

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Методические указания
к лабораторным работам по курсу
«Технологическое оборудование»
для студентов специальности
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

Витебск

2012

УДК 621.9

Технологическое оборудование: методические указания к лабораторным работам по курсу «Технологическое оборудование» для студентов специальности 1 – 36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2011

Составители: к.т.н., доц. Угольников А.А.,
асс. Гусаров А.М.,
асс. Жерносек С.В.

В методических указаниях изложены содержание, порядок выполнения лабораторных работ и индивидуальные варианты заданий. Указания предназначены для студентов специальности 1 – 36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» по курсу «Технологическое оборудование».

Одобрено кафедрой «Технология и оборудование машиностроительного производства» УО «ВГТУ» 01 ноября 2011 г. Протокол № 3.

Рецензент: к.т.н., доц. Путеев Н.В.
Редактор: к.т.н., проф. Ольшанский В.И.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» _____ 2011 г. Протокол № ____.

Ответственный за выпуск: Герасимова О.С.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ Формат _____ Уч.-изд. лист. _____
Печать ризографическая. Тираж _____ экз. Заказ № _____ Цена _____

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 года.
210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

Содержание

Лабораторная работа № 1	4
Лабораторная работа № 2	7
Лабораторная работа № 3	19
Лабораторная работа № 4	25
Лабораторная работа № 5	38
Лабораторная работа № 6	48
Лабораторная работа № 7	63

Лабораторная работа № 1

Классификация металлорежущих станков

Цель работы: изучить классификацию и систему обозначения станков.

1.1 Классификация и общая характеристика станков

Металлорежущим станком называют технологическую машину, на которой путем снятия стружки с заготовки получают деталь с заданными размерами, формой, взаимным расположением и шероховатостью поверхностей. На станках обрабатывают заготовки не только из металла, но и из других материалов, поэтому термин «металлорежущие станки» устаревает и становится условным. Заготовкой называют предмет труда, из которого изменением формы, размеров и свойств поверхности изготавливают *деталь*. Последняя представляет собой продукт труда — изделие, предназначенное для реализации (в основном производстве) или собственных нужд предприятия (во вспомогательном производстве).

Станки могут быть классифицированы по разным признакам, основные из которых рассмотрены ниже.

По степени универсальности различают универсальные, специализированные и специальные станки.

Универсальные станки (или станки общего назначения) используют для обработки деталей широкой номенклатуры, ограниченной лишь предельными габаритами, набором инструмента и технологическими операциями.

Специализированные станки используют для обработки однотипных деталей (труб, муфт, коленчатых валов и крепежных деталей) в определенном диапазоне размеров.

Специальные станки применяют для обработки одной определенной детали, реже — нескольких однотипных деталей.

Специализированные и специальные станки используют в основном в крупносерийном и массовом производствах.

По степени точности обработки станки делят на пять классов:

нормальной точности (Н); к этому классу относят большинство универсальных станков;

повышенной точности (П); при изготовлении станков этого класса на базе станков нормальной точности предъявляют повышенные требования к точности обработки ответственных деталей, качеству сборки и регулировки станка;

высокой точности (В), достигаемой за счет специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, качеству сборки и регулировки станка в целом;

особо высокой точности (А), при изготовлении которых предъявляют еще более жесткие требования, чем при изготовлении станков класса В;

особо точные (С) станки, или мастер-станки.

Для обеспечения точности работы станков классов В, А и С необходимо поддерживать в производственных помещениях постоянные, автоматически регулируемые значения температуры и влажности.

По степени автоматизации различают механизированные и автоматизированные станки (автоматы и полуавтоматы).

Механизированный станок имеет одну автоматизированную операцию, например зажим заготовки или подачу инструмента.

Автомат, осуществляя обработку, производит все рабочие и вспомогательные движения цикла технологической операции и повторяет их без участия рабочего, который лишь наблюдает за работой станка, контролирует качество обработки и, при необходимости, проводит подналадку станка, т. е. регулирует его для восстановления достигнутых при наладке точности взаимного расположения инструмента и заготовки, качества обрабатываемой детали. (Под циклом понимают промежуток времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых деталей.)

Полуавтомат — станок, работающий с автоматическим циклом, для повторения которого требуется вмешательство рабочего. Например, рабочий должен снять деталь и установить новую заготовку, а затем включить станок для автоматической работы в следующем цикле.

По расположению шпинделя станки делятся на горизонтальные, вертикальные, наклонные и комбинированные.

В зависимости от массы различают легкие (до 1 т), средние (до 10 т) и тяжелые (свыше 10 т) станки, среди которых можно выделить особо тяжелые, или уникальные (более 100 т).

Совокупность всех типов и размеров выпускаемых станков называется типажом. Для обозначения модели станка, выпускаемого серийно, принята классификация, разработанная Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС), в соответствии с которой все станки делят на девять групп. Каждая группа, в свою очередь, подразделяется на девять типов, характеризующих назначение станка, его компоновку и другие особенности.

Обозначение модели станка состоит из сочетания трех или четырех цифр и букв. Первая цифра означает номер группы, вторая — номер подгруппы (тип станка), а последние одна или две цифры — наиболее характерные технологические параметры станка. Например, 1Е116 означает токарно-револьверный одношпиндельный автомат с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 16 мм; 2Н125 означает вертикально-сверлильный станок с наибольшим условным диаметром сверления 25 мм. Буква, стоящая после первой цифры, указывает на различное исполнение и модернизацию основной базовой модели станка. Буква в конце цифровой части означает модификацию базовой модели, класс точности станка или его особенности.

Принята следующая индексация моделей станков с программным управлением: Ц — с цикловым управлением; Ф1 — с цифровой индексацией положения, а также с предварительным набором координат; Ф2 — с позиционной системой ЧПУ, Ф3 — с контурной системой ЧПУ; Ф4 — с комбинированной системой ЧПУ. Например, 16Д20П — токарно-винторезный станок повышенной точности; 6Р13К-1 — вертикально-фрезерный консольный станок с копировальным устройством; 1Г340ПЦ — токарно-револьверный станок с горизонтальной головкой, повышенной точности, с цикловым программным управлением; 2455АФ1 — координатно-расточной двухстоечный станок особо высокой точности с предварительным набором координат и цифровой индикацией. 2Р135Ф2 — вертикально-сверлильный станок с револьверной головкой, крестовым столом и с позиционной системой числового программного управления; 16К20Ф3 — токарный станок с контурной системой ЧПУ; 2202ВМФ4 — многоцелевой (сверлильно-фрезерно-расточный) горизонтальный станок с инструментальным магазином и с комбинированной системой ЧПУ (буква М означает, что станок имеет магазин с инструментами).

1.2 Ход выполнения работы

1.2.1 Варианты заданий

Ознакомиться с классификацией и системой обозначения станков, охарактеризовать станки в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 1.1 — Классификация металлорежущих станков

№ варианта	Модели станков
1	1Б616КП; 2Д103П; 3А252; 5Д32; 6Б12; 7510М
2	1Е116; 2В56; 3151; 3У10В; 5111; 6Г104; 7110
3	1Е316ПЦ; 2Н106; 3А110В; 5122; 6Р10; 7116
4	1325Ф30-1; 2Д106П; 3М150; 5122Б; 6Р11; 7210
5	1П32Б; 2С108; 3Э110М; 5М150; 6Р13Ф3-01; 7212
6	16Д20ПФ101; 2А620Ф1-1; 3М150; 5140; 6Р13РФ3; 7А311
7	1К620; 2Д112П; 3М153А; 5М161; 6520Ф3; 7Е35
8	1М63Б; 2ДП2СПП; 3Т153Е; 5303ПТ; 6540; 7М36
9	1Г140П; 2Н118; 3М151; 5303П; 6550Ф3; 7Д36
10	1Е165ЛП; 2С118А; 3М151Ф2; 5К301П; 6550РФ3; 7Д36Ц
11	1Н165П; 2Г125; 3У12В; 53А10; 6550; 7307
12	1А425; 2Н125; 3120А; 5К310; 654Ф3; 7307Д
13	1Г340П; 2Н125Л; 3У12УА; 53А20; 6550МФ3; 7Д37Ц
14	1Б365БП; 2К25; 3У131М; 53А30П; 6А56; 7310Д
15	1М425; 2К52-1; 3Т160; 5В312; 6А59; 7А412
16	1516; 2А622МФ2; 3М161Е; 5К324А; 6712В; 7Д430
17	1541; 2С132Л; 3М163В; 53А50; 6Б75ВФ1; 7410
18	1М553; 2М614; 3У142; 5К328А; 676П; 7414
19	1А525МФ3; 2Н150; 3М174Е; 5343; 6Б76ПФ2; 7Б55
20	1550; 2М55; 3М194; 5236П; 6Т804Г; 7Б56У
21	1А563Ф4; 2А135; 3М197; 5Т23В; 6Р80; 7Б56САУ

Окончание таблицы 1.1

№ варианта	Модели станков
22	1Л525; 2А554; 3Д180; 5С268; 6Р81; 7Б58
23	1П365; 2Г175; 3М182А; 5С277П; 6Р83; 7В76Д1
24	1341; 2К55МФ2; 3М184И; 5С286Г; 6Л463; 7В75Д
25	1Б16ВФ4; 2А756; 3А172; 5В722; 6А56Г; 7А623
26	16Б05АФ1; 2Б460А; 3Б814; 5Г725; 6Б443Г7; 7Д36Ц
27	16В05АФ30; 2Г175М; 3В423; 5Д833; 7Б35
28	16Е16КП; 2Д132МФ2; 3Д184А; 5К822В; 6В443; 7Б225МФ1
29	16К20ПН; 2Е450АФ1; 3Е711АФ1; 5Н580; 7В35Д
30	1Б10В; 2636ГФ2; 3Ш184Д; 5С263; 6520К; 7Б76

Лабораторная работа № 2

Изучение основных механизмов металлорежущих

станков

Цель работы: изучение назначения, конструкции и принципов действия основных типовых механизмов приводов станков. Приобретение навыков чтения кинематических схем станков.

2.1 Общие положения

Кинематическая цепь — это совокупность ряда передач: зубчатых, винтовых, реечных, ременных, храповых и др., осуществляющих передачу движений от начального звена к конечному, например, от двигателя к шпинделю.

Условные обозначения наиболее распространённых передаточных пар и механизмов металлорежущих станков, предусмотренные ГОСТ 2.770–68, приведены в таблице 2.2.

2.1.1 Определение передаточных отношений и перемещений в различных видах передач

Ременная передача. Передаточное отношение без учета скольжения ремня (рисунок 2.1 а):

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2},$$

где d_1 и d_2 — диаметры соответственно ведущего и ведомого шкивов.

Скольжение ремня учитывают, введя поправочный коэффициент, равный 0,97 — 0,985.

Цепная передача. Передаточное отношение (рисунок 2.1 б):

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2},$$

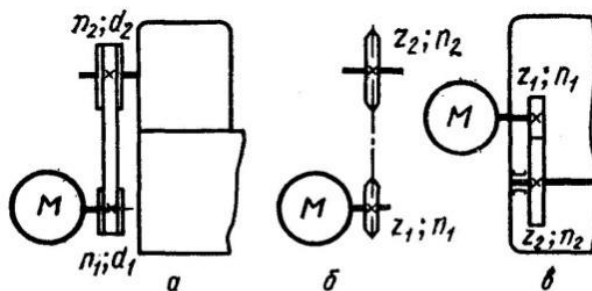


Рисунок 2.1 — Передачи в станках

где z_1 и z_2 — числа зубьев соответственно ведущей и ведомой звёздочек.

Зубчатая передача. Осуществляется цилиндрическими или коническими колёсами (рисунок 2.1 в). Передаточное отношение:

$$i = \frac{z_1}{z_2},$$

где z_1 и z_2 — числа зубьев колёс.

2.2 Типовые механизмы приводов станков

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

2.3 Приводы 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.

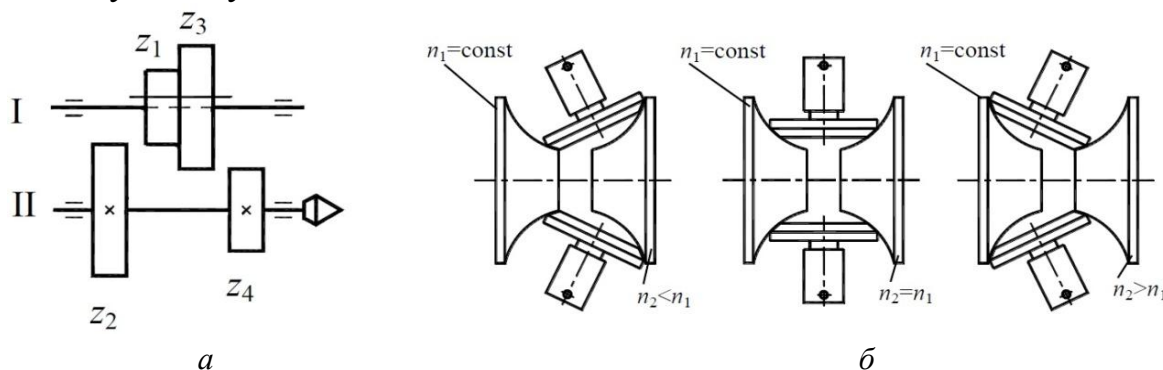


Рисунок 2.2 — Типовые механизмы: *а* — коробка скоростей с подвижным блоком зубчатых колёс; *б* — торовый вариатор

Среди ступенчатых механизмов преобразования скорости широкое применение нашли *коробки скоростей с передвижными блоками зубчатых колёс*. Они могут передавать большие крутящие моменты при сравнительно небольших радиальных размерах зубчатых колёс. В таких коробках в зацеплении находятся только те зубчатые колёса, которые передают поток мощности. Остальные колёса не подвергаются износу. В передвижных блоках используют только прямозубые колёса. К недостаткам этих коробок скоростей относятся невозможность переключения блоков на ходу; необходимость блокировки, предупреждающей возможность одновременного включения в работу блоков зубчатых колёс, совместная работа которых не предусмотрена; относительно большие осевые размеры.

В данной коробке (рисунок 2.2 *а*) крутящий момент от вала *I* может передаваться либо через z_1 - z_2 , либо через z_3 - z_4 зубчатые пары. Такая альтернатива

становиться возможной благодаря тому, что колёса 1 и 3 могут свободно перемещаться вдоль вала I. Таким образом, на выходе мы имеем две различные скорости. Следовательно, добавив в конструкцию более сложные блоки, получаем на выходе большее количество скоростей.

Бесступенчатые приводы применяют для плавного и непрерывного изменения частоты вращения шпинделей или подачи. Они позволяют получать оптимальные скорости резания и подачи при обработке различных деталей. Кроме того, они позволяют изменять скорость главного движения или подачу во время работы станка без его остановки.

В станках применяют различные способы бесступенчатого регулирования скоростей движений. Выбор способа зависит от многих факторов (станок универсальный, специализированный, специальный; для черновой, чистовой, отделочной обработки; требуемой мощности резания и вида механической характеристики; необходимого диапазона регулирования и др.).

Одним из решений привода бесступенчатого регулирования является торовый вариатор (рисунок 2.2 б). Передаточное отношение данного вариатора зависит от угла наклона роликов, при повороте которых изменяются радиусы контакта роликов с ведущим и ведомым торовым шкивом.

2.3 Реверсивные механизмы

Направление движения в механизмах станков можно изменять с помощью различных механических, электрических и гидравлических устройств. Наиболее часто применяют реверсивные механизмы с цилиндрическими и коническими колесами. На рисунке 2.3, а показана схема реверсивного механизма с передвигными цилиндрическими зубчатыми колёсами.

В механизме с коническими зубчатыми колесами (рисунок 2.3 б) реверсирование производится двусторонней кулачковой муфтой. Направления вращения валов на рисунке показаны стрелками.

В некоторых моделях зубообрабатывающих станков применяют реверсивный механизм, показанный на рисунке 2.3, в. При неизменном направлении вращения зубчатого колеса z составное колесо получает возвратно-вращательное движение.

Гидравлическое реверсирование осуществляется изменением направления потока масла в рабочий цилиндр, чаще всего с помощью направляющих гидрораспределителей; электрическое реверсирование — путем изменения направления вращения электродвигателя привода.

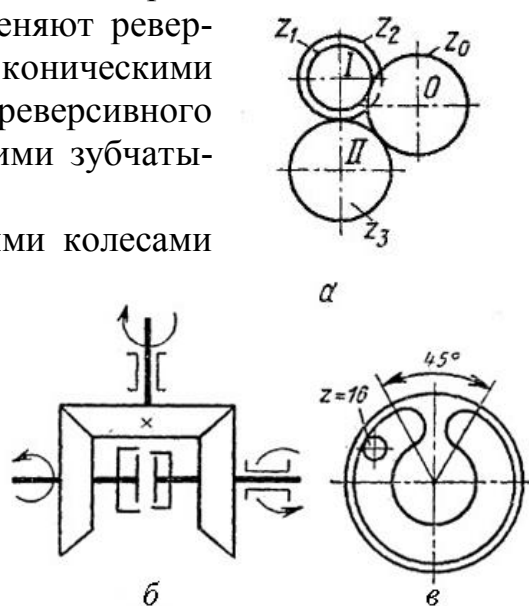


Рисунок 2.3 — Реверсивные механизмы

2.4 Механизмы прямолинейного движения

В металлорежущих станках для осуществления прямолинейных движений преимущественно используют следующие механизмы: зубчатое колесо-рейка, червяк-рейка, ходовой винт-гайка, кулачковые механизмы.

Механизм зубчатое колесо-рейка (рисунок 2.4 а) применяют в приводе главного движения и движения подачи, а также в приводе различных вспомогательных перемещений. Длина прямолинейного перемещения рейки за один оборот реечного зубчатого колеса l определяется по формуле

$$l = z \cdot p = z \cdot \pi \cdot m, \text{ мм},$$

где p — шаг зуба рейки, мм;

z — число зубьев реечного зубчатого колеса;

m — модуль зубьев реечного зубчатого колеса, мм.

Механизм червяк-рейка применяют в условиях повышенной точности.

Перемещение рейки за один оборот червяка l , определяется по формуле

$$l = k \cdot p_p, \text{ мм},$$

где k — число заходов червяка; p_p — шаг рейки, мм.

Механизм винт-гайка бывает в виде пар скольжения и качения. Применяют его для осуществления прямолинейного движения. Винтовые пары скольжения из-за больших потерь при скольжении в резьбе и связанного с ним изнашивания заменяют винтовыми парами качения. Они имеют малые потери на трение, высокий КПД, кроме того, в них могут быть полностью устранены зазоры в резьбе в результате создания предварительного натяга. Недостатками являются высокая стоимость, пониженное демпфирование, отсутствие самоторможения.

Передача винт-гайка качения (рисунок 2.4 б) состоит из винта 1, гайки 2, шариков 3 и устройств для возврата

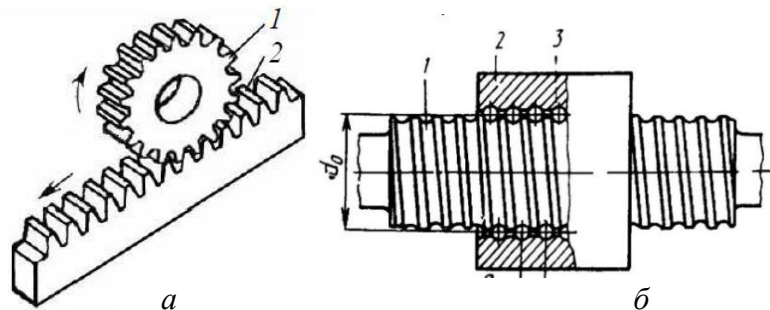


Рисунок 2.4 — Механизмы прямолинейного движения:

а — механизм зубчатое колесо-рейка;

б — шариковая винтовая пара

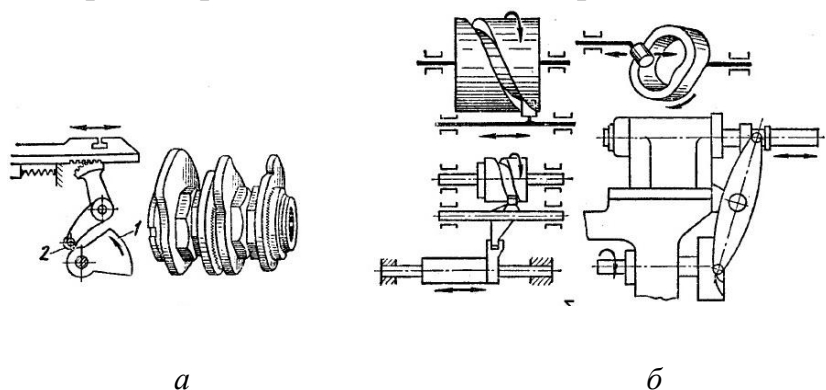


Рисунок 2.5 — Кулачковые механизмы:

а — кулачковый механизм с плоским кулачком;

б — кулачковый механизм с цилиндрическим кулачком

шариков (на рисунке не показаны). Обычно применяют передачи с наиболее технологичным полукруглым профилем резьбы.

Перемещение гайки за один оборот винта определяется так же, как перемещение рейки за один оборот червяка (см. выше).

Кулачковые механизмы, преобразующие вращательное движение в прямолинейное поступательное, применяют главным образом в станках-автоматах. Различают кулачковые механизмы с плоскими и цилиндрическими кулачками (рисунок 2.5). При вращении кулачка 1 (рисунок 2.5 а) через ролик 2, рычажную передачу, зубчатый сектор и рейку движение передается суппорту, который совершает возвратно-поступательное движение в соответствии с профилем кулачка. На рисунке 2.5, б показан принцип работы цилиндрических кулачков.

2.5 Механизмы для осуществления периодических движений

Для осуществления периодических вращений валов в станкостроении используют в основном храповые и мальтийские механизмы. Первые применяют в тех случаях, когда необходимо осуществлять прерывистые движения рабочих органов в течение коротких промежутков времени.

