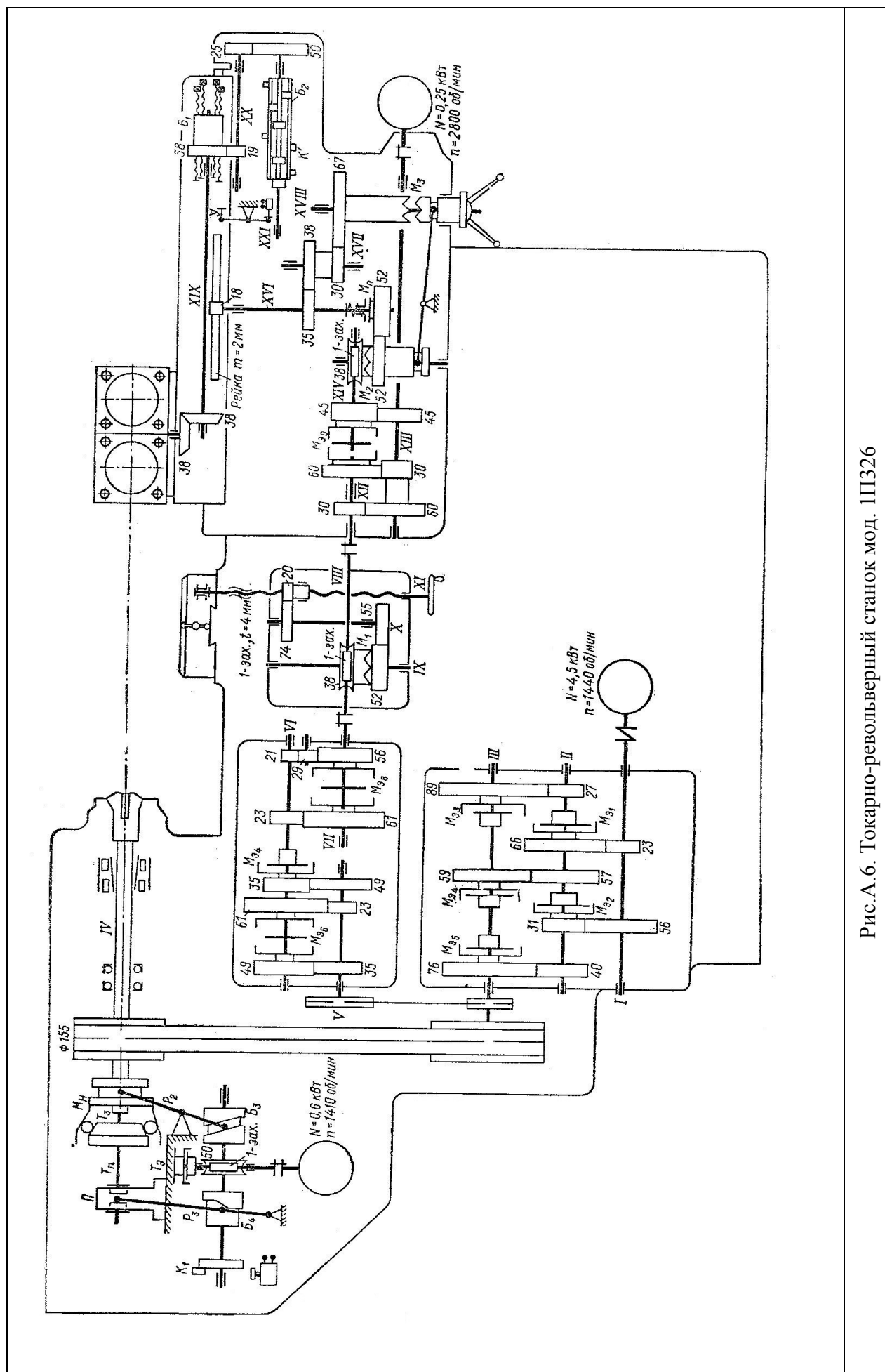


Рис.А.5. Двухстоечный токарно-карусельный станок мод. 1М553



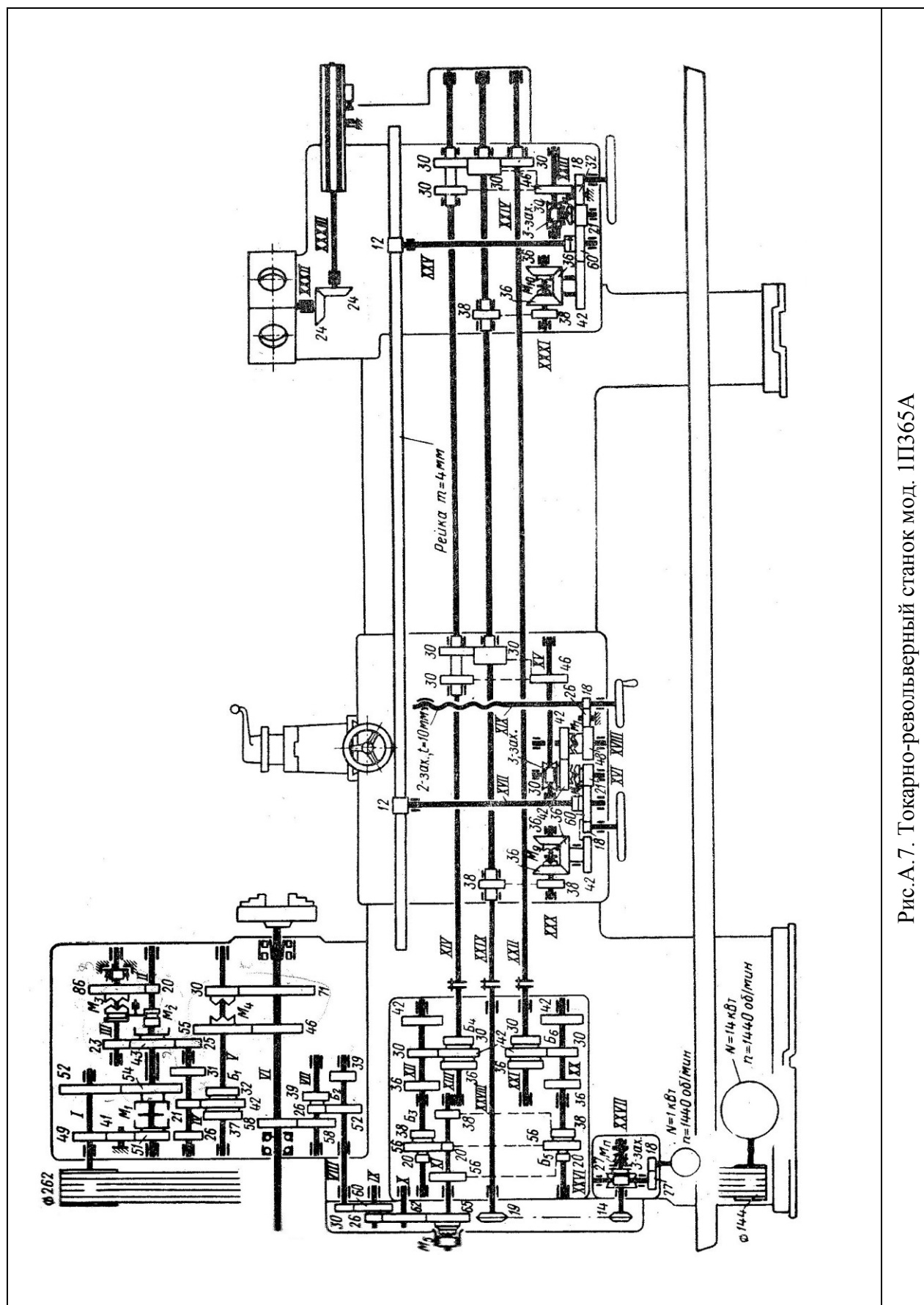


Рис.А.7. Токарно-револьверный станок мод. 1П365А

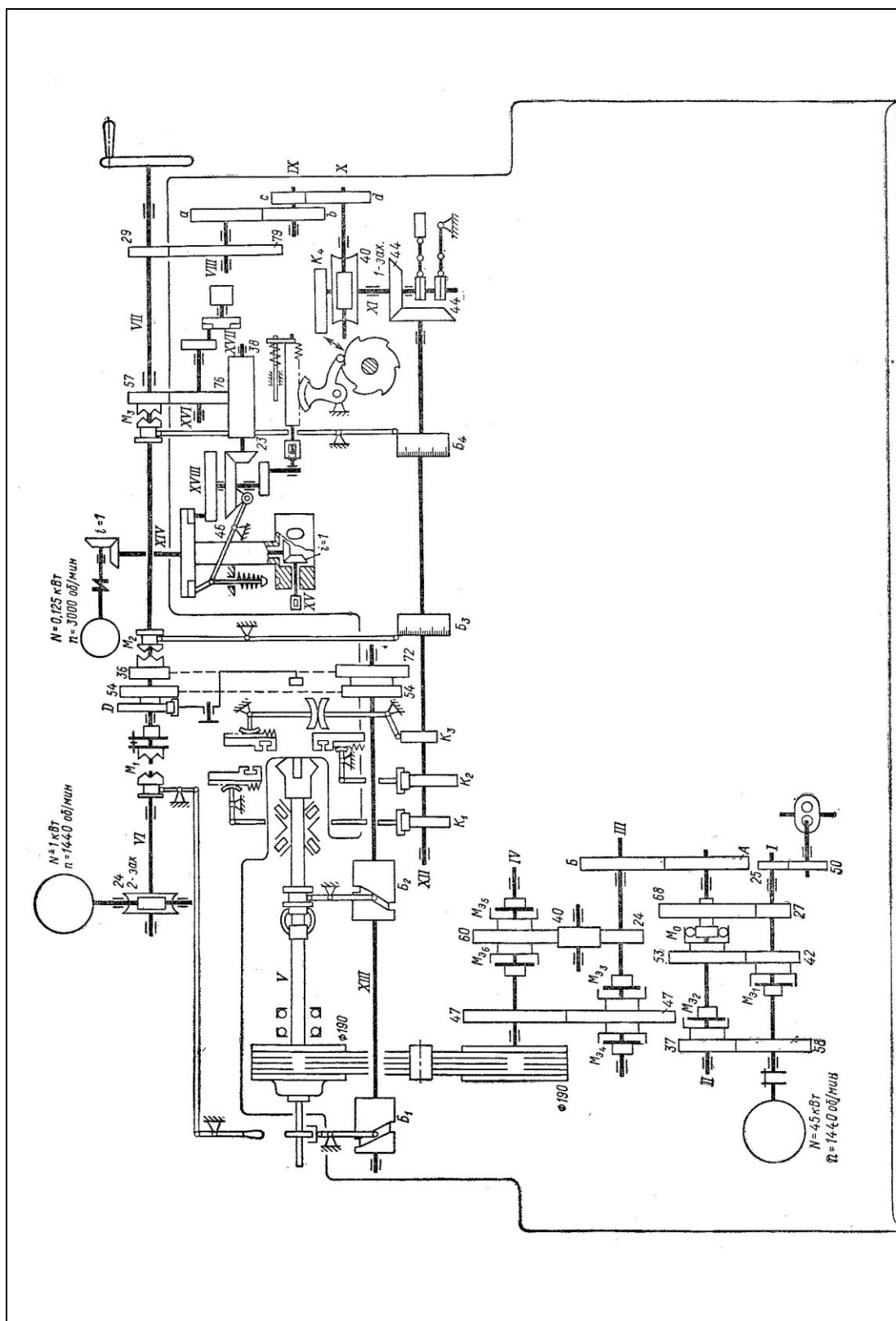


