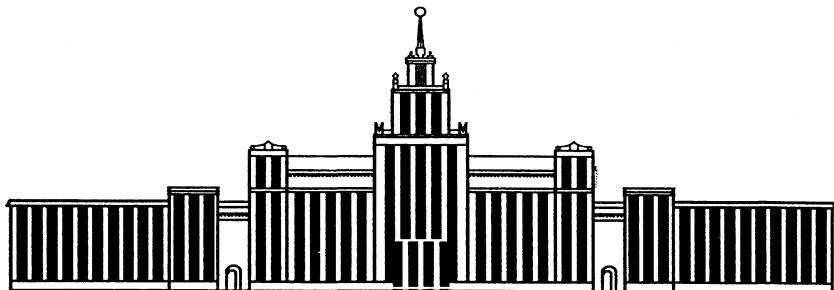

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621.92(07)
Ч-63

С.Г. Чиненов

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Учебное пособие
для практических занятий

Челябинск
2010

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал ЮУрГУ в г. Миассе
Машиностроительный факультет
Кафедра «Технология производства машин»

621.92(07)
Ч-63

С.Г. Чиненов

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Учебное пособие
для практических занятий

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2010

УДК 621.92(07.8)

Ч-63

Одобрено

*учебно-методической комиссией машиностроительного факультета
филиала ЮУрГУ в г. Миассе*

Рецензенты:

Л.М. Звонарёва, В.Г. Грачев

Чиненов, С.Г.

Ч-63 Металлорежущие станки: учебное пособие для практических занятий /
С.Г. Чиненов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 59 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы расчета и проектирования отдельных узлов металлорежущих станков. Рассмотрены примеры расчета параметров коробок скоростей и подач. Приведена методика расчета универсальных делительных головок. В пособии имеются варианты заданий.

Учебное пособие разработано для студентов специальности 151001.

УДК 621.92(07.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Расчет и конструирование отдельных узлов и элементов станка подчиняется общей задаче, выраженной в техническом задании на вновь создаваемый станок. В нем определены характеристики и выходные параметры станка, которые должны быть обеспечены.

Новые решения позволяют либо создать конструкцию с более высокими технико-экономическими показателями (меньше стоимость, масса, габаритные размеры), либо получить более высокие характеристики конструкции (большую надежность, точность, производительность, технологические возможности и др.) и обеспечить этим конкурентоспособность станка.

При формировании конструкции узла должны быть учтены все требования стандартов и нормативно-технической документации, относящиеся к станку данного типа и класса точности. Обеспечить требуемые параметры можно, применяя, как правило, различные конструктивные решения. Критерием для выбора оптимального варианта являются технико-экономические показатели и в первую очередь затраты на разработку и производство новой модель станка.

При поиске новых конструктивных решений для различных узлов и механизмов станка, несмотря на их различие и разнообразие функций, проявляются следующие общие тенденции.

1. Применение новых механизмов, сконструированных с учетом достижений механики, гидравлики, пневматики, а также комбинированных механизмов (например, пневмогидравлических, электромеханических), механизмов, построенных на новых физических принципах (магнитострикционный привод, магнитная подвеска, газостатическая опора), позволяют создавать конструкции с высокими характеристиками. Использование в станкостроении достижений смежных областей науки и техники, как правило, дает новые эффективные решения.

2. Применение мехатроники, т.е. систем и механизмов, органически сочетающих механику и электронику, характерную для современных станков с системами с программным управлением. Мехатронные системы обеспечивают новые возможности управления движением традиционных механизмов, точное выполнение заданных функций, приданье им функций саморегулирования и реакции на внешние воздействия, синхронность движения двух узлов и т.п.

Возможности мехатроники могут изменить традиционные решения, ярким примером тому служит замена кинематических цепей зубообрабатывающих станков электронными связями.

3. Перенос рабочих функций с механических систем и приводов на систему управления и электропривод позволяет получить более компактные, легко управляемые узлы с высокими техническими характеристиками. Совершенствование электропривода позволяет существенно сократить механическую часть, повышать КПД передач и упрощать конструкцию.

4. Создание универсальных и многофункциональных конструкций, которые расширяют технологические возможности станка, характерно для многоцелевых станков, эффективность которых в первую очередь зависит от этого принципа.

5. Разработка дополнительных узлов, которые могут быть установлены на станке, расширяя или изменения его технологические возможности, увеличивает приспособляемость станка к разнообразным запросам производства. Так, во многих конструкциях современных станков предусмотрена возможность дополнительно устанавливать револьверную головку (иногда две), дополнительные суппорты, вторую шпиндельную бабку, механизмы загрузки, конвейеры для удаления стружки, а также иметь измерительную позицию. Это направление является развитием широко применяемого метода оснащения станка различными технологическими приспособлениями по запросам потребителя. Теперь эта идея распространяется на узлы самого станка.

6. Агрегатно-модульный принцип проектирования узлов станка различного назначения является наиболее общим, отражающим прогрессивную тенденцию компоновки станка из узлов, оформленных в самостоятельные конструктивные единицы. В этом случае узел имеет, как правило, автономный привод и может быть выполнен в нескольких вариантах с различными функциями или различной точности. Этот принцип компоновки станка позволяет не только оперативно изменять назначение, но и даже конструкцию всего станка.

7. Защита узлов станка от загрязнения является непременным условием для обеспечения работоспособности прецизионных механизмов. Попадание стружки, частиц абразивного материала после правки круга, СОЖ, частиц из окружающего станок пространства может привести к интенсивному изнашиванию ответственных пар трения и порче электрооборудования.

8. Повышение качества узла, в первую очередь его прецизионности и надежности, является постоянным фактором, определяющим уровень и конкурентоспособность конструкций. Большие возможности повышения прецизионности узлов открывают методы автоматизированного управления точностью. Требования к качеству и надежности отдельных узлов и элементов станка определяются требованиями к техническим характеристикам и выходным параметрам станка в целом.

На конкурентоспособность узлов непосредственно влияют общие закономерности , определяющие развитие станков, прогрессивные тенденции в технологии обработки, появление новых инструментальных материалов. В перспективе должно расширяться создание таких унифицированных целевых узлов станка, которые можно применять в станках различных типов. Это относится к шпиндельным узлам, столам, механизмам загрузки заготовок и инструмента, приводам и другим узлам заданного назначения.

В станкостроении накоплен большой опыт по созданию разнообразных конструкций, положительно зарекомендовавших себя на практике. Прежде чем приступить к разработке новых конструкций и узлов необходимо изучить конструкции элементов и узлов различных станков и методики их проектирования. Наиболее трудоемкими при проектировании и расчете являются приводы станков со сложной кинематикой.

1. ПРИВОДЫ СТАНКОВ

Привод – устройство, служащее для приведения в действие исполнительных органов станка. В привод входит также источник движения. Привод должен обеспечивать возможность регулирования скорости движения исполнительных органов станка.

1.1. Коробки скоростей

Приводы станков подразделяют на ступенчатые и бесступенчатые. К ступенчатым относят приводы со ступенчатыми шкивами, с шестеренными коробками скоростей и приводы в виде многоскоростных асинхронных электродвигателей. Возможны также ступенчатые приводы, являющиеся комбинацией упомянутых выше механизмов.

К бесступенчатым приводам относятся приводы с механическими вариаторами, с электродвигателями постоянного тока и регулировкой частоты вращения, гидравлические приводы и комбинированные приводы.

Приводы с шестеренной коробкой скоростей являются наиболее распространенными типами приводов главного движения в металлорежущих станках. Его достоинством является компактность и надежность в работе. Но приводы с шестеренными коробками скоростей не имеют бесступенчатого регулирования скоростей, у них сравнительно низкий КПД на высоких частотах вращения при широком диапазоне регулирования.

Существует большое число различных конструкций коробок скоростей, однако все они представляют собой сочетание отдельных типов механизмов.

По компоновке коробки скоростей разделяются на коробки с зубчатыми колесами, встроенными в шпиндельную бабку, и коробки скоростей с разделенным приводом, когда шпиндельная бабка и коробка скоростей выполняется в виде отдельных узлов, соединенных ременной передачей.

По способу переключения коробки скоростей бывают со сменными зубчатыми колесами между валами и неизменным межосевым расстоянием, с передвижными колесами или блоками колес, с непередвигаемыми вдоль вала колесами и кулачковыми муфтами, с фрикционными муфтами, с электромагнитными муфтами и комбинированным переключением. Коробки скоростей выполняются в закрытом корпусе, зубчатые колеса работают в масляной ванне. Такая конструкция предохраняет механизмы от загрязнения, обеспечивает обильное смазывание и хорошее охлаждение механизмов, повышает КПД коробки скоростей. На рис. 1 показаны основные схемы коробок скоростей.

Схема двухваловой коробки скоростей со скользящим блоком зубчатых колес z_1 и z_3 , расположенных на валу I со шлицами, показана на рис. 1 а. Зубчатые колеса z_2 и z_4 установлены на валу II неподвижно. При переключении зубчатых колес непременным условием является их остановка. Для схемы, показанной на рис. 1 б, переключение может происходить в движении. Схема на три частоты вращения изображена на рис. 1 в. Здесь используется тройной блок зубчатых колес. Схема на четыре частоты вращения показана на рис. 1 г. На валу I расположены два подвижных блока, состоящие соответственно из колес z_1 и z_2 ; z_5 и z_7 , на валу II – не-

– неподвижные зубчатые колеса z_2 , z_4 , z_6 , z_8 . Передвижение блоков обеспечивает зацепление зубчатых колес z_1 с z_2 , z_3 с z_4 , z_5 с z_6 , z_7 с z_8 . Особенностью этой схемы является необходимость предусматривать блокировку, которая исключает возможность одновременного включения двух пар колес.

Варианты трехваловых коробок скоростей на четыре частоты вращения (рис. 1 $\delta - \chi$) состоят из двух последовательно расположенных элементарных коробок скоростей на две частоты вращения. Для осуществления непрерывного процесса резания с постоянной мощностью и скоростью при изменении частоты вращения шпинделя во всех диапазонах применяют коробки скоростей с автоматическим переключением ступеней (АКС), электромагнитными или гидравлическими муфтами.

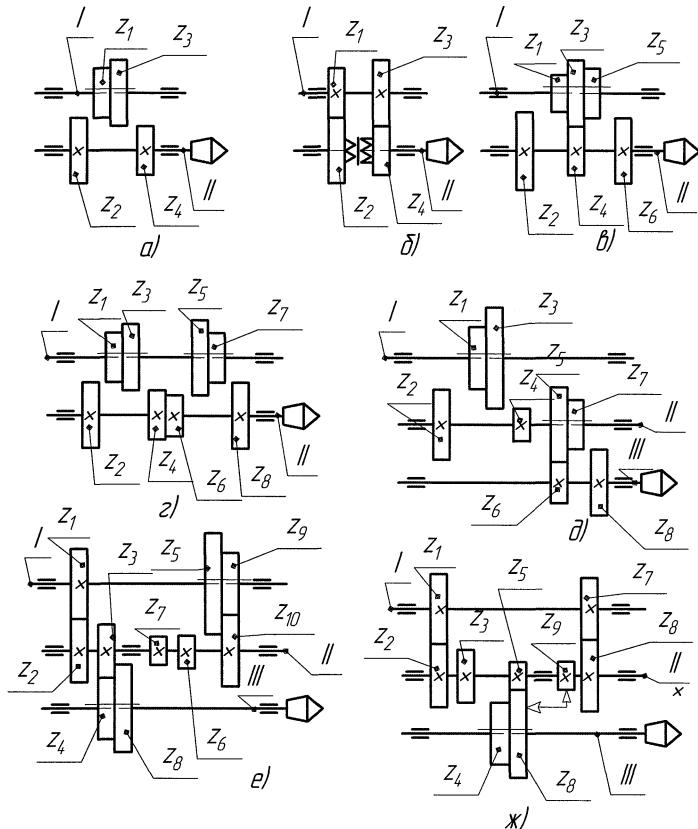


Рис. 1. Основные схемы коробок скоростей

Коробки АКС выпускаются нескольких типоразмеров и используются в ряде станков с ЧПУ. В автоматических коробках для сцепления колес с валами использу-

зуются сцепные муфты. На рис . 2 показана двухваловая автоматическая коробка скоростей.

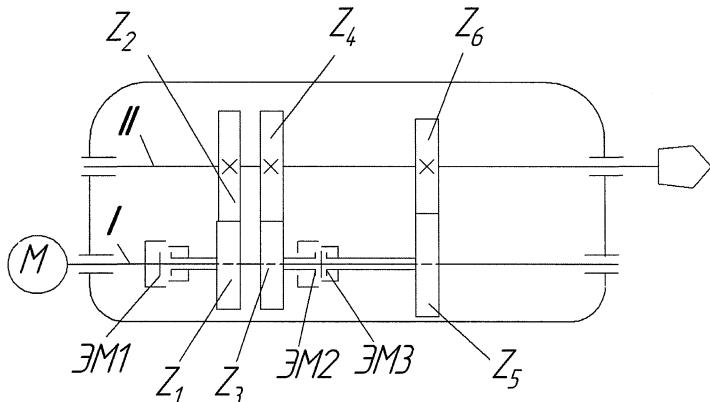


Рис. 2. Двухваловая коробка скоростей со сцепными муфтами

В данной коробке скоростей (рис. 2) зубчатые колеса z_1 и z_2 ; z_3 и z_4 ; z_5 и z_6 постоянно находятся в зацеплении между собой, при этом зубчатые колеса z_1 , z_3 и z_5 установлены на валу I с возможностью вращения. Сцепление зубчатых колес Z_1 , Z_3 и Z_5 с валом I осуществляется с помощью электромагнитных муфт ЭМ1, ЭМ2 и ЭМ3. При включении муфты ЭМ1 зубчатое колесо z_1 сцепляется с валом I и крутящий момент с вала I на вал II передается через шестерни z_1 и z_2 , при этом муфта двустороннего действия (ЭМ1, ЭМ2) находится в среднем положении, при котором колеса z_3 и z_5 свободно вращаются вокруг вала I не сцепляясь с ним. В этом случае реализуется передаточное отношение z_1/z_2 . При включении муфты двустороннего действия (ЭМ1, ЭМ2) в левое положение происходит сцепление колеса z_3 с валом I и реализуется передаточное отношение z_3/z_4 , при этом зубчатые колеса z_1 и z_5 свободно вращаются вокруг вала I не сцепляясь с ним. При включении муфты двустороннего действия (ЭМ1, ЭМ2) в правое положение происходит сцепление колеса z_5 с валом I и реализуется передаточное отношение z_5/z_6 . Достоинством коробок скоростей со сцепными муфтами является возможность переключения скоростей на скорости (без выключения вращения валов).

Коробки скоростей характеризуются следующими основными характеристиками: диапазоном регулирования, числом ступеней и знаменателем геометрического ряда.

1.2. Кинематический расчет коробок скоростей

Для кинематических расчетов коробок скоростей в станкостроении применяют два метода: аналитический и графоаналитический. Оба метода позволяют находить величины передаточных отношений передач, входящих в коробку скоростей. Однако, как правило, используются только графоаналитический метод. Достоинством его является то, что он позволяет быстро находить возможные вариан-

ты решения, дают большую наглядность (что облегчает сравнение вариантов). При графоаналитическом методе последовательно строят структурную сетку и график частоты вращения.