Храповые механизмы. На рисунке 2.6 а показана схема храпового механизма с наружным зацеплением. Собачка 1, получая качательное движение, захватывает зубья храпового колеса 2 и поворачивает его

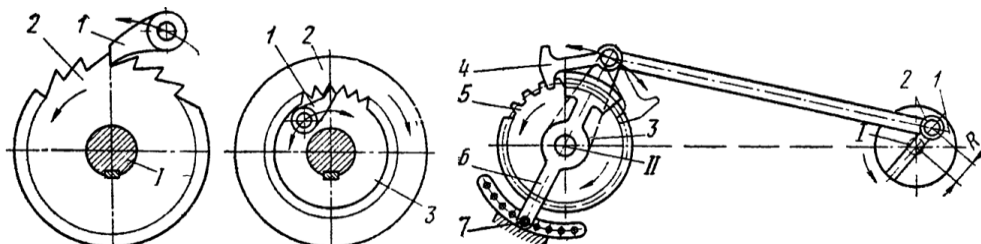


Рисунок 2.6 — Храповые механизмы

вокруг оси вала I в одном направлении. Возвращаясь в исходное положение, собачка проскальзывает по зубьям, и колесо 2 остаётся в покое.

Схема храпового механизма с внутренним зацеплением показана на рисунке 2.6 б. Собачка 1 установлена на диске 3, вал которого совершает качательное движение. При этом собачка 1 захватывает зубья храпового колеса 2 и периодически вращает его так же в одну сторону.

Качательные движения в храповых механизмах чаще всего осуществляются с помощью кривошипно-шатунной передачи (рисунок 2.6 в).

На ведущий вал I, непрерывно вращающийся с определенной скоростью от привода станка, насажен диск 1 с кривошипным пальцем 2. При вращении диска шатун качает рычаг 3 с установленной на нём собачкой 4 вокруг оси вала II. Величину угла качания рычага 3 можно регулировать, перемещая палец 2 по радиальному пазу на заданное расстояние R. Угол поворота храпового колеса 5

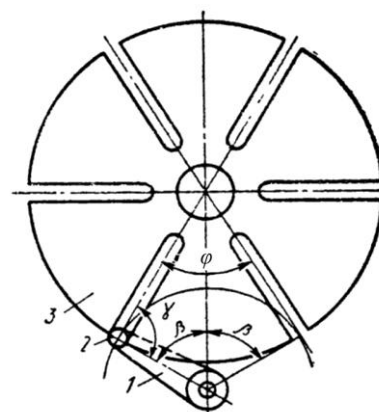


Рисунок 2.7 — Мальтийский механизм

можно регулировать с помощью щитка б, перекрывающего на пути качания собачки несколько зубьев храпового колеса. Фиксирование щитка в нужном положении, при котором будет перекрыто необходимое число зубьев, осуществляется с помощью штифта 7.

Угол поворота храпового колеса за одно двойное качание собачки

$$\alpha = \frac{z_1 \cdot 360^\circ}{z},$$

где z_1 — число зубьев, захватываемое собачкой;
 z — число зубьев храпового колеса.

Мальтийские механизмы. Для периодического поворота валов на заданный угол применяют мальтийский механизм (рисунок 2.7). Он состоит из кривошипа 1 с цевкой 2 на конце и диска 3, имеющего радиальные пазы. Кривошип вращается непрерывно. В определенный момент цевка входит в паз и, повернувшись на угол в вместе с диском 3, выходит из него. Диск 3 останавливается до попадания цевки 2 в следующий паз. Условия безударной работы требуют, чтобы скорость цевки при заходе её в паз совпадала с направлением последнего.

Угол поворота диска φ определяется по формуле

$$\varphi = \frac{2 \cdot \pi}{z},$$

где z — число пазов.

2.6 Кривошипно-кулисные механизмы

Кривошипно-кулисные механизмы применяют для преобразования вращательного движения в прямолинейное возвратно-поступательное.

Кривошипный привод (рисунок 2.8 а) работает следующим образом. От вращающегося кривошипного диска 1 с радиально-подвижным пальцем 2 движение через раздвижной шатун 3, качающийся рычаг 4 с зубчатым сектором передается круглой рейке 5, закрепленной на шпинделе б. За счет радиального перемещения пальца 2 можно регулировать ход шпинделя б, а за счет изменения длины шатуна 3 — крайние положения инструмента, закрепленного в шпинделе. Кривошипный привод применяют, например, в зубодолбежных станках.

Кулисный привод (рисунок 2.8 б). Кривошипное зубчатое колесо 1 получает вращение и через палец 2 сообщает качательное движение рычагу 3, который шарнирно связан с ползуном 4, совершающим возвратно-поступательное движение. Ход ползуна 4 регулируют изменением положения пальца 2 на зубчатом колесе 1.

Кулисный привод находит широкое применение в долбежных и поперечно-строгальных станках. Он обеспечивает хорошую плавность движения рабочего органа станка, однако имеет неравномерную скорость рабочего хода и постоянное соотношение между временем рабочего и вспомогательного ходов.

2.7 Суммирующие механизмы

Суммирующий механизм (рисунок 2.9 *а*) применяются в станках для суммирования движений на одном звене от разных кинематических цепей.

2.8 Механизмы обгона

Механизм обгона применяют в случаях, когда требуется сообщить валу, имеющему медленное (рабочее) вращение, быстрое вращение (холостой ход). Чаще всего для этих целей применяют муфты обгона (см. п. 2.9) или храповые механизмы. На рисунке 2.9 *б* приведена схема храпового механизма, применяемого в качестве механизма обгона. Храповое колесо *1* закреплено на валу *2*. Защёлка *3* связана с диском *4*, свободно посаженным на валу *2* и получающим вращение от колеса *5*. Сообщая диску *4* вращение в направлении стрелки, защёлка *3* будет вращать храповое колесо *1* и вал *2* в том же направлении. Если сообщить валу *2* с храповым колесом *1* большую скорость вращения в том же направлении от другой кинематической цепи, то он будет обгонять диск *4*.

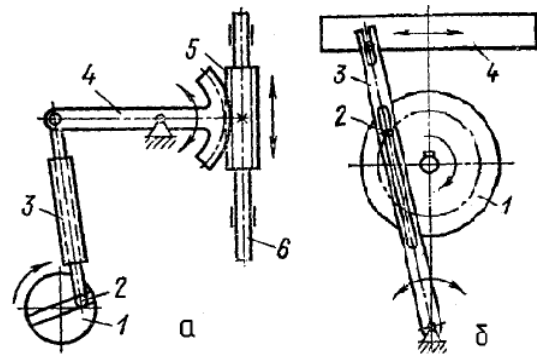


Рисунок 2.8 — Кривошипно-кулисные механизмы:
а — кривошипный; *б* — кулисный

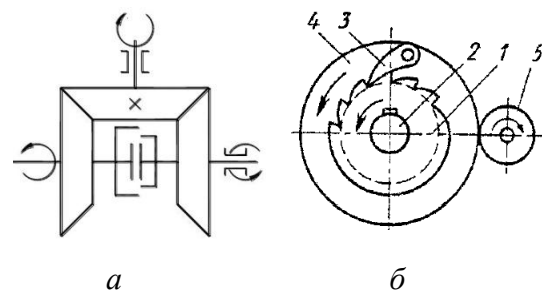


Рисунок 2.9 — Механизмы:
а — суммирующий; *б* — храповый

2.9 Муфты

Муфты служат для постоянного или периодического соединения двух соосных валов или вала с другими звеньями привода (зубчатым колесом, шкивом), для передачи вращения между ними.

Кулачковая муфта (рисунок 2.10 *а*) передает крутящий момент торцевыми кулачками, проста по конструкции, надежна, имеет небольшой осевой ход для включения, но не может включаться при значительной угловой скорости.

Муфты обгона (односторонние) (рисунок 2.10 *б*) предназначены для передачи крутящего момента лишь при одном направлении вращения. Это свойство используют для ускоренного вращения ведомого звена от дополнительной кинематической це-

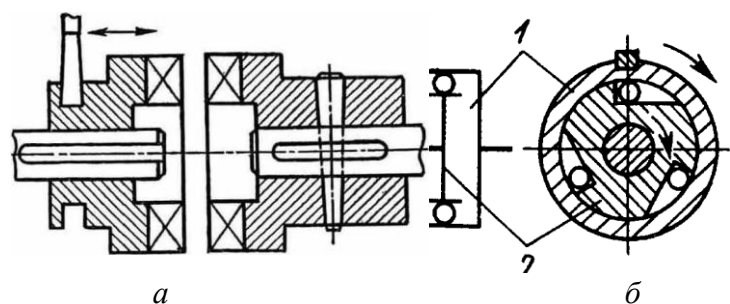


Рисунок 2.10 — Муфты: *а* — кулачковая муфта; *б* — муфта обгона

пи без выключения основной тихоходной цепи. От звена 1 (ведущее) на звено 2 вращение передаётся только в одном направлении — по часовой стрелке (заклинивание). Звену 2 можно сообщить ускоренное вращение в том же направлении от другого источника, вызвав этим отсоединение его на ходу от звена 1 (обгон — расклинивание).

Фрикционные муфты имеют то же назначение, что и кулачковые, но их можно включать при любых разностях скоростей вращения элементов муфты. У фрикционных муфт при перегрузках ведомое звено может проскальзывать и тем самым предотвращать поломку. Наличие нескольких поверхностей трения позволяет передавать значительные крутящие моменты при относительно малых величинах давления на поверхностях трения дисков.

Пример выполнения задания

Задание: разработать и рассчитать принципиальную кинематическую цепь по заданным параметрам.

Условие: асинхронный двигатель 4А100L6У3, асинхронная частота — 950 об/мин, получить прерывистое вращение на угол 60, частота которого $n_{м.к.} = 2$ об/мин.

Решение:

1. Составим принципиальную кинематическую цепь (рисунок 2.11);
2. Расчёт передаточных отношений механизмов цепи.

Ременная передача (без учёта коэффициента проскальзывания ремня): $i_p = \frac{d_1}{d_2}$, где d_1, d_2 — диаметры шкивов, выбираются произвольно, но с учетом рекомендаций, представленных в примечании после таблицы 2.1. Принимаем $d_1 = 120$ мм, $d_2 = 190$ мм, тогда частота вращения вала I соответственно без учета КПД ременной передачи:

Рисунок 2.11 — Принципиальная кинематическая цепь

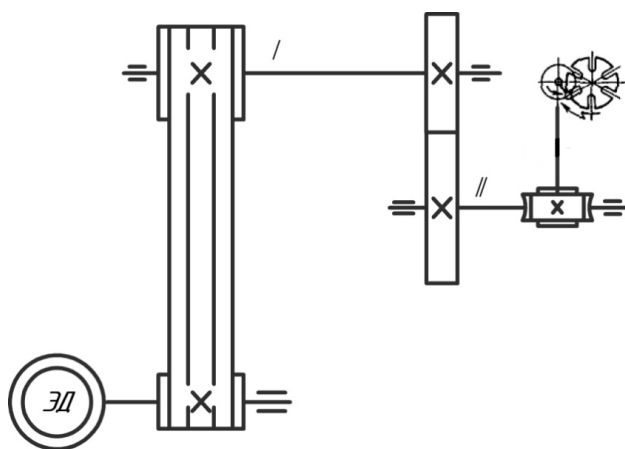


Рисунок 2.11 — Принципиальная кинематическая цепь

$$n_1 = n_{эд} \cdot i_p = 950 \cdot \frac{120}{190} = 600.$$

Зубчатая передача: $i_3 = \frac{z_1}{z_2}$, где z_1, z_2 — количество зубьев колёс. z_1, z_2 вы-

бираются произвольно, но с учетом рекомендаций, представленных в примечании после таблицы 2.1. Числовые значения z_1, z_2 принимаются также с точки зрения простоты дальнейших расчетов, см. пункт 3 б и пункт 4.

Червячная передача: $i_{\text{ч}} = \frac{z_{\text{ч}}}{z_{\text{к}}}$, где $z_{\text{ч}}$, $z_{\text{к}}$ — число заходов и количество

зубьев червячного колеса соответственно. $z_{\text{ч}}$, $z_{\text{к}}$ выбираются произвольно. Для простоты дальнейших расчетов принимаем $z_{\text{ч}} = 1$, $z_{\text{к}} = 25$.

Угол поворота мальтийского креста и передаточное отношение соответственно:

$$\varphi = \frac{2 \cdot \pi}{z}, \quad i_{\text{м.к.}} = \frac{1}{z},$$

где z — число пазов.

Откуда получим число пазов мальтийского креста z для угла поворота $\varphi = 60^\circ$, значение которого задано по условию.

$$z = \frac{2\pi}{\varphi} = \frac{2 \cdot 180}{60} = 6 \text{ пазов.}$$

ВНИМАНИЕ! При построении уравнения кинематического баланса необходимо учитывать направление обхода кинематической цепи, от этого будет зависеть содержание числителя и знаменателя в элементах уравнения. Таким образом, в числитель записывается параметр ведущей детали механизма, а в знаменатель — ведомой.

3. Подставляем численные параметры механизмов, подбирая скорости на валах *I* и *II* так, чтобы получить входные и выходные параметры коробки скоростей:

а) обходим кинематическую цепь от двигателя к валу *I*:

$$n_I = n_{\text{эд}} \cdot i_p = 950 \cdot \frac{120}{190} = 600 \text{ об/мин};$$

б) обходим кинематическую цепь от мальтийского креста к валу *II*:

$$n_{II} = n_{\text{м.к.}} \cdot 1 / i_{\text{м.к.}} \cdot 1 / i_{\text{ч}} = 2 \cdot \frac{6}{1} \cdot \frac{25}{1} = 300 \text{ об/мин.}$$

4. Получив необходимые данные, подбираем параметры зубчатых колёс и записываем уравнение кинематического баланса с учётом коэффициента проскальзывания ремня (обход слева — направо):

$$n_1 = i_3 \cdot n_2, \text{ откуда } i_3 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{300}{600} = \frac{1}{2} = \frac{20}{40}.$$

$$n = n_{\text{эд}} \cdot i_p \cdot k \cdot i_3 \cdot i_{\text{ч}} \cdot i_{\text{м.к.}} = 950 \cdot \frac{120}{190} \cdot 0,98 \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{1}{25} \cdot \frac{1}{6} = 1,96 \text{ об/мин},$$

где k — коэффициент проскальзывания ремня.

5. Рассчитаем погрешность полученных результатов:

$$\varepsilon = \frac{|2 - 1,96|}{2} \cdot 100\% = 2\%.$$

Таблица 2.1 — Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Вид движения	Численное значение	Элементы цепи для обязательного применения
01	поступательное	2 м/мин	ременная передача, винт-гайка ($p_b = 20$ мм)
02	поворот на угол	45°; 1 об/мин	цепная передача
03	поступательное	0,4 м/мин	ременная передача, винт-гайка ($p_b = 10$ мм)
04	поворот на угол	90°; 4 об/мин	цепная передача
05	поступательное	0,4 м/мин	цепная передача, червяк-рейка ($p_p = 8$ мм)
06	поворот на угол	40°; 20 об/мин	ременная передача
07	поступательное	0,8 м/мин	ременная передача, винт-гайка ($p_b = 16$ мм)
08	поворот на угол	60°; 3 об/мин	цепная передача
09	поступательное	0,1 м/мин	цепная передача, червяк-рейка ($p_p = 5$ мм)
10	поворот на угол	36°; 25 об/мин	ременная передача
11	поступательное	0,3 м/мин	ременная передача, винт-гайка ($p_b = 5$ мм)
12	поворот на угол	27°; 12 об/мин	ременная передача
13	поступательное	0,6 м/мин	цепная передача, колесо-рейка ($p_p = 10$ мм)
14	поворот на угол	20°; 18 об/мин	ременная передача
15	поступательное	0,5 м/мин	цепная передача, червяк-рейка ($p_p = 10$ мм)
16	поворот на угол	18°; 16 об/мин	ременная передача
17	поступательное	0,8 м/мин	цепная передача, колесо-рейка ($p_p = 20$ мм)
18	поворот на угол	25°; 5 об/мин	ременная передача
19	поступательное	0,4 м/мин	ременная передача
20	поворот на угол	72°; 2 об/мин	цепная передача
21	поступательное	0,8 м/мин	цепная передача, колесо-рейка ($p_p = 5$ мм)
22	поступательное	1,2 м/мин	ременная передача, колесо-рейка ($p_p = 20$ мм)
23	поворот на угол	30°; 12 об/мин	ременная передача
24	поступательное	0,7 м/мин	цепная передача, червяк-рейка ($p_p = 10$ мм)
25	поступательное, 2-скоростное, одно- стороннее	0,3; 0,2 м/мин	цепная передача, колесо-рейка ($p_p = 5$ мм)
26	2-скоростное, 2-стороннее вращение	400; 350 об/мин	ременная передача
27	поступательное, 2-скоростное, одно- стороннее	0,5; 0,6 м/мин	цепная передача, червяк-рейка ($p_p = 20$ мм)
28	поворот на угол, 2-скоростное, 1-стороннее вращение	15°; 12; 14 об/мин	цепная передача

Окончание таблицы 2.1

№ варианта	Вид движения	Численное значение	Элементы цепи для обязательного применения
29	поворот на угол, 2-скоростное, 2-стороннее вращение	120°; 4; 5 об/мин	ременная передача
30	поступательное, 2-скоростное, одно-стороннее	0,6; 0,9 м/мин	ременная передача, винт-гайка ($p_B = 20$ мм)

Примечание:

- 1) для решения задачи следует применять двигатель 4А100L6У3, асинхронная частота вращения вала которого составляет 950 об/мин;
- 2) передаточное отношение червячной передачи: $i \leq 30$; зубчатых, ременных, цепных передач: $0,5 \leq i \leq 2$;
- 3) диаметр шкивов не должен превышать 300 мм;
- 4) количество зубьев колёс: $20 \leq z \leq 100$;
- 5) при использовании в решении задачи храпового механизма передаточным отношением последнего следует пренебречь.

Таблица 2.2 — Условные обозначения на кинематических схемах станков

Название	Обозначение	Название	Обозначение
Вал		Соединение детали с валом:	
Соединение валов:		а) свободное при вращении	
а) глухое		б) подвижное без вращения	
б) глухое с предохранением от перегрузки		в) при помощи вытяжной шпонки	
в) эластичное		г) глухое	
г) шарнирное		Подшипники скольжения:	
д) телескопическое		а) радиальный	
е) плавающей муфтой		б) радиально-упорный односторонний	
ж) зубчатой муфтой		в) радиально-упорный двусторонний	
з) предохранительной муфтой		Подшипники качения:	
		а) радиальный (общее обозначение)	

Окончание таблицы 2.2

Название	Обозначение	Название	Обозначение
б) радиально-упорный односторонний в) радиально-упорный двусторонний		Передача цилиндрическими зубчатыми колесами	10
Передача ремнем плоским	6	Передача коническими зубчатыми колесами	11
Передача ремнем клиновидным	7	Червячная передача	12
Передача ремнем круглым	8	Реечная передача	13
Передача цепью	9	Винтовая передача: а) гайка неразъемная б) шариковая винтовая передача в) гайка разъемная	14
Муфты сцепления кулачковые: а) односторонняя Муфты сцепления фрикционные: в) односторонняя электромагнитная Муфта обгона односторонняя	15	г) дисковые	
Тормоза: а) конусные	17	Кулачки плоские: а) продольного перемещения б) дисковые	19
б) колодочные	18	Кулачки барабанные цилиндрические	20
в) ленточные		Храповой зубчатый механизм	21
		Мальтийский механизм наружного зацепления	22
		Неподвижное закрепление оси	23

Рекомендуемая литература

1. Тепинкичиев, В. К. Металлорежущие станки / В. К. Тепинкичиев. — Москва : Машиностроение, 1973. — 472 с.
2. Колев, Н. С. Металлорежущие станки : учебное пособие для вузов / Н. С. Колев [и др.] — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 1980. — 500 с.
3. Пуш, В. Э. Металлорежущие станки / В. Э. Пуш. — Москва : Машиностроение, 1985. — 576 с.
4. Кучер, А. М. Металлорежущие станки (альбом общих видов, кинематических схем и узлов) / Кучер А. М. [и др.]. — Москва : Машиностроение, 1972. — 308 с.
5. Решетов, Д. Н. Детали и механизмы металлорежущих станков. В 2 т. Т. 1 / Д. Н. Решетов. — Москва : Машиностроение, 1972. — 664 с.

Лабораторная работа № 3

Способы подбора сменных зубчатых колес

Цель работы: изучить распространенные в практике существующие способы подбора сменных колес; научиться выполнять необходимые расчеты, связанные с подбором зубчатых колес.

Задача подбора сменных зубчатых колес состоит в том, чтобы определить числа зубьев ведущих и ведомых колес, которые необходимо установить в звене настройки для получения требуемого передаточного отношения. Настройка осуществляется при помощи гитар сменных колес.

Гитарой называется механизм в виде передачи сменных колес, обеспечивающий зацепление. При помощи гитары устанавливается необходимая взаимосвязь движения инструмента и заготовки.

Обычно при подборе сменных колес передаточное отношение задается либо в виде многозначной десятичной, либо простой дроби. Подбор колес нужно производить весьма точно.

Приближенное значение может быть использовано в случае, когда погрешность в расчетном перемещении будет находиться в допустимых пределах.

При нарезании резьбы гитару сменных колес настраивают так, чтобы за один оборот шпинделя суппорт переместился на величину шага резьбы.

Если устанавливается приближенное значение, необходимо считать погрешность. Она определяется по формуле $\Delta i = i - i_1$, а относительная погреш-

$$\text{ность } \delta = \frac{i - i_1}{i}.$$

В металлорежущих станках применяются следующие конструкции гитар сменных колес:

Однопарная гитара с постоянными валами состоит из двух валов (рисунок 3.1 а), выведенных на передаточной коробке, на которых устанавливаются

сменные колеса. Такие гитары обладают небольшими кинематическими возможностями, так как сумма чисел зубьев сопряженных колес здесь постоянна, но они могут передавать большие нагрузки, поэтому применяются главным образом в цепях скорости резания и в сильно нагруженных цепях подачи. К ним прилагается небольшой набор сменных колес (6 – 8 штук). С помощью таких гитар можно получить 3 – 4 повышающих и 3 – 4 понижающих настройки.

Двухпарные гитары с постоянными расстояниями между валами (рисунок 3.1 б) позволяют получить большее число настроек. К таким гитарам прилагается больше сменных зубчатых колес, но и ее кинематические возможности небольшие.