Рис.А.9. Токарно-револьверный автомат мод. 1Б136

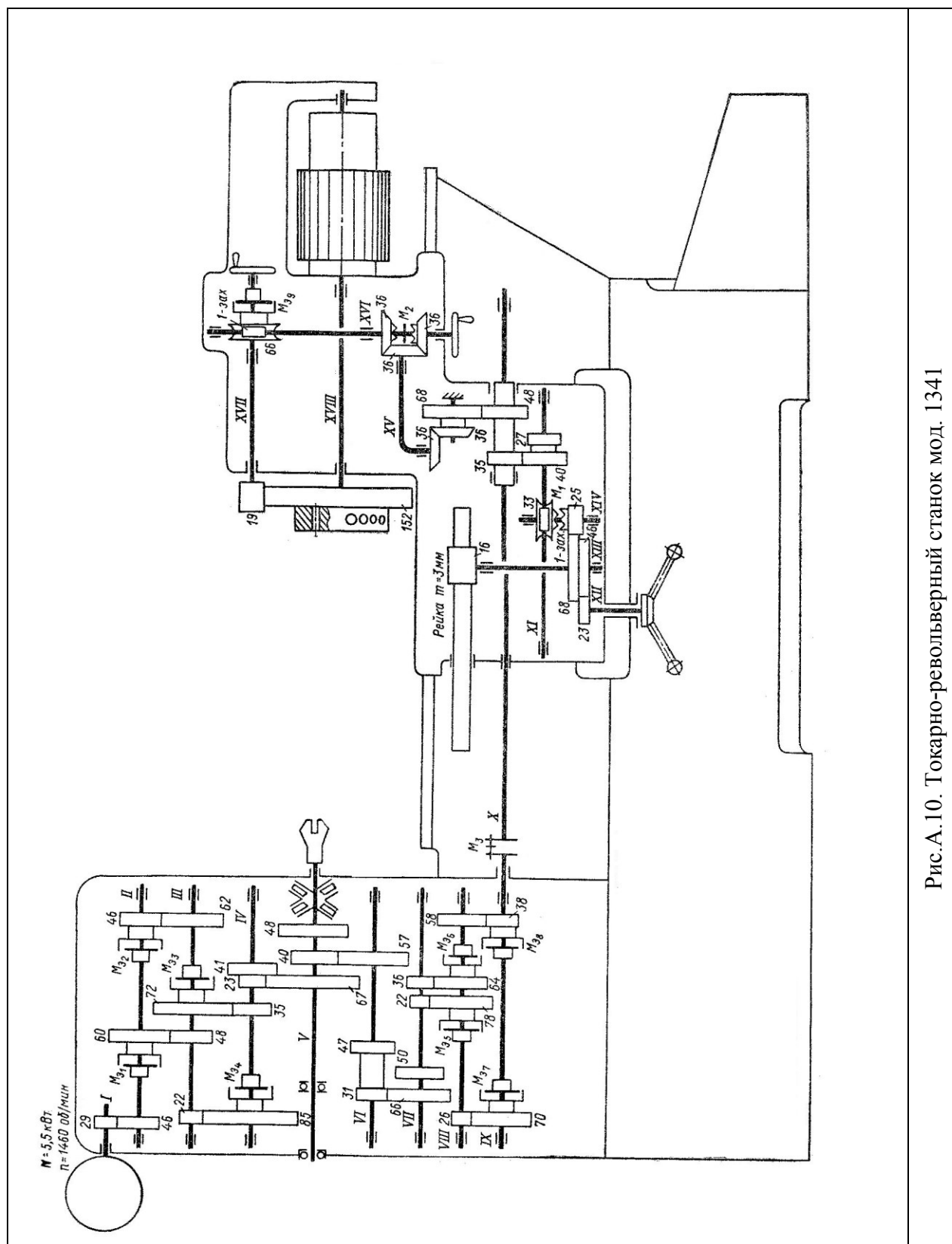


Рис.А.10. Токарно-револьверный станок мод. 1341

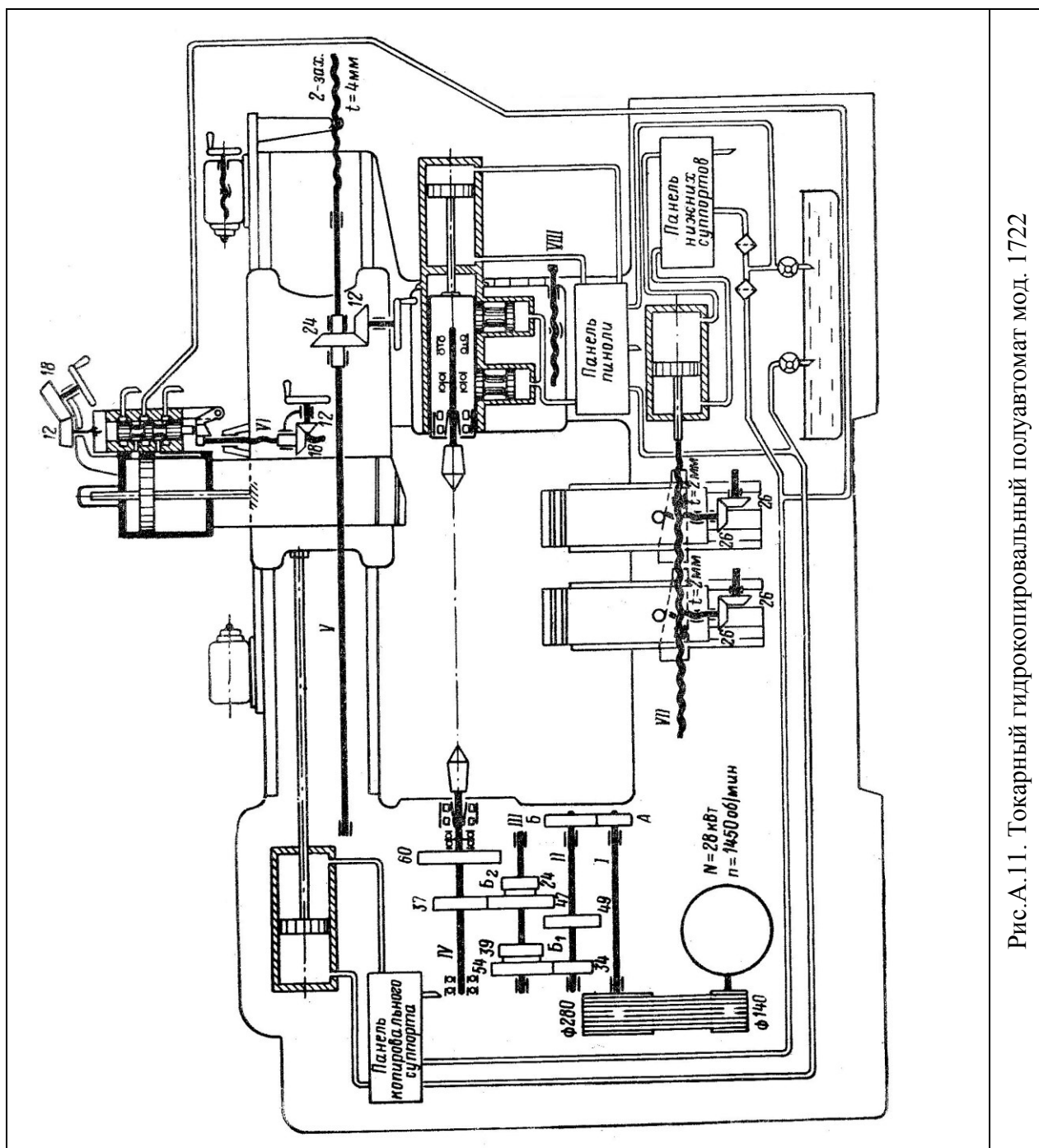


Рис. А.11. Токарный гидрокопировальный полуавтомат мод. 1722

