Энгельсский технологический институт

Стекольников М.В.

Изучение и настройка металлорежущих станков.

Методические указания к практическим работам 3,4
по курсу «Металлорежущие станки»
для студентов направления

(15.03.05) «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2026

ВВЕДЕНИЕ

Цель лабораторных работ – изучение управления, кинематики, настройки и наладки станков на типовую обработку.

Исходными данными на настройку и наладку станка являются рабочие чертежи обрабатываемых деталей, их основные размеры, технические условия и режимы обработки, которые приведены в задании.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Каждый учащийся, предварительно получив задание и приступив к выполнению работы, обязан:

1. Ознакомиться с заданием, управлением, кинематикой и конструкцией станка.
2. Ознакомиться с установкой и креплением инструментов и приспособлений на станке.
3. Произвести необходимые расчеты на типовую обработку по заданию руководителя.
4. Настроить и наладить станок на обработку детали по заданию.
5. Совместно с преподавателем или лаборантом обработать деталь.
6. Выполнить необходимые измерения и определить погрешность обработки.
7. Дать заключение.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Включение металлорежущих станков производятся с разрешения преподавателя и в присутствии учебного лаборанта.
2. При работе на станке необходимо надевать спецодежду, защитные очки, удобный головной убор.

Практическая работа 3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 16К20

Станок предназначен для выполнения разнообразных токарных работ: нарезания правой и левой метрической, дюймовой, модульной и питчевой одно- и многозаходных резьб с нормальным и увеличенным шагом; нарезания торцевой резьбы и т.д. Станок 16К20 – это базовая модель, изготовляемая с расстояниями между центрами 710, 1000, 1400 и 2000 мм. Станок имеет широкие технологические возможности, на нем можно обрабатывать детали как из незакаленной, так и закаленной стали, а также труднообрабатываемых материалов.

Характеристика станка

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной, мм 400
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом, мм 220
Диаметр отверстия шпинделя, мм 52
Число значений частот вращения шпинделя 24
Частота вращения шпинделя, об/мин 12,5-1600
Подачи на один оборот шпинделя, мм

- продольные ..... 0,05 - 2,8
- поперечные ..... 0,025 - 1,4

Шаг нарезаемой резьбы:

- метрической, мм 0,5-112
- дюймовой (число ниток на 1") 56-0,25
- питчевой, питч 56-0,25
- модульной, модуль 0,5-112

Мощность электродвигателя, кВт 10
Габаритные размеры, мм ..... (2795-3195)х 1198х1500

Кинематическая схема станка 16К20 показана на рис. 1. Рассмотрим основные движения, совершаемые рабочими органами станка

Главное движение – вращение шпинделя с заготовкой. Вращение передается от электродвигателя М (N = 10 кВт; n = 1400 об/мин) через клиноременную передачу $\frac{140}{268}$ и коробку скоростей. Муфта $М_1$ служит для включения, выключения и изменения направления вращения шпинделя. Движение от электродвигателя на шпиндель может передаваться по двум кинематическим цепям:

а) по короткой цепи (без перебора), что дает 12 высших ступеней частот вращения шпинделя:

$$n_{шп} = 1400\ \frac{140}{268} 0{,}985\ \frac{51}{39}(или\frac{56}{34}) - \frac{21}{55}(или\frac{29}{47}, или\frac{38}{38}) \times \frac{30}{60}(или\frac{60}{48})\ \text{об/мин},$$

б) по длинной цепи (с перебором), что дает еще 12 частот вращения:

$$n_{шп} = 1460\frac{140}{268} \times 0{,}985\frac{51}{39}(или\frac{56}{34}) \times \frac{21}{55}(или\frac{29}{47},\ или\frac{38}{38}) \times \frac{15}{60}(или\frac{45}{45}) \times \frac{18}{72} \times \frac{30}{60}\ \text{об/мин}.$$

Таким образом, шпиндель станка получает 24 значения частот вращения (см. рис. 2).