Структурная сетка дает ясное представление о структуре привода станка. По структурной сетке легко проследить связи между передаточными отношениями групповых передач (групповой передачей называют совокупность передач между двумя последовательными валами коробки скоростей); однако сетка не дает конкретных значений этих величин. Она наглядно характеризует ряд структур приводов в общей форме. Структурная сетка содержит следующие данные о приводе: число групп передач, число передач в каждой группе, относительный порядок конструктивного расположения групп вдоль цепи передач, порядок кинематического включения групп (т.е. их характеристики и связь между передаточными отношениями), диапазон регулирования групповых передач и всего привода, число частот вращения ведущего и ведомого валов групповой передачи.

Графики частоты вращения позволяет определить конкретные величины передаточных отношений всех передач привода и частоты вращения всех его валов. Его строят в соответствии с кинематической схемой привода. При разработке кинематической схемы коробки скоростей станка с вращательным главным движением должны быть известны: число ступеней частоты вращения Z шпинделя, знаменатель геометрического ряда ϕ , частоты вращения шпинделя от n_1 до n_2 и частота вращения электродвигателя $n_{\text{эд}}$.

Число ступеней частоты вращения Z шпинделя при наладке последовательно включенными групповыми передачами (в многоваловых коробках) равно произведению числа передач в каждой группе, т.е. $Z = p_a \cdot p_b \cdot p_c \cdots p_h$. Например, для привода, показанного на рис. 1, δ , $Z = p_a \cdot p_b \cdot p_c = 2 \cdot 2 = 4$.

При заданном (или выбранном) числе Z ступеней ряда частоты вращения шпинделя число групп передач, число передач в каждой группе и порядок расположения групп можно выбрать различными. Этот выбор в основном и определяет конструкцию коробки скоростей.

Для наиболее часто применяемых значений Z могут быть использованы следующие конструктивные варианты:

$$Z = 4 = 2 \cdot 2$$

$$Z = 6 = 2 \cdot 3 = 3 \cdot 2$$

$$Z = 8 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 4 \cdot 2 = 2 \cdot 4$$

$$Z = 12 = 3 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 3 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 3 = 3 \cdot 4 = 4 \cdot 3;$$

$$Z = 16 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 4 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 4 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 4 = 4 \cdot 4$$

$$Z = 18 = 2 \cdot 3 \cdot 3 = 3 \cdot 2 \cdot 3 = 3 \cdot 3 \cdot 2;$$

$$Z = 24 = 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 = 2 \cdot 3 \cdot 4 = 2 \cdot 4 \cdot 3 = 3 \cdot 2 \cdot 4 = 3 \cdot 4 \cdot 2 = 4 \cdot 2 \cdot 3.$$

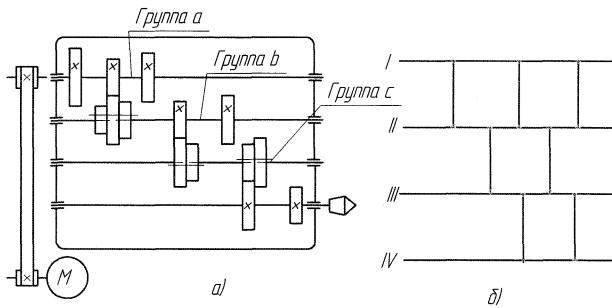


Рис. 3. Схемы коробок скоростей на 12 ступеней с последовательным включением групп передач: *а* – кинематическая; *б* – структурная

В станках с изменением частоты вращения шпинделя по геометрическому ряду передаточные отношения передач в группах образуют геометрический ряд с знаменателем ϕ^x , где x – целое число, которое называют **характеристикой группы**. Характеристика группы равна числу ступеней скорости, кинематически предшествующих данной группе. Общее уравнение наладки групповых передач имеет следующий вид:

$$l_1 : l_2 : l_3 \dots l_p = 1 : \phi^x : \phi^{2x} : \dots \phi^{(p-1)x}.$$

Для последовательного получения всех частот вращения шпинделя сначала переключают передачи одной группы, затем другой и т.д. Если в коробке скоростей, показанной на рис. 1, использовать с этой целью, прежде всего, передачи группы (*a*), затем группы (*c*) и в последнюю очередь группы (*b*), то соответственно этому порядку переключения группа (*a*) будет основной, группа (*c*) – первой переборной, группа (*b*) – второй переборной.

Для основной группы передач характеристика $x_0=1$; для первой переборной группы $x_1=p_1$; для второй переборной группы $x_2=p_1 \cdot p_2$ и т.д., где p_1 и p_2 – соответственно числа передач основной и первой переборной группы.

Для конструктивного варианта привода, показанного на рис. 1, и принятого порядка переключений скоростей можно записать структурную формулу $Z = 3 (1) \cdot 2(6) \cdot 2 (3)$. В формуле цифрами в скобках обозначены характеристики групп. Основной и различными по номеру переборными группами может быть любая группа передач в приводе. Поэтому наряду с конструктивными вариантами привода возможны также различные его кинематические варианты.

Во избежании чрезвычайно больших диаметров зубчатых колес в коробках скоростей, а также для нормальной их работы установлены следующие предельные передаточные отношения между валами при прямозубом зацеплении: $2 \geq i \geq (1/4)$; отсюда наибольший диапазон регулирования групповой передачи будет $(i_{\max} / i_{\min})_{\text{пред}} = 2/1 \cdot (1/4) = 8$.

Отношение $(i_{\max} / i_{\min})_{\text{пред}}$ имеет наибольшую величину для последней переборной группы привода, следовательно, для коробок скоростей

$$(i_{\max} / i_{\min})_{\text{пред}} = \phi^{(p-1) \cdot x(\max)} \leq 8,$$

где x_{\max} – наибольший показатель для последней переборной группы, p – число передач в этой группе.

Для графического изображения частот вращения шпинделя станка обычно используют логарифмическую шкалу чисел. С этой целью геометрический ряд чисел вращения:

$$\begin{aligned} n_2 &= n_1 \cdot \varphi; \\ n_3 &= n_1 \cdot \varphi^2; \\ n_4 &= n_1 \cdot \varphi^3; \\ &\dots \\ n_z &= n_1 \cdot \varphi^{z-1} \end{aligned}$$

логарифмируют:

$$\begin{aligned} \lg n_2 &= \lg n_1 + \lg \varphi; \\ \lg n_3 &= \lg n_1 + 2 \cdot \lg \varphi; \\ \lg n_4 &= \lg n_1 + 3 \cdot \lg \varphi; \\ &\dots \\ \lg n_z &= \lg n_1 + (z-1) \cdot \lg \varphi; \end{aligned}$$

откуда

$$\begin{aligned} \lg n_3 - \lg n_2 &= \lg \varphi \\ \lg n_4 - \lg n_3 &= \lg \varphi \\ &\dots \\ \lg n_z - \lg n_{z-1} &= \lg \varphi = \text{const.} \end{aligned}$$

Таким образом, если откладывать на прямой линии последовательные значения логарифмов частот вращения $n_1, n_2, n_3, \dots, n_z$, то интервалы между ними будут постоянными и равными $\lg \varphi$.

Рассмотрим построение структурной сетки и графика частот вращения шпинделя для коробки скоростей, кинематическая схема которой показана на рис. 4, а. Для принятого конструктивного варианта привода на шесть ступеней возможны два вида структурной формулы: $Z=6=3(1)2(3)$ и $Z=6=3(2)2(1)$. В первом случае основой группы будет первая в конструктивном отношении группа передач; для второго случая наоборот.

На рис. 4 б, в показаны структурные сетки приведенных структурных формул привода. Они построены следующим образом. На равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых должно быть на единицу больше, чем число групповых передач. Также проводят ряд горизонтальных параллельных прямых с интервалом, равным логарифму $\lg \varphi$ (число горизонтальных прямых равно числу Z ступеней частоты вращения шпинделя). На середине первой слева вертикальной линии наносят точку О, из которой симметрично, в соответствии с числом передач в группах, по заданной структурной формуле проводят лучи, соединяющие точки на вертикальных линиях. Расстояние между соседними лучами должно быть равным $x_i \cdot \lg \varphi$, где x_i – характеристика соответствующей группы.

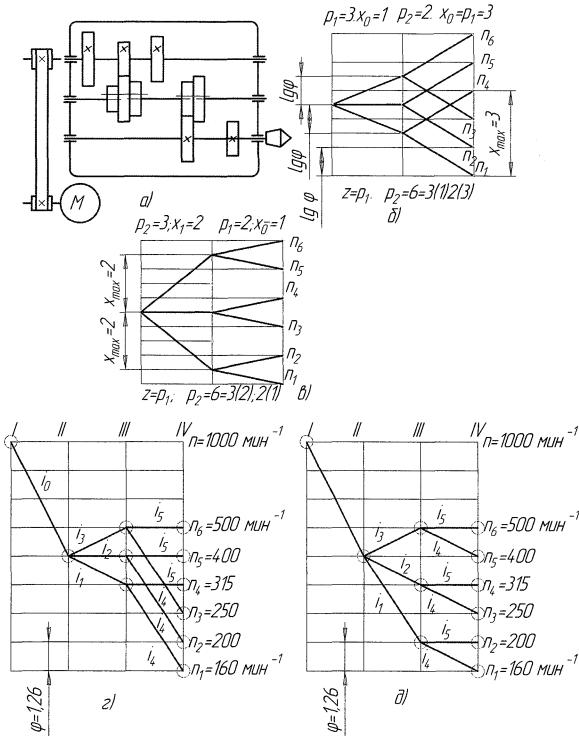


Рис. 4. Кинематическая схема, структурные сетки и графики частот вращения коробки скоростей на шесть ступеней

Оптимальный вариант структурной сетки выбирают из следующих соображений. Выше отмечалось, что независимо от порядка переключения групповых передач диапазон регулирования последней переборной группы является наибольшим. Поэтому следует определить диапазоны регулирования последних переборных групп для всех вариантов структурных сеток (при выбранном значении φ) и исключить из дальнейшего расчета варианты, не удовлетворяющие условию:

$$(i_{\max}/i_{\min})_{\text{пред}} = \varphi^{(p-1)x_{\max}} \leq 8.$$

Для варианта, показанного на рис. 4, б, $x_{\max}=3$, а для варианта, показанного на рис. 4, в, $x_{\max}=2$. Вариант, приведенный на рис. 4, б, подходит для всех значений φ , так как $2^{(2-1)^3}=8$; вариант на рис. 4, в удовлетворяет всем значениям φ за исключением $\varphi=1,78$ и $\varphi=2$, поскольку $1,78^{(3-1)^2}>8$ и $2^{(3-1)^2}>8$. На рис. 4, г и д показаны построенные для обоих вариантов структурных сеток графики частоты вращения при $\varphi=1,26$, $n_1=160 \text{ мин}^{-1}$, $n_8=500 \text{ мин}^{-1}$ и $n_{3,d}=1000 \text{ мин}^{-1}$.

Графики частоты вращения строят в следующей последовательности: на равных расстояниях друг от друга проводят вертикальные линии, число которых

равно числу валов коробки; на равном расстоянии друг от друга с интервалом $\lg \phi$ проводят горизонтальные линии, которым присваивают (снизу вверх) порядковые номера частот вращения, начиная с n_1 . Луч, проведенный между вертикальными линиями, обозначает передачу между двумя валами с передаточным отношением $i = \phi^m$, где m – число интервалов $\lg \phi$, перекрытых лучом. При горизонтальном положении луча $i=1$, при луче, направленном вверх, $i > 1$, а направленном вниз $i < 1$.

Для разбираемого варианта ($\phi = 1,26$) с учетом особенностей отдельных передач и значений предельных передаточных отношений $i_{\min \text{ пред}}=2/1=\phi^3$ строим (для каждого варианта) сначала цепь передач для снижения частоты вращения от $n_{\text{эд}} = 1000$ до $n_1 = 160 \text{ мин}^{-1}$. Наиболее целесообразно при этом так разбить общее передаточное отношение цепи, чтобы сохранить более высокими частоты вращения промежуточных валов. В этом случае размеры коробки уменьшаются. Дальнейшее построение ведем, используя принятые варианты структурных сеток. Построенный график позволяет определить передаточные отношения всех передач коробки.

По найденным передаточным отношениям определяют числа зубьев зубчатых колес. Следует иметь в виду, что в станкостроении межосевые расстояния, суммы чисел зубьев и модули нормализованы. При постоянном расстоянии между осями ведущего и ведомого валов и одинаковом модуле колес группы передач сумма зубьев каждой пары зубчатых колес является постоянной величиной, т.е.

$$\Sigma z = z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \text{const.}$$

Передаточные отношения пар зубчатых колес, находящихся в зацеплении, $i_1 = z_1/z_3$; $i_2 = z_3/z_4$; $i_3 = z_5/z_6$ и т.д. Из уравнений $z_1 + z_2 = \Sigma z$ и $i_1 = z_1/z_2$ следует, что $z_1 = i_1 \cdot \Sigma z / (i_1 + 1)$ и $z_2 = \Sigma z / (i_1 + 1)$. По этим формулам находят числа зубьев колес группы по заданной Σz . Передаточные отношения i_1 , i_2 и т.д. определяются по графику частоты вращения.

1.3. Ряды частот вращения шпинделей, двойных ходов и ряды подач в станках

У станков с вращательным главным движением частота вращения шпинделя, мин^{-1}

$$n = 1000 v/\pi d,$$

где v – скорость резания, м/мин; d – диаметр обрабатываемой заготовки или инструмента, мм.

При работе в различных условиях, особенно на специализированных и универсальных станках, возникает необходимость изменять скорость вращения шпинделя. Для получения оптимальных режимов обработки существует бесступенчатое регулирование числа оборотов. В этом случае в определенном интервале можно получить любое заданное значение.

При ступенчатом регулировании частоту вращения шпинделя устанавливают в виде определенного ряда чисел оборотов. Механизмы, осуществляющие ступенчатое регулирование, проще по конструкции и надежны в эксплуатации, вследствие чего имеют наибольшее распространение.

Ряды чисел оборотов шпинделей чаще всего строят по закону геометрической прогрессии. Этот ряд удобен для осуществления экономических режимов резания. Достоинство его в том, что он позволяет создавать сложные приводы из элементарных двухваловых механизмов, построенных тоже на основе геометрического ряда.

Допустим, что $n_1, n_2, n_3, \dots, n_z$ – ряд чисел оборотов шпинделя. Если члены ряда расположить по возрастающей степени, то $n_1 = n_{\min}$, а $n_z = n_{\max}$; n_1 и n_z называют пределами регулирования; n_1 – нижним, а n_z – верхним, где z – число степеней вращения.

Если φ – знаменатель геометрической прогрессии ряда, то $n_z = n_{z-1} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi^{z-1}$.

Решая это уравнение относительно φ , получим:

$$\varphi^{z-1} = \sqrt[n_z]{n_1} = \sqrt[n_{\max}]{n_{\min}} = \sqrt[z-1]{D},$$

где $D = n_{\max} / n_{\min}$.

При ступенчатом ряде чисел оборотов на станке невозможно точно установить наивыгоднейшие скорости резания и приходится выбирать ближайшую меньшую частоту вращения шпинделя, поэтому происходит потеря скорости по сравнению с расчетной. Главным преимуществом геометрического ряда является то, что максимальная относительная потеря скорости резания остается одинаковой для всех интервалов ряда частоты вращения. Это позволяет обеспечить постоянство максимальной относительной потери производительности станка, т.е. дает экономические преимущества по сравнению с другими рядами.