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

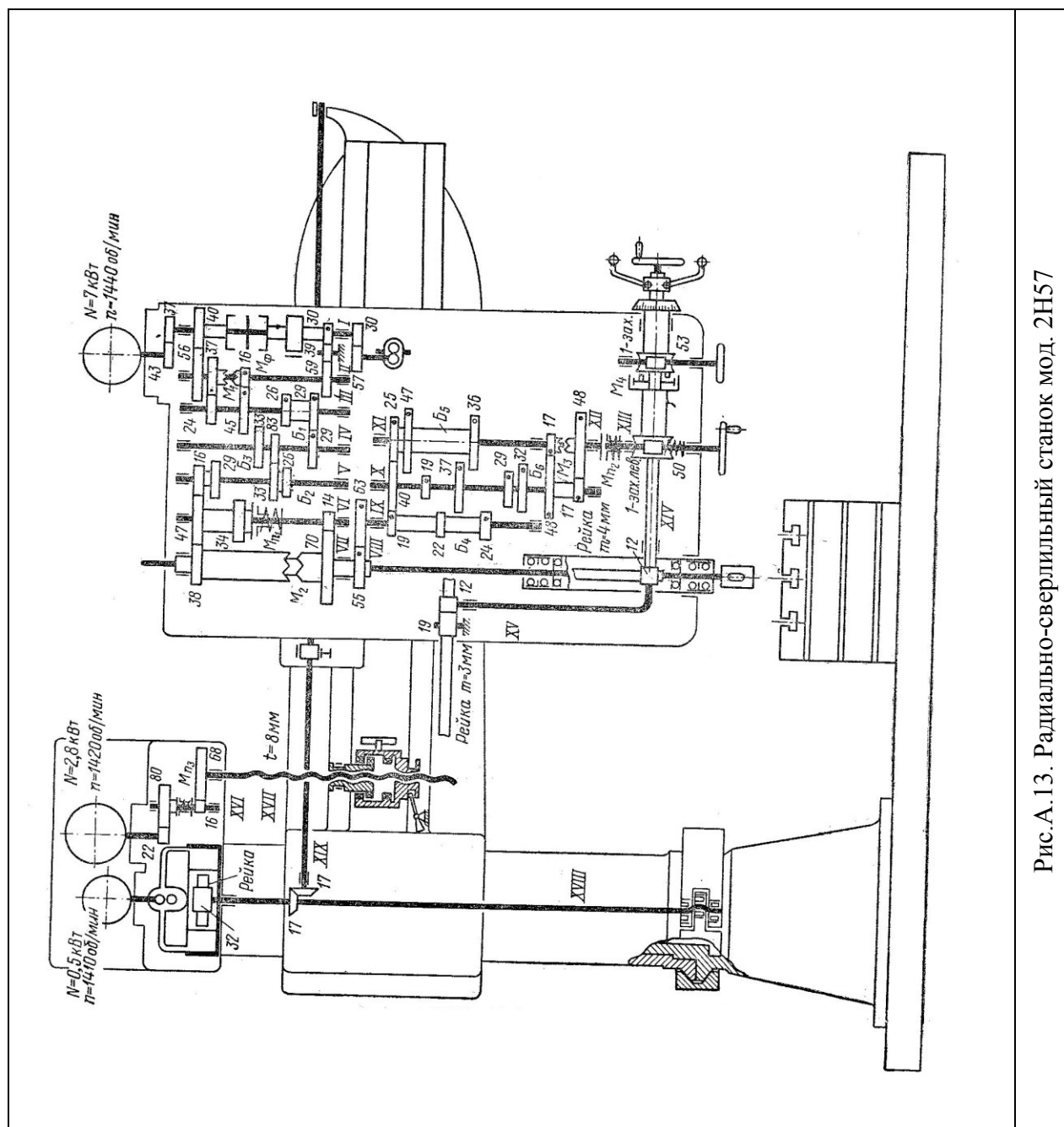


Рис. А.13. Радиально-сверльный станок мод. 2Н57

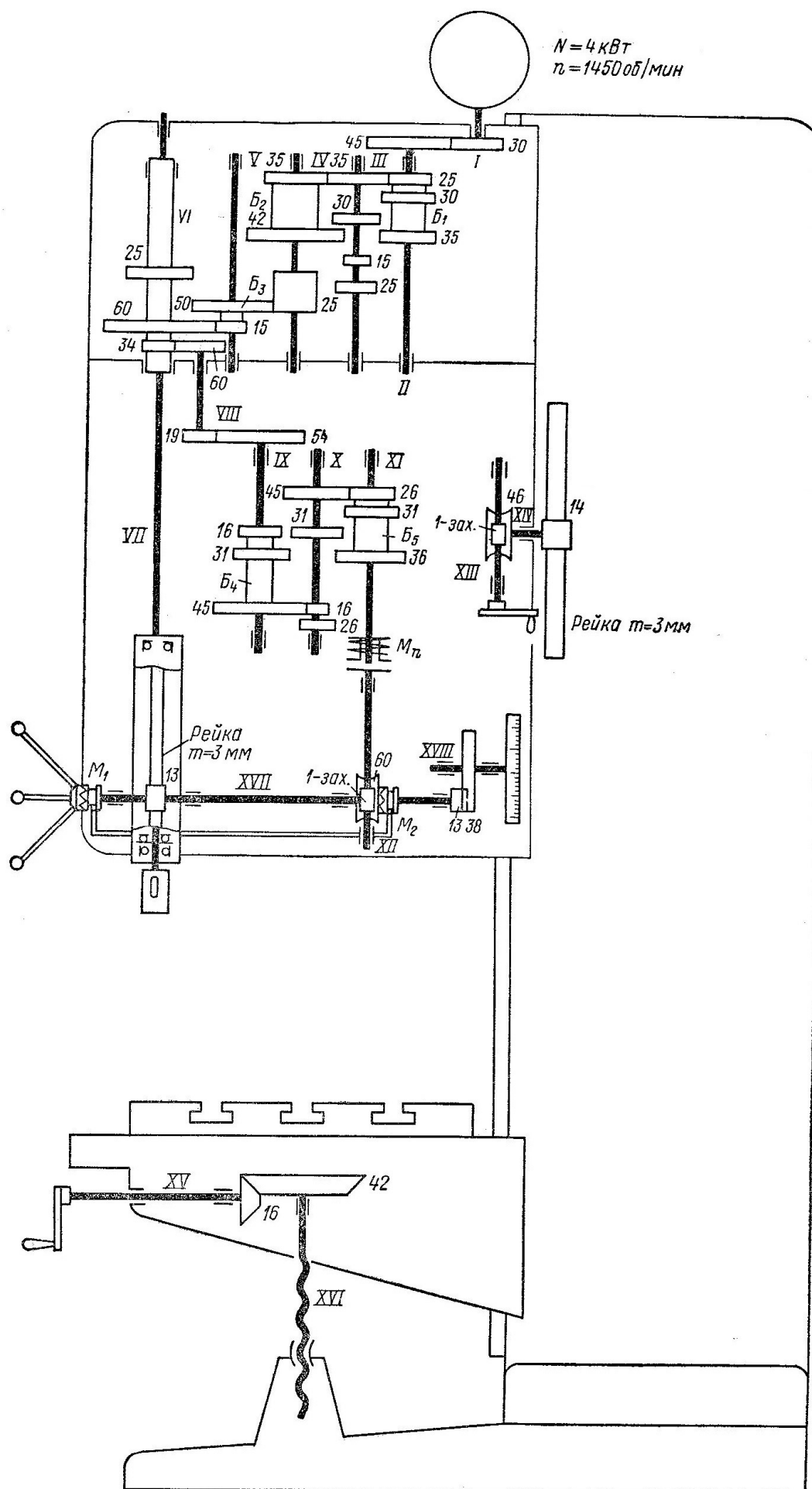
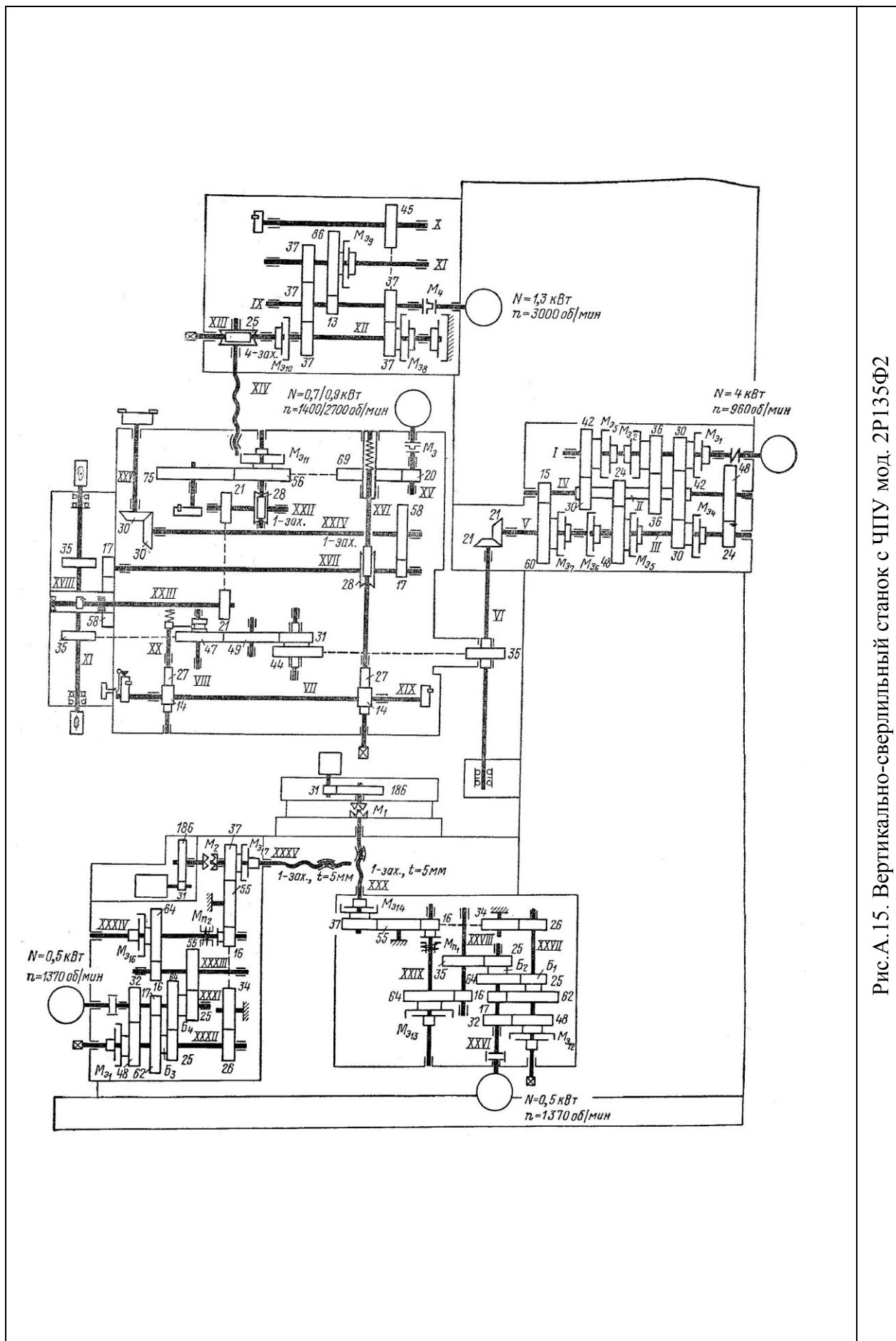