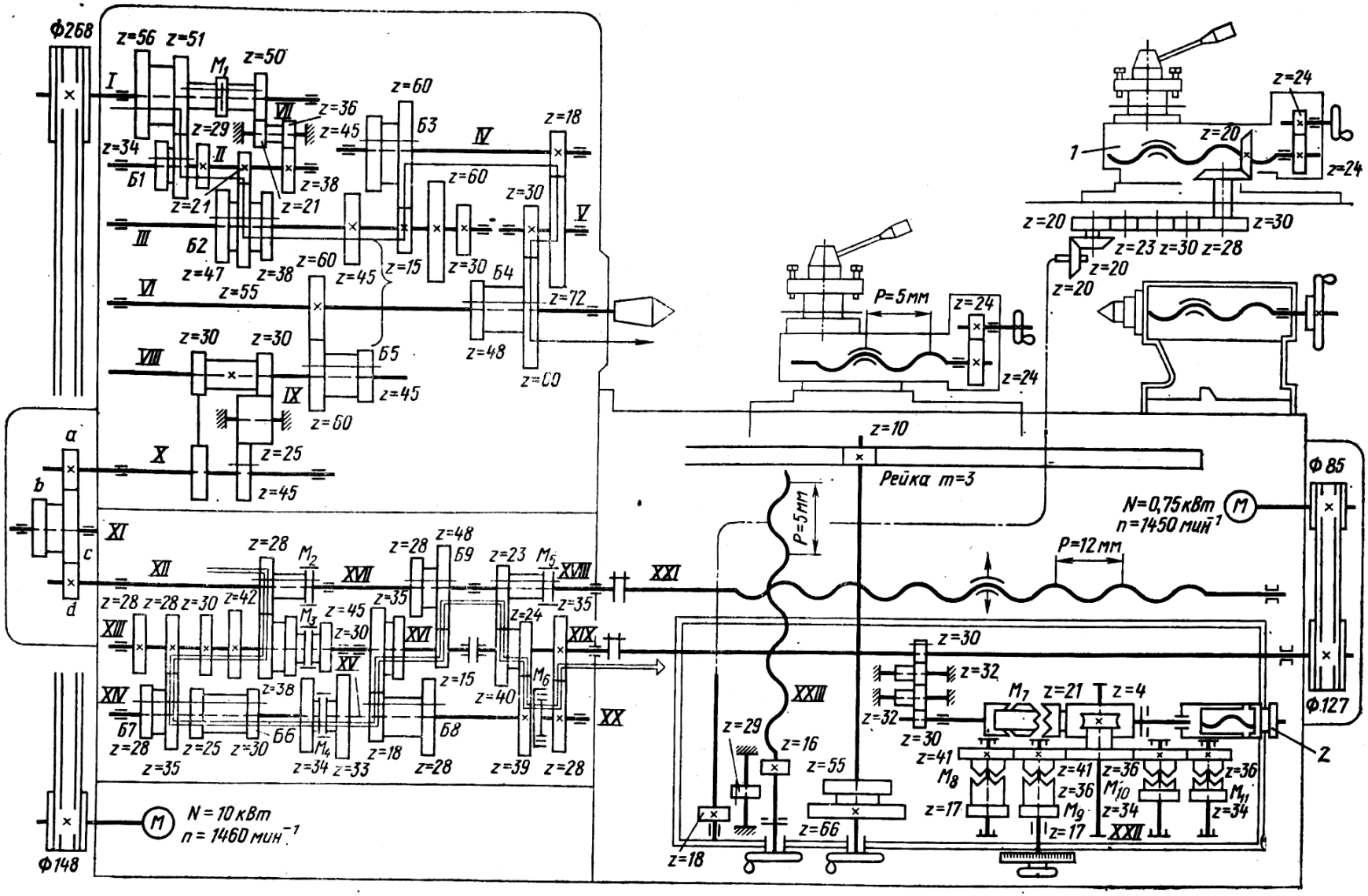


Рис. 1. Кинематическая схема токарно-винторезного станка модели 16К20

Регулируемые звенья станка настраивают на основе уравнения кинематического баланса, выражающего математическую связь между движениями начального и конечного звеньев рассматриваемой кинематической цепи. Так, уравнение кинематического баланса привода главного движения станка имеет вид

$$n_{шп} = n_{эл} \cdot i_{пост} \cdot i_{к.с.} \cdot \eta ,$$

где $n_{шп}$ и $n_{эл}$ частоты вращения соответственно шпинделя и электродвигателя, об/мин;

$i_{пост}$ – передаточное отношение всех постоянных передач данной кинематической цепи;

$i_{к.с.}$ – передаточное отношение коробки скоростей;

η – коэффициент проскальзывания ременной передачи.