Гитара с передвижным промежуточным валом (рисунок 3.1 в). В этом случае на ведущую или ведомую ось устанавливается плита с двумя пазми: радиальным и дуговым.

Промежуточный вал, устанавливаемый на плите, может иметь радиальное и дуговое перемещение.

К таким гитарам дается очень большой набор сменных зубчатых колес (до 70 штук), причем эти колеса могут сцепляться друг с другом в любом сочетании. Такие гитары обладают неограниченными кинематическими возможностями, как в смысле настроек, так и в отношении точности подбора, но они не могут передавать большие нагрузки из-за нежесткости конструкции. Если требуется передавать большие нагрузки через гитары, то последние делают не передвижными, а с переставными осями, которые вворачиваются в резьбовые гнезда на стенке станины.

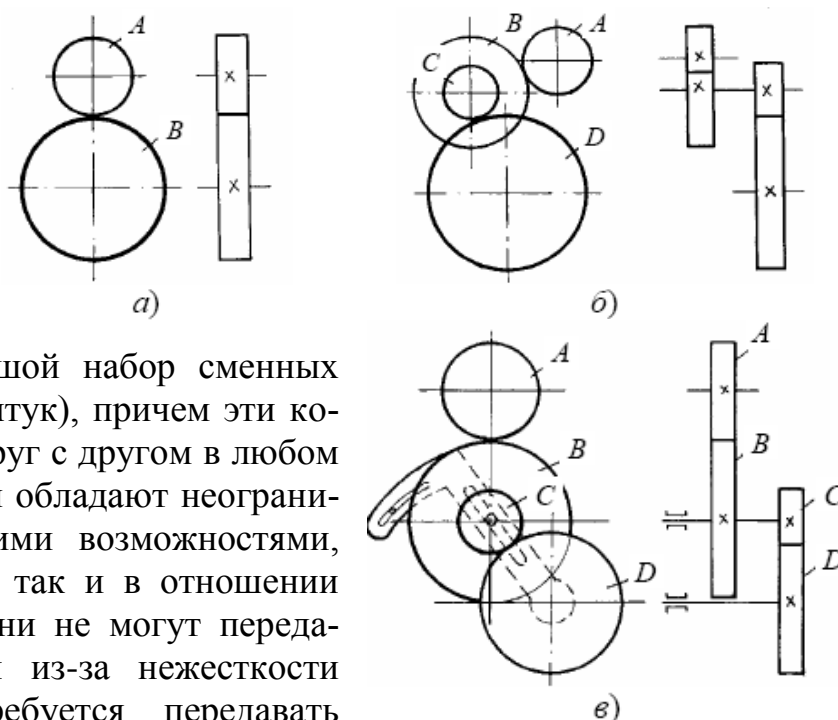


Рисунок 3.1 — Гитара сменных колес

3.1 Способы подбора сменных зубчатых колес

3.1.1 Метод разложения передаточного отношения на простые сомножители

Применяется когда передаточное отношение представлено в виде простой дроби, числитель и знаменатель которой разлагают на простые сомножители. Затем сокращают, вводят дополнительные множители и т. д., комбинируя их так, чтобы получить числа зубьев шестерен, имеющихся в комплекте сменных зубчатых колес.

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{12}{14} = \frac{3 \cdot 4}{2 \cdot 7} = \frac{3(10) \cdot 4(9)}{2(10) \cdot 7(9)} = \frac{30}{20} \cdot \frac{36}{63}$$

3.1.2 Метод В.А. Шишкова

Сравнительно просто и с большой точностью можно подбирать сменные колеса гитар, используя специальные таблицы.

Требуется подобрать шестерни для передаточного отношения $i = 1,602225$. Для этого необходимо:

1. Находим обратную величину ($\frac{1}{i} = 0,6241327$).
2. Находим в таблице ближайшее значение ($0,6241218$ — колеса $\frac{41}{61} \cdot \frac{65}{70}$).
3. Учитывая, что решение найдено, для обратной величины меняем местами ведущие и ведомые колеса.

3.1.3 Метод непрерывных дробей

Отношение любых целых чисел может выражаться в виде непрерывной дроби.

$$\frac{a}{b} = a_1 + \frac{1}{a_2 + \frac{1}{a_3 + \frac{1}{\dots + \frac{1}{a_{n-1} + \frac{1}{a_n}}}}}$$

Выражение такого вида называется непрерывными, или цепными, дробями. Чтобы превратить обыкновенную дробь в непрерывную, нужно разделить числитель на знаменатель дроби. Получается первое частное и первый остаток. Затем делится знаменатель дроби на первый остаток, получается второе частное и второй остаток и т. п. Сопоставляется непрерывная дробь, причем последовательные частные будут знаменателями непрерывной дроби:

$$\frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = 1,0970741.$$

Представим число $1,0970741$ в виде неправильной дроби:

$$1,0970741 = \frac{10970741}{10000000}$$

Чтобы превратить обыкновенную дробь в непрерывную, нужно разделить числитель на знаменатель получаем первое частное и первый остаток:

$$10970741 / 10000000 = 1 \text{ (первое частное) и } 970741 \text{ (первый остаток).}$$

После этого делим знаменатель на первый остаток:

$10000000 / 9\ 70741 = 10$ (второе частное) и 292590 (второй остаток).

Затем делим первый остаток на второй:

$970741 / 292590 = 3$ (третье частное) и 92971 (третий остаток).

Далее делим второй остаток на третий:

$292590 / 92971 = 3$ (четвертое частное) и 13677 (четвертый остаток).

Продолжаем делить каждый предыдущий остаток на вновь получаемый:

$92971 / 13677 = 6$ (пятое частное) и 10909 (пятый остаток);

$13677 / 10909 = 1$ (шестое частное) и 2768 (шестой остаток);

$10909 / 2768 = 3$ (седьмое частное) и 2605 (седьмой остаток) и т. д.

Для получения приближенного значения дроби непрерывную дробь прерывают на каком-либо члене, отбрасывая остальные.

В нашем примере, отбросив члены дроби, начиная со второго, получим первое приближение:

1) 1.

Прервав непрерывную дробь на втором члене, получим второе приближение:

2) $1 + 1/10$.

Прервав непрерывную дробь на третьем члене, получим третье приближение:

$$3) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3}}.$$

Последующие приближения будут иметь вид:

$$4) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3 + \frac{1}{3}}};$$

$$5) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3 + \frac{1}{3 + \frac{1}{6}}}};$$

$$6) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3 + \frac{1}{3 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1}}}}};$$

$$7) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3 + \frac{1}{3 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1 + \frac{1}{3\dots}}}}}}.$$

Таким образом имеем ряд дробей:

$1; 11/10; 34/31; 113/103; 712/649; 825/752; 3187/2905$.

Остановливаясь на отдельных приближенных значениях, необходимо производить разложение на простейшие множители, а затем подбирать соответствующие сменные колеса. Если в числителе стоит простейшее число (например, 3187), то подбор сменных колес производится по ближайшей дроби ($825 / 752$).

$$\frac{825}{752} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 11}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 47} = \frac{25}{16} \cdot \frac{33}{47} = \frac{33}{48} \cdot \frac{75}{47}.$$

Последовательное вычисление числителей P_k и знаменателей Q_k с помощью неполных частных q_k можно выполнять в соответствии с таблицей 3.1.

При этом используются следующие зависимости:

- 1) $P_0 = 1; Q_0 = 0;$
- 2) $P_1 = q_1; Q_1 = 1;$
- 3) $P_2 = q_2 P_1 + P_0; Q_2 = q_2 Q_1 + Q_0;$
- 4) $P_k = q_k P_{k-1} + P_{k-2}, Q_k = q_k Q_{k-1} + Q_{k-2}.$

Таблица 3.1 — Подбор колес методом непрерывных дробей

		q_1	q_2	...	q_{n-1}	q_n
P_k	$P_0 = 1$	$P_1 = q_1$	P_2	...	P_{n-1}	P_n
Q_k	$Q_0 = 0$	$Q_1 = 1$	Q_2	...	Q_{n-1}	Q_n

В результате соответственно имеем ряд дробей:

$$\delta_k = \frac{P_k}{Q_k} = \frac{q_k P_{k-1} + P_{k-2}}{q_k Q_{k-1} + Q_{k-2}}.$$

Например. Найдем подходящие дроби к десятичной дроби 1,21. Составим таблицу числителей P_k и знаменателей Q_k :

Таблица 3.2 — Пример заполнения расчетной таблицы

		1	4	1	3	5
P_k	1	1	5	6	23	121
Q_k	0	1	4	5	19	100

Подходящие дроби $\frac{1}{1}; \frac{5}{4}; \frac{6}{5}; \frac{23}{19}; \frac{121}{100}.$

Следует отметить, что числитель и знаменатель любой подходящей дроби — взаимно простые числа, то есть всякая подходящая дробь несократима!

3.1.4 Метод подбора по таблицам М.В. Сандакова

Этот способ основан на том, что передаточные отношения находятся табличным способом. В таблицах для всех значений i вычислены логарифмы передаточных отношений, а их величины $lg i$ расположены в виде таблицы возрастающих значений $lg i$, которые соответствуют определенным сочетаниям зубчатых колес.

Для любого требуемого передаточного отношения в таблице находят числа зубьев всех четырех колес, отыскав в ней значения $lg i$, близкие к табличным.

Передаточное отношение должно быть правильной дробью, в случае, если дробь неправильная, находят логарифм обратной величины.

$$i = 0,83276; \lg i = 1,92052 = -0,07949.$$

По справочнику для $\lg i = -0,07949$ находим $i = \frac{40}{45} \cdot \frac{89}{95}$.

3.1.5 Способ Кнаппе

Этим методом пользуются, если нет таблиц, а передаточное отношение не раскладывается на простые сомножители. Метод основан на том, что к числителю и знаменателю дробей, близких к единице, можно прибавлять (или вычитать) равное число единиц без существенного изменения величины дроби.

Пусть $i = 111 / 335$. Разделим эту дробь, получим $111 / 335 \approx 1/3$.

Тогда можно записать

$$i = \frac{111}{335} = \frac{1}{3} \cdot \frac{3 \cdot 111}{335} = \frac{1}{3} \cdot \frac{333}{335}.$$

Получили множитель в виде дроби $333 / 335$, близкий к единице. Пользуясь сформулированным выше правилом, можно записать:

$$i = \frac{1}{3} \cdot \frac{333}{335} \approx \frac{1}{3} \cdot \frac{333 - 3}{335 - 3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{330}{332}.$$

Получили дробь, легко разлагающуюся на сомножители. Теперь, пользуясь методом разложения на простые сомножители, подбирают колеса.

3.1.6 Условие сцепляемости

После определения числа зубьев сменных зубчатых колес, необходимо проверить возможность их установки на гитаре, чтобы головки зубьев шестерен не задевали валиков, т. е. проверить, выполняется ли условие сцепляемости:

$$A + B \geq C + 25; C + D \geq B + 25.$$

Если условие сцепляемости не выполняется, нужно либо заново пересчитать числа зубьев шестерен, либо в некоторых случаях достаточно переставить местами сменные шестерни на гитаре.

3.2 Задание

Подсчитать колеса гитары для осуществления передаточных отношений:

1. Метод разложения передаточного отношения на простые сомножители (передаточное отношение подбирать до тысячных).
2. Метод В.А. Шишкова.
3. Метод непрерывных дробей.

Проверить условия сцепляемости и определить возникшие погрешности в передаточном отношении.

Таблица 3.3 — Варианты заданий

№	Передаточное отношение	№	Передаточное отношение
1	0,6399925	16	0,3434384
2	0,9433882	17	0,8459489
3	0,2512333	18	0,8536419
4	0,1870223	19	0,9348528
5	0,7575568	20	0,7592979
6	0,8275436	21	0,7421374
7	0,3962340	22	0,4884541
8	0,5232546	23	0,9953129
9	0,4579484	24	0,9268969
10	0,1954915	25	0,9372799
11	0,3322346	26	0,4972926
12	0,3295389	27	0,4565481
13	0,4972279	28	0,7776322
14	0,4594676	29	0,6662551
15	0,5384956	30	0,9739683

Рекомендуемая литература

1. Ачеркан, Н. С. Металлорежущие станки. В 2 т. Т. 1 / Н. С. Ачеркан, А. А. Гаврюшин, В. В. Ермаков. — Москва : Машиностроение, 1965. — 767 с.
2. Петрик, М. М. Таблицы для подбора зубчатых колес. — 3-е изд. / М. М. Петрик, В. А. Шишков. — Москва : Машиностроение, 1973. — 528 с.

Лабораторная работа № 4

Настройка токарно-винторезного станка на нарезание резьбы

Цель работы: изучение методики настройки станка для нарезания резьбы на примере токарно-винторезного станка 1А616.

4.1 Общая характеристика станка

4.1.1 Назначение станка

Станок предназначен для токарной обработки сравнительно небольших деталей из различных материалов как быстрорежущими, так и твердосплавными инструментами в условиях индивидуального и серийного производства. На

станке можно нарезать резцом метрические, дюймовые, модульные и питчевые резьбы.

4.2 Движения в станке

Движение резания — вращение шпинделя с обрабатываемой деталью. Движение подач — прямолинейное поступательное перемещение суппорта с резцом в продольном и поперечном направлениях от ходового валика. Движение образования винтовой поверхности — прямолинейное поступательное перемещение суппорта с резьбовым резцом в продольном направлении от ходового винта. Вспомогательные движения — ручные установочные перемещения суппорта, корпуса пиноли задней бабки и поворот четырехпозиционного резцедержателя.

4.3 Принцип работы

Обрабатываемая деталь устанавливается в центрах или закрепляется в патроне. В резцедержателе суппорта могут быть закреплены четыре резца. Инструменты для обработки отверстий вставляются в конус пиноли задней бабки. Сочетанием вращательного движения детали с поступательным перемещением резца на станке можно обрабатывать цилиндрические, конические, винтовые и торцовые поверхности.

4.4 Кинематическая схема токарно-винторезного станка 1А616

На рисунке 4.1 представлена кинематическая схема токарно-винторезного станка 1А616.

4.5 Движение образования винтовой поверхности

Для нарезания резьбы с шагом до 6 мм движение, как и при подаче суппорта, заимствуется от шпинделя станка. Резьбы с более крупным шагом нарезаются при включенном переборе с использованием звена увеличения шага. Для этого блок шестерен B_4 смещают вправо, пока его левая шестерня 44 не пойдет в зацепление с шестерней 34, закрепленной на полом валу V . В этом случае перемещение суппорта будет осуществляться от вала V . Для нарезания метрической и дюймовой резьбы сменные блоки шестерен C_1 и C_2 устанавливаются так же, как и при подаче 30–60–36. Для нарезания модульной и питчевой резьбы сменные блоки переставляют так, чтобы движение вала $XIII$ передавалось шестернями 36–66–55. Для некоторых шагов резьб применяются и другие варианты установки сменных блоком, при которых движение передается шестернями 25–66–55 или 36–66–30.

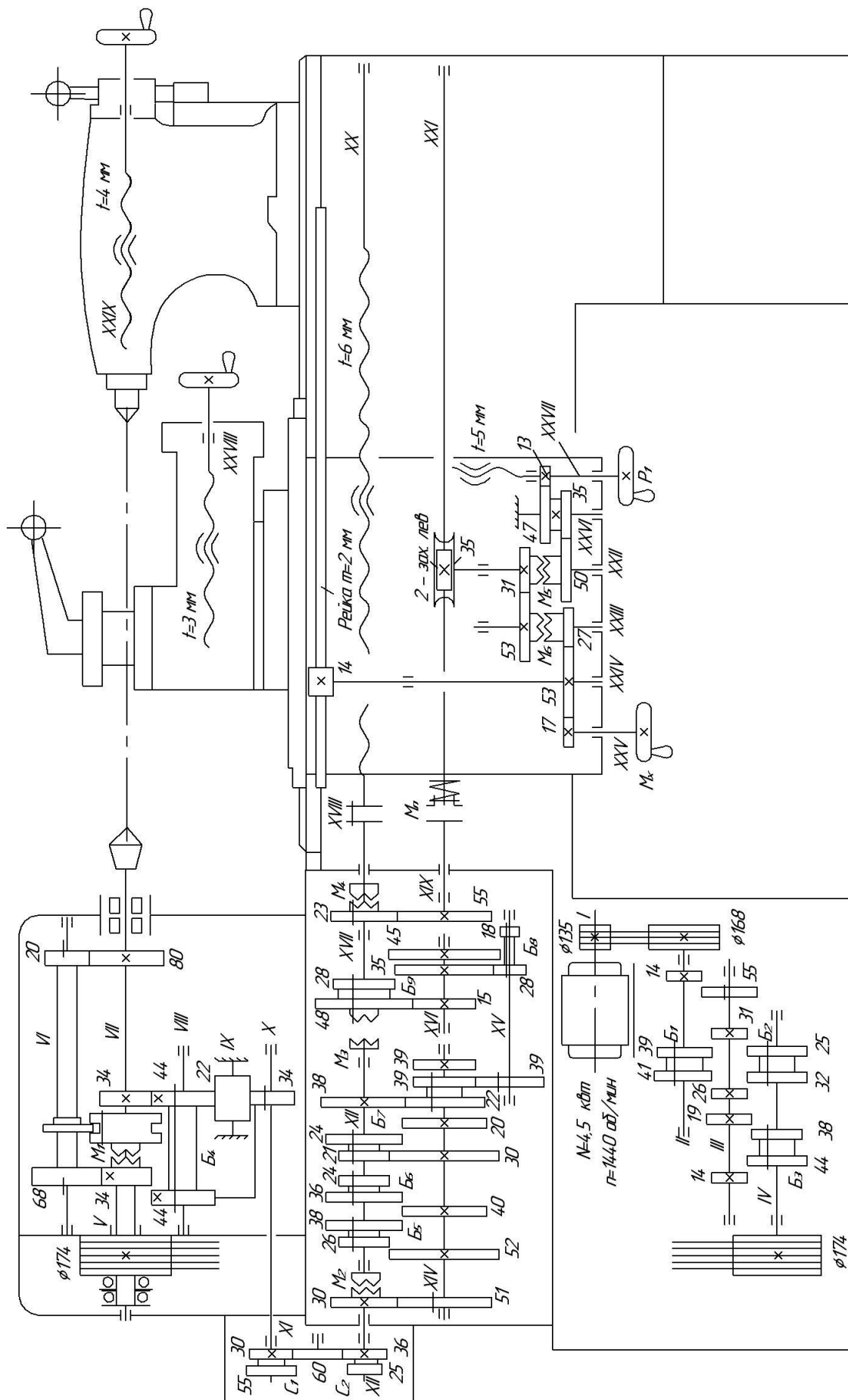


Рисунок 4.1 — Кинематическая схема токарно-винторезного станка 1А616

Когда нарезаются дюймовые и питчевые резьбы (как показано на схеме, рисунок 4.1), кулачковая муфта M_2 выключена. Колесо 51 зацеплено с шестерней 30 вала XII , а шестерня 39 на валу XV введена в зацепление с шестерней 39 двойного блока 22, 39, свободно сидящего на валу XIV . Для нарезания метрических и модульных резьб включается муфта M_2 , колесо 51 выводится из зацепления, а шестерня 39 перемещается по валу XV вправо до зацепления с колесом 39, жестко закрепленным на валу XIV . Суппорт получает движение от коробки подач через кулачковую муфту M_4 , промежуточный валик $XVIII$ и ходовой винт XX .

4.6 Профили резьб и их основные параметры

Для расчета параметров профиля различных резьб необходимо выбрать данные из таблиц 4.1 и 4.2. Профиль метрической резьбы в соответствии с ГОСТ 9150-2002 [1] показан на рисунке 4.3. В его основу положен равнобедренный треугольник высотой H со срезанными вершинами. Рабочая высота профиля H_1 получается за счет среза вершины острых углов у гайки на $H/4$ и у болта на $H/8$.

Таблица 4.1 — Параметры круглой резьбы

Номинальный диаметр резьбы d , для ряда		Шаг резьбы P	Номинальный диаметр резьбы d , для ряда		Шаг резьбы P
1	2		1	2	
8	9	2,540	48	50	4,233
10	(11)		52	55	
12			60	(58); (62); 65	
16	14		70	(68); (72); 75	
20	18	3,175	80	(78); (82); 85	
24	22; 26		90	(88); (92); 95	
28	30		100	98	
32	(34)				
36	(38)	3,175			
40	(42)				
44	(46)				

Примечание: 1. При выборе диаметров 1-й ряд следует предпочитать 2-му. 2. Диаметры, заключенные в скобки, по возможности не применять.

Номинальные значения среднего и внутреннего диаметров резьбы					
Шаг резьбы P	Наружная резьба			Внутренняя резьба	
	Диаметр резьбы				
	наружная d	внутренняя d_3	средний $d_2 = D_2$	наружный D_4	внутренней D_1
2,540	d	$d - 3 + 0,460$	$d - 2 + 0,730$	$d + 0,254$	$d - 3 + 0,714$
3,175	d	$d - 4 + 0,825$	$d - 2 + 0,412$	$d + 0,318$	$d - 3 + 0,142$
4,233	d	$d - 5 + 0,767$	$d - 3 + 0,883$	$d + 0,423$	$d - 4 + 0,190$
6,350	d	$d - 7 + 0,650$	$d - 4 + 0,825$	$d + 0,635$	$d - 6 + 0,285$

Пример определения диаметров для резьбы с номинальным диаметром $d = 90$ мм; $P = 4,233$ мм; $d_3 = 85,767$ мм; $d_2 = D_2 = 87,883$ мм; $D_4 = 90,423$ мм; $D_1 = 86,190$ мм.