В станкостроении все значения знаменателя φ , как и сами ряды частот вращения, стандартизованы. При установлении значений φ , которые лежат в пределах $1 < \varphi \leq 2$, учитывали стандартные десятичные ряды предпочтительных чисел, т.е. $\varphi = \sqrt[E_1]{10}$, где E_1 – целое число членов ряда в десятичном интервале, равное 40, 20, 10, 5, 4. Кроме того, для возможности применения двухскоростных электродвигателей с отношением синхронных частот вращения равным 2, необходимо выдерживать принцип удвоения частот в ряду, т.е. $\varphi = \sqrt[E_2]{2}$, где E_2 – целое число.

Стандартные значения знаменателя ряда приведены в табл. 1, там же указаны величины потерь экономически выгодной скорости.

Таблица 1

Стандартные значения знаменателя геометрического ряда при заданном числе членов ряда

φ	E_1	E_2	$\Delta v_{\max} / v, \%$
1,06	40	12	5
1,12	20	6	10
1,26	10	3	20
1,41	20/3	2	30
1,58	5	3/2	40
1,76	4	6/5	45
2,00	20/6	1	50

Малые значения знаменателя ряда приводят к существенному усложнению привода, что экономически оправдывает применение систем бесступенчатого регулирования, поэтому $\varphi = 1,06$ в станках практически не применяется; $\varphi = 1,12$ применяют преимущественно в станках с числовым программным управлением и в тяжелых станках, где требуется более точная настройка на заданный режим. Наибольшее распространение получили значения $\varphi = 1,25$ и $\varphi = 1,4$; значения знаменателя ряда $\varphi = 1,58$ и $\varphi = 1,8$ применяют в специализированных станках.

У станков с *возвратно-поступательным* главным движением (строгальных, долбежных, протяжных и др.) вместо частоты вращения шпинделя определяют числа двойных ходов в минуту. Для этих станков используют те же нормализованные значения знаменателя φ и рядов чисел двойных ходов, что и для станков с главным вращательным движением. Станки с возвратно-поступательным главным движением можно разделить на две группы. Для первой группы характерно постоянство скоростей рабочего и вспомогательного ходов. Станки второй группы (с кривошипным и кулисным приводом) не обеспечивают постоянство скоростей.

Если обозначить через L длину хода стола (салазок, ползуна), а через v и v_0 скорости соответственно рабочего и холостого ходов, то для станков первой группы время одного двойного хода:

$$T = L / v + L / v_0 = L \cdot (v + v_0) / v \cdot v_0.$$

Отсюда число двойных ходов в минуту

$$N = 1 / T = v \cdot v_0 / L(v + v_0)$$

Предельные значения чисел двойных ходов определяют по формулам:

$$\begin{aligned} n_{\min} &= v_{0\ min} / (L_{\max}(1 + v_{0\ min}/v_{\min})); \\ n_{\max} &= v_{0\ max} / (L_{\min}(1 + v_{0\ max}/v_{\max})), \end{aligned}$$

где v_{\max} и v_{\min} – предельные скорости рабочего хода, м/мин; $v_{0\ max}$ и $v_{0\ min}$ – предельные скорости вспомогательного хода, м/мин; L_{\max} и L_{\min} – предельные длины хода стола (салазок, ползуна), м.

Предельные числа двойных ходов в минуту для станков второй группы могут быть посчитаны по тем же формулам, если в них подставлять средние значения v и v_0 . У продольно-строгальных станков скорость рабочего хода постоянна, поэтому для них целесообразно устанавливать геометрическую структуру ряда скоростей рабочего хода. У станков с кулисным приводом постоянным является число двойных ходов, которое строится по геометрической прогрессии.

Значения подач в металлорежущих станках также обычно располагаются по геометрическому ряду. Значения знаменателя ряда подач и величины подач берут из действующей нормали станкостроения. Отношение максимальной подачи S_{\max} к минимальной S_{\min} называют *диапазон регулирования подач*.

2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

2.1. Кинематический расчет коробок скоростей

Кинематическая схема станка 2Н135 приведена на рис. 5.

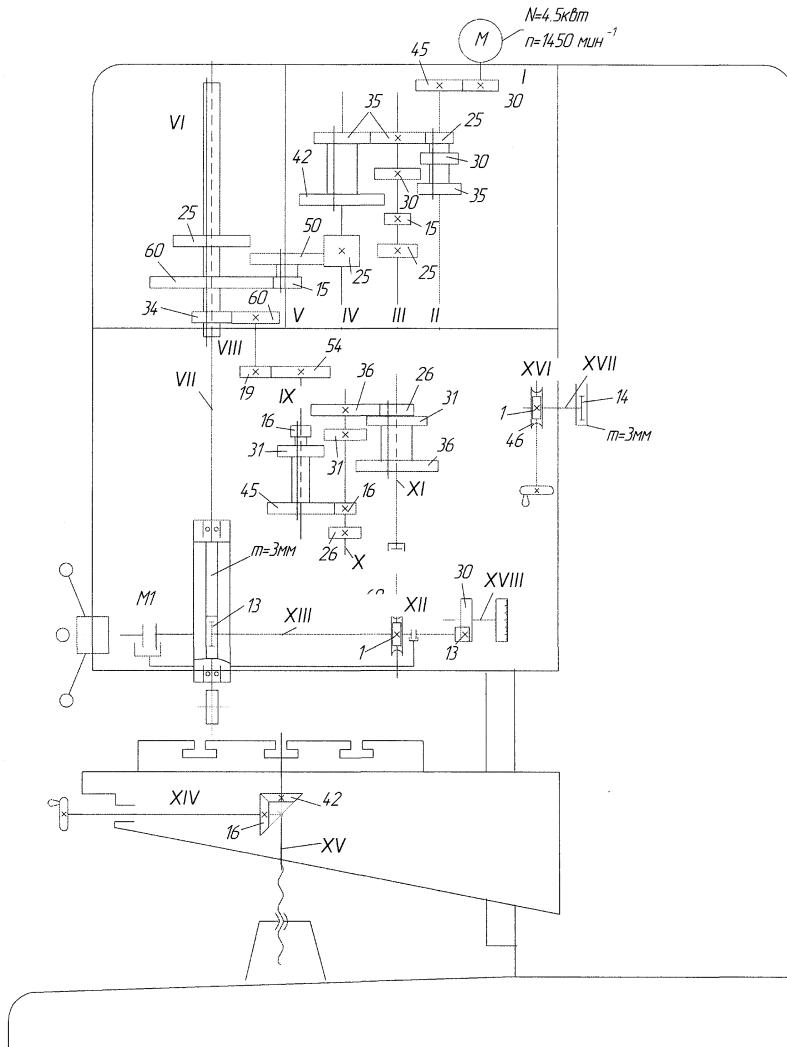


Рис. 5. Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка 2Н135

Шпиндель станка получает вращение от электродвигателя M ($N=4$ кВт, $n=1450$ об/мин). С вала I на вал II движение передается через постоянную передачу 30/45. На валу II расположен тройной передвижной блок с колесами 25-30-35, которые сцепляются с колесами 35-30-25, сидящими на валу III . С вала III на вал IV движение передается через передачи 35/35 и 15/42, а с вала IV на вал V через постоянную передачу 25/50 и далее на втулку VI шпинделя через передачи 15/60 и 50/25. Схема для написания уравнения кинематического баланса представлена на рис. 6.

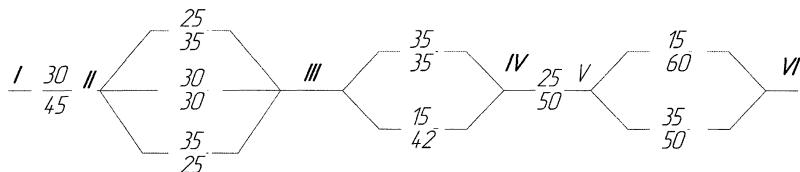


Рис. 6. Схема для составления уравнения кинематического баланса

Таким образом, шпинделю сообщают 12 различных скоростей вращения, расположенных по геометрическому ряду со значением $\varphi=1,41$.

Напишем для примера уравнение кинематического баланса для наибольшей частоты вращения шпинделя. Для получения наибольшей частоты вращения в уравнение кинематического баланса подставляются наибольшие из допустимых передаточных отношений.

$$n_{\max} = 1450 \frac{30}{45} \frac{35}{35} \frac{35}{35} \frac{25}{50} \frac{50}{25} \approx 1400 \text{ мин}^{-1}$$

Эти скорости можно проследить по графику частот вращения шпинделя (рис. 7).

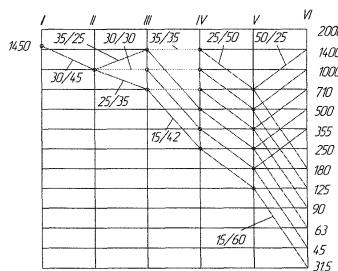


Рис. 7. График частот вращения шпинделя вертикально-сверлильного станка 2Н135

2.2. Назначение универсальной делительной головки

Универсальная делительная головка УДГ Д-250 служит для закрепления и поворота заготовок на требуемый угол, а также для сообщения вращательного движения заготовке при нарезании винтовых канавок. Она позволяет делить окружность на любое число частей (до 400) и применяется при фрезерных, зубофрезерных, расточных, сверлильных, разметочных и других работах.

2.2.1. Техническая характеристика

1. Наибольший диаметр обрабатываемой детали 250 мм.
2. Угол поворота шпинделя в вертикальной плоскости вниз от линии центров не менее 5 град; вверх – не менее 95 град.
3. Конус Морзе шпинделя №4.
4. Резьба рабочего конца шпинделя M52×3.
5. Диаметр отверстия шпинделя 26,5 мм.
6. Передаточное число червячной пары $n = 40$.
7. Число отверстий делительного диска на одной стороне 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31; на другой 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54.
8. Цена деления лимба непосредственного деления 15 град.
9. Число зубьев сменных зубчатых колес в наборе для настройки гитары – 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 125.

2.2.2. Устройство головки

Универсальная делительная головка (рис.8) имеет чугунное основание 11 со стяжными дугами 3, на котором установлен корпус 4.

Ослабив гайки 8, можно поворачивать корпус на определенный угол, отсчет углов поворота производится по шкале и нониусу (на рис.8 не показаны). В корпусе расположен шпиндель со сквозным отверстием, концы его расточены на конус Морзе. На одном конце установлен центр 6 и закреплен лимб непосредственного деления 7, имеющий 24 отверстия, на другом – оправка для закрепления шестерни, используемой при дифференциальном делении. На средней части шпинделя установлено червячное колесо, которое получает вращение от червяка, расположенного в эксцентрической втулке. Червяк может быть введен в зацепление или выведен из него поворотом эксцентрической втулки с помощью рукоятки 5.

Делительный диск 12 посажен на вал и его положение фиксируется стопором. На валу установлена приводная рамка 13, имеющая рукоятку 1 с фиксатором, которая перемещается по требуемому ряду отверстий на делительном диске. К диску с помощью пружины прижат раздвижной сектор 9, состоящий из линеек 10 и зажимного винта, с помощью которого линейки устанавливаются под заданным углом. Пружинная шайба предотвращает самопроизвольный поворот сектора. На внутреннем конце вала 2 механического привода расположена коническая шес-

терна, она находится в постоянном зацеплении с конической шестерней, сидящей на валу делительного диска.

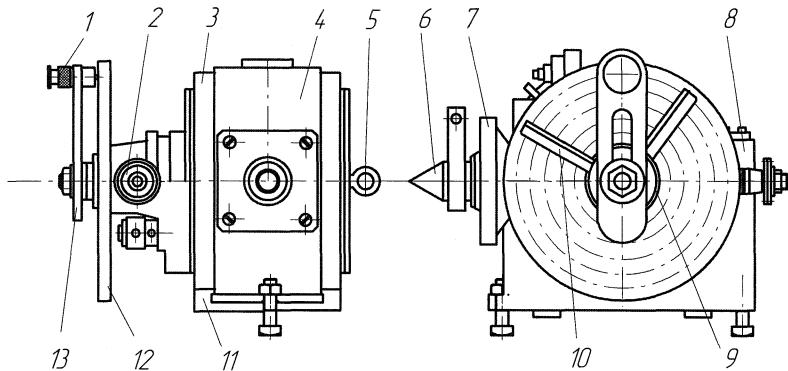


Рис. 8. Устройство делительной головки

Кинематическая схема универсальной делительной головки показана на рис. 9.

Поворот заготовки на определенный угол при простом делении осуществляется вращением шпинделя 1 от рукоятки 2 с фиксатором 12 через пару цилиндрических шестерней 3, червяк 4 и червячное колесо 5. При этом делительный диск 6 должен быть закреплен с помощью стопора 7, а фиксатор 8 лимба непосредственного деления 9 выключен.

При дифференциальном делении угол поворота шпинделя определяется величиной поворота рукоятки 2 с фиксатором относительно делительного диска 6 и величиной поворота самого диска, который получает вращение от шпинделя через сменные шестерни гитары и пару конических шестерен 10. Для передачи вращения от шпинделя сменным шестерням гитары применяется оправка, на цилиндрической шейке ее устанавливается сменная шестерня *a*. При этом делительный диск 6 должен быть освобожден от стопора 7, а фиксатор 8 лимба непосредственного деления 9 выключен.

При нарезке винтовых канавок шпиндель получает вращение от ходового винта фрезерного станка через сменные шестерни винторезной гитары, вал, пару конических шестерен 10, промежуточный вал 11, делительный диск 6, фиксатор 12, рамку 13, вал 14, цилиндрические шестерни 3, червяк 4 и червячное колесо 5. Делительный диск 6 при этом должен быть освобожден от стопора, а фиксатор 8 лимба непосредственного деления 9 выключен.