Станок должен быть настроен на заранее подобранную по режимам резания частоту вращения. Максимальная частота вращения шпинделя (при работе без перебора)

$$n_{\max} = 1460 \cdot 0{,}985 \frac{140}{268} \cdot \frac{56}{34} \cdot \frac{38}{38} \cdot \frac{60}{48} = 1600 \text{ об/мин;}$$

минимальная (при работе с перебором)

$$n_{\min} = 1460 \cdot 0{,}985 \cdot \frac{140}{268} \cdot \frac{51}{39} \cdot \frac{21}{55} \cdot \frac{15}{60} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} = 12{,}5 \text{ об/мин.}$$

Привод подач состоит из звена увеличения шага, механизма реверса, гитары сменных колес, коробки подач и механизма передач фартука.

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

$$i_1 = \frac{60}{30} = 2;\ i_2 = \frac{60}{30} \cdot \frac{72}{18} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} = 8;\ i_3 = \frac{60}{30} \cdot \frac{72}{18} \cdot \frac{60}{50} \cdot \frac{45}{45} = 32.$$

Для изменения направления вращения ходового винта служит реверсивный механизм. Правое вращение винта производится через пару зубчатых колес $\frac{30}{45}$, левое – через передачу $\frac{30}{25} \cdot \frac{25}{45}$. Дальше вращение передается сменным зубчатым колесам гитары, которая имеет две

комбинации сменных колес: передача $\frac{K}{L}\cdot\frac{L}{N}=\frac{40}{86}\cdot\frac{86}{64}$ применяется при нарезания метрических и дюймовых резьб и для подачи по ходовому валу, а передача $\frac{K}{M}\cdot\frac{L}{N}=\frac{60}{73}\cdot\frac{86}{36}$ – для нарезания модульных и питчевых резьб.