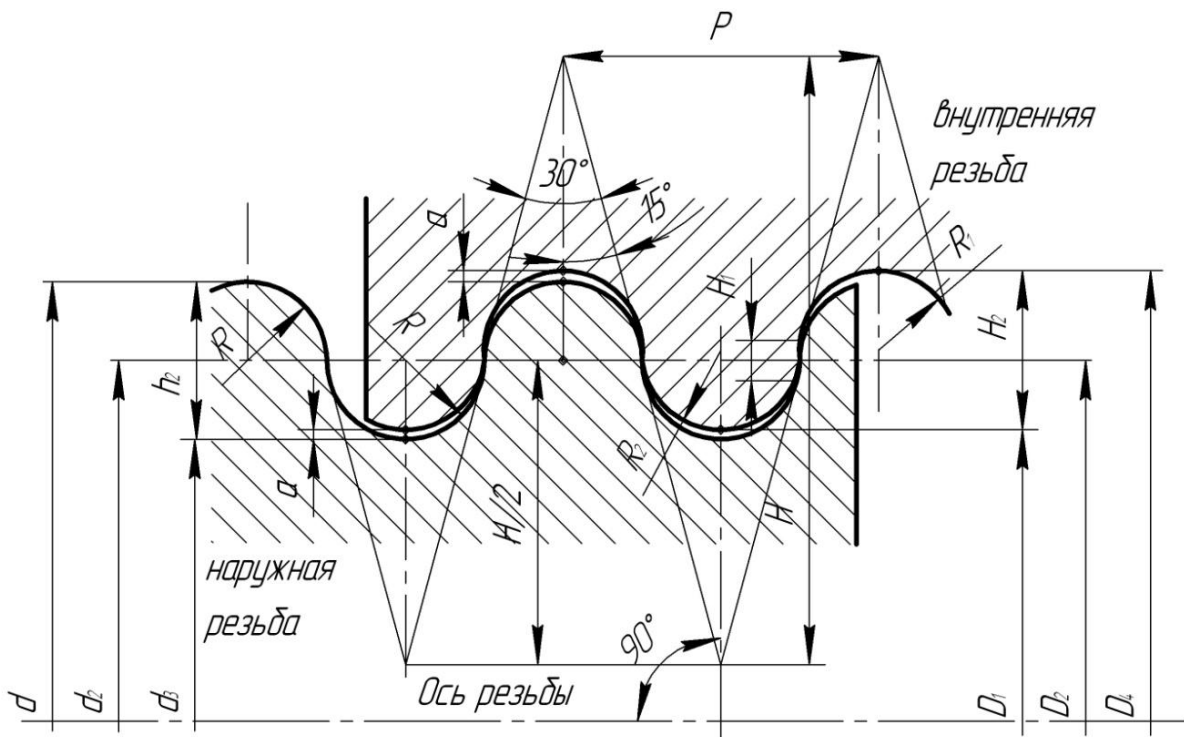


Рисунок 4.2 — Круглая резьба и ее основные параметры

Исходная высота профиля $H = \frac{P}{2 \operatorname{tg} 30^\circ} = 0,8660254P$, где P — шаг резьбы.

$R_1 = 0,221047P$; $R_2 = 0,255967P$; $H = 1,866025P$; $H_1 = 0,083505P$; $h_2 = H_2 = 0,5P$;
 $a = 0,05P$; $R = 0,238507P$;

$H = 0,8660254P$; $H_1 = 0,5412659P$; $R = H/6 = 0,1443376P$.

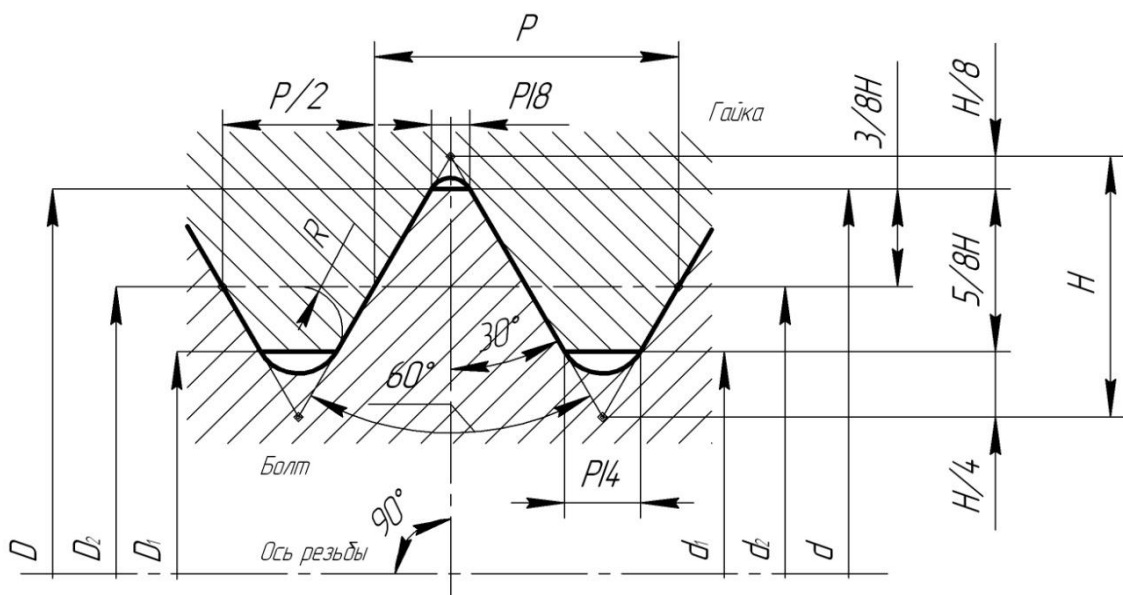


Рисунок 4.3 — Профиль метрической резьбы и ее основные параметры

Значения среднего и внутреннего диаметров резьбы не назначаются отдельно, а рассчитываются в зависимости от наружного диаметра и шага. Соответствующие расчетные формулы содержатся в ГОСТ 24705–2004 [2]:

$$\begin{aligned} D_1 &= D - 1,0825P; \quad d_1 = d - 1,0825P; \\ D_2 &= D - 0,6495P; \quad d_2 = d - 0,6495P. \end{aligned} \quad (4.1)$$

Рассчитанные по формулам (4.1) значения диаметров (в мм) округляются до тысячных долей миллиметра.

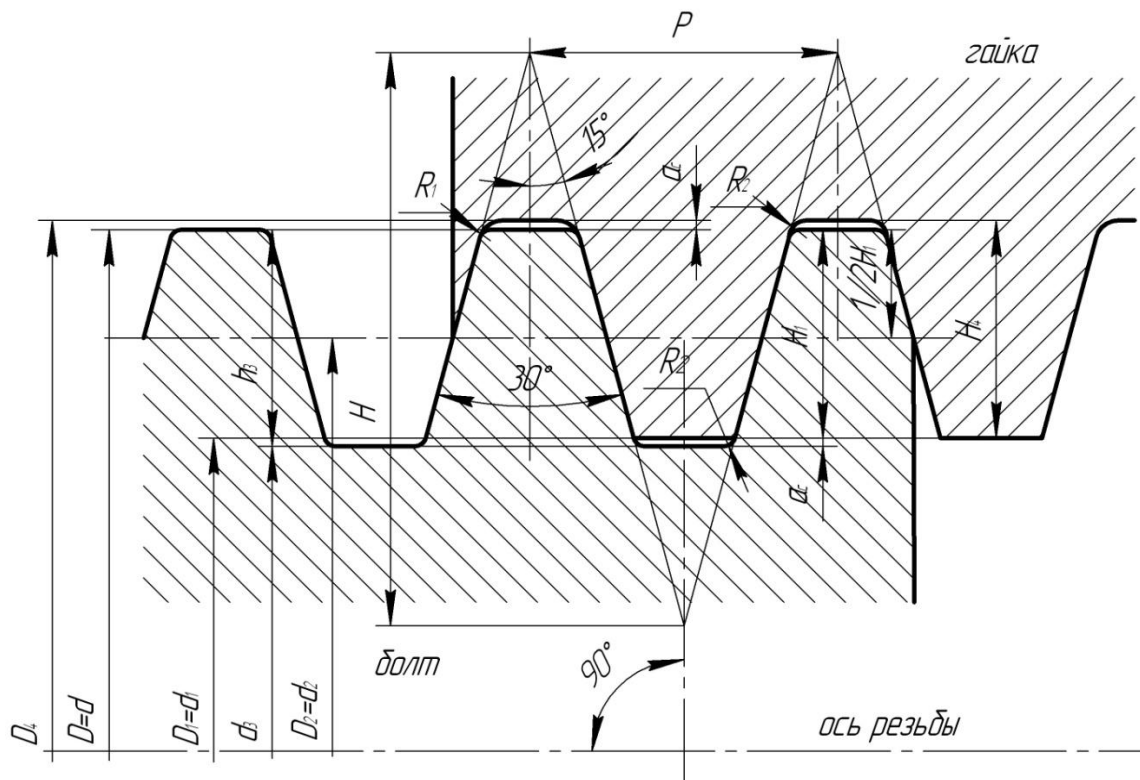


Рисунок 4.4 — Профиль трапецеидальной резьбы и ее основные параметры

$$H = 1,866P; \quad H_1 = 0,5P; \quad d = D; \quad h_3 = H_4 = 0,5P + a_c; \quad d_3 = d - 2h_3; \quad d_1 = D_1$$

Таблица 4.2 — Параметры трапецеидальной резьбы

Шаг резьбы	Винт (наружная резьба)		Винт и гайка	Гайка (внутренняя резьба)	
	Диаметр резьбы				
	наружный d	внутренний d_3	средний $d_2 = D_2$	наружный D_4	внутренний D_1
1,5	8; 9; 10	$d - 1,8$	$d - 0,75$	$d + 0,3$	$d - 1,5$
2	8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28	$d - 2,5$	$d - 1$	$d + 0,5$	$d - 2$
3	11; 12; 14; 22; 24; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 55; 60	$d - 3,5$	$d - 1,5$	$d + 0,5$	$d - 3$
4	16; 18; 20; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 110	$d - 4,5$	$d - 2$	$d + 0,5$	$d - 4$

Окончание таблицы 4.2

Шаг резьбы	Винт (наружная резьба)		Винт и гайка	Гайка (внутренняя резьба)	
	Диаметр резьбы				
	наружный d	внутренний d_3	средний $d_2 = D_2$	наружный D_4	внутренний D_1
5	22; 24; 26; 28; 85; 90; 95; 100; 110	$d - 5,5$	$d - 2,5$	$d + 0,5$	$d - 5$
6	30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 120; 130; 140; 150; 160; 170	$d - 7$	$d - 3$	$d + 1$	$d - 6$
7	38; 40; 42; 44	$d - 8$	$d - 3,5$	$d + 1$	$d - 7$
8	22; 24; 26; 28; 44; 46; 48; 50; 52; 55; 60; 160; 170; 180; 190; 200; 210; 220; 230; 240	$d - 9$	$d - 4$	$d + 1$	$d - 8$
9	55; 60	$d - 10$	$d - 4,5$	$d + 1$	$d - 9$
10	30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 65; 70; 75; 80; 200; 210; 220	$d - 11$	$d - 5$	$d + 1$	$d - 10$
<i>Пример: Резьба Tr 40x7</i>					
Винт(наружная резьба)		Винт и гайка		Гайка (внутренняя резьба)	
$d = 40; d_3 = 32$		$d_2 = D_2 = 36,5$		$D_4 = 41; D_1 = 33$	
Размеры элементов резьбы					
Шаг резьбы P	Высота профиля $h_3 = H_4$	Рабочая высота профиля H_1	Зазор a_c	Радиус	
				$R_1 = 0,5 a_c$	$R_2 = a_c$
				не более	
1,5	0,90	0,75	0,15	0,075	0,15
2	1,25	1	0,25	0,125	0,25
3	1,75	1,5			
4	2,25	2			
5	2,75	2,5			
6	3,5	3	0,5	0,250	0,5
7	4	3,5			
8	4,5	4			
9	5	4,5			
10	5,5	5			
<i>Примечания: 1. d_1 и D — диаметры воображаемых цилиндров, ограничивающих прямоугольные участки боковых сторон профиля. 2. Профиль вершины резьбы винта рекомендуется выбирать с радиусами R_1 и R_2 или фасками с размерами, не превышающих $0,5 a_c$</i>					

4.7 Ход выполнения работы

4.7.1 Настройка токарно-винторезного станка на нарезание резьбы

Современные токарно-винторезные станки можно настраивать на требуемый шаг резьбы двумя способами:

1. С помощью механизмов коробки подач. В этом случае скорость перемещения суппорта настраивается путем установки в определенной комбинации зубчатых колес коробки подач.
2. Настройка станка на нарезание нестандартной резьбы сменных зубчатых колес. Коробка подач в этом случае отключается.

Для нарезания резьбы на токарном станке нужно кинематически связать шпиндель и ходовой винт (рисунок 4.5) таким образом, чтобы за один оборот заготовки (детали) перемещение резца равнялось шагу резьбы P , поэтому уравнение кинематической цепи будет иметь следующий вид (величина шага ходового винта равна $t_{х.в.}$):

$$P = 1 \cdot i \cdot t_{х.в.} \quad (4.2)$$

Передаточное отношение сменных колес гитары

$$i = \frac{P}{t_{х.в.}} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} \quad (4.3)$$

Здесь a, b, c, d — числа зубьев сменных колес гитары.

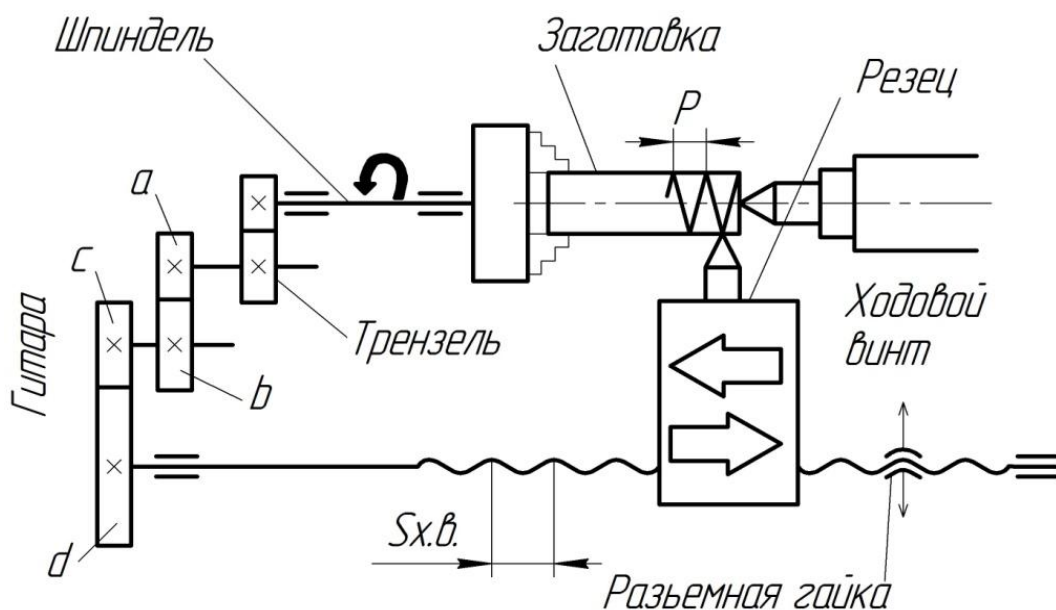


Рисунок 4.5 — Схема настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы

В наборе имеются сменные зубчатые колеса с числом зубьев 20, 25, 30, 35 и т. д. до 120 и специальное колесо с числом зубьев $z = 127$.

При подборе зубчатых колес нужно обеспечить соблюдение условий сцепляемости, т. е. подобрать их так, чтобы зубчатое колесо b не задевало вал II, а зубчатое колесо c не задевало вал I (рисунок 4.6). Для этого зубчатые колеса, составляющие передаточные отношения, должны удовлетворять следующим условиям сцепляемости:

$$\begin{aligned} a + b &\geq c + 15 \text{ зубьев} \\ c + d &\geq b + 15 \text{ зубьев.} \end{aligned} \quad (4.4)$$

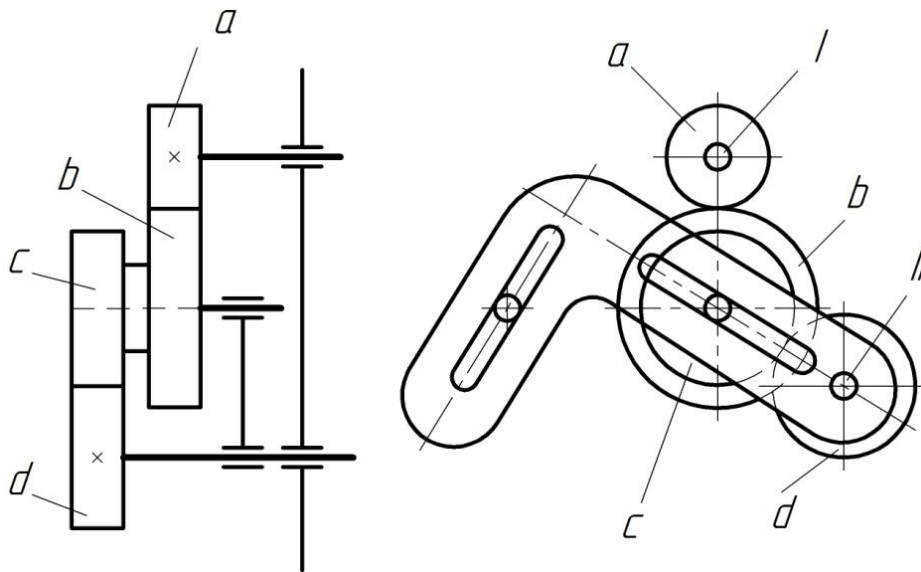


Рисунок 4.6 — Гитара токарно-винторезного станка

4.7.2 Способы подбора сменных зубчатых колес

Возможны случаи настройки гитары одной парой зубчатых колес (с промежуточным колесом) или двумя парами (рисунок 4.6).

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}. \quad (4.5)$$

Пример 1. Станок 1К62 имеет ходовой винт с шагом $S_{\text{х.в.}} = 12$ мм; шаг нарезаемой резьбы $P = 1,25$ мм

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{1,25}{12} = \frac{125}{1200}.$$

Чтобы получить в числителе и знаменателе дроби числа, соответствующие числам зубьев сменных зубчатых колес набора, раскладываем числитель и знаменатель дроби на два множителя.

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{125}{1200} = \frac{25 \cdot 5}{120 \cdot 10}.$$

Зубчатые колеса с числом зубьев 25 и 120 (первая дробь 25/120) в наборе сменных зубчатых колес имеются. Умножаем числитель и знаменатель второй дроби (5/10) на любое число, которое обеспечит получение чисел, соответствующих числу зубьев колес набора, пусть это будет 6, тогда

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{25}{120} \cdot \frac{5 \cdot 6}{10 \cdot 6} = \frac{25}{120} \cdot \frac{30}{60}.$$

Проверяем сцепляемость:

$$25 + 120 > 30 \text{ на } 125 \text{ зубьев.}$$

$$30 + 60 < 120.$$

Условие сцепляемости не обеспечено. Обеспечить сцепляемость можно, умножив числитель и знаменатель второй дроби на большее число, например на 10, но можно попробовать поменять знаменатели обеих дробей местами, так как это не изменит передаточного отношения, т. е.

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{25}{60} \cdot \frac{30}{120}$$

В этом случае

$$25 + 60 > 30 \text{ на } 55 \text{ зубьев;}$$

$$30 + 120 > 60 \text{ на } 90 \text{ зубьев.}$$

Следовательно, условие сцепляемости обеспечено.

Пример 2. На том же станке нужно нарезать дюймовую резьбу 11 ниток на один дюйм, т. е.

$$S_p = \frac{25,4}{11} \text{ мм.}$$

$$i_{\text{гит}} = \frac{S_p}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{25,4}{11 \cdot 12} = \frac{254}{110 \cdot 12}.$$

Раскладываем числитель (254) на два множителя: 127 (имеется в наборе сменных зубчатых колес) и 2. Тогда отношение будет выглядеть так:

$$i_{\text{гит}} = \frac{S_p}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{127 \cdot 2}{110 \cdot 12}.$$

Умножим числитель и знаменатель второй дроби на 10, получим:

$$i_{\text{гит}} = \frac{S_p}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{127}{110} \cdot \frac{2 \cdot 10}{12 \cdot 10} = \frac{127}{110} \cdot \frac{20}{120}.$$

Проверяем сцепляемость:

$$127 + 110 > 20 \text{ на } 217 \text{ зубьев.}$$

$$20 + 120 > 110 \text{ на } 30 \text{ зубьев.}$$

Условие сцепляемости обеспечено.

Пример 3. На станке 1К62 требуется нарезать червяк с модулем $m = 4$, шаг резьбы червяка $S_p = \pi \cdot m = \pi \cdot 4$ мм; шаг ходового винта $S_{\text{х.в.}} = 12$ мм.

Число π , равное 3,14159, с небольшой погрешностью можно выразить отношениями:

$$\frac{22}{7} = 3,1428;$$

$$i_{\text{гит}} = \frac{S_p}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{4 \cdot \pi}{12} = \frac{4}{12} \cdot \frac{22}{7}.$$

Умножаем числитель и знаменатель на 10 и на 5:

$$i_{\text{гит}} = \frac{4 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 5}{12 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 5} = \frac{40}{35} \cdot \frac{110}{120} \left(\text{или } \frac{40}{35} \cdot \frac{55}{60} \right).$$

Проверяем сцепляемость:

$$40 + 35 > 55 \text{ на } 20 \text{ зубьев.}$$

$$55 + 60 > 35 \text{ на } 80 \text{ зубьев.}$$

Условие сцепляемости обеспечено.

4.8 Порядок выполнения работы

4.8.1 Настройка и наладка токарно-винторезного станка

1. Рассчитать кинематическую цепь настройки станка на нарезание резьбы по заданному варианту. Определить необходимость использования перебора.
2. Начертить (в масштабе) схему расположения сменных зубчатых колес в гитаре с указанием чисел их зубьев.
3. Наладить станок на нарезание резьбы и нарезать резьбу.
4. Замерить полученный нарезкой шаг резьбы.
5. Определить погрешность шага резьбы (величину отклонения от расчетной величины шага).