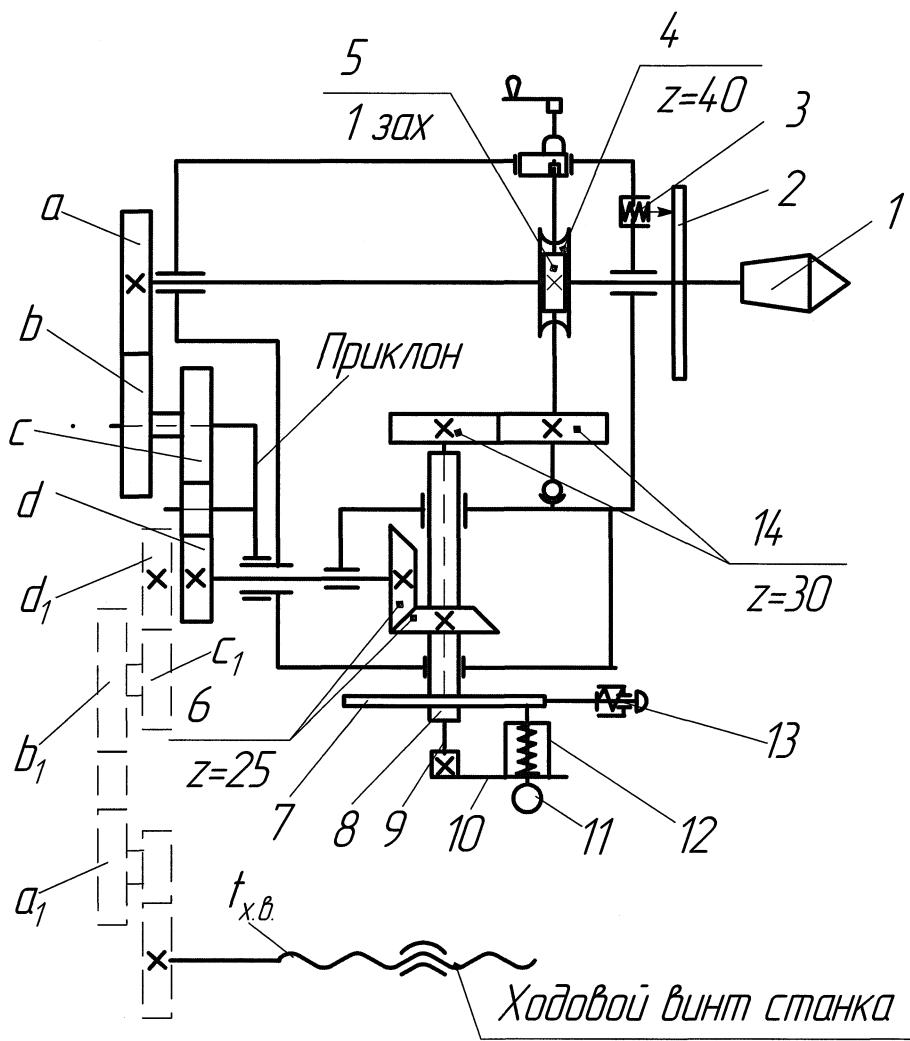


Рис. 9. Кинематическая схема делительной головки

2.2.3. Способы деления

Универсальная делительная головка УДГ Д-250 позволяет осуществить поворот заготовки на определенный угол различными способами:

- 1) непосредственным делением;
- 2) простым делением;
- 3) дифференциальным делением.

Непосредственное деление

Этот способ применяется при делении окружности на 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 части в тех случаях, когда не требуется большой точности. При непосредственном делении необходимо выключить червяк из зацепления с червячным колесом поворотом рукоятки 5 (см. рис. 8) до упора и освободить из зацепления фиксатор лимба непосредственного деления. Поворот шпинделя осуществляется вращением от руки обрабатываемой детали или патрона. Отсчет угла поворота производится по шкале на лимбе непосредственного деления и по штриху на передней втулке шпинделя.

Простое деление

Простое деление окружности на равные и неравные части производится при неподвижном делительном диске с помощью рукоятки с фиксатором. Величина поворота рукоятки отсчитывается по отверстиям на делительном диске и фиксируется стержнем фиксатора.

Чтобы повернуть шпиндель на $1/Z$ окружности, рукоятке надо сообщить число оборотов n , определяемое по формуле:

$$n = \frac{40}{Z}, \quad (1)$$

где Z – число частей, на которое требуется разделить обрабатываемую деталь.

ПРИМЕР 1. Требуется отфрезеровать 10 канавок. Находим число оборотов рукоятки:

$$n = \frac{40}{Z} = \frac{40}{10} = 4.$$

Это означает, что после фрезерования каждой канавки рукоятку необходимо повернуть на 4 полных оборота.

Если при вычислении число оборотов рукоятки получается дробным, то его необходимо преобразовать таким образом, чтобы знаменатель дроби был равен числу отверстий на одной из окружностей делительного диска.

ПРИМЕР 2. Требуется отфрезеровать 18 канавок. Число оборотов рукоятки:

$$n = \frac{40}{18} = 2\frac{2}{9} = 2\frac{12}{54}.$$

Результат показывает, что после фрезерования каждой канавки рукоятку необходимо повернуть на 2 полных оборота и 12 отверстий на окружности делительного диска с числом отверстий 54.

Для удобства отчета пользуются раздвижным сектором. После того, как на делительном диске определены окружность и число отверстий, на которое следует переставить фиксатор, сектор устанавливают так, чтобы число отверстий между линейками было на единицу больше числа, полученного при подсчете, и поворачивают его сразу же после перестановки фиксатора. Для точности деления рукоятку с фиксатором всегда следует вращать в одном направлении.

К разновидности простого деления относится и деление окружности в градусном выражении. Для деления окружности обрабатываемой детали на величину угла между осями фрезеруемых канавок необходимо сначала определить число канавок:

$$Z = \frac{360^\circ}{\alpha},$$

где α – угол между осями фрезеруемых канавок, град.

Подставив значение Z в формулу (1), получим:

$$n = \frac{40\alpha}{360} = \frac{\alpha}{9} \quad (2)$$

ПРИМЕР 3. Требуется отфрезеровать канавки, расположенные под углом $\alpha = 18^\circ 54'$, что в градусном выражении составит:

$$\alpha = 18^\circ 54' = 18\frac{54}{60}^\circ = \frac{189}{10}^\circ.$$

Число оборотов рукоятки:

$$n = \frac{189}{10 \times 9} = 2\frac{1}{10} = 2\frac{3}{30},$$

т.е. после фрезерования каждой канавки необходимо повернуть рукоятку на 2 полных оборота и 3 отверстия на окружности делительного диска с числом отверстий 30.

Дифференциальное деление

Дифференциальным делением пользуются в тех случаях, когда подобрать на диске окружность с числом отверстий для простого деления невозможно. Так де-

ление окружности на число частей свыше 42, не кратное числу отверстий на делительном диске, можно производить только дифференциальным методом.

Сущность этого метода в том, что угол поворота шпинделя определяется величиной поворота рукоятки с фиксатором относительно делительного диска и величиной поворота самого диска, получающего вращение от шпинделя через сменные шестерни гитары (рис. 10).

Гитара устанавливается на цилиндрический хвостовик 1, на котором она может быть повернута и закреплена в требуемом положении.

При настройке делительной головки на дифференциальный метод деления (см. рис. 8) определяется число оборотов рукоятки и передаточное отношение гитары. Схема поворота рукоятки и делительного диска при дифференциальном методе деления дана на рис. 11.

Число оборотов рукоятки:

$$n = \frac{40}{Z_0}, \quad (3)$$

где Z_0 – вспомогательное число. Z_0 задается с таким расчетом, чтобы оно было близко к Z – числу частей, на которое требуется разделить окружность, и кратным числу отверстий на одной из окружностей делительного диска. Число Z_0 может быть больше или меньше Z . Допущенная погрешность деления исправляется путем вращения делительного диска.

Передаточное отношение сменных колес гитары дифференциального деления находится следующим образом. При повороте шпинделя на $1/Z$ оборотов действи-

тельный поворот рукоятки, равный $\frac{40}{z}$ оборотов, определяются как алгебраиче-
ская сумма поворотов рукоятки относительно диска, равного $\frac{40}{z_0}$ оборотов, и са-

мого диска, равного: $\frac{1ac25}{zbd25}$ оборотов, (см. рис. 11), т.е. $\frac{40}{z} = \frac{40}{z_0} + \frac{1a c}{z b d}$. Отсюда

формула настройки гитары дифференциального деления примет вид:

$$\frac{ac}{bd} = \frac{40(z_0 - z)}{z_0}, \quad (4)$$

где a, b, c, d – соответственно число зубьев ведущей шестерни на шпинделе; первой промежуточной ведомой шестерни; второй промежуточной ведущей шестерни; сменной шестерни на валу привода делительной головки.

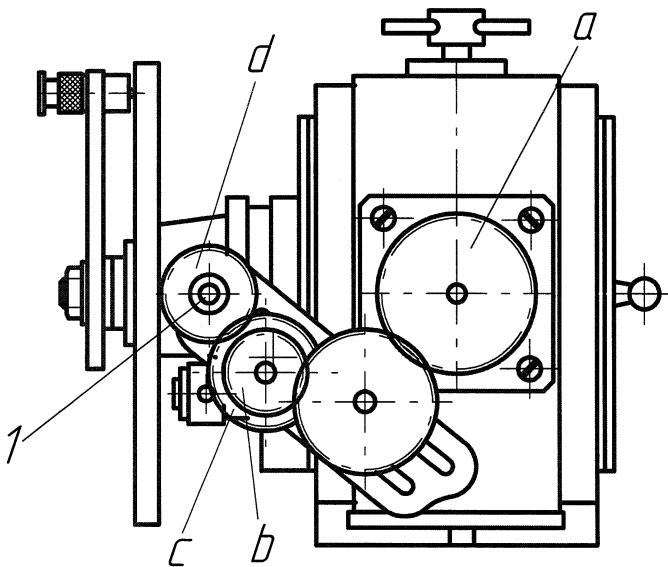


Рис. 10. Схема установки сменных зубчатых колес в гитару дифференциального деления

При определении числа паразитных шестерен в гитаре необходимо руководствоваться тем, что при положительном значении передаточного отношения гитары делительный диск должен вращаться в одном направлении с вращением рукоятки, а при отрицательном – в обратном направлении.

ПРИМЕР 4. Требуется нарезать шестерню с числом зубьев 93. Подбираем вспомогательное число z_0 , близкое к заданному и кратное числу отверстий на делительном диске т.е. $z_0 = 90$, тогда передаточное отношение гитары:

$$\frac{ac}{bd} = \frac{40(90 - 93)}{90} = -\frac{4}{3}.$$

Полученную дробь нужно преобразовать так, чтобы значения числителя и знаменателя соответствовали числу зубьев сменных шестерен.

$$\frac{ac}{bd} = -\frac{40}{30}.$$

Отрицательный знак перед дробью указывает на необходимость ввести две паразитные шестерни. Число оборотов рукоятки и делительная окружность диска

определяются не по действительному числу зубьев нарезаемой шестерни, а по вспомогательному числу z_0 .

$$n = \frac{40}{z_0} = \frac{40}{90} = \frac{24}{54}.$$

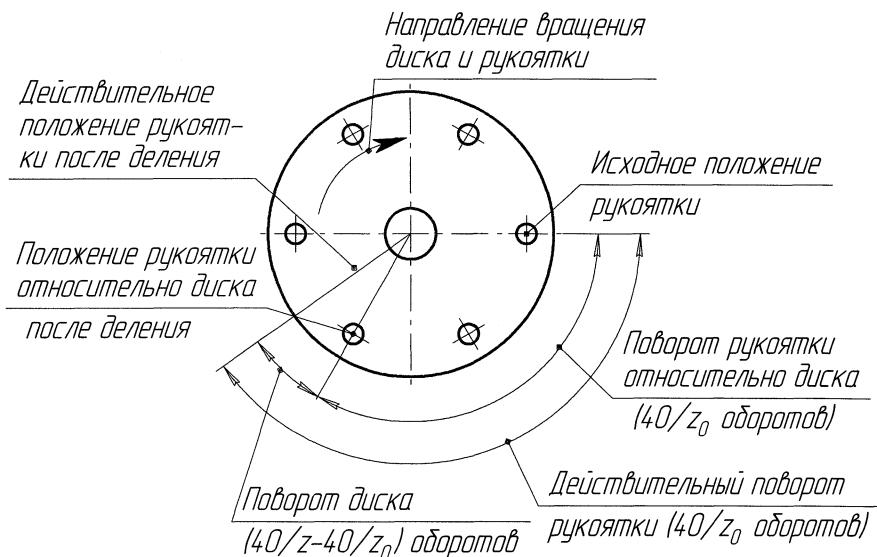


Рис. 11. Схема поворота рукоятки и делительного диска

Знаменатель дроби показывает, что рукоятку с фиксатором нужно установить на делительную окружность, имеющую 54 отверстия; числитель – число отверстий, на которое нужно повернуть рукоятку при делении.

2.2.4. Настройка делительной головки для фрезерования винтовых канавок

На универсально-фрезерных станках с помощью универсальной делительной головки можно обрабатывать винтовые поверхности, которые получаются путем сложения продольной подачи стола и согласованного с ней вращения заготовки.

Вращение заготовки (см. рис. 9) осуществляется от ходового винта продольной подачи стола по цепи: ходовой винт – винторезная гитара сменных зубчатых колес (a_1, b_1, c_1, d_1), коническая передача, делительный диск, рукоятка, цилиндрическая зубчатая передача, червячная передача, шпиндель с заготовкой. Расчетное перемещение следующее:

1 оборот шпинделя → Т (мм) перемещения стола, т.е. один оборот заготовки должен соответствовать перемещению стола на один ход Т (мм) обрабатываемой винтовой поверхности.

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$1 \frac{40}{1} \frac{30}{30} \frac{25}{25} \frac{1}{i_2} t_{x.B} = T,$$

где T – ход винтовой линии, мм i_2 – передаточное отношение винторезной гитары; $t_{x.B}$ – шаг ходового винта продольной подачи станка, мм.

Отсюда получаем формулу настройки винторезной гитары:

$$i_2 = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = 40 \frac{t_{x.B}}{T}, \quad (5)$$

где a_1, b_1, c_1, d_1 – числа зубьев сменных шестерен приведены в технической характеристике головки. Схема установки сменных зубчатых колес винторезной гитары дана на рис. 9.

Угол наклона винтовой поверхности β к оси заготовки

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi D}{T}, \quad (6)$$

где D – расчетный диаметр цилиндра или окружности винтовой линии, мм.

Настройка универсальной делительной головки для фрезерования винтовых канавок, равномерно расположенных по окружности, состоит из следующих этапов:

подбора делительной окружности и определения числа оборотов рукоятки делительного диска;

поворота стола универсальнофрезерного станка на угол, равный углу наклона линии канавки или зуба;

настройки винторезной гитары.

ПРИМЕР 5. Настроить универсальную делительную головку для обработки зубьев косозубого цилиндрического колеса.

Дано: число зубьев $z = 24$; модуль нормальный $m_H = 3$; угол наклона зуба $\beta = 23^{\circ}50'$; направление винтовой линии зуба – левое.

Определить число оборотов рукоятки:

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{24} = \frac{50}{30}.$$

Найти диаметр начальной окружности шестерни:

$$D_H = \frac{z \cdot m_H}{\cos \beta} = \frac{24 \cdot 3}{0,919} = 78,24(\text{мм}).$$

Вычислить ход винтовой линии зуба:

$$T = \frac{\pi D_H}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{3,14 \cdot 78,24}{0,443} = 560(\text{мм})$$

Определить число зубьев сменных зубчатых колес винторезной гитары:

$$\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = 40 \frac{t_{x.B}}{T} = 40 \frac{6}{560} = \frac{30 \cdot 20}{35 \cdot 40}$$

Для получения винтовой линии левого направления между шестернями a_1 и b_1 (см. рис. 9) устанавливается паразитная шестерня.

Повернуть стол станка на угол $\beta = 23^{\circ}50'$.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

3.1. Контрольное задание I

Задание 1.1

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрической прогрессии.