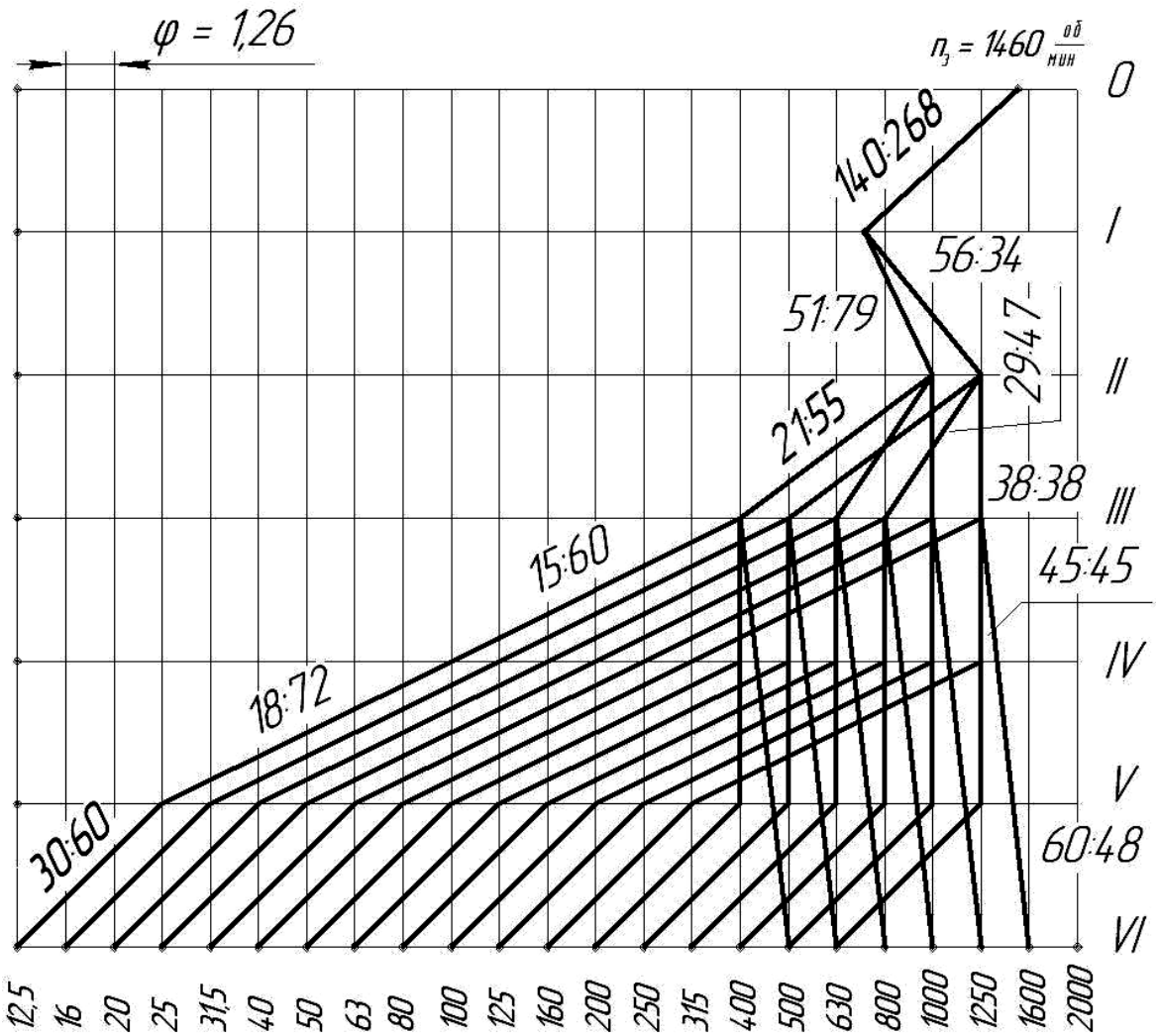


Рис. 2. График частот вращения шпинделя станка 16К20.

Коробка подач имеет две основные кинематические цепи. Одна цепь служит для нарезания дюймовых и питчевых резьб (6 вариантов):

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

Другая цепь предназначена для нарезания метрических и модульных резьб (6 вариантов):

$$\frac{28}{28}\cdot\frac{30}{25}(или\frac{42}{30},или\frac{20}{35},или\cdot\frac{28}{28})\cdot\frac{18}{45}(или\frac{28}{35})\cdot\frac{15}{48}(или\frac{35}{28}).$$

В первом случае ходовой винт получает движение, когда муфта M_2, M_3 и M_4, выключены, а муфтаM_5 включена. Во втором случае муфта M_2 выключена, а муфты M_3, M_4 и M_5 включены. Вторую кинематическую цепь используют также для получения продольной или поперечной подачи, при этом вращение на ходовой вал передается через зубчатые колеса $\frac{23}{24}\cdot\frac{24}{39}\cdot\frac{28}{35}$, муфта M_5 выключена.

При нарезании резьбы с повышенной точностью движение на ходовой винт передается напрямую, т.е. коробка подач отключена, а муфты M_2 и M_5 включены. Аналогично нарезают специальные резьбы. В обоих случаях резьбу на требуемый шаг настраивают подбором сменных зубчатых колес гитары.

Коробка подач станка состоит из основной и множительной передач. Основная передача дает возможность получать основной ряд стандартных резьб, множительная передача предназначена для увеличения (в 4 раза) количества нарезаемых на станке стандартных резьб.

Нарезание резьб. Уравнения кинематических цепей от шпинделя к ходовому винту при нарезании резьбы составляют из условия, чтобы за один оборот шпинделя суппорт с резцом переместился вдоль оси заготовки на величину шага P нарезаемой резьбы (при однозаходной резьбе).

Для нарезания **метрической резьбы** со стандартами шагом P_P (в этом случае передача к коробке подач осуществляется непосредственно от шпинделя, минуя звено увеличения шага). Уравнение кинематической цепи от шпинделя к ходовому винту имеет следующий вид

$$I_{об.шп.} = \frac{60}{60}\cdot\frac{30}{45}\cdot\frac{40}{86}\cdot\frac{86}{64}\cdot\frac{28}{28}\cdot\frac{30}{25}(или\,\frac{42}{30}, или\,\frac{28}{35},\ или\,\frac{28}{28})\times$$
$$\times\frac{18}{45}(или\,\frac{28}{35})\cdot\frac{15}{48}(или\,\frac{35}{28})\cdot 12 = P_P.$$