4.8.2 Варианты заданий

Таблица 4.3 — Варианты заданий

№ варианта	Обозначение резьбы	№ варианта	Обозначение резьбы
1	Трапецеидальная $Tr\ 8 \times 1,5$ Метрическая $M8 \times 1,25$ Круглая $Rd10$ Дюймовая 24 нитки на дюйм Модульная $m = 1$	16	Трапецеидальная $Tr\ 95 \times 5$ Метрическая $M36 \times 4$ Круглая $Rd55$ Дюймовая 3 1/4 нитки на дюйм Модульная $m = 0,25$
2	Трапецеидальная $Tr\ 9 \times 5$ Метрическая $M10 \times 1,25$ Круглая $Rd12$ Дюймовая 20 ниток на дюйм Модульная $m = 2$	17	Трапецеидальная $Tr\ 36 \times 6$ Метрическая $M39 \times 4$ Круглая $Rd60$ Дюймовая 3 нитки на дюйм Модульная $m = 0,4$

Продолжение таблицы 4.3

<i>№ вари- анта</i>	<i>Обозначение резьбы</i>	<i>№ вари- анта</i>	<i>Обозначение резьбы</i>
3	Трапецеидальная <i>Tr</i> 10x1,5 Метрическая <i>M</i> 12x1,75 Круглая <i>Rd</i> 8 Дюймовая 18 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 4	18	Трапецеидальная <i>Tr</i> 38x6 Метрическая <i>M</i> 42x4,5 Круглая <i>Rd</i> 70 Дюймовая 24 нитки на дюйм Модульная <i>m</i> = 0,5
4	Трапецеидальная <i>Tr</i> 10x3 Метрическая <i>M</i> 14x2 Круглая <i>Rd</i> 9 Дюймовая 16 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 5	19	Трапецеидальная <i>Tr</i> 40x6 Метрическая <i>M</i> 45x4,5 Круглая <i>Rd</i> 80 Дюймовая 20 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 0,8
5	Трапецеидальная <i>Tr</i> 11x6 Метрическая <i>M</i> 16x1,5 Круглая <i>Rd</i> 16 Дюймовая 12 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 8	20	Трапецеидальная <i>Tr</i> 44x7 Метрическая <i>M</i> 48x5 Круглая <i>Rd</i> 90 Дюймовая 18 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 1,25
6	Трапецеидальная <i>Tr</i> 12x2 Метрическая <i>M</i> 24x1,5 Круглая <i>Rd</i> 14 Дюймовая 11 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 10	21	Трапецеидальная <i>Tr</i> 42x7 Метрическая <i>M</i> 52x5 Круглая <i>Rd</i> 100 Дюймовая 16 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 1,6
7	Трапецеидальная <i>Tr</i> 14x3 Метрическая <i>M</i> 30x6 Круглая <i>Rd</i> 18 Дюймовая 10 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 16	22	Трапецеидальная <i>Tr</i> 40x7 Метрическая <i>M</i> 56x5,5 Круглая <i>Rd</i> 68 Дюймовая 12 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 2,5
8	Трапецеидальная <i>Tr</i> 16x2 Метрическая <i>M</i> 36x1,25 Круглая <i>Rd</i> 26 Дюймовая 9 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 20	23	Трапецеидальная <i>Tr</i> 38x7 Метрическая <i>M</i> 60x5,5 Круглая <i>Rd</i> 42 Дюймовая 11 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 6,3
9	Трапецеидальная <i>Tr</i> 18x2 Метрическая <i>M</i> 18x2,5 Круглая <i>Rd</i> 30 Дюймовая 8 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 25	24	Трапецеидальная <i>Tr</i> 32x7 Метрическая <i>M</i> 64x1,25 Круглая <i>Rd</i> 72 Дюймовая 10 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 12,5
10	Трапецеидальная <i>Tr</i> 22x3 Метрическая <i>M</i> 20x2,5 Круглая <i>Rd</i> 32 Дюймовая 7 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 3	25	Трапецеидальная <i>Tr</i> 30x1,5 Метрическая <i>M</i> 68x6 Круглая <i>Rd</i> 46 Дюймовая 9 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 0,3
11	Трапецеидальная <i>Tr</i> 24x3 Метрическая <i>M</i> 22x2,5 Круглая <i>Rd</i> 36 Дюймовая 6 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 6	26	Трапецеидальная <i>Tr</i> 26x5 Метрическая <i>M</i> 12x1,25 Круглая <i>Rd</i> 85 Дюймовая 8 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 0,6

Окончание таблицы 4.3

№ варианта	Обозначение резьбы	№ варианта	Обозначение резьбы
12	Трапецеидальная Tr 26x5 Метрическая $M24 \times 3$ Круглая $Rd40$ Дюймовая 5 ниток на дюйм Модульная $m = 7$	27	Трапецеидальная Tr 24x5 Метрическая $M72 \times 2$ Круглая $Rd58$ Дюймовая 7 ниток на дюйм Модульная $m = 1,5$
13	Трапецеидальная Tr 28x3 Метрическая $M27 \times 2$ Круглая $Rd44$ Дюймовая 4 1/2 нитки на дюйм Модульная $m = 12$	28	Трапецеидальная Tr 22x5 Метрическая $M64 \times 2$ Круглая $Rd82$ Дюймовая 6 ниток на дюйм Модульная $m = 3,5$
14	Трапецеидальная Tr 16x4 Метрическая $M30 \times 3,5$ Круглая $Rd48$ Дюймовая 4 нитки на дюйм Модульная $m = 0,1$	29	Трапецеидальная Tr 65x4 Метрическая $M48 \times 3$ Круглая $Rd95$ Дюймовая 5 ниток на дюйм Модульная $m = 0,125$
15	Трапецеидальная Tr 18x4 Метрическая $M33 \times 3,5$ Круглая $Rd52$ Дюймовая 3 1/2 нитки на дюйм Модульная $m = 0,2$	30	Трапецеидальная Tr 20x4 Метрическая $M30 \times 3$ Круглая $Rd26$ Дюймовая 4 нитки на дюйм Модульная $m = 0,15$

4.9 Вопросы для самопроверки

1. Какие движения должна получать заготовка для образования на ее цилиндрической поверхности винтовой канавки требуемого шага?
2. Как должны быть согласованы эти движения?
3. Как производится наладка станка на фрезерование винтовой канавки нужной глубины?
4. Как определить угол подъема винтовой линии?
5. Как рассчитать ошибку в шаге нарезаемой винтовой канавки?
6. Из-за чего может возникнуть погрешность шага винтовой линии?

4.10 Содержание и последовательность оформления отчета

1. Эскиз детали.
2. Расчет чисел зубьев сменных колес гитары; настройки токарно-винторезного станка.
3. Схема расположения зубчатых колес в гитаре.
4. Схемы наладки токарно-винторезного станка.
5. Эскиз резца.

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 9150–2002. Резьба метрическая. Профиль. — Введ. 2004–01–01. — Москва : Изд-во стандартов, 2003. — 3 с.
2. ГОСТ 24705–2004. Резьба метрическая. Основные параметры. — Введ. 2005-07-01. — Москва : Из-во стандартов, 2006. — 15 с.
3. Мягков, В. Д. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. / В. Д. Мягков [и др.]. — 6-е изд., перераб. и доп. — Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. Ч. 2. 448 с., ил.

Лабораторная работа № 5

Настройка и наладка станка на образование спиральных поверхностей

Цель работы: изучение методики настройки для образования спиральных поверхностей (канавок режущего инструмента, резьбы и пр.); ознакомление с механизмами, обеспечивающими сложные исполнительные движения формообразования, состоящие из элементарных движений; приобретение навыков подбора сменных зубчатых колес гитар, настройки и наладки универсально-фрезерного станка 6Н81.

5.1 Общая характеристика станка

5.1.1 Назначение станка

Станок предназначен для фрезерования различных деталей сравнительно небольших размеров в основном цилиндрическими, дисковыми, угловыми, фасонными и модульными фрезами в условиях промышленного и серийного производства. Наличие поворотного стола позволяет нарезать винтовые канавки при изготовлении косозубых колес, фрез, зенкеров, разверток и тому подобных деталей.

5.1.2 Принцип работы

Обрабатываемые детали закрепляются непосредственно на столе, в машинных тисках или специальных приспособлениях, устанавливаемых на столе станка. При необходимости деления заготовки на несколько равных частей применяют универсальную делительную головку.

Насадные фрезы закрепляют на консольных или опорных оправках. Для поддержания шпиндельных оправок применяют хобот с центральной и концевой подвесками. Хвостовые фрезы закрепляют непосредственно в конусе шпинделя или цанговом патроне. Торцовые фрезерные головки устанавливают и закрепляют на торце шпинделя.

Настройка станка в соответствии с конфигурацией и размерами обрабатываемой детали производится за счет быстрых механических или ручных перемещений стола *Е*, поперечных салазок *Д* и консоли *Ж*. При нарезании винтовых канавок поворачивают стол в соответствии с углом наклона фрезеруемой винтовой канавки. При работе на тяжелых режимах для повышения жесткости узла консоли устанавливают дополнительную связь *В* (рисунок 5.1).

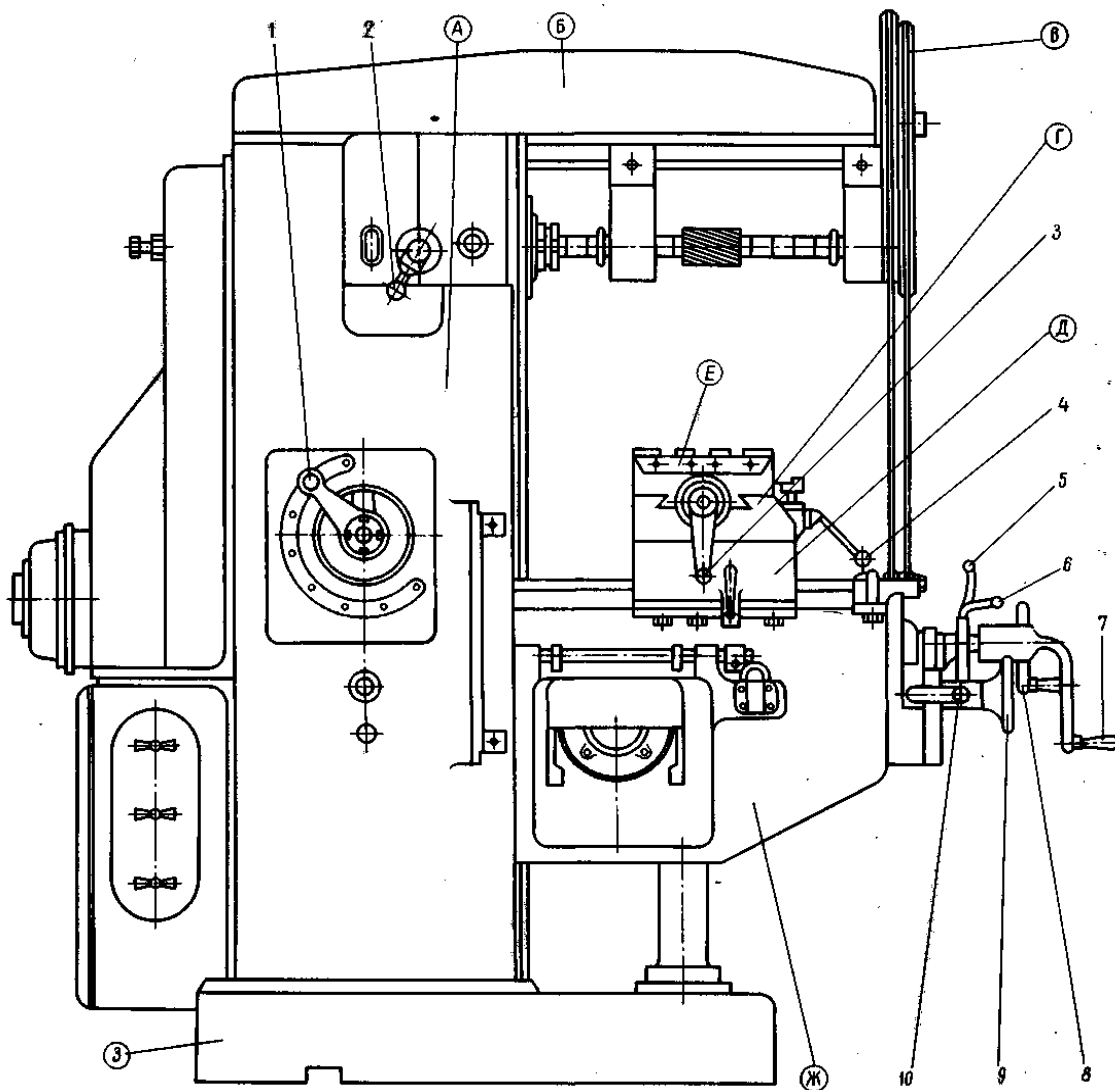


Рисунок 5.1 — Общий вид универсально-фрезерного станка модели 6Н81

5.1.3 Движения в станке

Движение резания — вращение шпинделя с фрезой. Движение подачи — продольное, поперечное и вертикальное поступательное перемещение стола. Вспомогательные движения — все указанные перемещения стола, выполняемые на быстром ходу или вручную.

Вращение шпинделя осуществляется от двигателя M_1 (рисунок 5.2) через коробку скоростей i_v , муфту M_1 или перебор $i_{пер}$. Частота вращения шпинделя с

учетом упругого скольжения ремней η находится из уравнения кинематического баланса (УКБ).

$$n_{\min} = n_{M_1} \cdot i_v \cdot \eta \cdot i_{\text{пер}} \quad (5.1)$$

$$n_{\min} = 1440 \cdot \frac{24}{38} \cdot \frac{24}{38} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{140}{210} \cdot 0,985 \cdot \frac{30}{64} \cdot \frac{25}{69} = 65 \text{ об/мин.}$$

Продольное, поперечное и вертикальное поступательное движение стола осуществляется от двигателя M_2 через коробку подач i_s муфты M_0, M_2 , кулачковые муфты M_3, M_4, M_5 и ходовые винты $S_{\text{верт}}, S_{\text{поп}}, S_{\text{прод}}$.

Кулачковые муфты M_3, M_4 и M_5 выполнены двухсторонними для возможности реверсирования подач.

Скорость продольной подачи (например, наименьшей) определяется также из УКБ.

$$S_{\min} = n_{M_2} \cdot i_s \cdot p \quad (5.2)$$

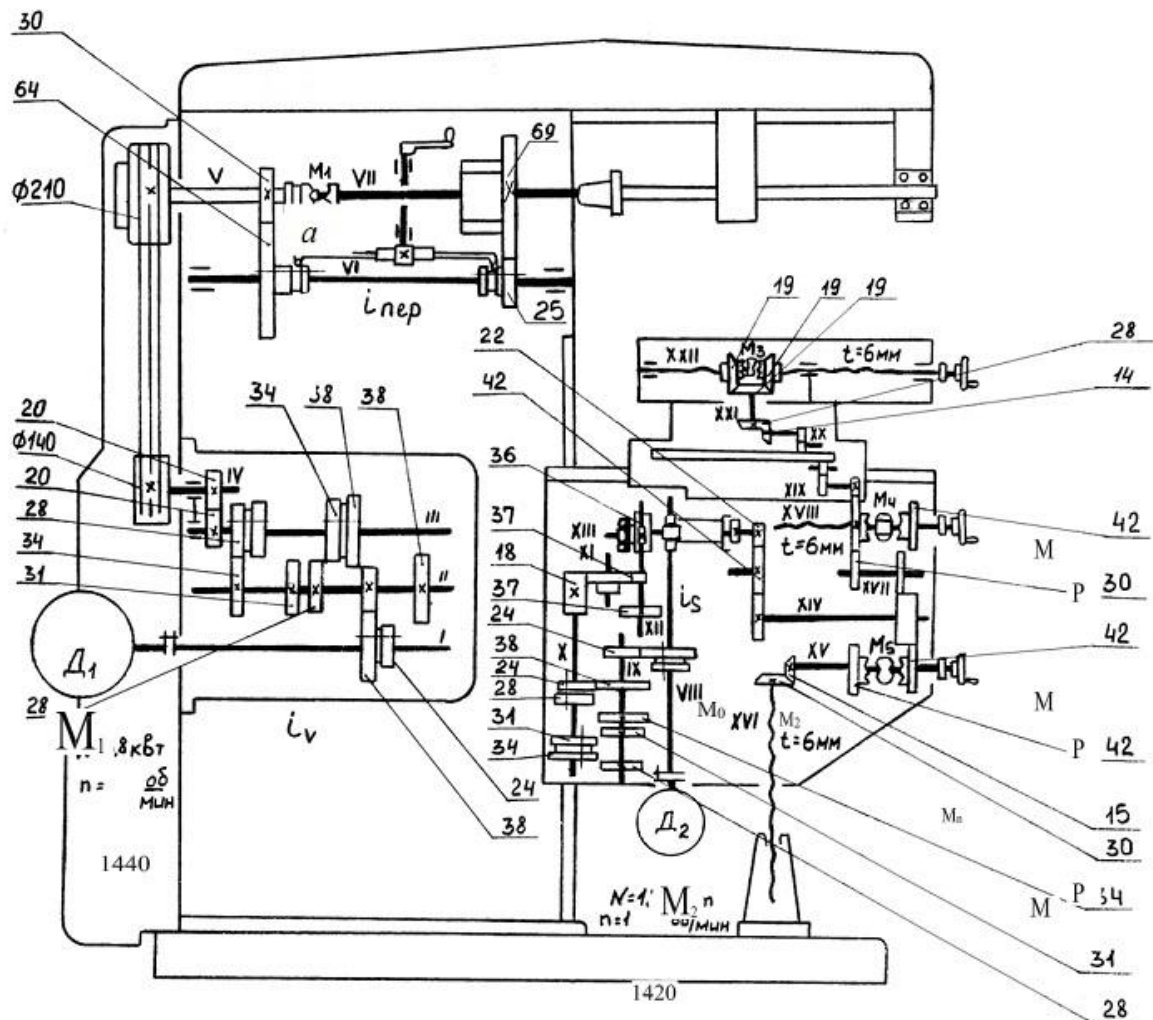


Рисунок 5.2 — Кинематическая схема универсально-фрезерного станка 6N81

$$S_{\min} = 1420 \cdot \frac{24}{38} \cdot \frac{28}{34} \cdot \frac{18}{37} \cdot \frac{15}{37} \cdot \frac{2}{36} \cdot \frac{22}{42} \cdot \frac{42}{30} \cdot \frac{30}{33} \cdot \frac{35}{19} \cdot \frac{14}{28} \cdot \frac{19}{19} \cdot 6 = 30 \text{ мм/мин.}$$

Вспомогательные перемещения осуществляются с постоянной скоростью от двигателя M_2 . При включении муфты M_2 движение от двигателя, минуя коробку подач, непосредственно передается на вал XIII, который при быстром вращении муфтой обгона M_0 автоматически разъединяется с корпусом червячного колеса $Z = 36$. Все перемещения стола могут осуществляться вручную соответствующими рукоятками.

5.2 Ход выполнения работы

5.2.1 Настройка фрезерного станка на нарезание винтовой канавки

На рисунке 5.3 *a* приведена схема наладки для обработки винтовых канавок на фрезерном станке с использованием делительной головки. На схеме показано взаимное расположение заготовки, стола станка, делительной головки, инструмента и приведены буквенные обозначения исходных данных, необходимых для расчета.

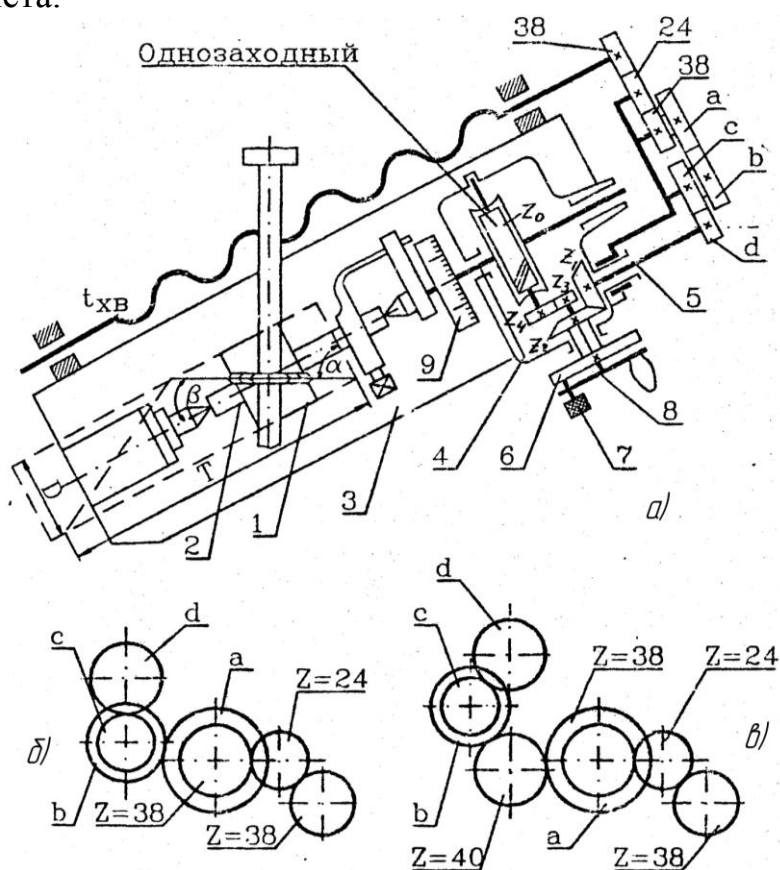


Рисунок 5.3 — Схемы: *a* — наладки фрезерного станка на получение спиральных поверхностей; *б, в* — расположения сменных зубчатых колес с учетом направления фрезеруемых винтовых канавок,

где *1* — заготовка; *2* — оправка; *3* — стол станка; *4* — шпиндель головки; *5* — промежуточный валик; *6* — делительный диск; *7* — фиксатор; *8* — рукоятка; *9* — лимб

Шпиндель делительной головки получает вращение от ходового винта продольной подачи стола. От ходового винта вращение передается через зубчатые колеса $Z = 38$, $Z = 24$, $Z = 38$ на сменные колеса a , b , c , d , от колеса d через промежуточный валик 5 и коническую пару Z_1 и Z_2 делительной головки — на лимб 9. Вращение лимба 9 через пружинный фиксатор 7, утопленный в одном из отверстий лимба, передается рукоятке 8, а далее через цилиндрическую пару Z_3 и Z_4 и червячную пару 1/40 — шпинделю делительной головки и закрепленной на нем заготовке.