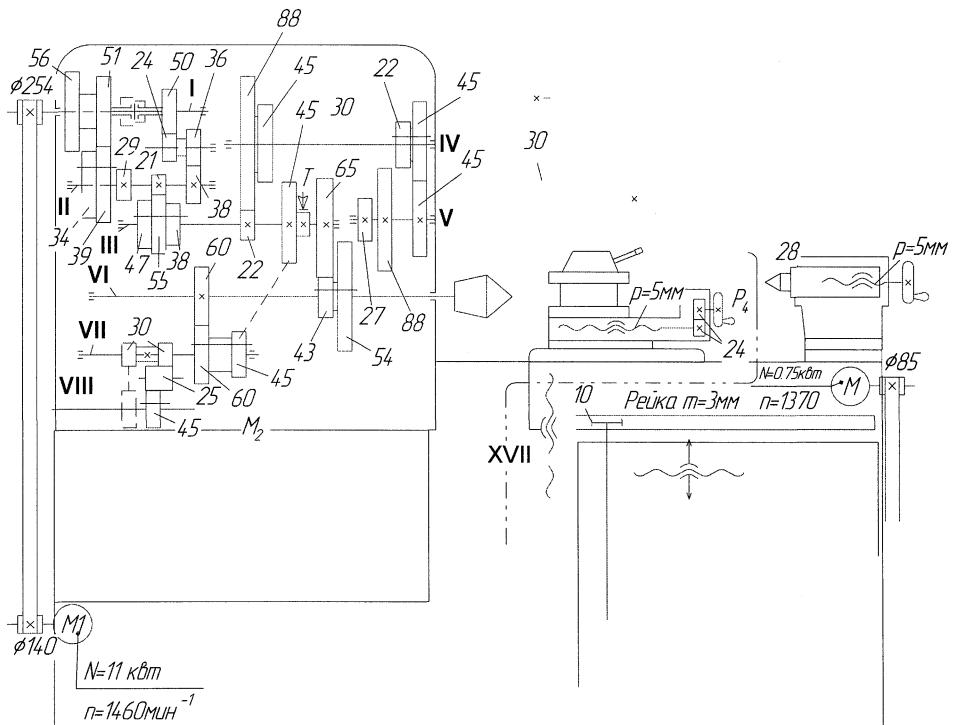


Рис. 12. Кинематическая схема станка 1К625

Задание 1.2

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрической прогрессии.

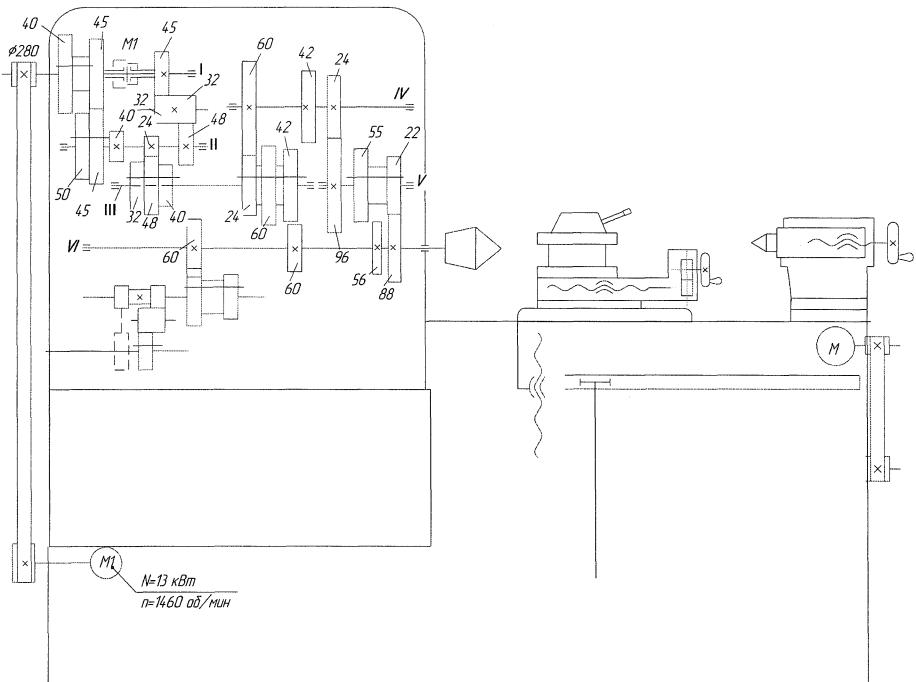


Рис. 13. Кинематическая схема коробки скоростей станка 1М63

Задание 1.3

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрической прогрессии.

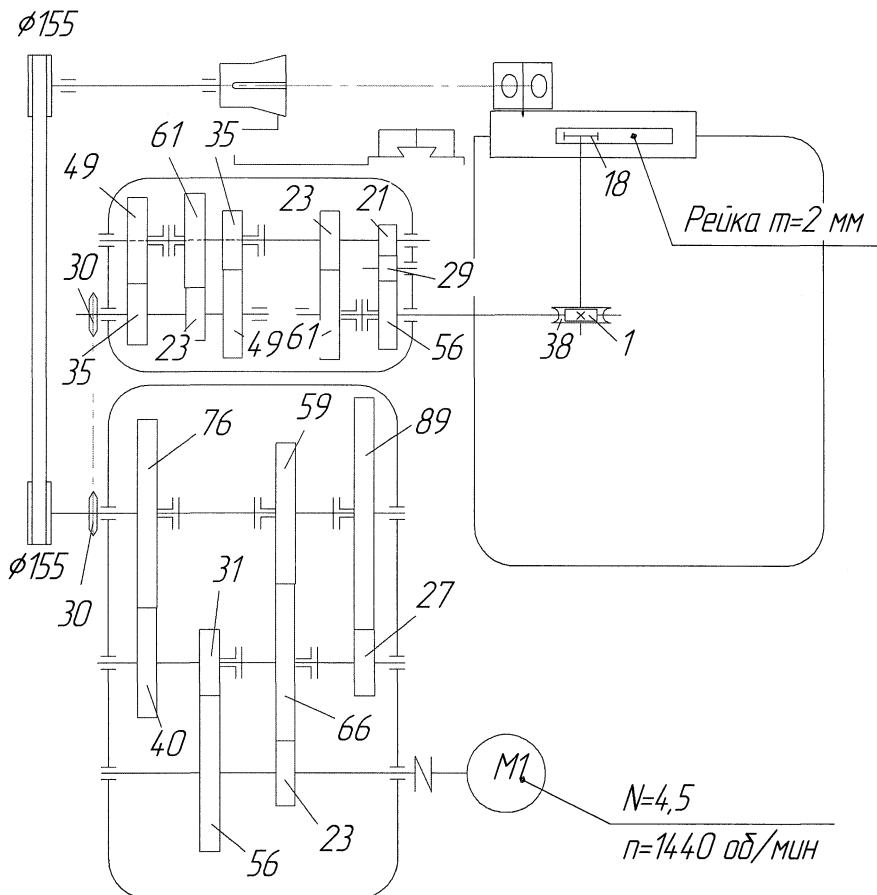


Рис. 14. Кинематическая схема станка 1П316

Задание 1.4

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки подач;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной подач;
- разработать график подач;
- определить знаменатель геометрической прогрессии.

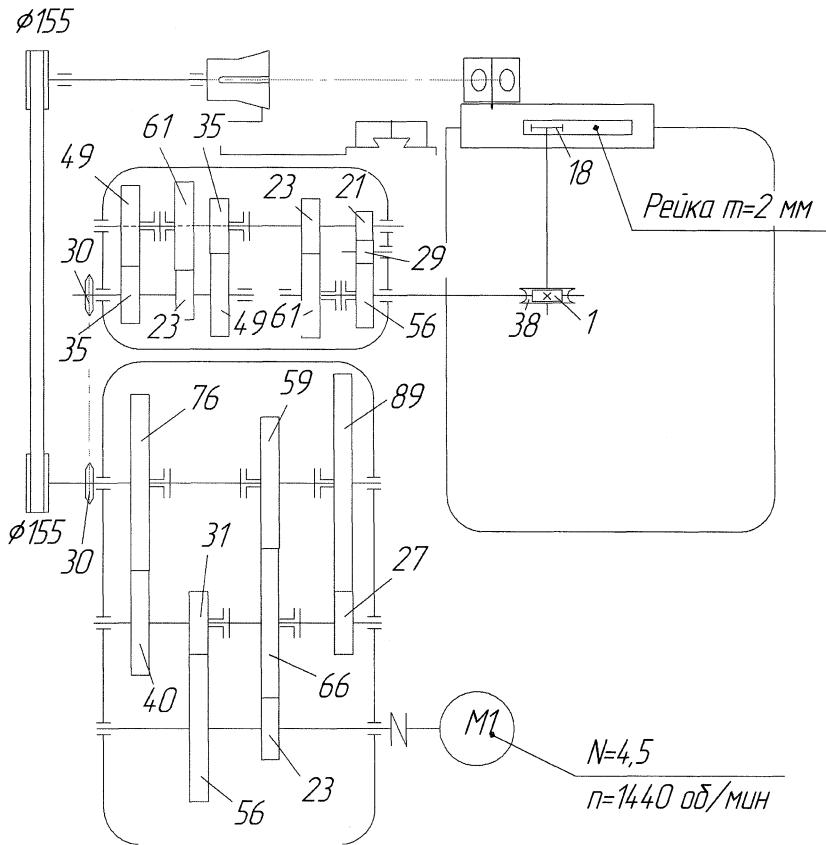


Рис. 15. Кинематическая схема станка 1П316

Задание 1.5

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- а) определить число ступеней коробки скоростей;
- б) разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- в) написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- г) разработать график частот вращения шпинделя;
- д) определить знаменатель геометрической прогрессии.

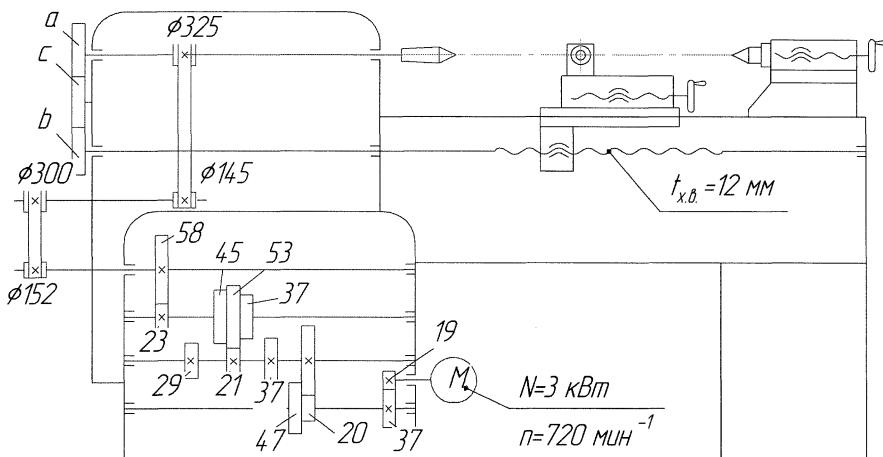


Рис. 16. Кинематическая схема станка 1622

Задание 1.6

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделья;
- определить знаменатель геометрической прогрессии.

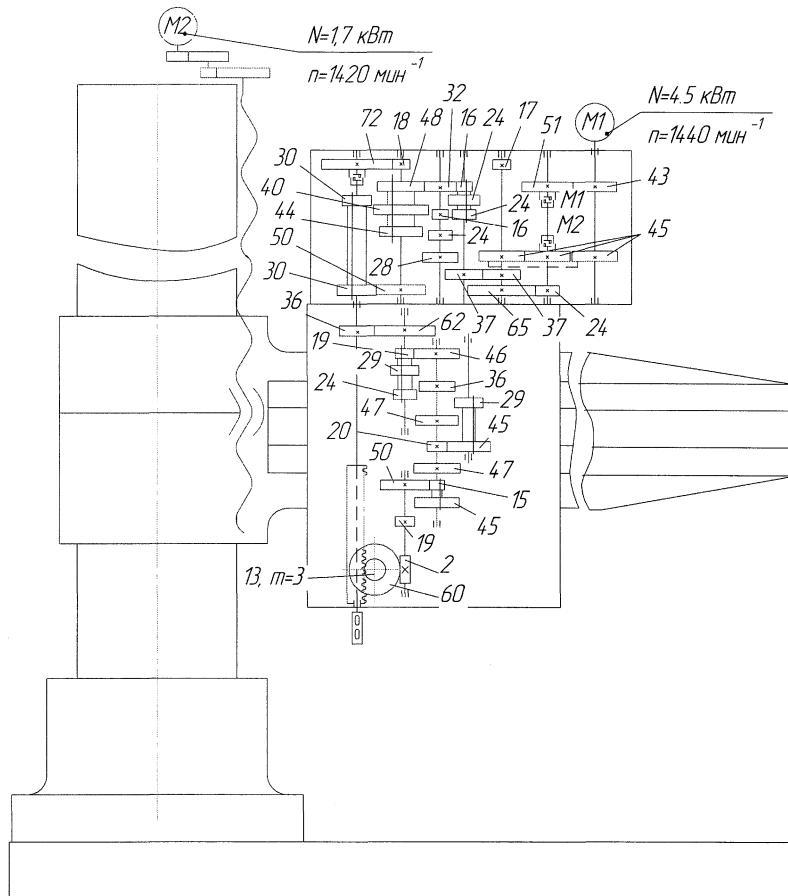


Рис. 17. Кинематическая схема станка 2А55

Задание 1.7

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки подач;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной подач;
- разработать график подач;
- определить знаменатель геометрической прогрессии.

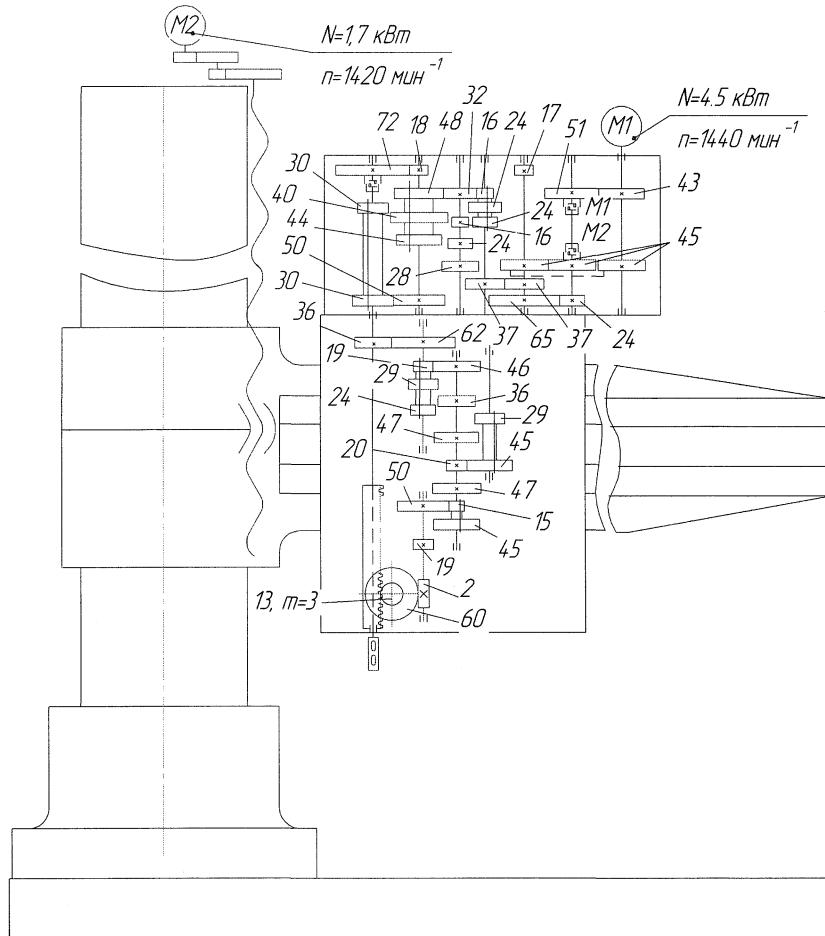


Рис. 18. Кинематическая схема станка 2А55

Задание 1.8

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрической прогрессии.