Для нарезания **дюймовой резьбы** с шагом P_p (шаг дюймовой резьбы $P_p = \frac{25{,}4}{k}$ мм, где k – число ниток на 1") уравнение кинематической цепи имеет вид

$$I_{об.шп.} = \frac{60}{60}\cdot\frac{30}{45}\cdot\frac{40}{86}\cdot\frac{86}{64}\cdot\frac{28}{28}\cdot\frac{38}{34}\cdot\frac{25}{30}(или\,\frac{30}{42}, или\,\frac{35}{28}, или\,\frac{28}{28})\times$$
$$\times\frac{30}{33}\cdot\frac{18}{45}(или\,\frac{28}{35})\cdot\frac{15}{48}(или\,\frac{35}{28})\cdot 12 = P_P.$$

Для нарезания **модульной резьбы** с шагом P_P (шаг модульной резьбы $P_P = \pi \cdot m$ мм, где m – модуль, мм) уравнение кинематической цепи имеет вид

$$I_{об.шп.} = \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{60}{73} \cdot \frac{86}{36} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{30}{25} (или \frac{42}{30}, или \frac{28}{35}, или \frac{28}{28}) \times$$
$$\times \frac{18}{45} (или \frac{28}{35}) \cdot \frac{15}{48} (или \frac{35}{28}) \cdot 12 = P_P.$$

Для нарезания **питчевой резьбы** с шагом P_P (шаг питчевой резьбы $P_P = \pi \cdot \frac{25{,}4}{П}$ мм) уравнение кинематической цепи будет

$$I_{об.шп.} = \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{60}{73} \cdot \frac{86}{36} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{38}{34} \cdot \frac{25}{30} (или \frac{30}{42}, или \frac{35}{28}, или \frac{28}{28}) \times$$
$$\times \frac{30}{33} \cdot \frac{18}{45} (или \frac{28}{35}) \cdot \frac{15}{48} (или \frac{35}{28}) \cdot 12 = P_P.$$

Питч является расчетной величиной зубчатых зацеплений, принятой в странах, сохранивших измерение длин в дюймах. Диаметральный питч «П» указывает число зубьев зубчатого колеса, приходящихся на один дюйм диаметра его начальной окружности.

Уравнение кинематической цепи от шпинделя к ходовому винту для нарезания резьбы повышенной точности с шагом P_P имеет вид

$$I_{об.шп.} = \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{K}{L} \cdot 12 = P_P, \text{ откуда } \frac{K}{L} \cdot \frac{M}{N} = \frac{P_P}{8}.$$

Резьбу с большим шагом нарезают, используя звено увеличения шага, т.е. передача движения от шпинделя в этом случае осуществляется не через передачу $\frac{60}{60}$, а через звено увеличения шага в коробке скоростей.

Механизм фартука. От ходового вала вращение через передачу $\frac{30}{32}, \frac{32}{32}, \frac{32}{30}$, предохранительную муфту M_{11} и червячную пару $\frac{4}{21}$ передается зубчатому колесу z = 36. От этого зубчатого колеса движение на реечное колесо z_P = 10 для осуществления продольной подачи (правой

или левой) происходит через передачи $\frac{36}{41},\frac{17}{66}$ (включена муфта M_8) или $\frac{36}{41},\frac{41}{41},\frac{17}{66}$ (включена, муфта M_7). Поперечная подача (правый или левый ход) включается муфтой M_9 или M_{10}. При этом движение винту поперечной подачи передается через передачу $\frac{36}{36},\frac{34}{55},\frac{55}{29},\frac{29}{16}$ (муфта M_9 включена) или $\frac{36}{36},\frac{36}{36},\frac{34}{36},\frac{55}{29},\frac{29}{16}$ (муфта M_{10} включена).

Наличие в коробке подач муфты обгона M_6 позволяет сообщить суппорту ускоренное движение от вспомогательного электродвигателя без выключения рабочей подачи.

Кинематическая цепь подачи, связывающая шпиндель с ходовым валом, должна обеспечивать за один оборот шпинделя перемещение суппорта на величину подачи S. Следовательно, уравнение кинематического баланса для этой цели имеет вид:

$$I_{об.шп.} \cdot i_{пост} \cdot i_{рев} \cdot i_{гит} \cdot i_{к.п.} \cdot i_{ф} \cdot \pi \cdot m \cdot z_P = S \text{ мм/об},$$