Рис. А.14. Вертикально-сверлильный станок мод. 2Н135



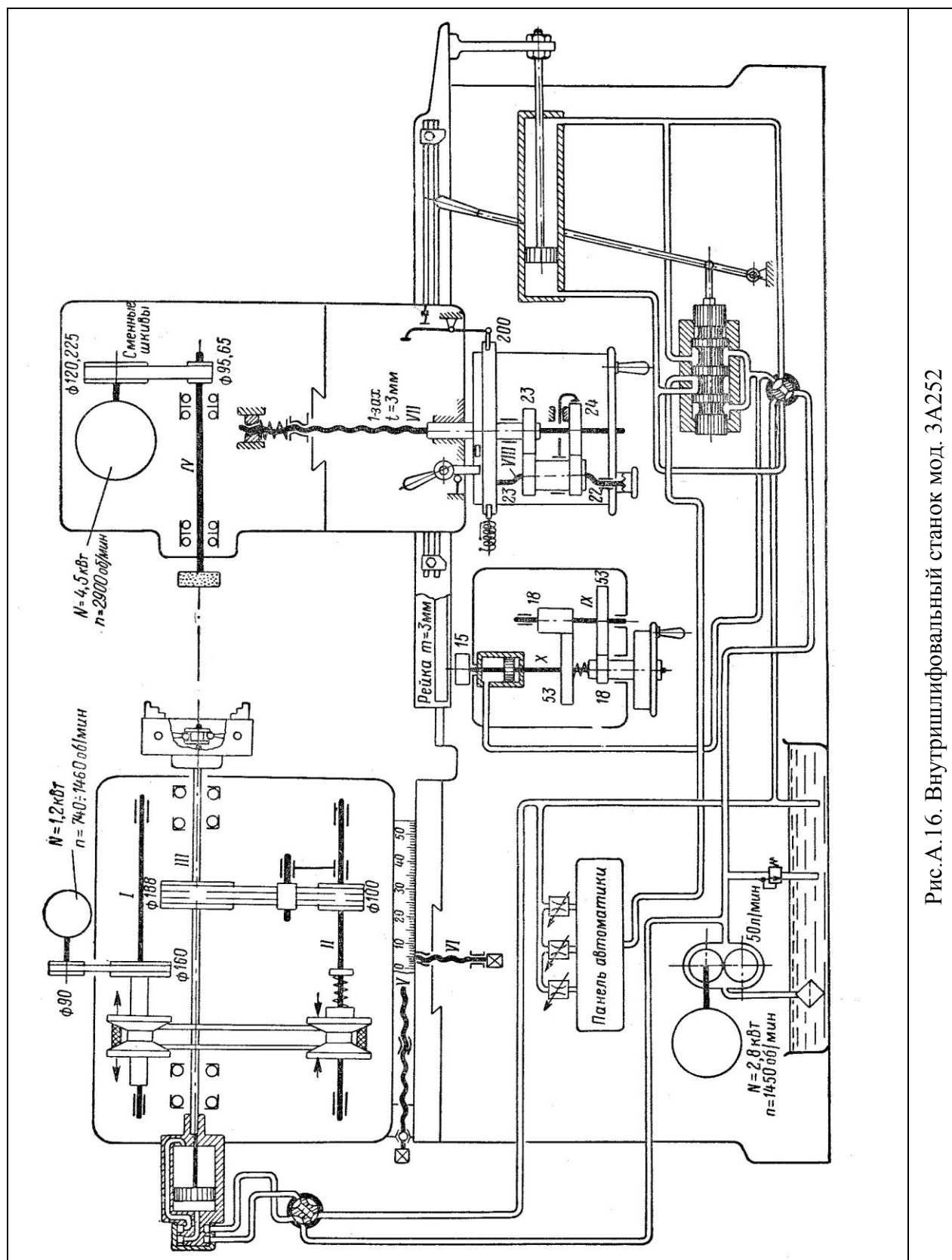


Рис. А.16. Внутришлифовальный станок мод. 3А252

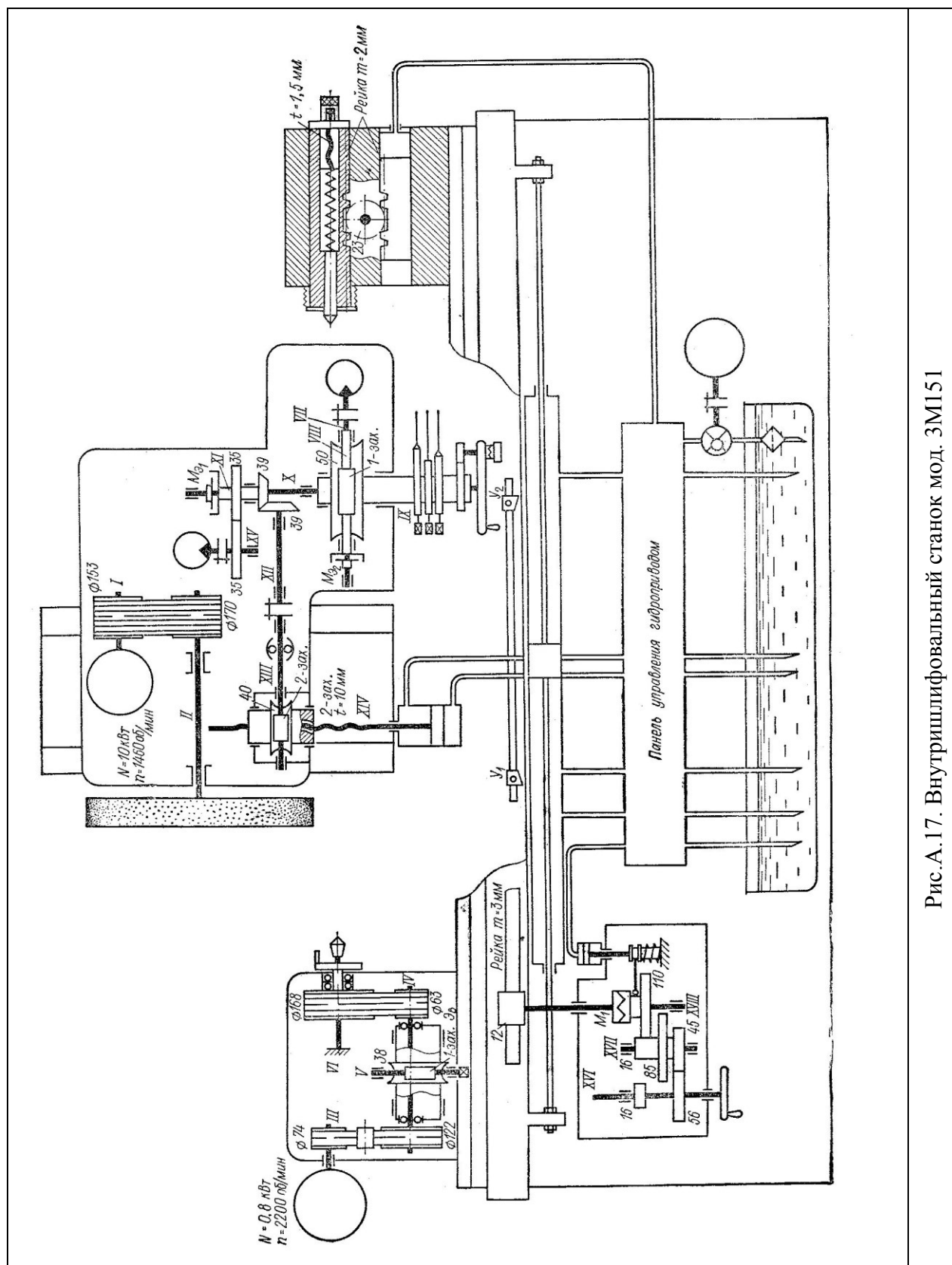


Рис. А.17. Внутришлифовальный станок мод. 3М151

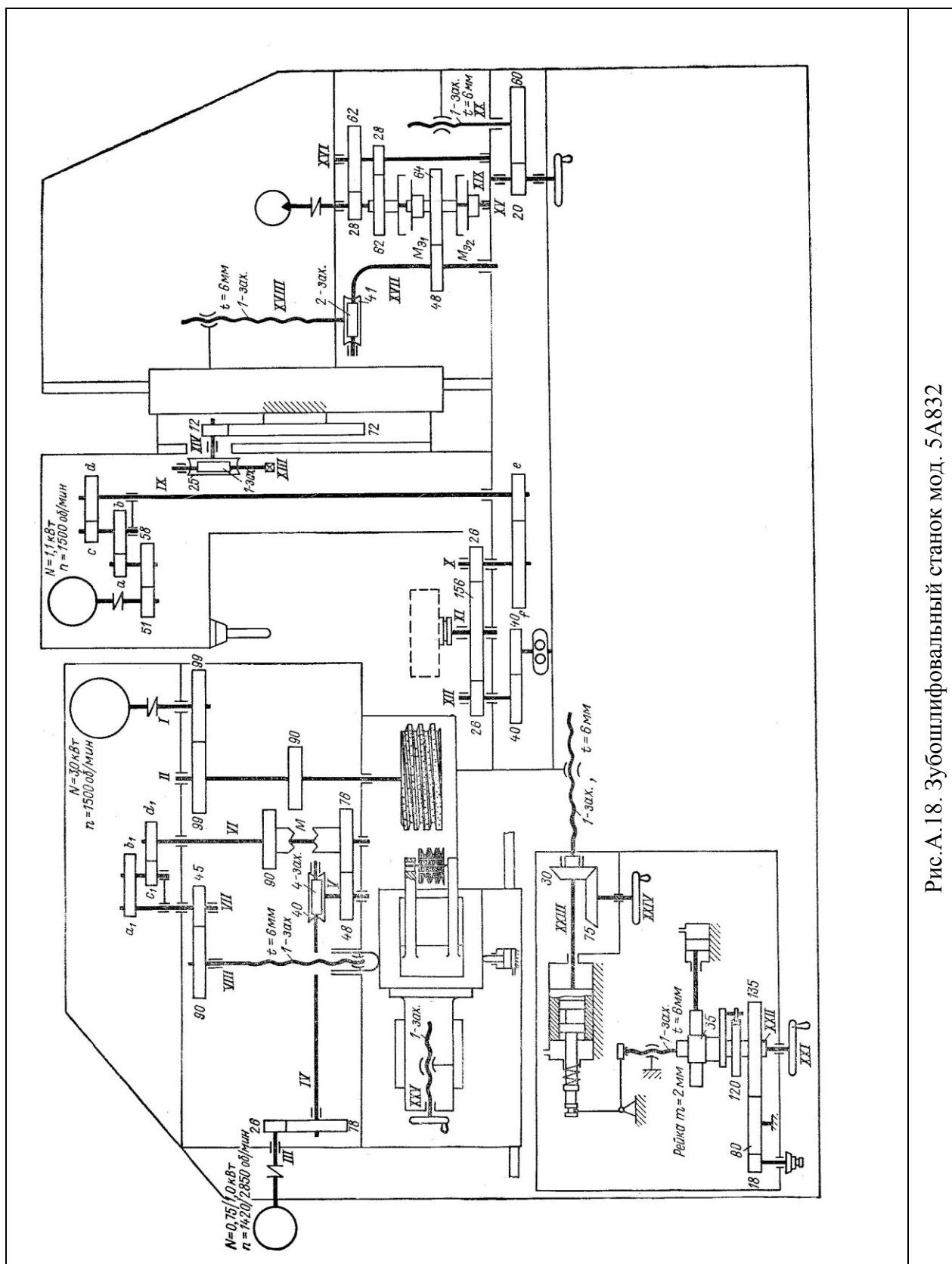


Рис. А.18. Зубошлифовальный станок мод. 5А832

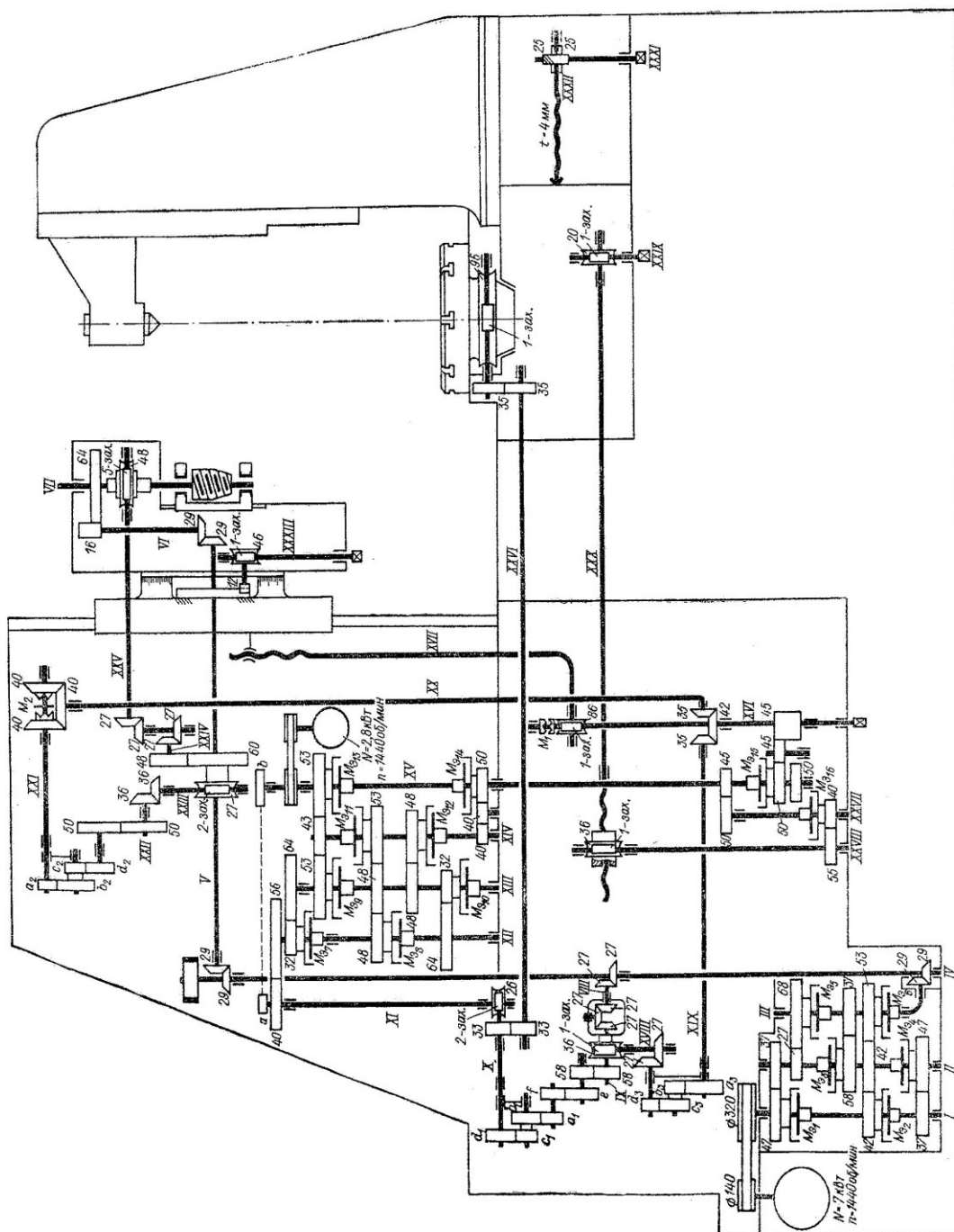


Рис. А.19. Вертикальный зубофрезерный станок мод. 5К324

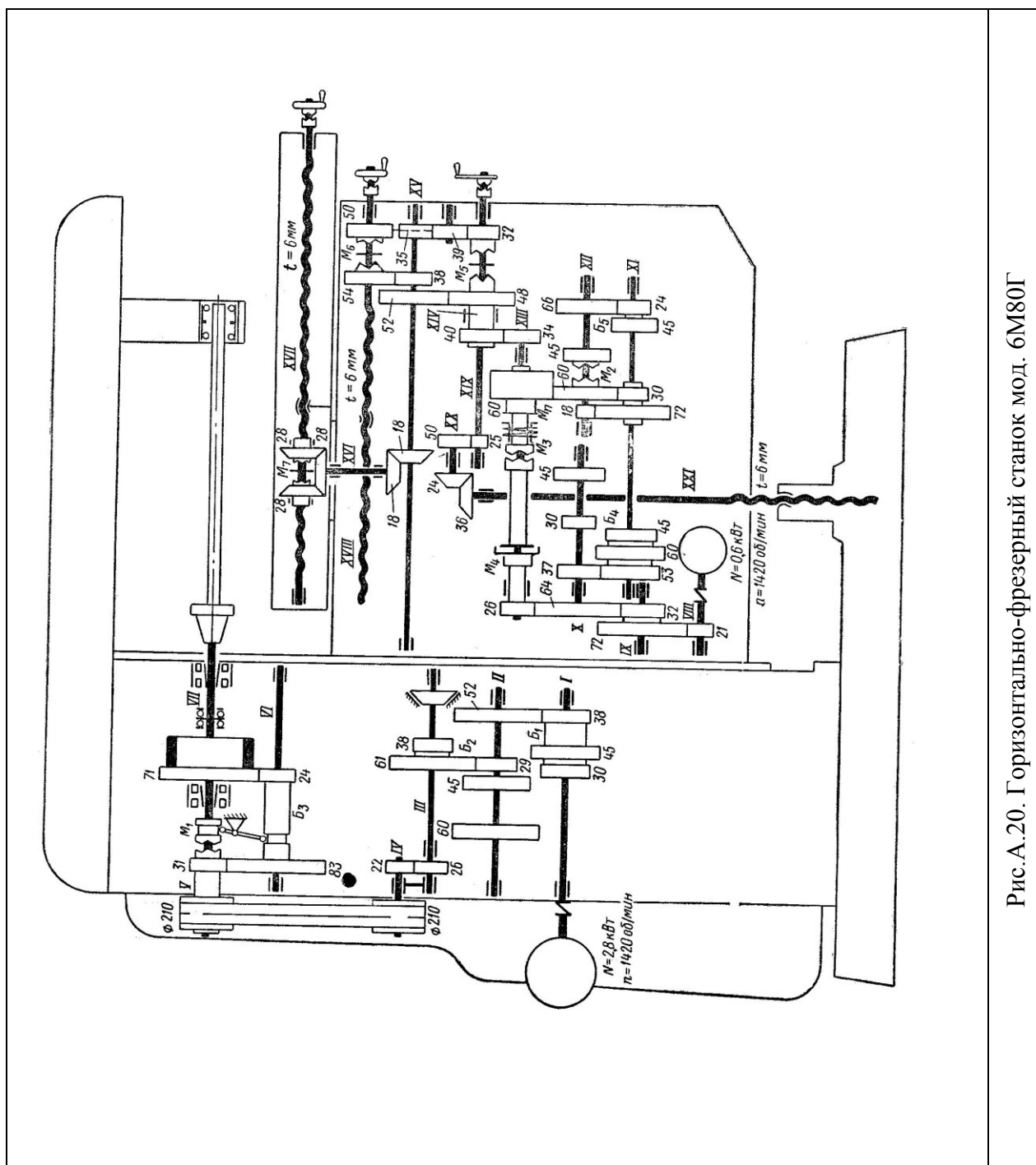


Рис. А.20. Горизонтально-фрезерный станок мод. 6М80Г

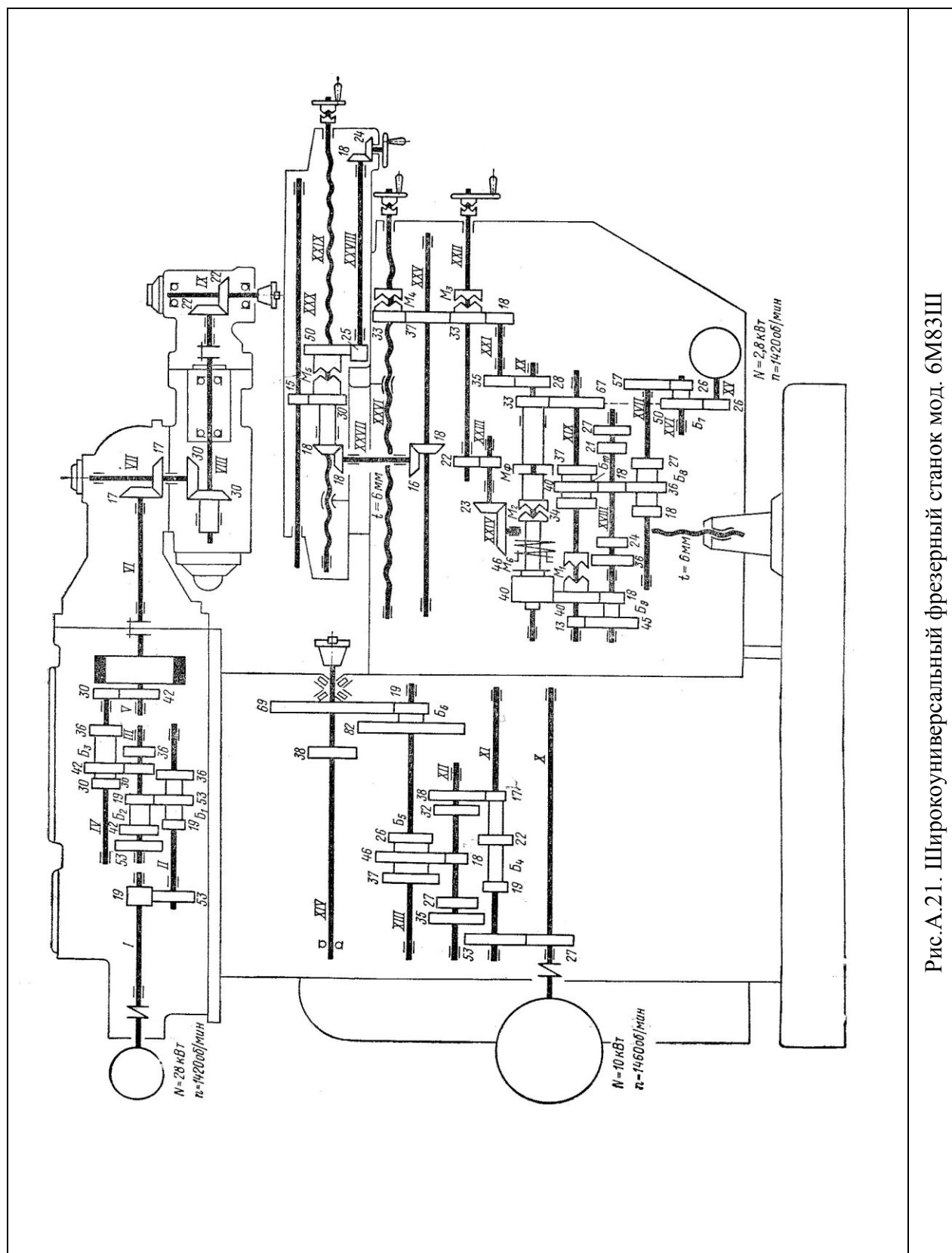


Рис. А.21. Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6М83Ш

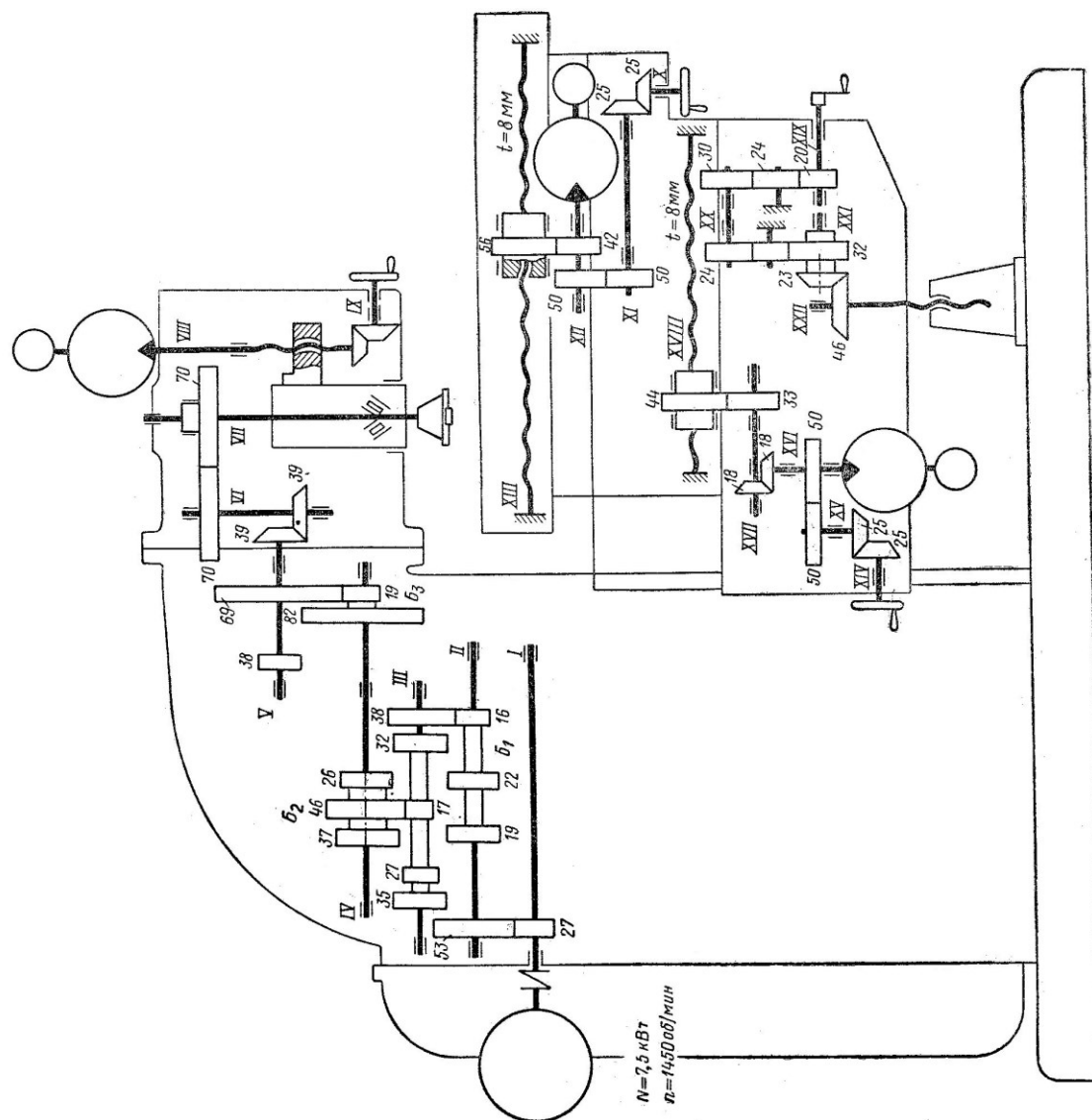


Рис. А.22. Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ мод. 6Н13Ф3-2

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