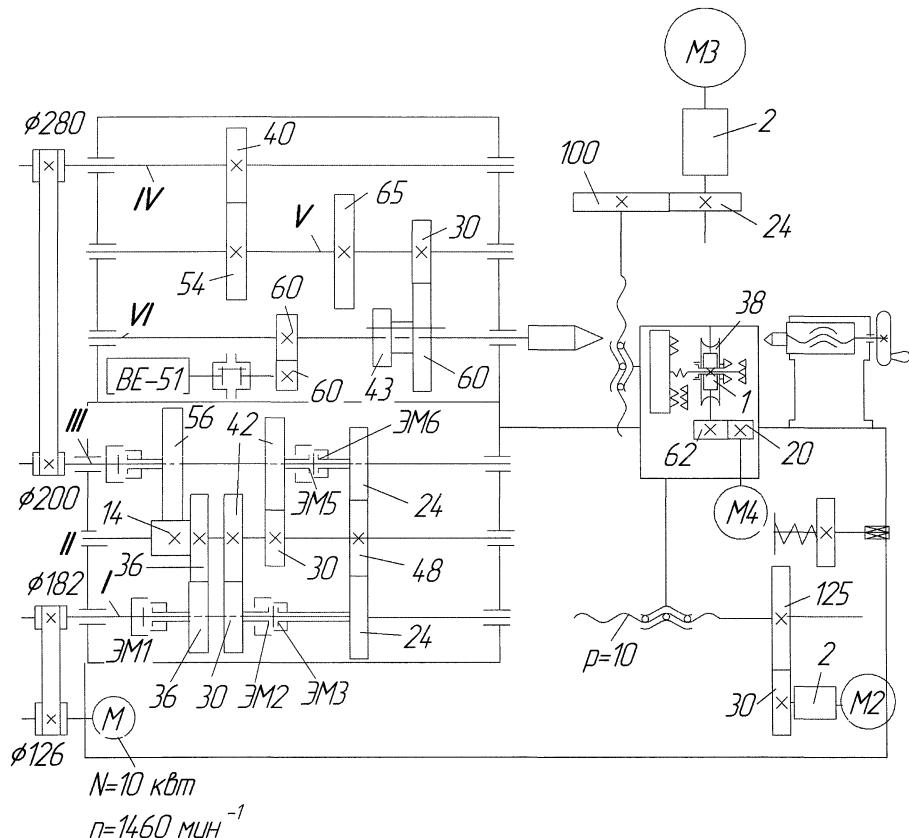


Рис. 19. Кинематическая схема станка 16К20Ф3

Задание 1.9

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.

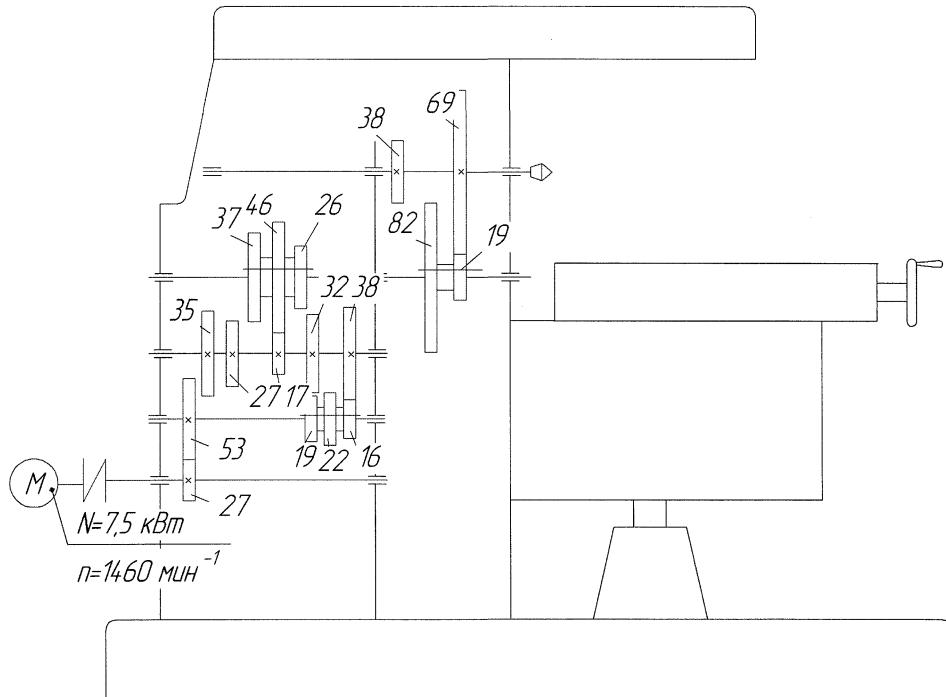


Рис. 20. Кинематическая схема коробки скоростей станка 6Р82

Задание 1.10

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей горизонтального шпинделья (привод от двигателя M1);
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделей;
- определить знаменатель геометрического ряда.

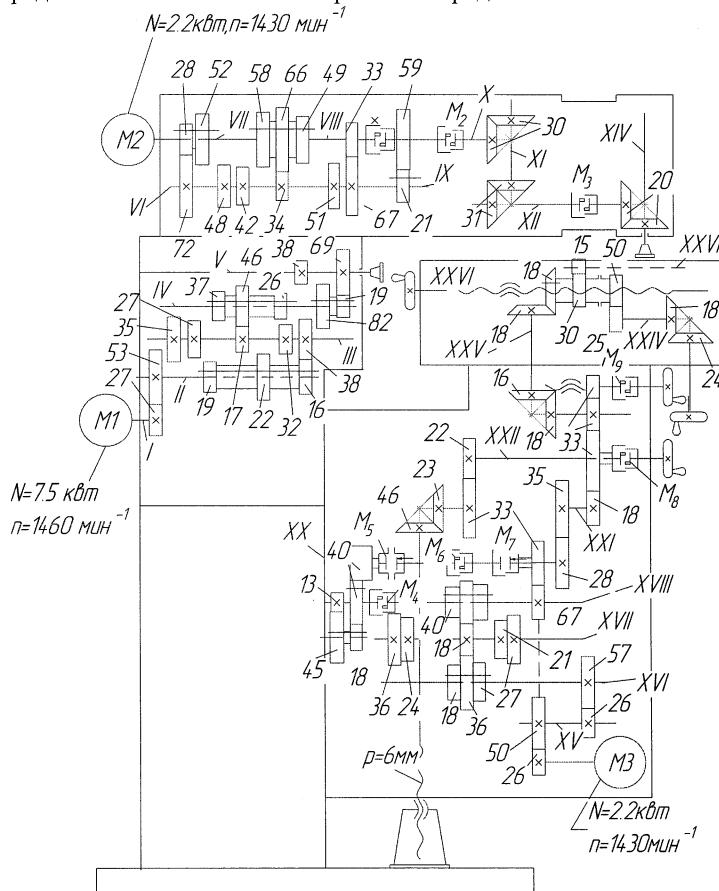


Рис. 21. Кинематическая схема станка 6P82III

Задание 1.11

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей вертикального (поворотного) шпинделя (привод от двигателя M2);
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.

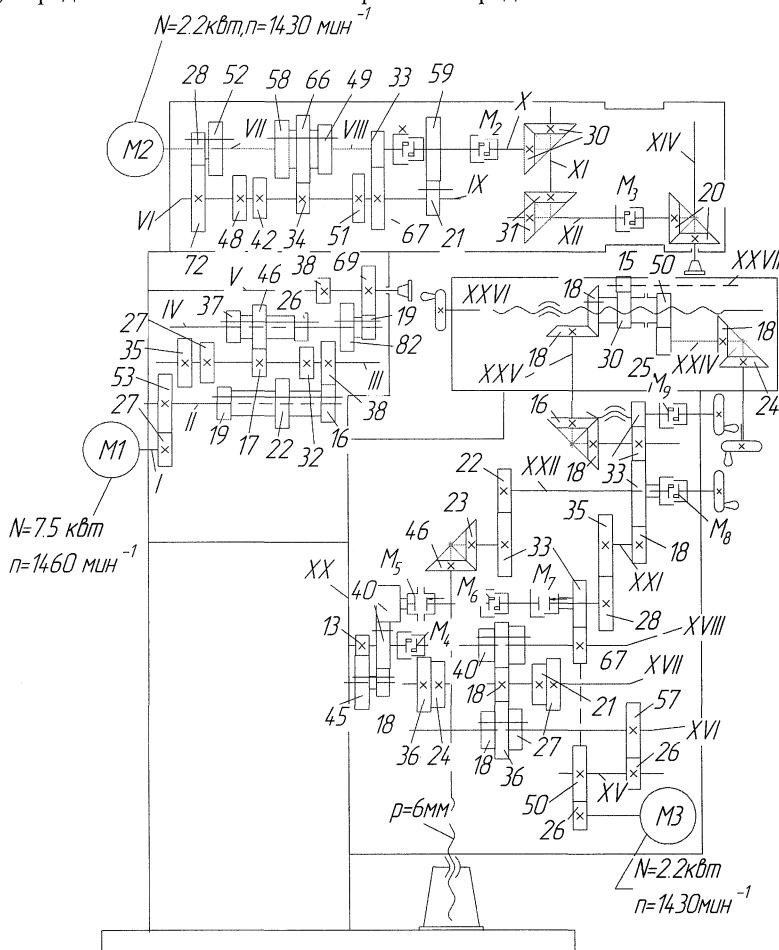


Рис. 22. Кинематическая схема станка 6Р82III

Задание 1.12

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- а) определить число ступеней коробки скоростей;
- б) разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- в) написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- г) разработать график частот вращения шпинделя;
- д) определить знаменатель геометрического ряда.

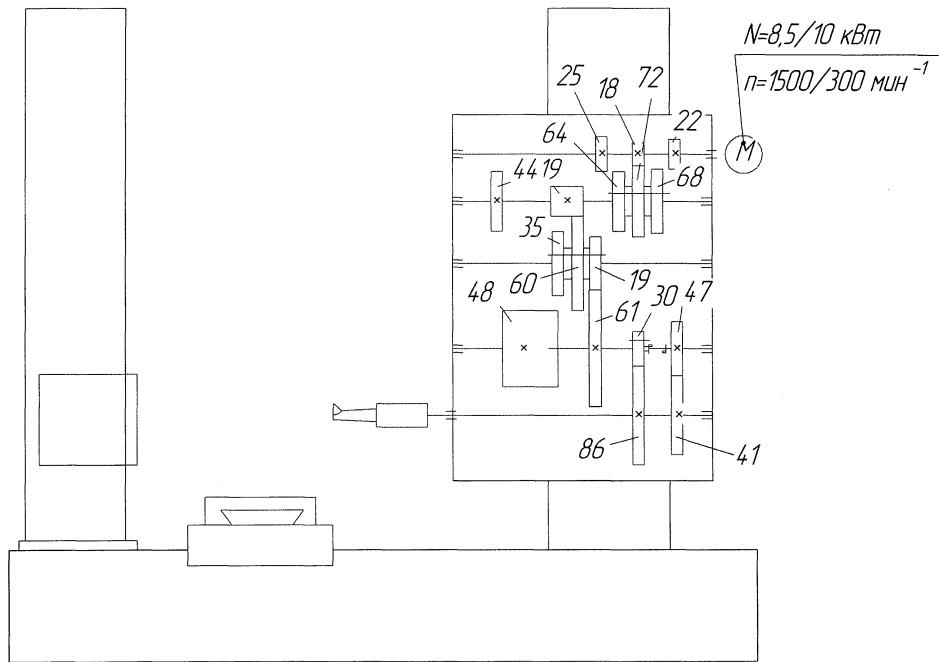


Рис. 23. Кинематическая схема коробки скоростей станка 2620

Задание 1.13

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.

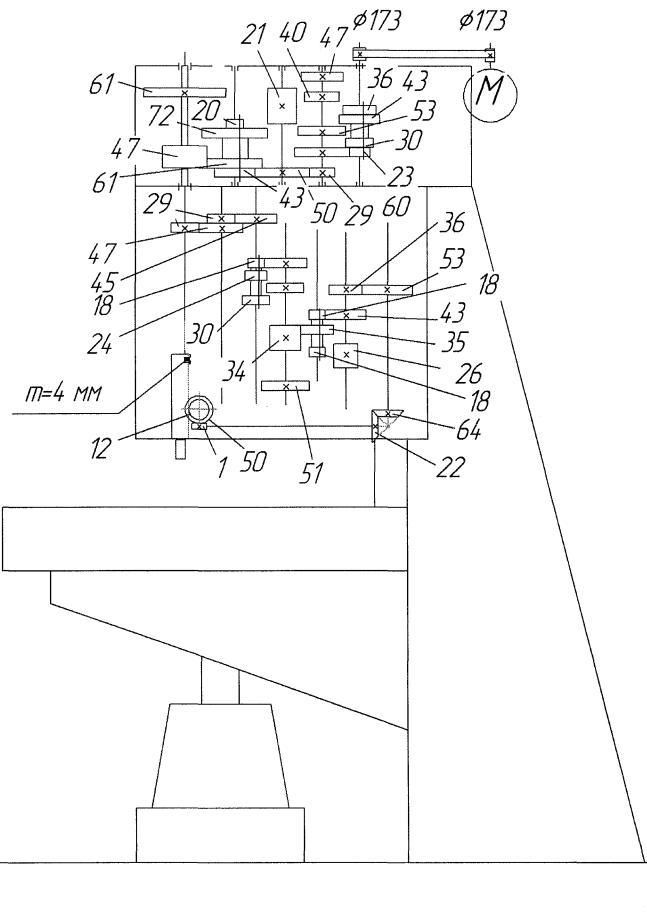


Рис. 24. Кинематическая схема станка 2А150

Задание 1.14

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки подач;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной подач;
- разработать график подач.
- определить знаменатель геометрической прогрессии.

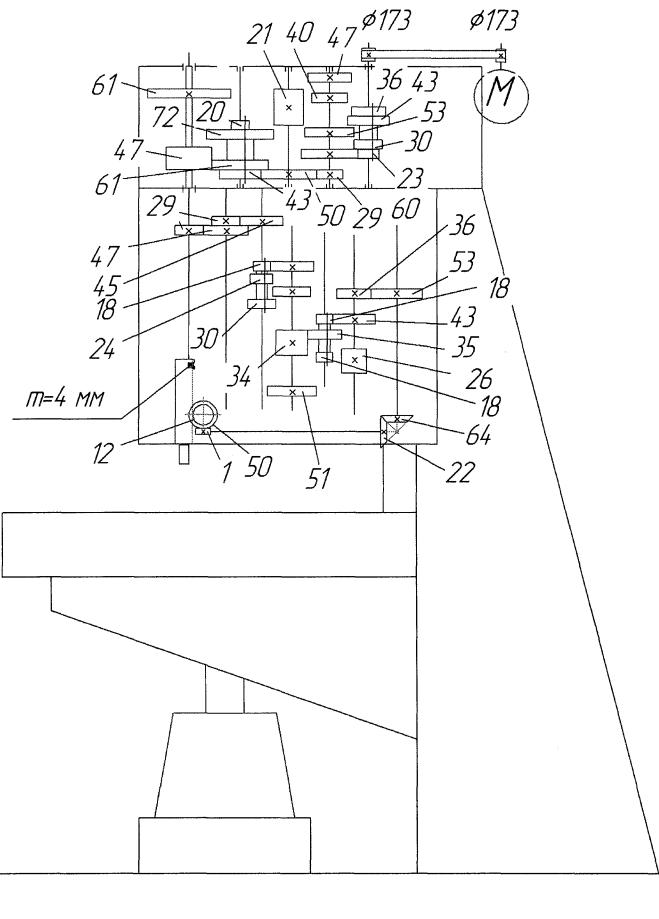


Рис. 25. Кинематическая схема станка 2А150

Задание 1.15

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.
- рассчитать гитару сменных колес для нарезания резьбы с шагом $t=0,8$ мм.