Уравнение кинематического баланса, согласующее движения поворота заготовки на один оборот и продольного перемещения стола с заготовкой на величину шага T нарезаемой спиральной канавки, следующее:

$$1 \text{ об.заг.} \cdot \frac{40}{1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{38}{24} \cdot \frac{24}{38} \cdot t_{\text{х.в.}} = T. \quad (5.3)$$

Откуда формула настройки:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{40 \cdot t_{\text{х.в.}}}{T}. \quad (5.4)$$

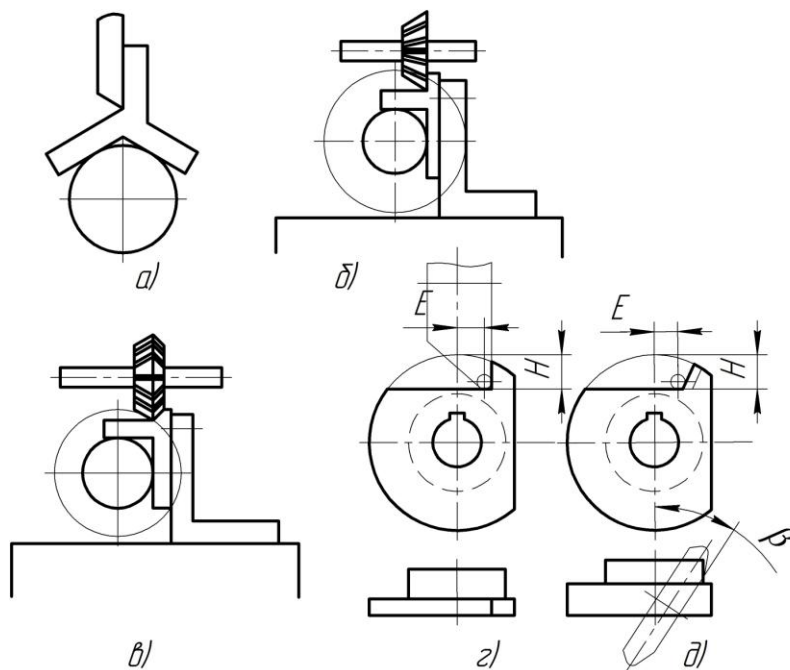


Рисунок 5.4 — Установка угловых фрез

Так как по окружности заготовки следует нарезать $Z_{\text{изд}}$ равномерно расположенных винтовых канавок, то после обработки каждой очередной канавки заготовку поворачивают на $1/Z_{\text{изд}}$ долю окружности и обрабатывают следующую канавку. Заготовка поворачивается вращением шпинделя делительной головки при помощи рукоятки 8 и фиксатора 7, который переставляют по отверстиям делительного диска.

Передаточное отношение червячной пары делительной головки равно $1/40$, следовательно, за один оборот рукоятки 8 шпиндель 4 вместе с заготовкой поворачивается на $1/40$ часть окружности. Величина, обратная передаточному отношению червячной пары, называется характеристикой N головки, т. е. $N = 40$. Чтобы повернуть шпиндель с заготовкой на $1/Z_{\text{изд}}$ окружности, рукоятке 8 надо сообщить число оборотов n , которое можно определить по формуле

$$n = \frac{N}{Z_{\text{изд}}}. \quad (5.5)$$

Плоскость вращения фрезы должна быть параллельна касательной к образующей обрабатываемой поверхности в точке ее контакта с режущей кромкой инструмента в нормальном сечении. Поэтому стол станка должен быть повернут на угол наклона β фрезеруемой винтовой канавки. В зависимости от того, какая винтовая канавка (правая или левая) должна быть обработана, стол станка поворачивают в ту или иную сторону. На рисунке 5.3 *a* стол повернут для обработки правой винтовой канавки, при обработке левых канавок стол нужно повернуть в противоположную сторону.

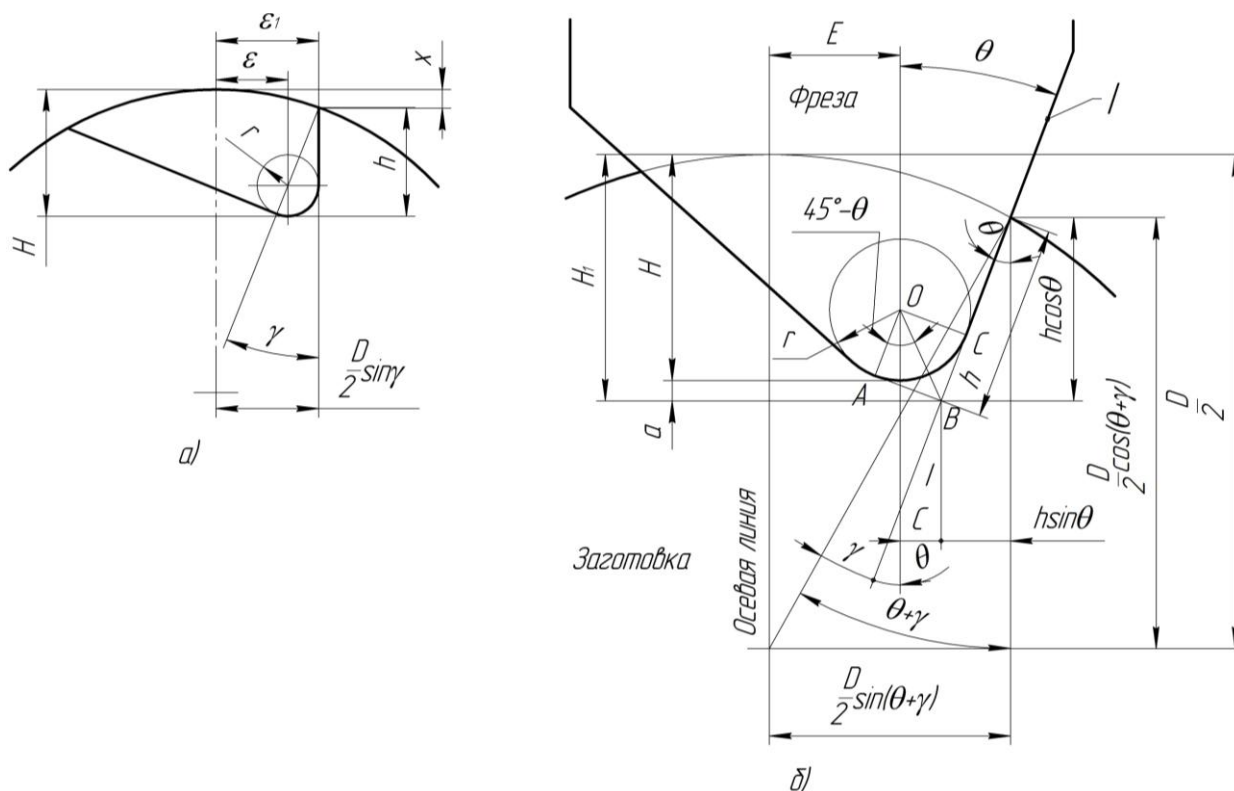


Рисунок 5.5 — Схемы: *a* — расчета при фрезеровании прямых зубьев одноугловой фрезой; *б* — фрезерования прямых зубьев двухугловой фрезой

При обработке правых винтовых канавок сменные зубчатые колеса a , b , c , d устанавливаются в гитаре так, как показано на рисунке 5.4 *б*.

Если обработке подлежат левые винтовые канавки, в гитару добавляют паразитное колесо $Z = 40$ и устанавливают сменные зубчатые колеса по схеме, показанной на рисунке 5.4 в.

При фрезеровании винтовых канавок станок настраивают в следующей последовательности: 1) поворотом стола универсально-фрезерного станка поворачивают заготовку на угол ω ; 2) поперечным движением стола смещают рабочую фрезу по отношению к оси заготовки на величину E ; 3) вертикальным смещением стола с помощью специальных блоков устанавливают фрезу на глубину H под углом β (рисунок 5.4 д).

При фрезеровании зубьев фрезы устанавливают с помощью контрольных валиков и шаблонов. Одноугловые фрезы можно устанавливать по центру изделия с помощью угольника и срезанного до оси валика, по оправке с нанесенной по оси рисккой, с помощью специального шаблона (рисунок 5.4 а) или специального приспособления (рисунок 5.4 б). После установки фрезы по оси, в центрах устанавливают заготовку инструмента, подводят ее до касания с фрезой и по лимбам смещают стол в горизонтальной плоскости на величину E и поднимают его в вертикальной плоскости на величину H .

Двухугловые фрезы устанавливают по центру с помощью валика и шаблона или приспособления (рисунок 5.4 в и г).

Приблизительно угол поворота стола принимают равным углу ω , который рассчитывают по формуле

$$\operatorname{tg} \omega = \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \theta + \gamma . \quad (5.6)$$

где ω — угол поворота станка; β — угол наклона винтовой канавки; θ — угол профиля той стороны фрезы, которая обрабатывает переднюю поверхность заготовки; γ — передний угол обрабатываемого инструмента.

Наладка станка на фрезерование канавок нужной глубины производится следующим образом. Прямые стружечные канавки зубьев на цилиндрической поверхности фрезеруют одноугловыми, двухугловыми или фасонными фрезами. Двухугловые фрезы обеспечивают лучшее качество поверхности и имеют большую стойкость. Профиль дисковой фрезы совпадает с профилем канавки, а установка фрезы по отношению к оси заготовки осуществляется с помощью параметров настройки E и H ; параметр E — горизонтальное смещение от оси заготовки, а параметр H — вертикальное перемещение.

На рабочем чертеже инструмента профиль канавки задается размерами фаски, высотой h , величиной переднего угла γ и радиусом у основания зуба r .

При фрезеровании прямых зубьев одноугловой фрезой (рисунок 5.5 а) параметры E и H вычисляют по формулам

$$\begin{aligned} E &= \frac{D}{2} \sin \gamma - r; \\ H &= h + \frac{D}{2} (1 - \cos \gamma) . \end{aligned} \quad (5.7)$$

При фрезеровании двухугловой фрезой (рисунок 5.5 б)

$$E = \frac{D}{2} \sin \theta + \gamma - h \sin \theta - r \sqrt{2} \sin 45^\circ - \theta ;$$

$$H = \frac{D}{2} - \left[\frac{D}{2} \cos \theta + \gamma - h \cos \theta \right] - r \left[\sqrt{2} \cos 45^\circ - \theta - 1 \right],$$
(5.8)

где θ принимают не менее $10 - 15^\circ$, $k = 2$ мм.

Для сверла:

$$r = 0,191 \cdot D_{\text{сверла}} ;$$
(5.9)

$$h = h_{\text{факт}} + r + k,$$
(5.10)

где

$$h_{\text{факт}} = \frac{D_{\text{сверла}} - d_{\text{сердц}}}{2}, d_{\text{сердц}} = 0,13 \div 0,15D.$$
(5.11)

Для зенкера и концевой фрезы радиус выбираем из ряда: $r = 2; 2,5; 3$.

$$h = 0,1 \div 0,16d,$$
(5.12)

где d — диаметр инструмента.

В таблице 5.1 приведены формулы, необходимые для расчета настройки делительной головки при фрезеровании винтовых канавок.

Таблица 5.1 — Основные зависимости для настройки станка при фрезеровании винтовых канавок

Определяемые параметры	Расчетная формула
Диаметр детали, D	Задается чертежом
Число винтовых канавок, $Z_{\text{изд}}$	Задается чертежом
Угол наклона винтовой линии, β	$\text{tg } \beta = \frac{\pi D}{T}$
Угол подъема винтовой линии, α	$\alpha = 90^\circ - \beta ; \text{tg } \alpha = \frac{T}{\pi D}$
Шаг винтовой линии, T	$T = \pi D \cdot \text{tg } \alpha = \pi D \cdot \text{ctg } \beta$
Число оборотов рукоятки делительной головки, n	$n = \frac{N}{Z_{\text{изд}}}$
Характеристика фрезерного станка, A	$A = N \cdot t_{\text{х.в.}}$, если $N = 40$ и $t_{\text{х.в.}} = 6$, то $A = 240$
Передаточное отношение сменных колес гитары, $i_{\text{см}}$	$i_{\text{см}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{N \cdot t_{\text{х.в.}}}{T} = \frac{A}{T} = \frac{A \cdot \text{tg } \beta}{\pi D}$

Если не удастся обеспечить $i_{\text{см}}$ имеющимися сменными колесами, выбирают $i_{\text{см}}$, ближайшее возможное, после чего определяют фактически настроен-

ный угол β . Кроме того, выбранные числа зубьев сменных зубчатых колес a , b , c , d необходимо проверить на условие сцепляемости, т. е.

$$a + b > c + 15 \text{ и } c + d > b + 15. \quad (5.13)$$

В наборе имеются сменные зубчатые колеса с числом зубьев 25 (2 шт.), 30, 35, 40 (2 шт.), 50 (2 шт.), 55, 60 (2 шт.), 70, 80 (2 шт.), 90, 100, 125.

5.3 Порядок выполнения работы

5.3.1 Настройка и наладка фрезерного станка

1. Изучить чертеж детали, подлежащей обработке. Определить наличие исходных данных, необходимых для расчета наладки станка на обработку спиральных канавок, определить недостающие данные.

2. Выполнить эскиз обрабатываемой детали (рисунок 5.6) и выполнить схему наладки станка, аналогичную показанной на рисунке 5.3 а.

3. На схеме наладки и эскизе изделия указать конкретные значения всех исходных данных, необходимых для расчетов наладки станка.

4. Рассчитать передаточное отношение сменных зубчатых колес, гитары, выбрать сменные зубчатые колеса из имеющегося набора, составить схему расположения сменных зубчатых колес в гитаре с учетом направления фрезеруемых винтовых канавок (рисунок 5.3 б, в).

5. Рассчитать настройку делительной головки для деления окружности заготовки на заданное число канавок.

5.3.2 Варианты заданий

Таблица 5.2 — Параметры обрабатываемых деталей

№	Сверло					Зенкер					Фреза концевая				
	D	l	z	β	γ	D	l	z	β	γ	D	l	z	β	γ
1	20	150	2	25	4	21	100	3	10	8	20	38	6	10	8
2	21	155	2	30	5	20,5	100	4	20	9	20	38	4	20	9
3	22	160	2	20	7	21	110	3	25	9	22	38	6	25	9
4	23	160	2	20	8	21	110	4	20	10	22	38	4	20	10
5	23,5	160	2	25	9	22	120	3	20	11	25	45	6	20	11
6	24	170	2	30	10	22	120	4	20	12	25	45	4	20	12
7	28	190	2	30	11	23	130	3	20	13	28	45	6	20	13
8	28,5	190	2	30	12	23	130	4	25	11	28	45	4	25	10
9	30	200	2	25	13	24	140	3	25	14	20	38	4	25	13
10	31	205	2	25	11	24	140	4	25	15	20	38	6	25	13
11	32	205	2	25	15	25	145	3	15	14	20	38	4	15	14
12	22	235	2	25	9	25	145	4	15	13	22	38	6	15	13
13	23	240	2	30	8	26	150	3	10	12	25	45	4	10	12
14	23,5	240	2	30	7	26	150	4	10	11	25	45	6	10	11
15	24	245	2	30	6	27	155	3	15	10	25	45	6	15	10
16	24,5	245	2	20	5	27	155	4	25	9	25	45	6	25	9
17	25	245	2	20	4	28	160	3	25	8	25	45	4	25	8

Окончание таблицы 5.2

№	Сверло					Зенкер					Фреза концевая				
	D	l	z	β	γ	D	l	z	β	γ	D	l	z	β	γ
18	25,5	255	2	20	3	28,5	160	4	10	9	28	45	4	10	9
19	26	255	2	25	2	29	165	3	15	10	28	45	4	15	10
20	26,5	255	2	25	3	29	165	4	25	11	28	45	4	25	11
21	27	265	2	25	4	30	170	3	10	12	28	45	6	10	12
22	27,5	265	2	30	5	30	170	4	15	13	28	45	6	15	13
23	28	265	2	30	6	31	175	3	25	14	28	45	6	25	14
24	28,5	275	2	30	7	31	175	4	10	15	32	53	4	10	15
25	29	275	2	20	8	31,5	180	3	15	14	32	53	6	15	14
26	29,5	275	2	25	9	31,5	180	4	20	13	32	53	6	20	13
27	30	275	2	25	10	33	185	3	25	12	32	53	4	25	12
28	33	275	2	20	11	33	185	4	15	11	32	53	4	15	11
29	34	275	2	30	6	34	190	3	10	10	32	53	6	10	10
30	35	275	2	30	6	34	195	4	25	9	32	53	6	25	9

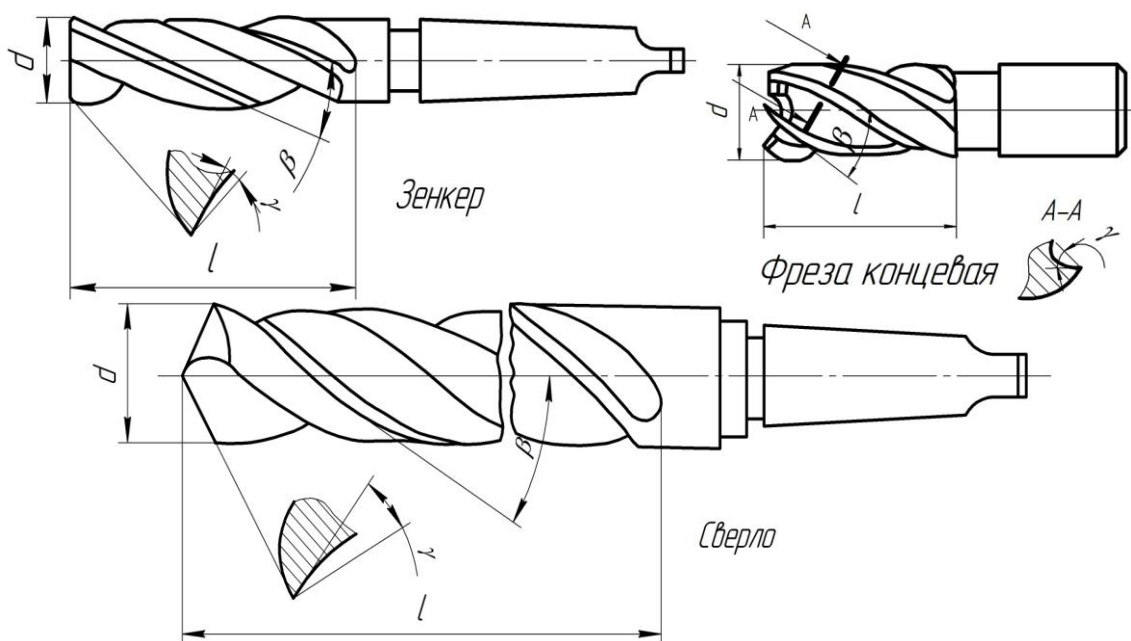


Рисунок 5.6 — Эскиз детали

5.4 Вопросы для самопроверки

1. Какие движения должна получать заготовка для образования на ее цилиндрической поверхности винтовой канавки требуемого шага?
2. Как должны быть согласованы эти движения?
3. Как производится наладка станка на фрезерование винтовой канавки нужной глубины?
4. Как определить угол подъема винтовой линии?
5. Как рассчитать ошибку в шаге нарезаемой винтовой канавки?

5.5 Содержание и последовательность оформления отчета

1. Титульный лист.

2. Эскиз детали.
3. Расчет чисел зубьев сменных зубчатых колес гитары, настройка фрезерного станка.
4. Схема расположения сменных зубчатых колес в гитаре.
5. Схема наладки фрезерного станка.
6. Заключение о величине отклонения значения полученного шага от теоретического значения.

Рекомендуемая литература

1. Палей, М. М. Технология производства металлорежущих инструментов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / М. М. Палей. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1982. — 256 с., ил.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1985. — 496 с., ил.
3. Металлорежущие станки / под ред. В. К. Тепинкичиева. — Москва : Машиностроение, 1973. — 472 с.
4. Шавлюга, Н. С. Расчет и примеры наладок зубофрезерных и зубодолбежных станков / Н. С. Шавлюга. — 3-е изд., перераб. и доп. — Ленинград : Машиностроение, 1978. — 168 с.

Лабораторная работа № 6

Изучение кинематической схемы и настройка вертикально зубофрезерного станка модели 5Д32

Цель работы: изучить конструкцию и кинематику станка и приобрести практические навыки в настройке вертикально зубофрезерного станка модели 5Д32.

6.1 Общая характеристика станка

6.1.1 Назначение станка

Станок предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес с прямыми и косыми зубьями и для нарезания червячных колес как методом радиальной, так и методом тангенциальной подачи. При наличии специальных приспособлений можно нарезать шестерни внутреннего зацепления.

6.1.2 Движения в станке

Движение резания — вращения шпинделя фрезерного суппорта с червячной фрезой. *Движения подачи* — вертикальное перемещение фрезерного суппорта

та, радиальное перемещение подвижной стойки и тангенциальное перемещение суппорта.

Движением обкатки и деления является непрерывное вращение стола с заготовкой. *Вспомогательные движения* — быстрые механические и ручные установочные перемещения фрезерного суппорта и подвижной стойки.

6.1.3 Принцип работы

Станок работает по методу обкатки, т. е. механического воспроизводства зацепления червяка (червячной фрезы) с колесом (заготовкой). Червячная фреза соответствующего модуля и диаметра закрепляется на оправке в шпинделе фрезерного суппорта.

Обрабатываемая деталь или комплект одновременно обрабатываемых деталей устанавливается на оправке в шпинделе стола, а при больших размерах колес непосредственно на столе станка.

Червячной фрезе и заготовке принудительно сообщают вращательные движения с такими угловыми скоростями, которые они имели бы, находясь в действительном зацеплении.

При нарезании колес с прямыми зубьями ось шпинделя фрезерного суппорта устанавливается под углом к горизонтальной плоскости, равным углу подъема винтовой линии червячной фрезы. Для нарезания колес с косыми зубьями ось шпинделя фрезерной бабки устанавливается под углом, равным сумме или разности углов наклона зубьев колеса и подъема винтовой линии фрезы в зависимости от сочетания направлений винтовых линий зубьев и витков фрезы. При нарезании червячных колес фрезу устанавливают горизонтально, т. е. $\varphi = 0$. Нарезание цилиндрических колес производится с вертикальной подачей фрезерного суппорта.