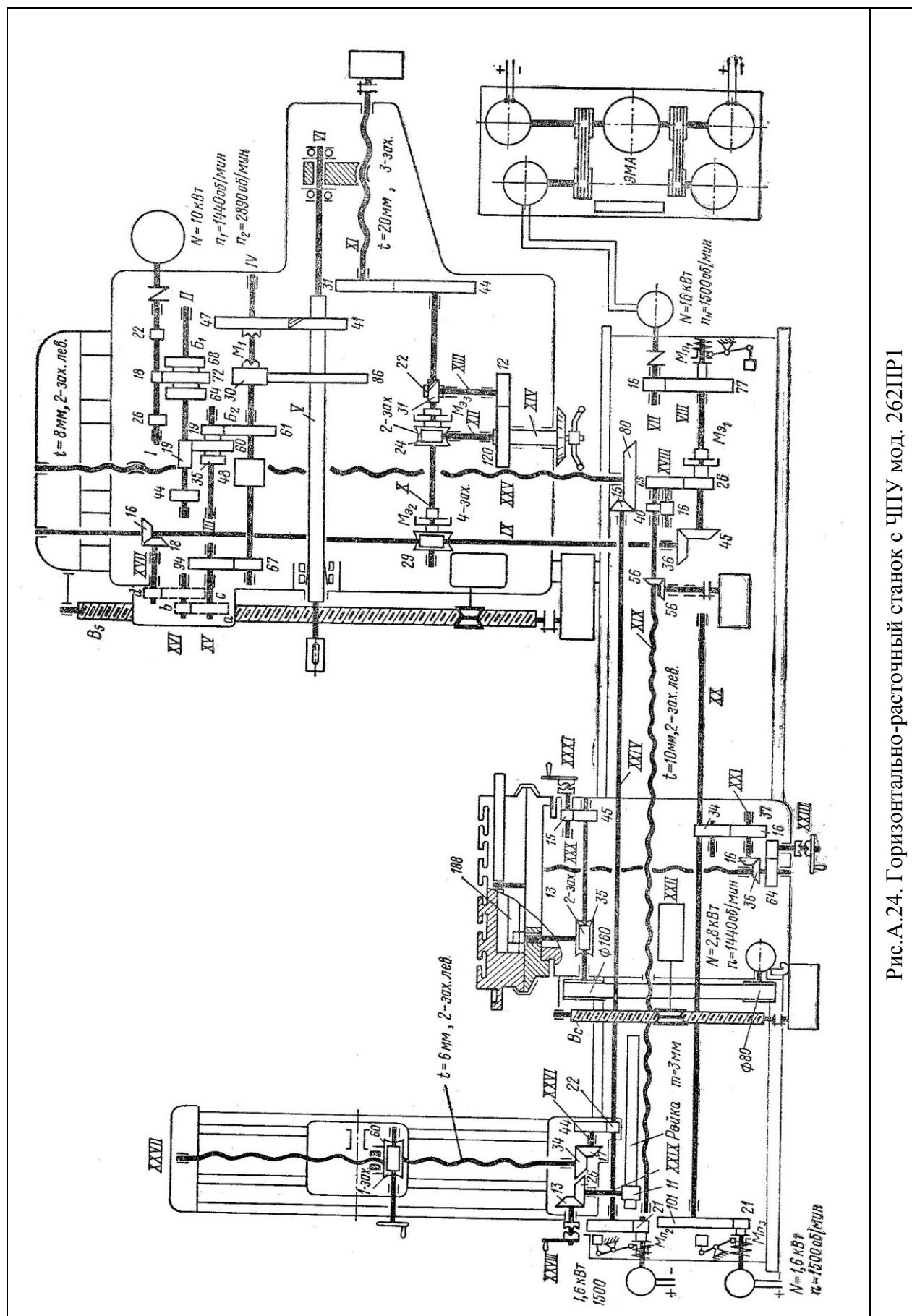


Рис. А.24. Горизонтально-расточный станок с ЧПУ мод. 262ПР1

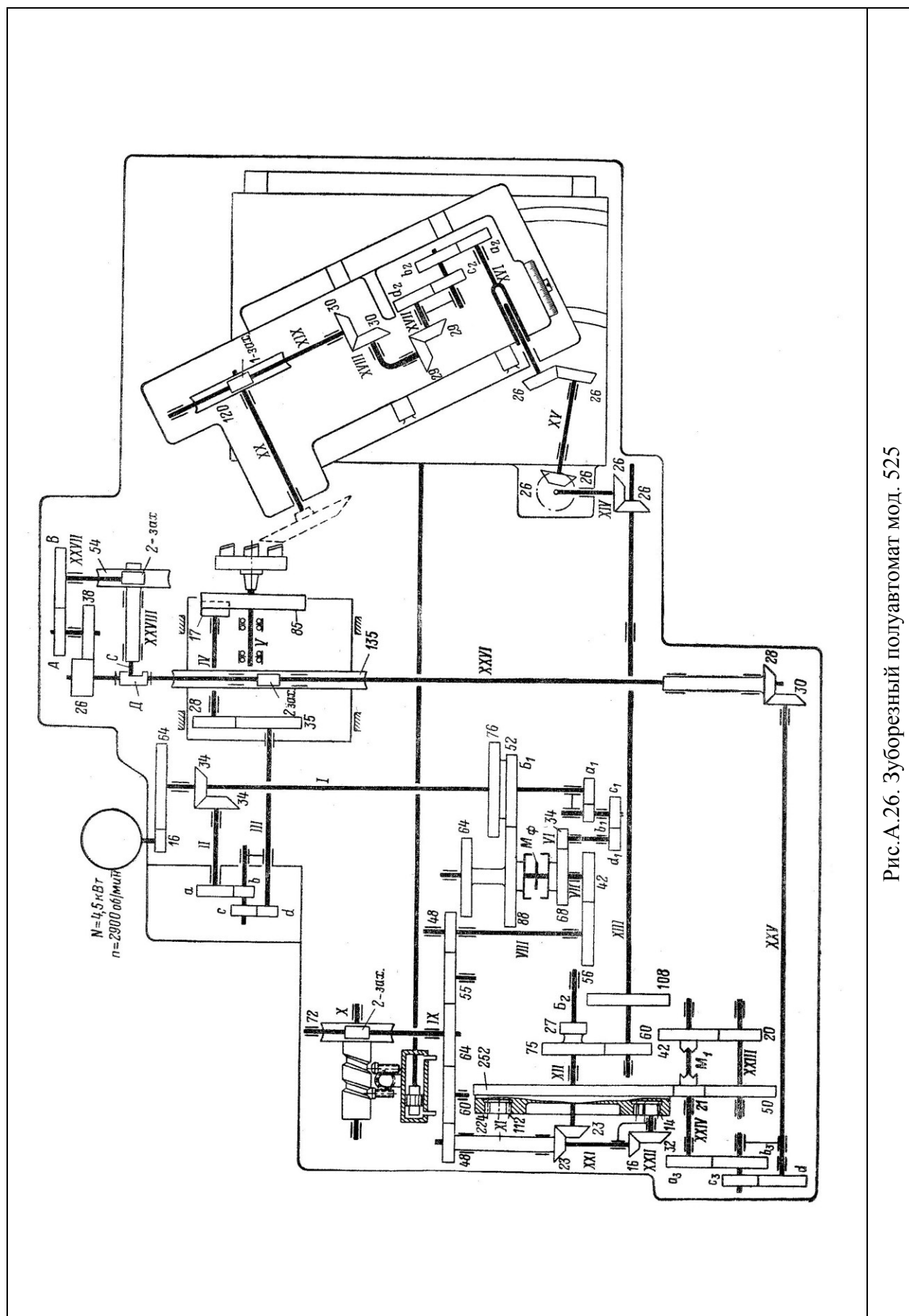


Рис.А.26. Зуборезный полуавтомат мод. 525

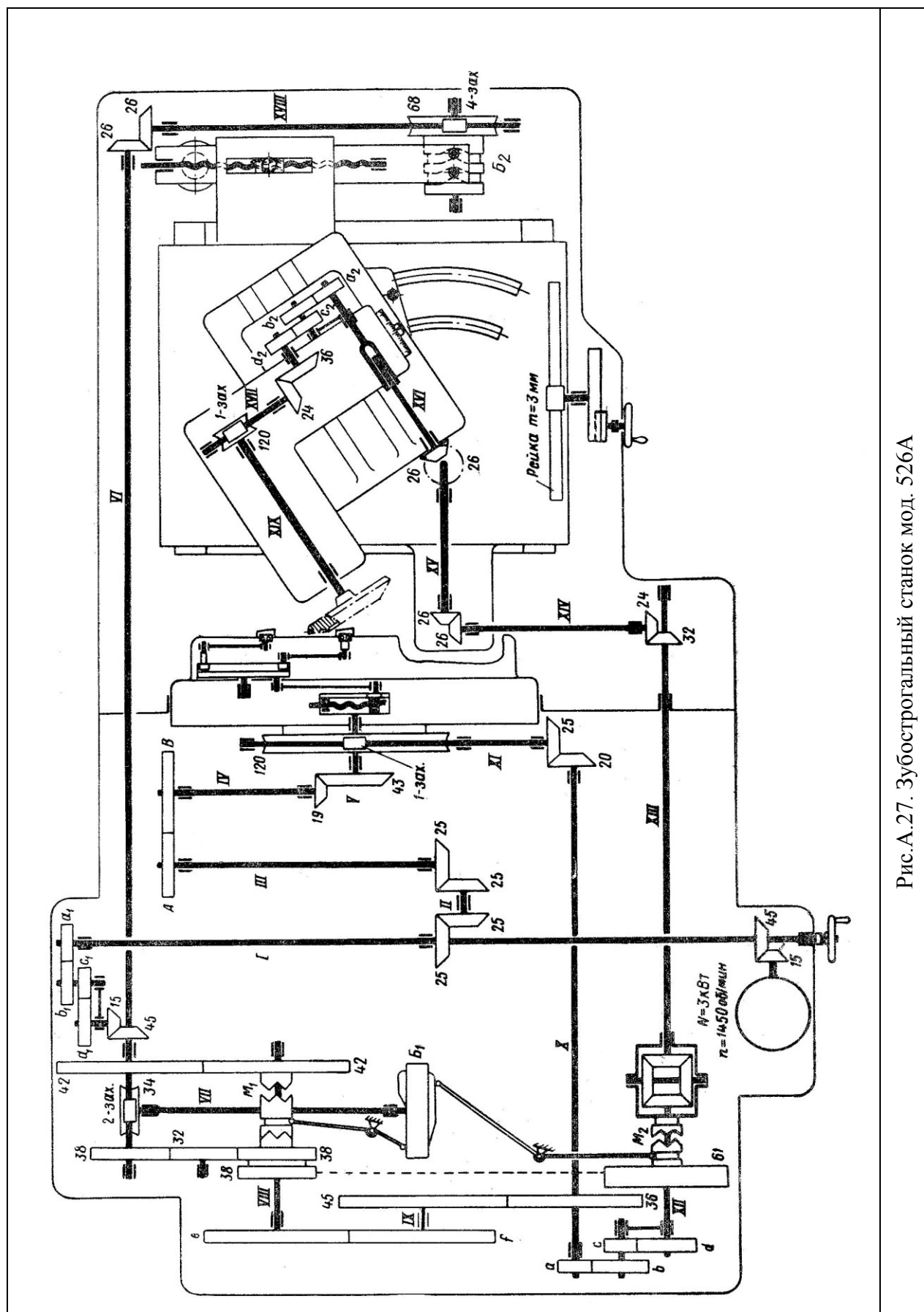


Рис. А.27. Зубострогальный станок мод. 526А

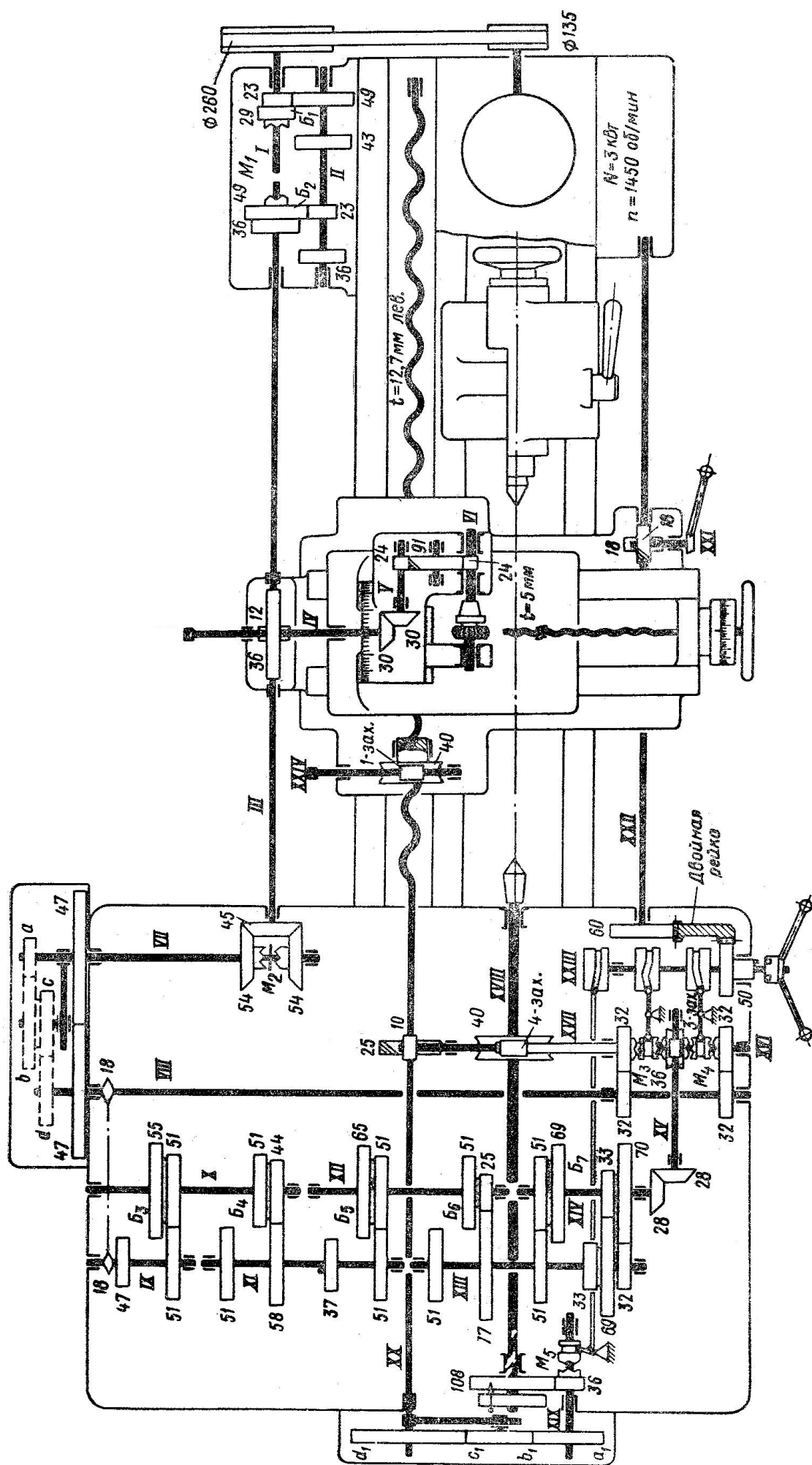


Рис. А.28. Резьбофрезерный станок мод. 561

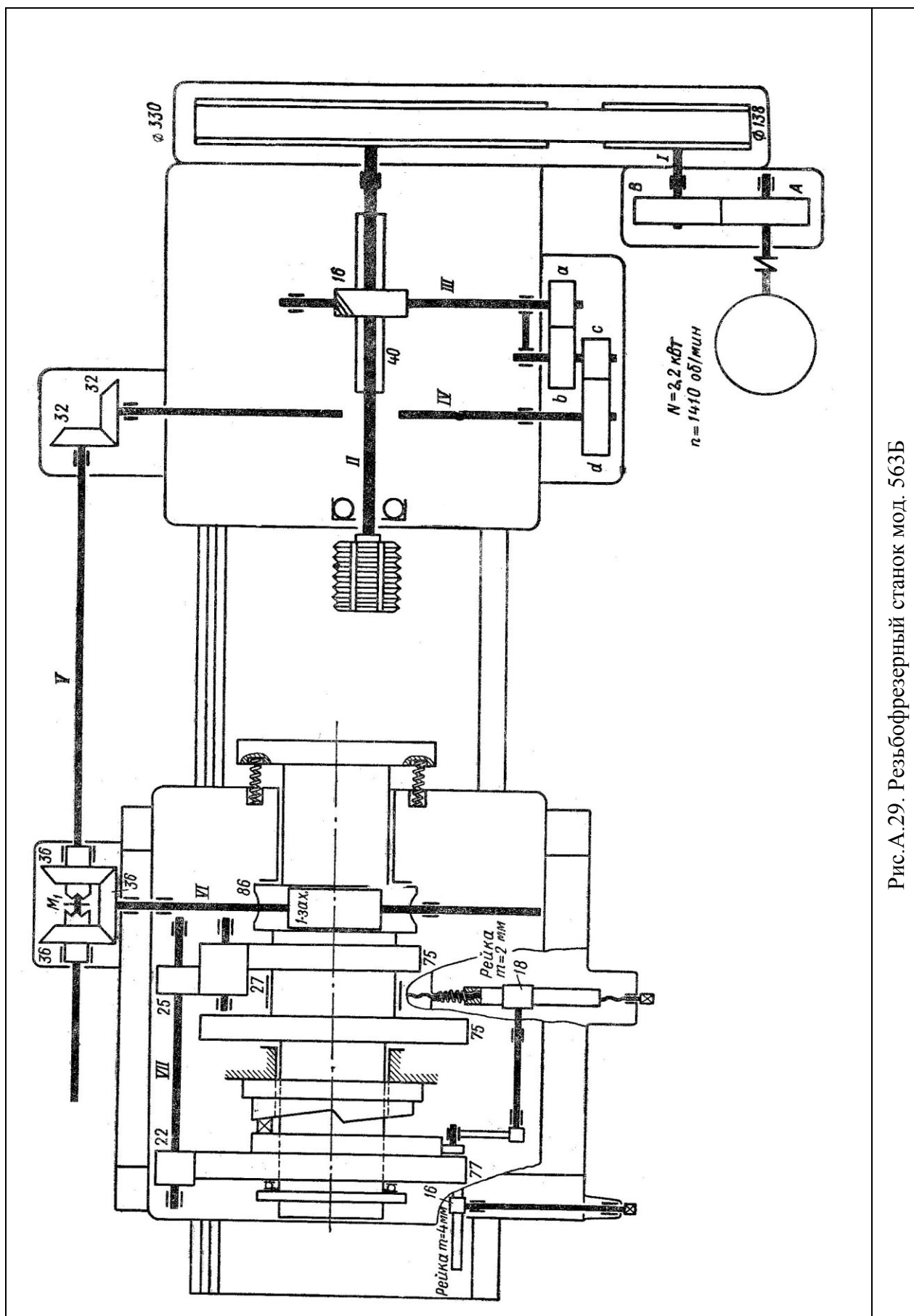


Рис.А.29. Резьбофрезерный станок мод. 563Б

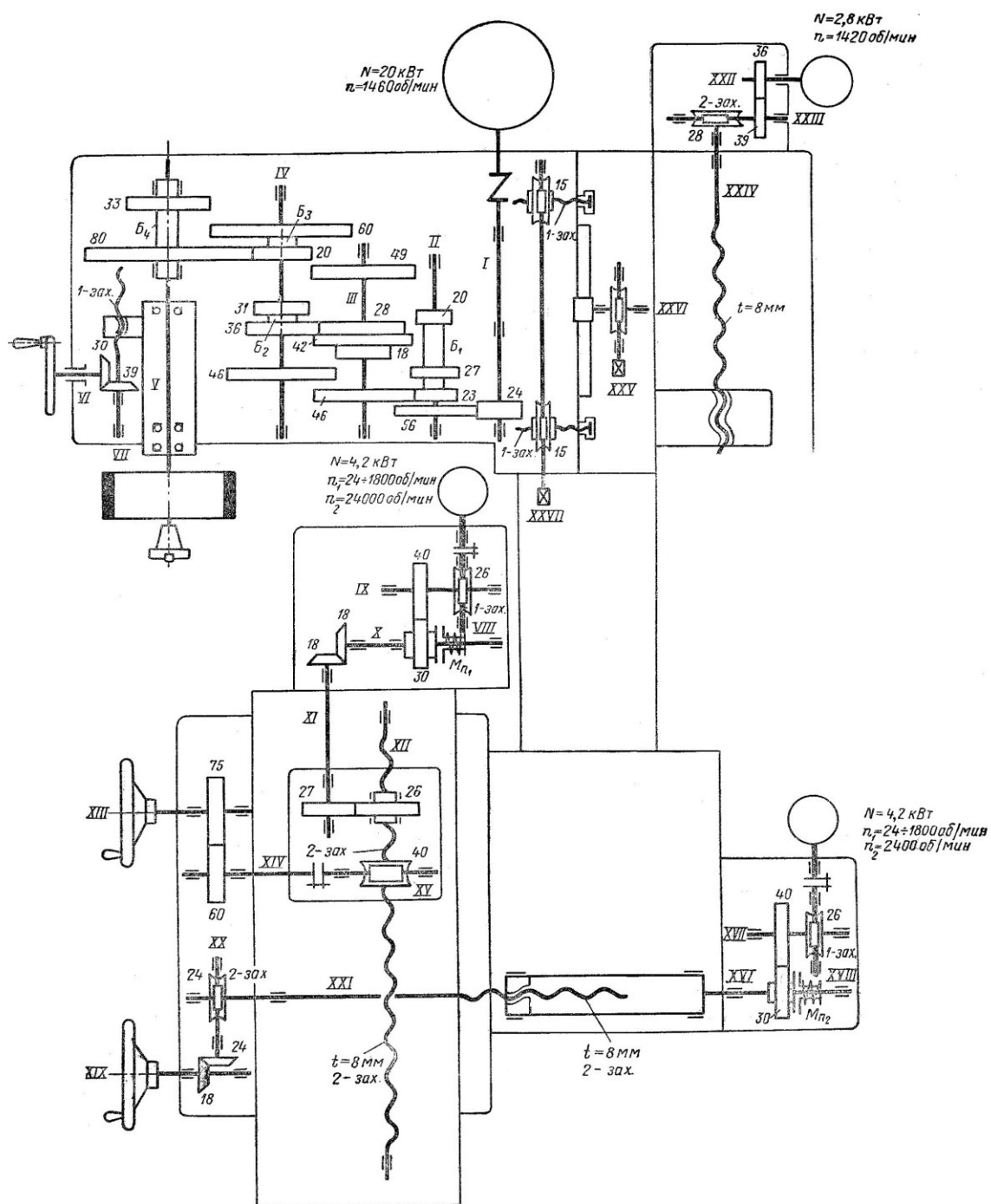


Рис. А.30. Бесконсольный вертикально-фрезерный станок мод. 656П

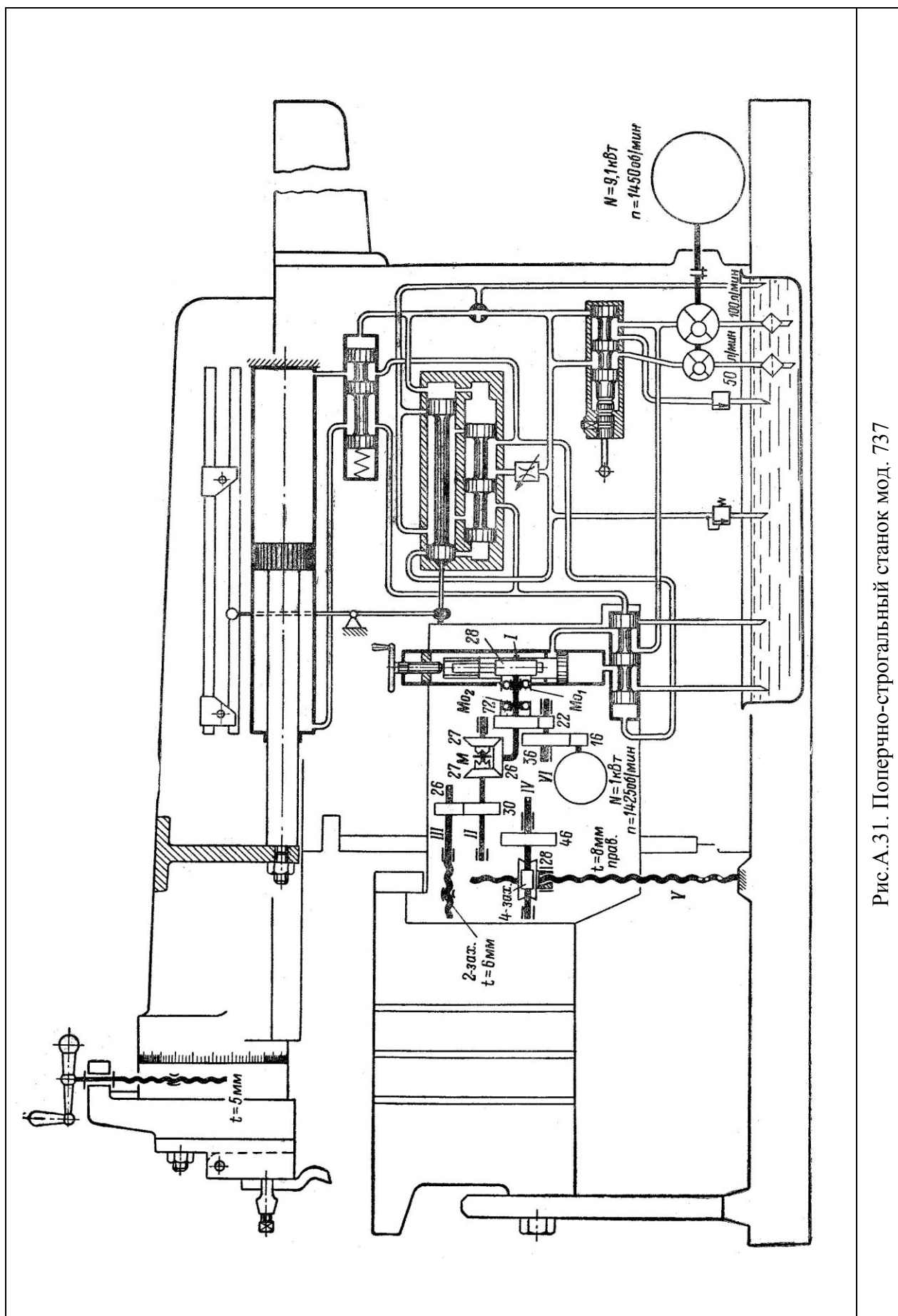


Рис.А.31. Поперчно-строгальный станок мод. 737

Рис. А.32. Долбежный станок мод. 743

Приложение Б

Классификация инструментов

21 Резцы	
Виды	
Проходные	210
Подрезные	211
Канавочные, подрезные	212