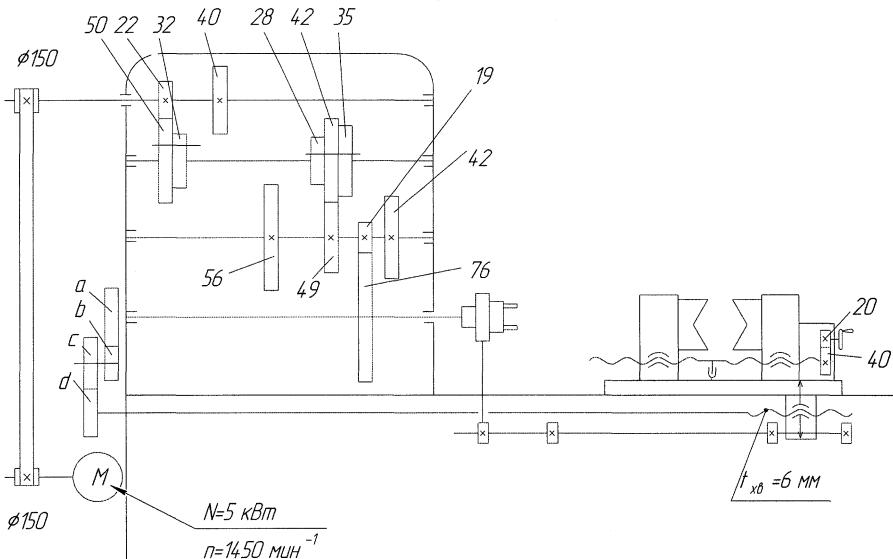


Рис. 26. Кинематическая схема болторезного станка

Задание 1.16

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделья;
- определить знаменатель геометрического ряда.

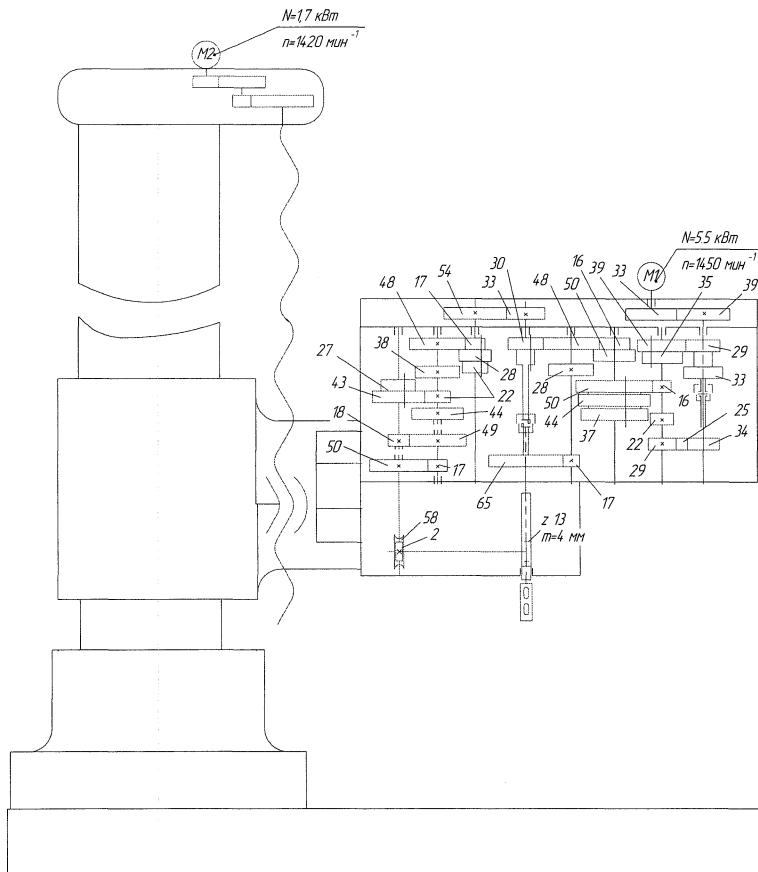


Рис. 27. Кинематическая схема станка 2М55

Задание 1.17

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки подач;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной подач;
- разработать график подач.

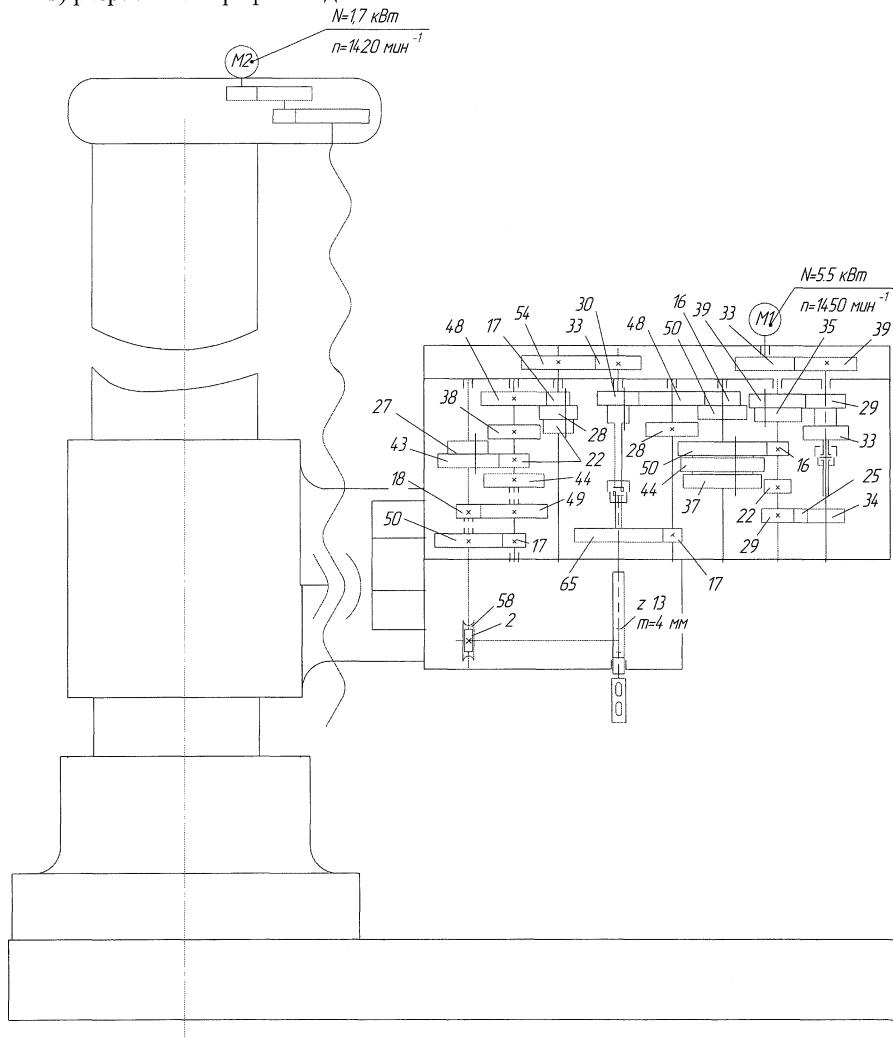
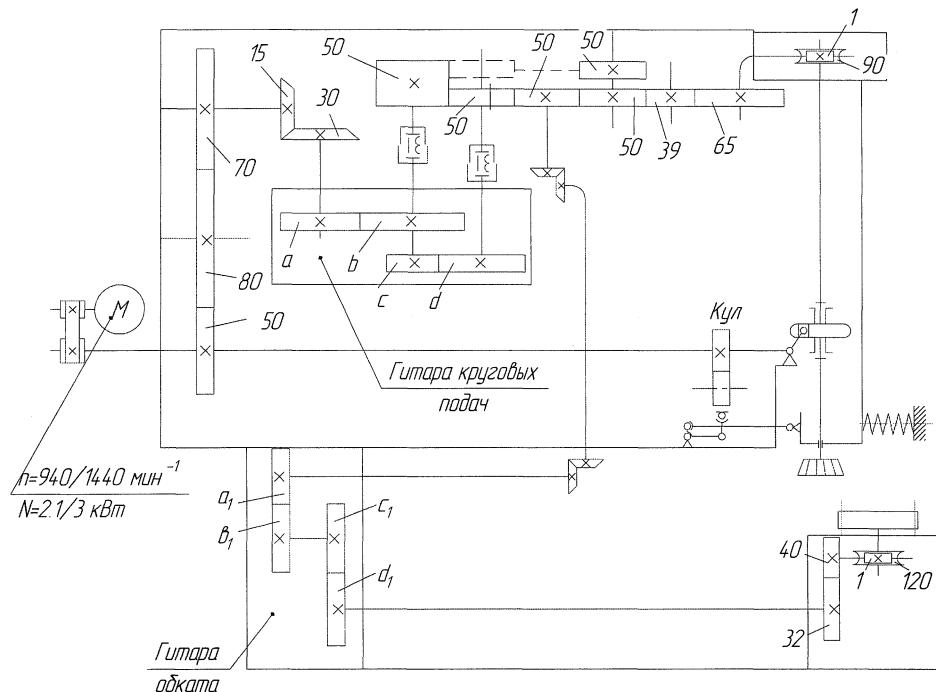


Рис. 28. Кинематическая схема станка 2М55

Задание 1.18

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- написать уравнение кинематического баланса цепи обката и определить формулу настройки гитары обката;
- рассчитать гитару обката для нарезания зубчатого колеса $z=50$, $m=2$ мм при числе зубьев долблека $z_d=76$;
- определить значение круговых подач и рассчитать настройку гитары круговых подач;



5122

Рис. 29. Кинематическая схема станка 5122

Задание 1.19

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- написать уравнение кинематического баланса цепи обката и определить формулу настройки гитары обката;
- рассчитать гитару обката для нарезания зубчатого колеса $z=50$, $m= 2 \text{ мм}$ при числе зубьев долбяка $z_d=76$;
- определить значение круговых подач и рассчитать настройку гитары круговых подач;

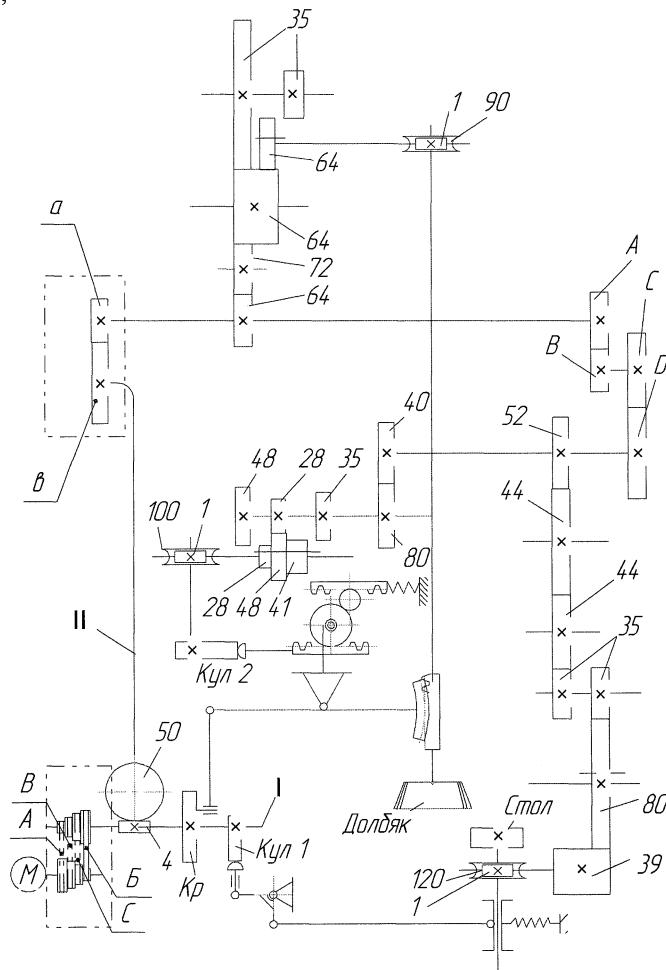


Рис. 30. Кинематическая схема станка 5B12

Задание 1.20

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.

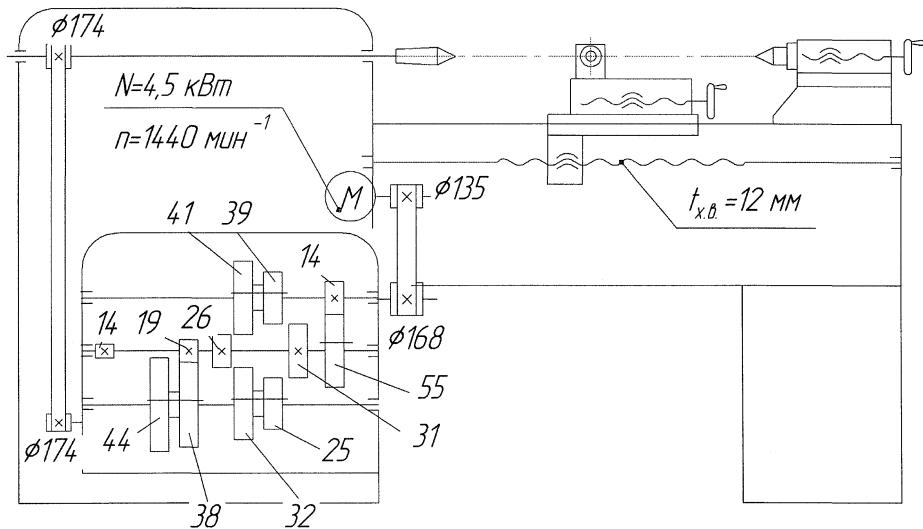


Рис. 31. Кинематическая схема станка 1A616

Задание 1.21

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.

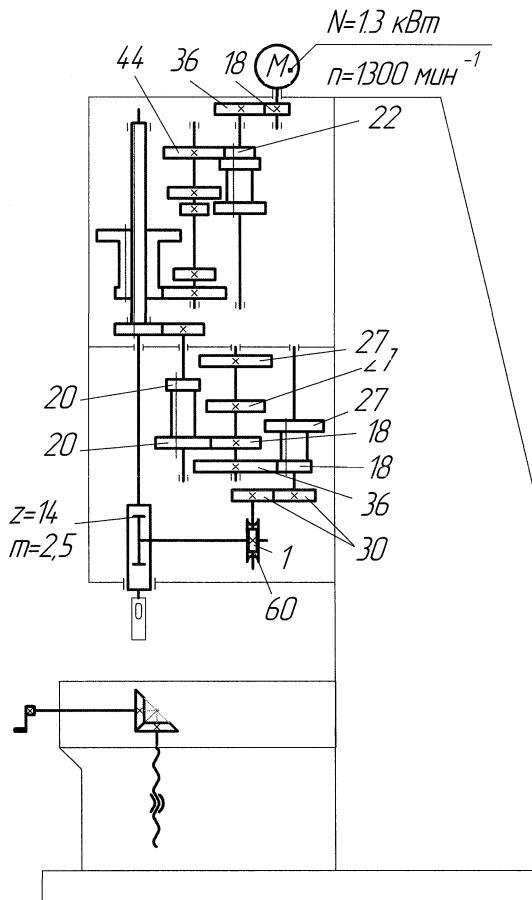


Рис. 32. Кинематическая схема станка 205

Задание 1.22

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки подач;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной подач;
- разработать график подач.