Для обеспечения возможности фрезерования колес попутным методом на станке модели 5Д32 предусмотрено нагрузочное гидравлическое устройство.

Гидравлическое поджимное устройство состоит из неподвижного штока с поршнем и цилиндра, связанного с салазками фрезерного суппорта. При фрезеровании попутным методом масло подводится в верхнюю полость цилиндра противовеса и поджимает противовес вместе с фрезерным суппортом вверх, устраняя возможность произвольного перемещения фрезерной бабки под действием усилия в пределах зазора между резьбой винта вертикальной подачи и маточной гайки.

При нарезании червячных колес методом радиальной подачи используются цилиндрические червячные фрезы. При обработке червячных колес по методу радиальной подачи червячная фреза постепенно врезается в заготовку, перемещаясь в радиальном направлении (рисунок 6.1 а).

Движение подачи сообщают подвижной стойке в радиальном направлении до тех пор, пока расстояние между осями фрезы и заготовками не станет равным межцентровому расстоянию передачи.

В случае нарезания червячных колес методом тангенциальной подачи (см. рисунок 6.1 б) применяются червячные фрезы с конической заборной частью, которые при настройке станка устанавливают сразу на заданное межцентровое расстояние; подачу при этом сообщают протяжному суппорту с червячной фрезой вдоль ее оси. Этот метод нарезания более точен.

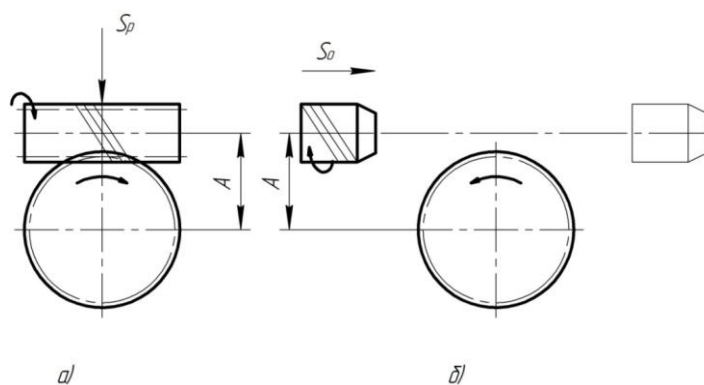


Рисунок 6.1 — Схемы нарезания червячных колес:

- a* — методом радиальной подачи;
- б* — методом тангенциальной подачи

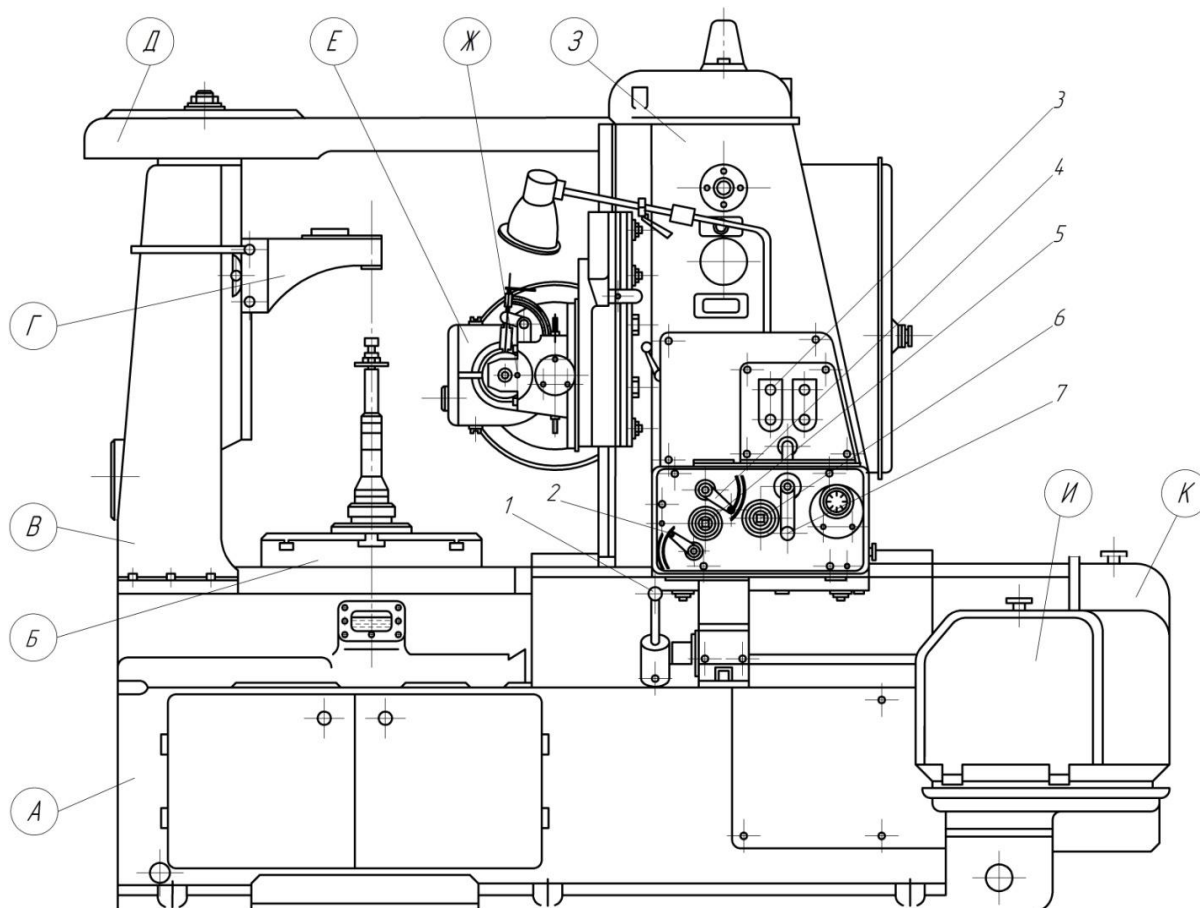


Рисунок 6.2 — Общий вид зубофрезерного полуавтомата модели 5Д32. Основные узлы станка:

- A* — станина; *B* — стол; *B* — стойка; *Г* — поддерживающий кронштейн;
- Д* — поперечина; *Е* — фрезерный суппорт; *З* — подвижная стойка; *И* — гитара дифференциала и подачи; *К* — делительная гитара

6.1.4 Кинематическая схема вертикально зубофрезерного станка 5Д32

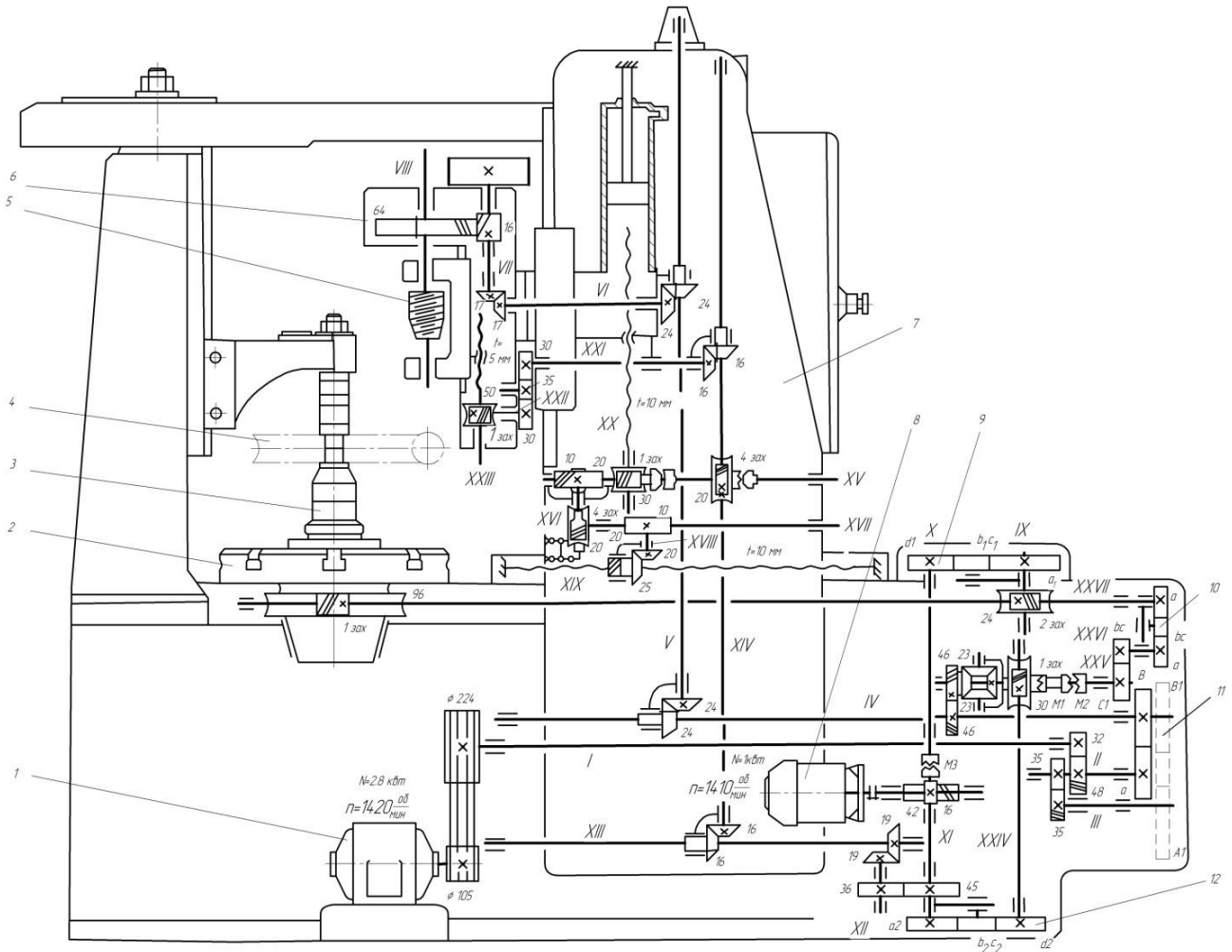


Рисунок 6.3 — Кинематическая схема вертикально зубофрезерного станка 5Д32

6.1.5 Главное движение резания

Вращение шпинделя (рисунок 6.3) с фрезой осуществляется по цепи: электродвигатель мощностью 2,8 кВт с числом оборотов $n = 1420$ в минуту, клиноременная передача 105–224, вал I, шестерни 32–48, вал II, шестерни 35–35, вал III, сменные колеса A_1 – B_1 , вал IV, конические шестерни 24–24, вал V, конические шестерни 24–24, вал VI, шестерни 17–17, вал VII, шестерни 16–64, шпиндель VIII.

Для обеспечения равномерности вращения шпинделя с фрезой на валу VII установлен маховик.

Число оборотов шпинделя фрезерного суппорта n_ϕ определяется из уравнения кинематической цепи движения резания, имеющего вид

$$n_\phi = 1420 \cdot \frac{105}{224} \cdot 0,985 \cdot \frac{32 \cdot 35 \cdot A_1 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 17 \cdot 16}{48 \cdot 35 \cdot B_1 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 17 \cdot 64}, \text{ об/мин.}$$

Прилагаемый комплект сменных колес обеспечивает возможность получения семи различных чисел оборотов шпинделя.

6.1.6 Движение обкатки и деления заготовки

Это движение (вращение стола с нарезаемым колесом) заимствуется от вала IV, вращение от которого передается столу через косозубые шестерни 46—46, дифференциал, вал XXV, колеса переключения $C_1—D_1$, вал XXVI, сменные колеса $a—b$ и $c—d$ делительной гитары, вал XXVII и червячную передачу 1—96.

Уравнение кинематической цепи, связывающей вращение заготовки n_3 с вращением фрезы n_ϕ , имеет вид:

$$n_3 = n_\phi \frac{64 \cdot 17 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 46}{16 \cdot 17 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 46} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{C_1 \cdot a \cdot c \cdot 1}{D_1 \cdot b \cdot d \cdot 96}, \text{ об/мин.}$$

Для сообщения столу с заготовкой добавочного вращения, необходимого для нарезания цилиндрических колес с косыми зубьями, червячных колес методом тангенциальной подачи и колес с количеством зубьев, выраженных простыми числами, для которых нет соответствующих сменных колес, используют дифференциал, для чего выключают муфту M_2 и включают муфту M_1 (как показано на схеме). Дополнительное движение обкатки получают от вала XI через гитару сменных колес $a_2—b_2$ и $c_2—d_2$ вал XXIV, червячную передачу 1—30 и дифференциал.

6.1.7 Движения подач

Эти движения осуществляются от вала XXVII через червячную передачу 2—24, вал IX, сменные колеса $a_1—b_1$ и $c_1—d_1$ гитары подач, вал X, кулачковую муфту M_3 , вал XI, шестерни 45—36, вал XII, конические шестерни 19—19, вал XIII, конические шестерни 16—16 и вал XIV. От вала XIV движение подач разветвляется.

Для сообщения вертикальной подачи фрезерному суппорту включаются кулачковые муфты M_4 и M_5 . Тогда вращение от вала XIV через червячную передачу 4—20, вал XV и червячную передачу 5—30 сообщается вертикальному ходовому винту XX. Величина вертикальной подачи фрезерной бабки S_B за один оборот стола с заготовкой может быть определена из уравнения:

$$S_B = 1_{\text{об.к.}} \cdot \frac{96 \cdot 2 \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot 45 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 5}{1 \cdot 24 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot 36 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 20 \cdot 30} \cdot 10, \text{ мм/об.}$$

Подбор сменных колес гитары подач в зависимости от заданной величины вертикальной подачи производится по формуле

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = 0,3 \cdot S_B.$$

Радиальная подача подвижной стойки обеспечивается при включении муфты M_4 и четырехзаходного падающего червяка. В этом случае движение от вала XIV сообщается маточной гайке, связанной с горизонтальным ходовым винтом XIX , через червячную передачу $4—20$, вал XV , шестерни $10—20$, вал XVI , червячную передачу $4—20$ (с падающим червяком), вал $XVII$, шестерни $10—20$, вал $XVIII$ и конические шестерни $20—25$. Уравнение кинематической цепи для определения величины радиальной подачи подвижной стойки S_p имеет вид:

$$S_p = 1_{\text{об.к.}} \cdot \frac{96 \cdot 2 \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot 45 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 20}{1 \cdot 24 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot 36 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 25} \cdot 10, \text{ мм/об.}$$

В этом случае подбор сменных колес гитары подач производится по уравнению:

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{5S_p}{4}.$$

Протяжной суппорт, устанавливаемый взамен нормального, получает движение тангенциальной подачи от вала XIV , через конические шестерни $16—16$, вал XXI , шестерни $30—35—30$, червячную передачу $1—50$ и ходовой винт $XXIII$. Уравнение кинематической цепи для этого случая имеет вид:

$$S_T = \frac{96 \cdot 2 \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot 45 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 30 \cdot 1}{1 \cdot 24 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot 36 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 30 \cdot 50} \cdot 5, \text{ мм/об.}$$

При работе с тангенциальной подачей подбор сменных колес следует производить по формуле

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = S_T.$$

6.1.8 Вспомогательные движения

Быстрые перемещения всех рабочих органов станка осуществляются от электродвигателя мощностью 1 кВт с числом оборотов 1410 в минуту, через винтовые колеса $16—42$, вал XI и далее по кинематическим цепям подач.

6.2 Ход выполнения работы

Кинематические связи между отдельными звеньями станка устанавливаются с помощью настраиваемых кинематических цепей, имеющих органы настройки в виде гитар: а) скоростей; б) деления; в) подачи; г) дифференциала. Определение передаточных отношений и чисел зубьев сменных колес составляет основную задачу кинематического расчета настройки.

6.3 Цепь главного движения

Назначение цепи — обеспечить необходимую окружную скорость вращения фрезы, т. е. скорость резания.

Расчетные перемещения: n об/мин $\rightarrow n_{\phi}$ об/мин.

Допустимая погрешность настройки гитары $\pm 2\%$.

По заданным размерам фрезы d_{ϕ} и заданной скорости резания v рассчитать требуемое число фрезы n_{ϕ} , используя формулу:

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_{\phi}}. \quad (6.1)$$

Формула настройки гитары скоростей (рисунок 6.4 а):

$$i_{\text{ск}} = \frac{A_1}{B_1} = \frac{n_{\phi}}{109,3}. \quad (6.2)$$

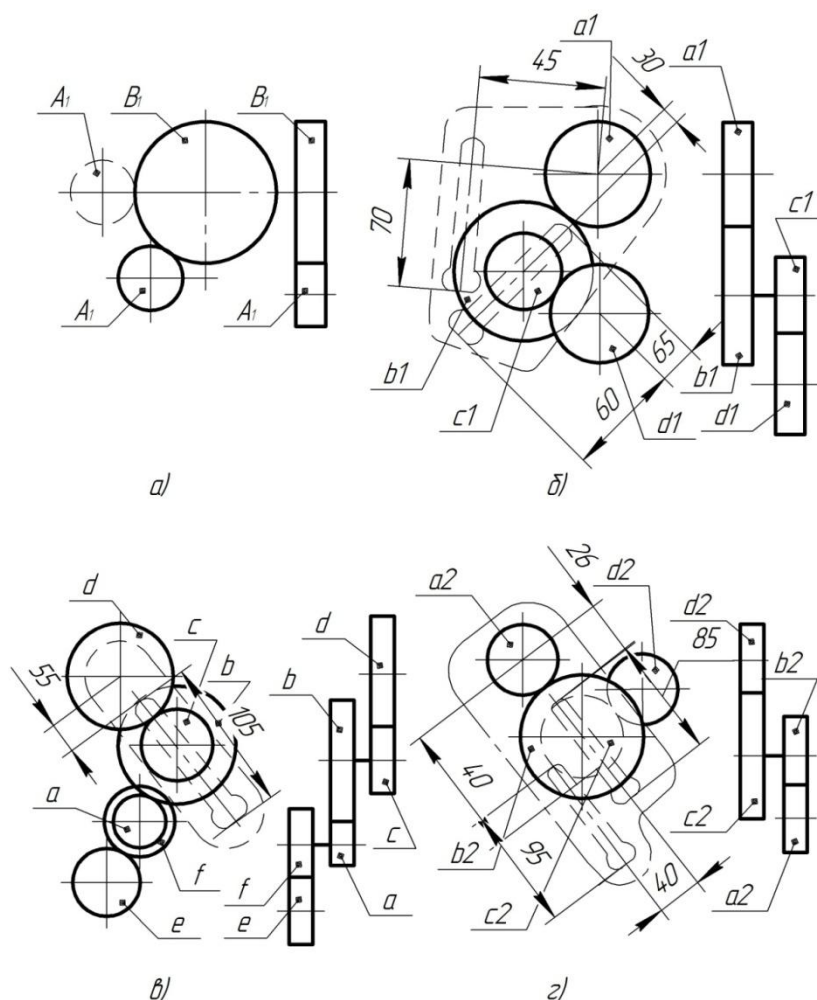


Рисунок 6.4 — Гитары зубчатых колес зубофрезерного станка мод. 5Д32: а — гитара скоростей; б — гитара подачи; в — гитара деления; г — гитара дифференциала

После выбора пары сменных колес проверить условия сцепляемости:

$$A_1 + B_1 = 60. \quad (6.3)$$

Расстояние между осями сменных колес A_1 и B_1 постоянное (рисунок 6.4 а). К станку придается набор, состоящий из следующих сменных пар колес: 38 и 22, 35 и 25, 28 и 32, 18 и 42.

6.4 Настройка гитары деления

Кинематическая цепь деления должна обеспечивать вращение червячной фрезы и стола с закрепленным нарезаемым колесом в соответствии с передаточным отношением, определяемым числом заходов k червячной фрезы и количеством зубьев Z_k нарезаемого колеса. Из условий взаимной обкатки следует, что за один оборот червячной фрезы нарезаемое колесо должно совершить $\frac{k}{Z_k}$ оборота.

Расчетные перемещения: 1 оборот фрезы $\rightarrow \frac{k}{Z_k}$ оборота стола.

Настройку гитары деления (рисунок 6.4 в) следует обеспечить без погрешности (абсолютно точно!).

При нарезании зубчатых колес с числом зубьев $z < 161$ устанавливают сменные колеса $C_1 = 36$ и $D_1 = 36$. Тогда формула гитары деления примет вид:

$$i_{\text{дел}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24k}{Z_k}. \quad (6.4)$$

Если нарезают колеса с числом зубьев $z > 161$, устанавливают сменные зубчатые колеса $C_1 = 24$ и $D_1 = 48$ и уравнение принимает вид:

$$i_{\text{дел}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48k}{Z_k}, \quad (6.5)$$

где k — число заходов червячной фрезы; Z_k — число зубьев нарезаемого колеса.

К зубофрезерному станку мод. 5Д32 прилагается комплект сменных шестерен с числом зубьев 20 (2 шт.), 23, 24, 25 (2 шт.), 27, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 79, 80, 83, 85, 89, 90, 92, 95, 97, 98, 100.

После подборки сменных зубчатых колес проверить условие сцепляемости:

$$a + b \geq c + 15 \text{ и } c + d \geq b + 15. \quad (6.6)$$

Максимальное число оборотов стола не должно превышать 8 об/мин.

Число оборотов стола определяем по формуле (в об/мин):

$$n_{\text{ст}} = \frac{n_{\phi} \cdot k}{Z_{\text{к}}}, \quad (6.7)$$

где n_{ϕ} — число оборотов фрезы в об/мин; k — число заходов фрезы;
 $Z_{\text{к}}$ — число зубьев нарезаемого колеса. Если окажется $n_{\text{ст}} > 8$ об/мин, следует пересчитать соответственно $n_{\text{ст}}$ (уменьшить скорость резания).

6.5 Настройка гитары подач

Эта цепь предназначена для обеспечения определенной скорости перемещения инструмента вдоль зуба нарезаемого зубчатого колеса.

Расчетные перемещения.: 1 оборот стола с заготовкой $\rightarrow S_{\text{г}}$ (мм) суппорта.

Гитара двухпарная (рисунок 6.4 б). Допустимая погрешность настройки $\pm 2\%$. Набор сменных зубчатых колес — см. пункт 6.3.