Отрезные (комбинированные и фасонные)	213
Расточные	214
Фасонные	215
Резерв	216
Строгальные	217
Долбежные	218
Прочие	219
Разновидности	
Прямые прямоугольного сечения державки	2100
Прямые упорные прямого сечения державки	2101
Отогнутые упорные прямоугольного сечения державки	2102
Отогнутые упорные прямоугольного сечения державки	2103
Для чистовых работ прямоугольного сечения державки	2104
Для станков-автоматов продольного точения с прямоугольным сечением державки	2105
Круглого сечения державки	2106
Тангенциальный	2107
Резерв	2108
Прочие	2109

23
Осевой инструмент

<i>Виды</i>	
Сверла спиральные	230
Сверла перовые	231
Сверла для глубокого сверления	232
Сверла центровые	233
Головки для кольцевого сверления	234
Зенкеры	235
Развертки	236
Расточные инструменты	237
Резерв	238
Прочие	239
<i>Разновидности</i>	
Расточные резцы	2370
Расточные головки	2371
Расточные модули со съёмными головками с ПМКП НМП	2372
Расточные резцовые модули с быстросъёмными режущими частями с ПМКП НМП	2373
Расточные резцовые модули с ПМКП НМП	2374
Резцовые вставки	2375
Борштанги	2376
Резцовые вставки для тонкой расточки	2377
Резерв	2378
Прочие	2379

22
Фрезы

<i>Виды</i>									
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229
Цилиндрические	Концевые	Торцевые насадные	Торцевые сборные	Дисковые	Угловые	Пазовые	Отрезные, прорез- ные	Резерв	Прочие
<i>Разновидности</i>									
2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239
Насадочные с резцовыми вставками	Насадочные с вставными ножами	Насадные, оснащенные напайными державками	Насадные с тангенциальным механическим креплением НМП	Насадные с механическим креплением вставок из минерало- керамики и композитных сверхтвердых материалов	Насадные с механическим креплением пятигранных пластин	Насадные ступенчатые для чистовой обработки	Резерв	Резерв	Прочие

25
Зуборезный и зубообрабатывающий

<i>Виды</i>									
250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
Дисковые модульные фрезы	Пальцевые модульные фрезы	Зубодолбежные головки	Зуборезные долбяки	Червячные зуборезные фрезы	Шеверы	Зуборезные гребенки	Резцовые головки	Резерв	Прочие
<i>Разновидности</i>									
2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549
Цельные с осевой стружечной канавкой	Цельные с винтовой стружечной канавкой	Сборные с затылованными зубьями	Сборные с поворотными рейками	Сборные с НМП	Сборные многозаходные	С модифицированным профилем зуба	Для нарезания червячных колес	Резерв	Прочие