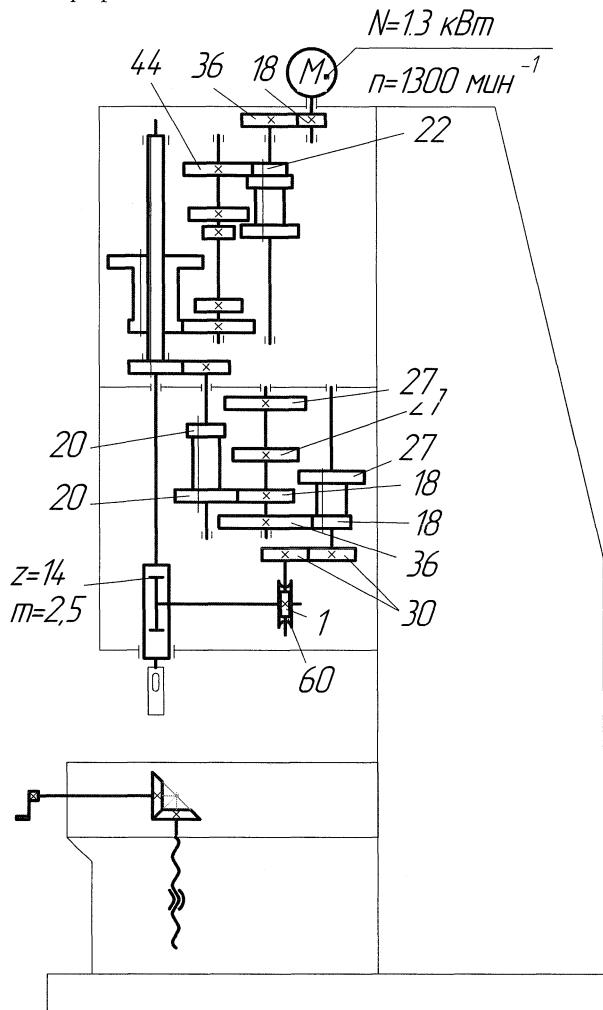


Рис. 33. Кинематическая схема станка 2056

Задание 1.23

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.

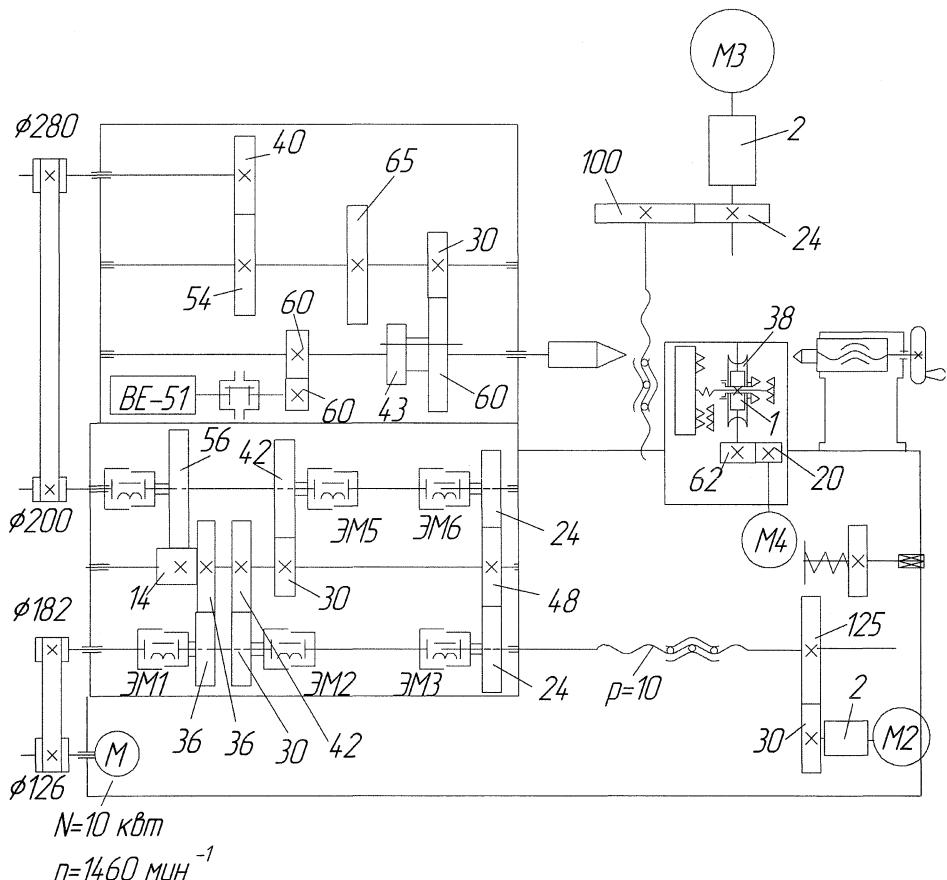


Рис. 34. Кинематическая схема станка 16К20Ф3

Задание 1.24

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.

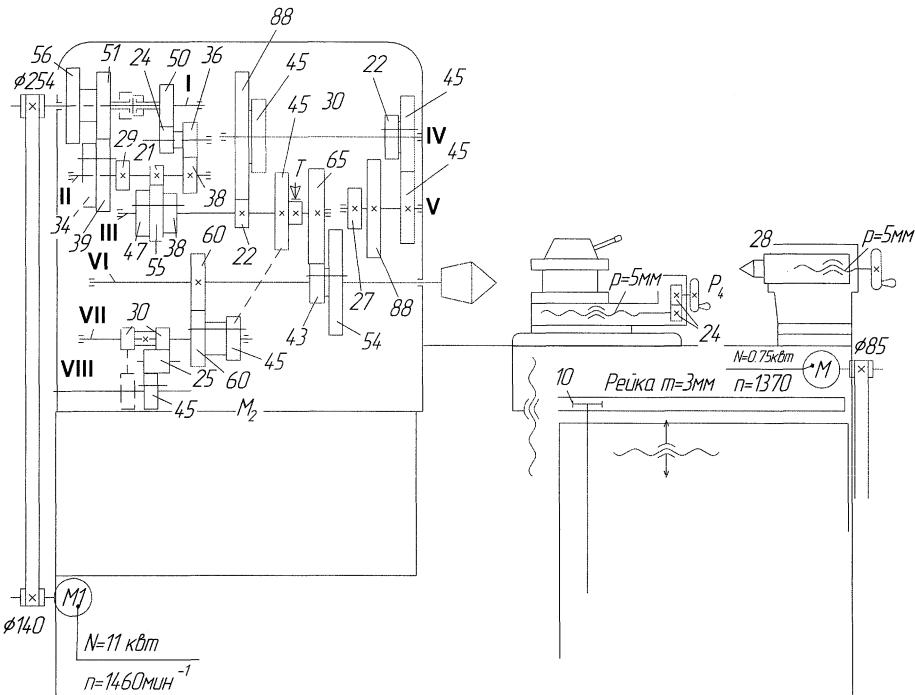


Рис. 35. Кинематическая схема коробки скоростей станка 1К625

Задание 1.25

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки подач;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной подач;
- разработать график подач.

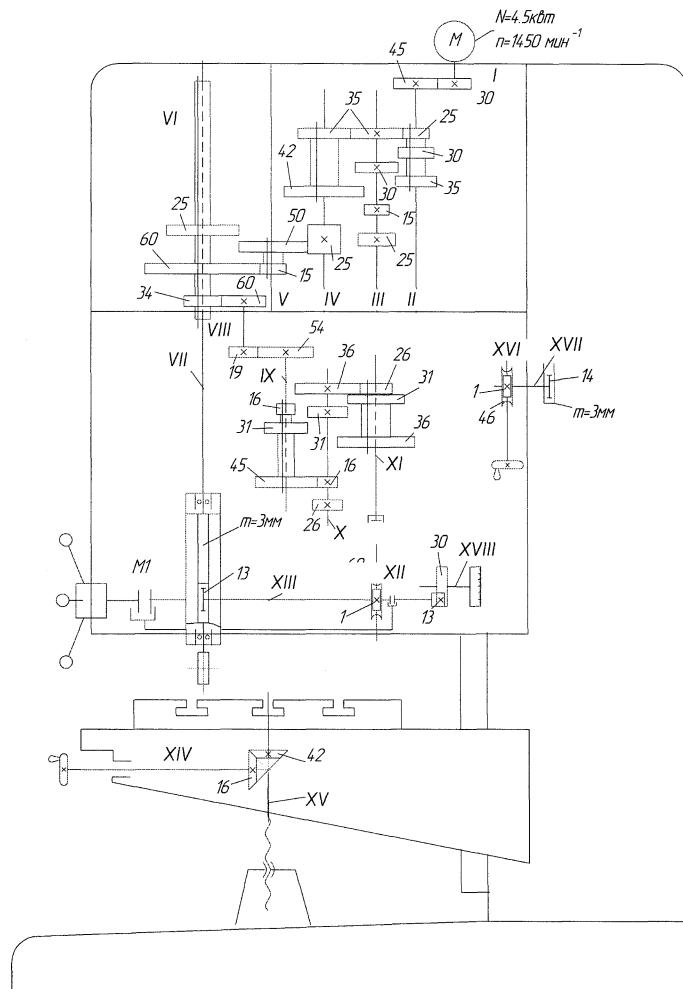


Рис. 36. Кинематическая схема станка 2H135

Задание 1.26

По кинематической схеме станка выполнить следующие работы:

- определить число ступеней коробки скоростей;
- разработать схему для составления уравнений кинематического баланса;
- написать уравнение кинематического баланса для максимальной и минимальной скоростей;
- разработать график частот вращения шпинделя;
- определить знаменатель геометрического ряда.

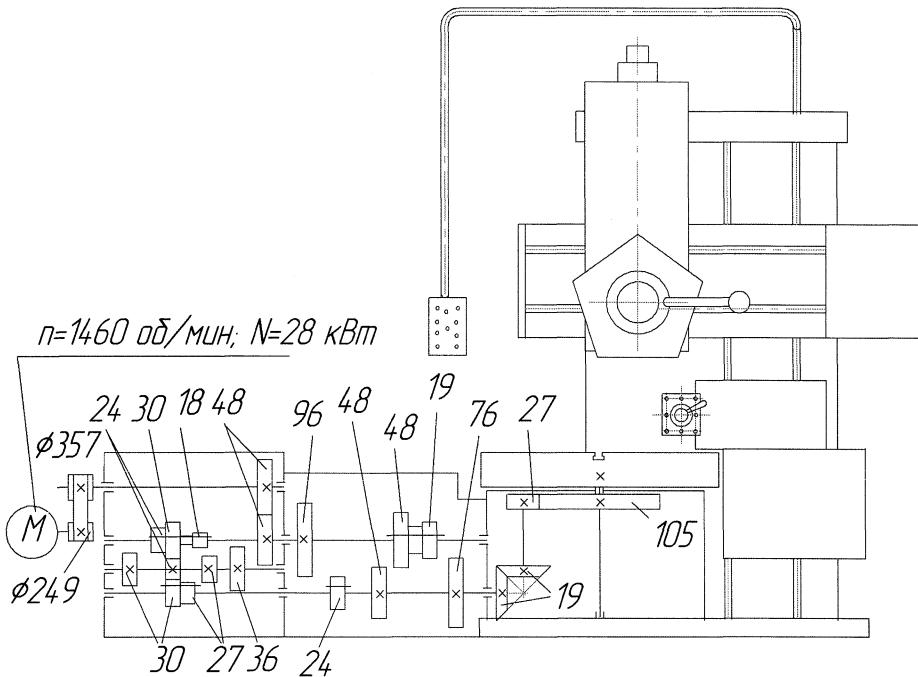


Рис. 37. Кинематическая схема коробки скоростей станка 1531Б

3.2. Контрольное задание II

Задание 2.1

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 68 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 51 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 25 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.2

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 58 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 57 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 30 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.3

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 64 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 61 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 35 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.4

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 68 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 63 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 40 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.5

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 92 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 67 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 44 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.6

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 116 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 69 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 45 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.7

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 58 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 71 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 50 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.8

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 66 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 77 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 54 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.9

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 62 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 79 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 55 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.10

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 74 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 81 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 56 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.11

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 78 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 83 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 60 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.12

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 82 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 87 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 63 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.13

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 86 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 91 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 64 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.14

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 94 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 101 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 66 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.15

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 98 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 102 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 70 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.16

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 108 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 97 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 72 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.17

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 80 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 103 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 75 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.18

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 85 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 106 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 77 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.19

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 95 равномерно расположенных по окружности канавок;

б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 113 равномерно расположенных по окружности канавок;

в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 80 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.20

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 105 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 114 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 84 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.21

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 145 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 117 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 88 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.22

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 165 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 118 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 90 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.23

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 185 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 119 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 96 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.24

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 195 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 121 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 98 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb}=6$ мм.

Задание 2.25

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 205 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 122 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 105 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb} = 6$ мм.

Задание 2.26

Рассчитать настройку делительной головки УДГ Д – 250:

- а) при простом делении обеспечить нарезание на заготовке 78 равномерно расположенных по окружности канавок;
- б) при дифференциальном делении обеспечить нарезание на заготовке 83 равномерно расположенных по окружности канавок;
- в) нарезать на фрезерном станке винтовую канавку с осевым шагом 60 мм при диаметре заготовки 100 мм и шаге винта продольной подачи $t_{xb} = 6$ мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Схиртладзе, А.Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств: учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков; под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 2001.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник в 3-х т. / под общей ред. А.С. Пронникова. – М.: Изд-во МГТУ им. И.Э. Баумана, 2000. – Т. 3.
3. Ачеркан, Н.С. Металлорежущие станки / Н.С. Ачеркан. – М.: Машиностроение, 1965. – Т. 1.
4. Кучер, А.М. Металлорежущие станки / А.М. Кучер. – Л.: Машиностроение, 1972.
5. Назариков, С.В. Настройка делительных головок / С.В. Назариков. – М.: Машиностроение, 1972.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПРИВОДЫ СТАНКОВ	
1.1. Коробки скоростей.....	4
1.2. Кинематический расчет коробок скоростей.....	7
1.3. Ряды частот вращения шпинделя, двойных ходов и рядов подач в станках.....	12
2. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ	
2.1. Кинематический расчет коробок скоростей	15
2.2. Назначение универсальной делительной головки.....	17
2.2.1.Техническая характеристика.....	17
2.2.2.Устройство головки.....	17
2.2.3.Способы деления.....	20
2.2.4. Настройка делительной головки для фрезерования винтовой канавки.....	24
3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ	
3.1. Контрольное задание I.....	26
3.2. Контрольное задание II.....	52
Библиографический список.....	58

Сергей Геннадьевич Чиненов

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Учебное пособие
для практических занятий

Техн. редактор А.В. Миних

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 29.11.2010. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 3,49. Тираж 50 экз. Заказ 476/459. Цена С.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.