В соответствии с заданной величиной подачи S (мм/об) рассчитать требуемое передаточное отношение гитары подач и подобрать сменные шестерни. Настройка сменных зубчатых колес осуществляется по следующим формулам: при вертикальной подаче суппорта

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = 0,3 \cdot S_{\text{в}}, \quad (6.8)$$

при радиальной подаче

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{5S_{\text{р}}}{4}, \quad (6.9)$$

при тангенциальной подаче

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = S_{\text{т}}. \quad (6.10)$$

После подборки сменных зубчатых колес проверить условие сцепляемости (формула 6.6).

6.6 Цепь дифференциала

Чтобы на заготовке получить косые зубья, ей необходимо сообщить дополнительное вращательное движение, согласованное с вертикальным поступательным перемещением, которое и обеспечивается на станке с помощью цепи дифференциала. В случае нарезания червячных колес методом осевой (тангенциальной) подачи цепь дифференциала необходима для того, чтобы компенсировать погрешность, вносимую в обкаточное движение осевым перемещением фрезы. Если производится нарезание цилиндрических колес с прямыми зубьями и червячных колес с радиальной подачей, дифференциал выключают посредством муфты и передаточное отношение $i_{\text{диф}} = 1$.

Расчетные перемещения: 1 оборот стола $\rightarrow T$ (мм) перемещения фрезы, где T — шаг винтовой линии зуба.

Двухпарная гитара (рисунок 6.4 з) дифференциала настраивается приближенно, однако с такой степенью точности, чтобы погрешность угла наклона зубьев нарезаемого колеса находилась в пределах допуска (до 2 %). Набор сменных зубчатых колес — см. пункт 6.3.

При обработке цилиндрических колес с косыми зубьями подбор сменных зубчатых колес гитары дифференциала производится по следующей формуле:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{7,95775 \sin \beta}{m_n k}, \quad (6.11)$$

где a_1, b_1, c_1, d_1 — сменные колеса гитары дифференциала; k — число заходов червячной фрезы; m_n — модуль нарезаемого цилиндрического колеса.

Подставляя в формулу значения $\sin \beta$, m_n и k , определяем передаточное отношение гитары дифференциала. Определяя передаточное отношение гитары дифференциала $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$, всегда получаем дробную величину передаточных отношений. Расчет будет удовлетворительным, если дробь брать с точностью до пятого или шестого знака после запятой.

При нарезании колес с тангенциальной подачей гитара дифференциала настраивается по величине осевого модуля числу заходов фрезы. Подбор сменных зубчатых колес гитары дифференциала в этом случае производится по формуле

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{2,3873234}{m_{oc} k}, \quad (6.12)$$

где a_1, b_1, c_1, d_1 — сменные колеса гитары дифференциала; m_{oc} — осевой модуль нарезаемого червячного колеса; k — число заходов червячной фрезы.

После подборки сменных зубчатых колес проверить условие сцепляемости (формула 6.6).

6.7 Определение угла наклона оси фрезы к углу заготовки

При нарезании червячных колес методом радиальной и осевой (тангенциальной) подачи угол наклона оси фрезы к оси заготовки не определяется и равен нулю.

При нарезании цилиндрических зубчатых колес с прямыми и косыми зубьям по углам наклона зубьев и направлениям винтовых линий фрезы и нарезаемой шестерни определяем требуемый угол наклона оси фрезы к оси заготовки и изображаем схему их взаимного расположения (рисунок 6.5).

Угол наклона оси фрезы относительно оси заготовки при нарезании винтового зуба определяется по формуле

$$\varphi = \beta \pm \omega, \quad (6.13)$$

где φ — угол наклона оси фрезы, град.; ω — угол подъема винтовой спирали фрезы, град.

При этом знак «+» используется в случае разноименных направлений спиралей на фрезе и заготовке, а знак «-» — при одноименных направлениях спиралей.

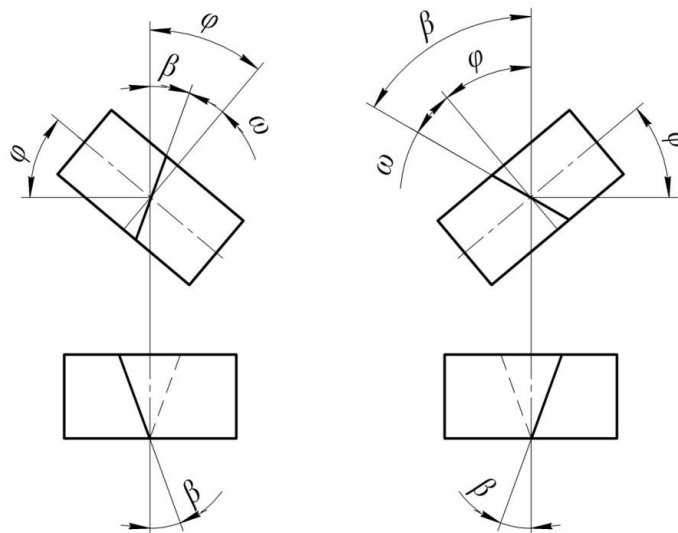


Рисунок 6.5 — Определение угла наклона оси фрезы

6.8 Порядок выполнения работы

6.8.1 Настройка станка для нарезания цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями

В этом случае настраиваются цепи: главного движения, обкатки (деления) и вертикальной подачи, также необходимо определить угол наклона оси фрезы к оси заготовки.

6.8.2 Настройка станка для нарезания цилиндрических зубчатых колес с косыми зубьями

В этом случае настраиваются цепи: главного движения, обкатки (деления), дифференциала, вертикальной подачи, а также необходимо определить угол наклона оси фрезы к оси заготовки.

Цепи главного движения, обкатки (деления) и вертикальной подачи, а также угол наклона оси фрезы к оси заготовки настраиваются так же, как и в пункте 6.3.1.

Цепь дифференциала (см. пункт 6.6).

6.8.3 Настройка станка для нарезания червячных колес методом радиальной подачи

При обработке данным методом настраиваются следующие цепи: главного движения, обкатки (деления) и цепь радиальной подачи. Угол наклона оси фрезы к оси заготовки при данном методе обработке равен нулю.

Цепи главного движения, обкатки (деления) настраиваются аналогично пункту 6.3.1, с той лишь разницей, что берется цепь не вертикальной, а радиальной подачи.

6.8.4 Настройка станка для нарезания червячных колес методом осевой (тангенциальной) подачи

При обработке данным методом настраиваются следующие цепи: главного движения, обкатки (деления), цепь осевой подачи и дифференциала.

Цепи главного движения, обкатки (деления) настраиваются аналогично пункту 3.1., с той лишь разницей, что берется цепь не вертикальной, а осевой подачи, дополнительно к этим цепям настраивается цепь дифференциала.

Цепь осевой подачи (см. пункт 6.5).

Цепь дифференциала (см. пункт 6.6).

6.8.5 Варианты заданий

Таблица 6.1 — Параметры червячной фрезы

№ варианта	m , мм	k	$d_{\text{ф}}$, мм	ω , град	№ варианта	m , мм	k	$d_{\text{ф}}$, мм	ω , град
1	1,25	1	63	1°13'	16	3	2	90	4°04'
2	1,25	2	63	2°08'	17	3,5	1	90	2°32'
3	1,5	1	80	1°08'	18	3,5	2	112	3°52'
4	1,5	2	80	2°10'	19	4	1	100	2°36'
5	1,75	1	63	1°59'	20	4	2	125	3°57'
6	1,75	2	80	1°21'	21	4,5	1	100	2°58'
7	2	1	90	2°32'	22	4,5	2	125	4°13'
8	2	2	70	3°28'	23	5	1	112	2°57'
9	2,25	1	70	2°02'	24	5	2	140	2°16'
10	2,25	2	90	2°53'	25	5,5	1	140	3°17'
11	2,5	1	80	1°59'	26	5,5	2	112	6°12'
12	2,5	2	100	2°53'	27	6	1	125	3°12'
13	2,75	2	80	4°19'	28	6	2	160	4°33'
14	2,75	1	100	1°43'	29	2	1	70	1°48'
15	3	1	112	1°40'	30	2,5	1	80	1°59'

Примечание: направление винтовой линии у всех вариантов — правое

Таблица 6.2 — Параметры нарезаемых цилиндрических колес

№ варианта	Параметры прямозубого колеса		Параметры косозубого колеса				Режимы резания	
	m_n , мм	z	m_n , мм	z	β , град	Направление линии зуба	v , м/мин	S , мм/об
1	1,25	98	1,25	71	12	левое	16	0,25
2	1,25	71	1,25	98	13	правое	17	0,75
3	1,5	77	1,5	85	14	правое	18	0,5
4	1,5	86	1,5	77	16	левое	19	1,0
5	1,75	73	1,75	82	9	левое	20	1,25
6	1,75	82	1,75	72	10	правое	21	1,5
7	2	41	2	42	16	левое	22	1,75
8	2	43	2	44	17	правое	23	2,0
9	2,25	60	2,25	61	7	левое	24	2,5
10	2,25	63	2,25	62	8	правое	25	3,0
11	2,5	37	2,5	38	15	правое	16,5	0,25
12	2,5	39	2,5	36	11	левое	17,5	0,75
13	2,75	40	2,75	41	19	правое	18,5	0,5
14	2,75	42	2,75	43	14	левое	19,5	1,0
15	3	56	3	57	6	левое	20,5	1,25
16	3	53	3	59	16	правое	21,5	1,5
17	3,5	22	3,5	23	5	левое	22,5	1,75
18	3,5	27	3,5	24	8	правое	23,5	2,0
19	4	29	4	32	11	левое	24,5	2,5
20	4	31	4	28	13	правое	16,1	3,0
21	4,5	19	4,5	23	2	правое	16,2	0,25
22	4,5	21	4,5	22	6	левое	17,6	0,75
23	5	29	5	18	10	правое	18,1	0,5
24	5	23	5	20	12	левое	19,3	1,0
25	5,5	20	5,5	21	6	левое	20,8	1,25
26	5,5	22	5,5	19	11	правое	19,8	1,5
27	6	23	6	24	7	левое	24,7	1,75
28	6	26	6	25	8	правое	23,2	2,0
29	2	96	2	98	17	левое	21,1	2,5
30	2,5	82	2,5	77	3	правое	22,4	3,0

Примечание: угол наклона зубьев в прямозубом колесе $\beta = 0$.

Таблица 6.3 — Параметры червячной фрезы для нарезания червячных колес

№ варианта	m , мм	k	$d_{ф}$, мм	№ варианта	m , мм	k	$d_{ф}$, мм
1	2,5	1	32	16	8	2	93
2	2,5	2	42	17	12,5	1	160
3	3,15	1	40	18	12,5	2	210
4	3,15	2	52	19	12,5	1	185
5	4	1	51	20	3	2	38
6	4	2	67	21	3	1	44
7	5	1	64	22	3,5	2	45
8	5	2	84	23	3,5	1	52
9	6,3	1	80	24	3,5	2	59
10	6,3	2	106	25	6	1	76
11	8	1	134	26	6	2	89
12	8	2	102	27	6	1	100
13	10	2	127	28	12	2	152
14	10	1	168	29	12	1	202
15	10	1	148	30	12	1	178

Таблица 6.4 — Параметры нарезаемых червячных колес

№ варианта	С радиальной подачи			С тангенциальной подачи			Режимы резания
	m , мм	z	S	m , мм	z	S	v , м/мин
1	2,5	28	0.06	2,5	29	0.075	16
2	2,5	29	0.12	2,5	34	0.15	16
3	3,15	38	0.18	3,15	43	0.225	17
4	3,15	37	0.24	3,15	53	0.30	17
5	4	36	0.30	4	78	0.375	18
6	4	35	0.36	4	72	0.45	18
7	5	41	0.42	5	42	0.525	19
8	5	43	0.48	5	44	0.60	18
9	6,3	60	0.60	6,3	61	0.75	20
10	6,3	63	0.72	6,3	62	0.90	20
11	8	37	0.06	8	38	0.075	16

Окончание таблицы 6.4

№ варианта	С радиальной подачей			С тангенциальной подачей			Режимы резания
	m , мм	z	S	m , мм	z	S	v , м/мин
12	8	39	0.12	8	36	0.15	17
13	10	40	0.18	10	41	0.225	18,5
14	10	42	0.24	10	43	0.30	19,5
15	10	56	0.30	10	57	0.375	20,5
16	8	53	0.36	8	59	0.45	21,5
17	12,5	62	0.42	12,5	75	0.525	22,5
18	12,5	61	0.48	12,5	65	0.60	23,5
19	12,5	60	0.60	12,5	76	0.75	24,5
20	3	31	0.72	3	28	0.90	16,1
21	3	41	0.06	3	33	0.075	16,2
22	3,5	31	0.12	3,5	32	0.15	17,6
23	3,5	29	0.18	3,5	48	0.225	18,1
24	3,5	27	0.24	3,5	50	0.30	19,3
25	6	31	0.30	6	60	0.375	20,8
26	6	30	0.42	6	69	0.45	19,8
27	6	29	0.48	6	44	0.525	24,7
28	12	28	0.60	12	71	0.60	23,2
29	12	76	0.72	12	79	0.75	21,1
30	12	80	0.30	12	77	0.90	22,4

Примечание: подача за 1 оборот стола, мм

6.9 Вопросы для самопроверки

1. В чем состоит сущность метода нарезания зубчатых колес методом обката (огибания)?
2. Почему при настройке гитары деления не допускается приближенный подбор шестерен?
3. В чем заключается преимущество метода обката?
4. Как определить угол поворота фрезы относительно оси заготовки при нарезании винтового зуба?
5. Из-за чего может возникнуть погрешность угла наклона зуба колеса при нарезании косозубого колеса?

6. Какие движения согласовывает гитара: а) деления; б) подач; в) дифференциала?

6.10 Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Основные сведения о станке: наименование; модель.
3. Таблица данных для настройки и наладки станка.

Таблица 6.5 — Данные для настройки

Нарезаемая шестерня		Червячная фреза	
Число зубьев, Z_k		Число заходов, k	
Модуль нормальный m_n , мм		Осевой модуль m_{oc} , мм	
Угол наклона зубьев, β , град.		Угол подъема винтовой линии ω , град.	
Направление зубьев		Направление винтовой линии	

Расчет требуемого числа оборотов фрезы, подбор сменных шестерен гитары, схема гитары, проверка сцепляемости шестерен.

Проверка допустимой скорости резания.

Расчет передаточного отношения гитары подач, подбор шестерен, схема, проверка сцепляемости шестерен.

Расчет передаточного отношения гитары обката, подбор шестерен, схема, проверка сцепляемости шестерен.

Расчет передаточного отношения гитары дифференциала, подбор шестерен, схема, проверка сцепляемости шестерен.

Определение погрешности $\Delta\beta$ угла наклона зубьев по выбранным числам зубьев шестерен и сопоставление значений с требованиями ГОСТ, расчетная схема.

Схема взаимного расположения фрезы и заготовки.

Заключение о фактических параметрах нарезанного зубчатого колеса.

Лабораторная работа № 7

Кинематика металлорежущих станков

Цель работы: изучение кинематических схем металлорежущих станков.

Задача. По кинематической схеме станка проанализировать кинематические цепи движений формообразования в соответствии с вариантами, приведенными в таблице 7.2. Ответ оформить в виде таблицы, содержащей графы: обеспечиваемое движение, расчетные перемещения, уравнение кинематического баланса.

Пример выполнения задания

Проанализировать кинематические цепи зубодолбежного станка 5В150, кинематическая схема которого представлена на рисунке 7.1, и составить необходимые уравнения перемещений и кинематического баланса (таблица 7.1).

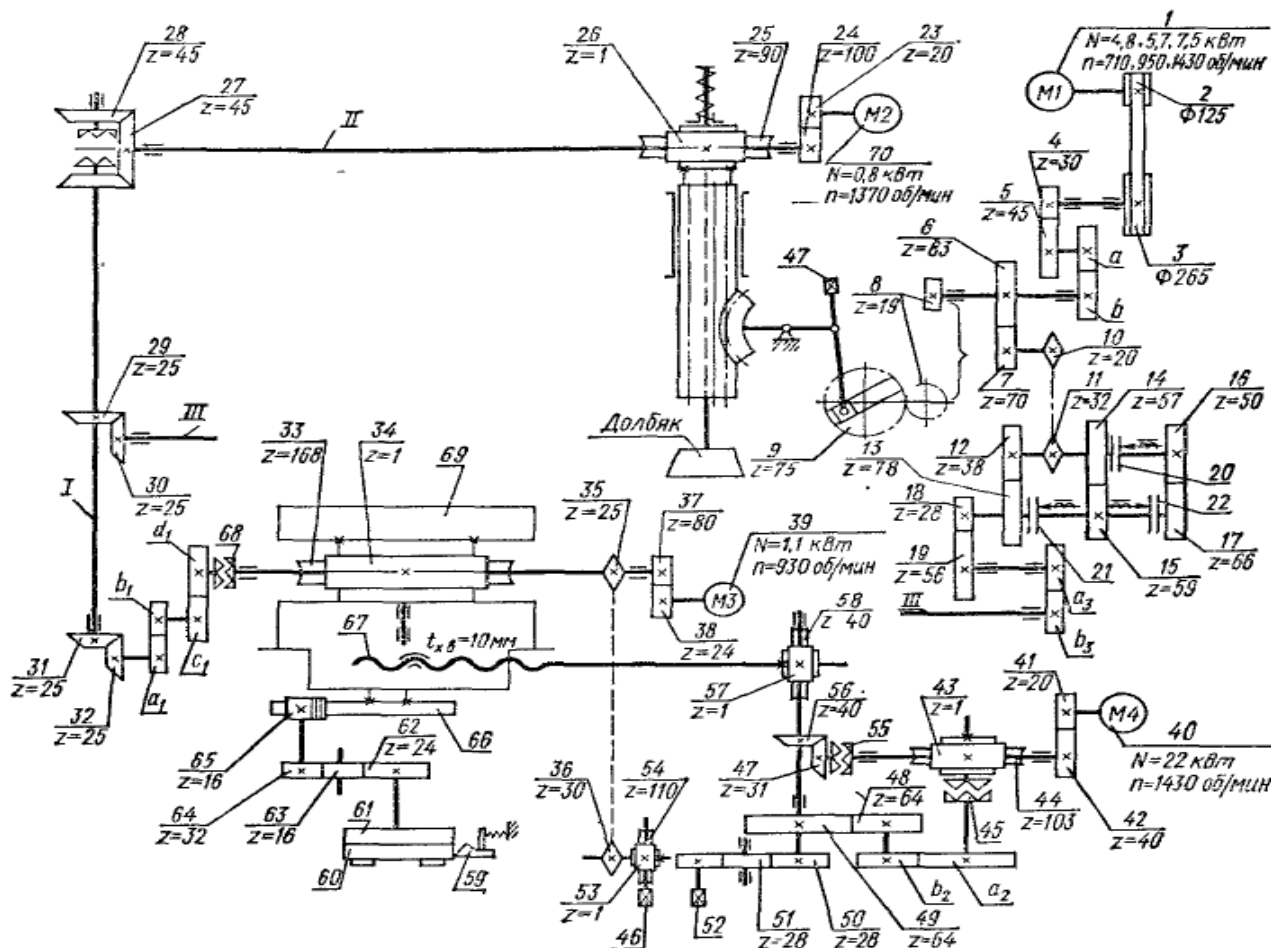


Рисунок 7.1 — Кинематическая схема станка 5В150

Таблица 7.1 — Пример задания

Обеспечиваемое движение	Расчетные перемещения	Уравнение кинематического баланса
Число двойных ходов	$n_{эл} \text{ об/мин} \rightarrow n_{ф} \text{ об/мин}$	$n_{дв.х} = 710 \frac{125}{265} 0,98 \frac{30}{45} \frac{19}{b} \frac{1}{75}$
Обеспечиваемое движение	Расчетные перемещения	Уравнение кинематического баланса
Радиальная подача	$n_{дв} \text{ об/мин} \rightarrow S_p \text{ мм/дв.ход}$	$S_{рад} = 1430 \frac{20}{40} \frac{1}{103} \frac{a_2}{b_2} \frac{64}{64} \frac{1}{40} 10 \text{ мм/мин}$

Окончание таблицы 7.1

Обеспечиваемое движение	Расчетные перемещения	Уравнение кинематического баланса
Круговая подача	1 дв.ход ползуна $\rightarrow S$ мм/дв.ход	$1_{\text{дв.х}} = \frac{75}{19} \frac{83}{70} i_{\text{кп}} \frac{a_3}{b_3} \frac{25}{25} \frac{45}{45} \frac{1}{90} \pi_d = S$
Цепь обката	$\frac{1}{Z_d}$ об.долбяка $\rightarrow \frac{1}{Z}$ об.заготовки	$\frac{1}{Z_d} \frac{90}{1} \frac{45}{45} \frac{25}{25} \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} \frac{1}{168} = \frac{1}{Z}$

Таблица 7.2 — Варианты заданий

Вариант	Станки	Вариант	Станки
1	5М32А; 16К20	16	5К328А; 2А450
2	514; 6М82	17	5А312; 6Р82Ш
3	5Г23В; 1А730	18	5К301; 6Н81
4	5С280П; 5714	19	561; 2450
5	5К324; 6Б12	20	5350Б; 5Б63
6	5250; 5К63	21	5Е32; 1П326
7	Е39А; 5822	22	5А12; 6М83Ш
8	525; 3Б724	23	5Д32; 3Д756
9	5140; 6М80Г	24	1А341; 6605
10	5Б150; 1П325	25	5К324А; 2Н57
11	5230; 1811	26	5К324; 6М82
12	543; 3772	27	5Г23В; 1И611П
13	5М14; 5702	28	5М32А; 1П365А
14	525; 1240-6	29	5140; 1М63
15	526А; 3724	30	5С280П; 6Б12

Рекомендуемая литература

1. Тепинкичиев, В. К. Металлорежущие станки / В. К. Тепинкичиев. — Москва : Машиностроение, 1973. — 472 с.
2. Колев, Н. С. Металлорежущие станки : учебное пособие для вузов / Н. С. Колев [и др.] — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 1980. — 500 с.