где $i_{пост}, i_{рев}, i_{гит}, i_{к.п.}, i_{ф}$ – передаточные отношения, соответственно постоянной передачи, реверсивного механизма, гитары сменных колес, коробки подач и механизма фартука; m – модуль реечного колеса; z – число зубьев реечного колеса. Общее уравнение кинематической цепи прямых продольных подач при положении блоков зубчатых колес, показанных на кинематической схеме,

$$I_{об.шп.} = \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{36} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{30}{25} (или \frac{42}{30}, или \frac{28}{35}, или \frac{28}{28}) \cdot \frac{48}{45} (или \frac{28}{35}) \cdot \frac{15}{48} (или \frac{35}{28}) \times$$
$$\times \frac{23}{40} \cdot \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{32}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{41} \cdot \frac{17}{66} \cdot \pi \cdot 10 \cdot 3 = S \text{ мм/об.}$$

Вспомогательные движения – быстрые перемещения суппорта в продольном и поперечном направлениях осуществляются от отдельного электродвигателя (N = 1 кВт; n = 1360 об/мин), расположенного с правой стороны станины станка.

ЗАДАНИЕ.

Составить уравнения кинематических цепей станка, необходимых для обработки резьбы с параметрами, указанными в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные для выполнения задания

№	Наименование Резьбы	Обозначение и диаметр резьбы	Шаг резьбы	Число заходов	Скорость резания для ст. 45 м/мин
1	Метрическая	М3	1,25	1	32
2	Дюймовая	¾” (19мм)	18”1”	1	30
3	Модульная	m=4(50 мм)		5	20
4	Метрическая	М6	1	1	34
5	Трубная	½”(21 мм)	14”1”	1	32
6	Метрическая	М10	1,5	1	34
7	Дюймовая	7/8”(22 мм)	9”1”	1	32
8	Трапецеидальная	Трап. 40К6	6	1	48
9	Модульная	m=1 (20 мм)		2	32
10	Метрическая	М14	1,5	1	30
11	Метрическая	М12	1,75	1	30
12	Трапецеидальная	Трап. 16×4	4	1	40
13	Дюймовая	1”(25,4 мм)	8”1”	1	32
14	Модульная	m=1,5 (25 мм)		3	40
15	Трапецеидальная	Трап. 26×5	5	1	32
16	Метрическая	М16	2.0	1	32
17	Дюймовая	11/4” (3,17мм)	7 ”1 ”	1	32
18	Модульная	m=2 (30 мм)		2	35
19	Трапецеидальная	Трап. 32×6	6	1	40
20	Метрическая	М16	2.0	1	
21	Метрическая	М14	3	1	32
22	Трапецеидальная	Трап. 46×8	8	1	40
23	Модульная	m=3 (40 мм)		4	35
24	Метрическая	М14	1.25	1	32
25	Метрическая	М26	1.5	1	32
26	Метрическая	М24	2	1	32
27	Метрическая	М36	3	1	32
28	Метрическая	М56	4	1	40

Практическая работа 4

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКА ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 532

Назначение станка 532

Станок предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес с прямыми и винтовыми зубьями, а также для нарезания звездочек роликовых цепей, шлицевых валов небольшой длины в условиях серийного и крупносерийного производства. Станок работает по автоматическому циклу и может быть встроен в автоматическую линию по производству зубчатых колес.

Характеристика станка

Наибольший диаметр нарезаемых колес, мм 750
Наибольший нарезаемый модуль, мм 6
Наибольший угол наклона зубьев нарезаемых колес, град ..... ±60°
Наибольший вертикальный ход фрезы, мм 260
Осевое перемещение фрезы, мм 250
Частота вращения шпинделя, об/мин 47–150
Подача:
- вертикальная фрезы, мм/об 0,25–4,0
- радиальная фрезы, мм/об 0,105–1,68
Мощность главного электродвигателя, кВт 3,2
Габаритные размеры, мм 1885x1158x1950

Станок модели 532 работает по методу обкатки. Инструментом является червячная фреза на оправке в шпинделе фрезерного суппорта. Заготовка или комплект обрабатываемых заготовок устанавливается на оправке в шпинделе станка.

Нарезание цилиндрических колес с прямыми зубьями. При нарезании прямозубых колес в станке должно быть получено движение обкатки – сложное движение, состоящее из взаимно связанных вращений фрезы и заготовки и являющееся движением скорости резания, а также вертикальные перемещения суппорта с фрезой – движения подачи. Отдельного движения деления не требуется, т. к. деление осуществляется в результате движения обкатки, поэтому кинематическая цепь, связывающая фрезу и заготовку, называется делительной цепью.

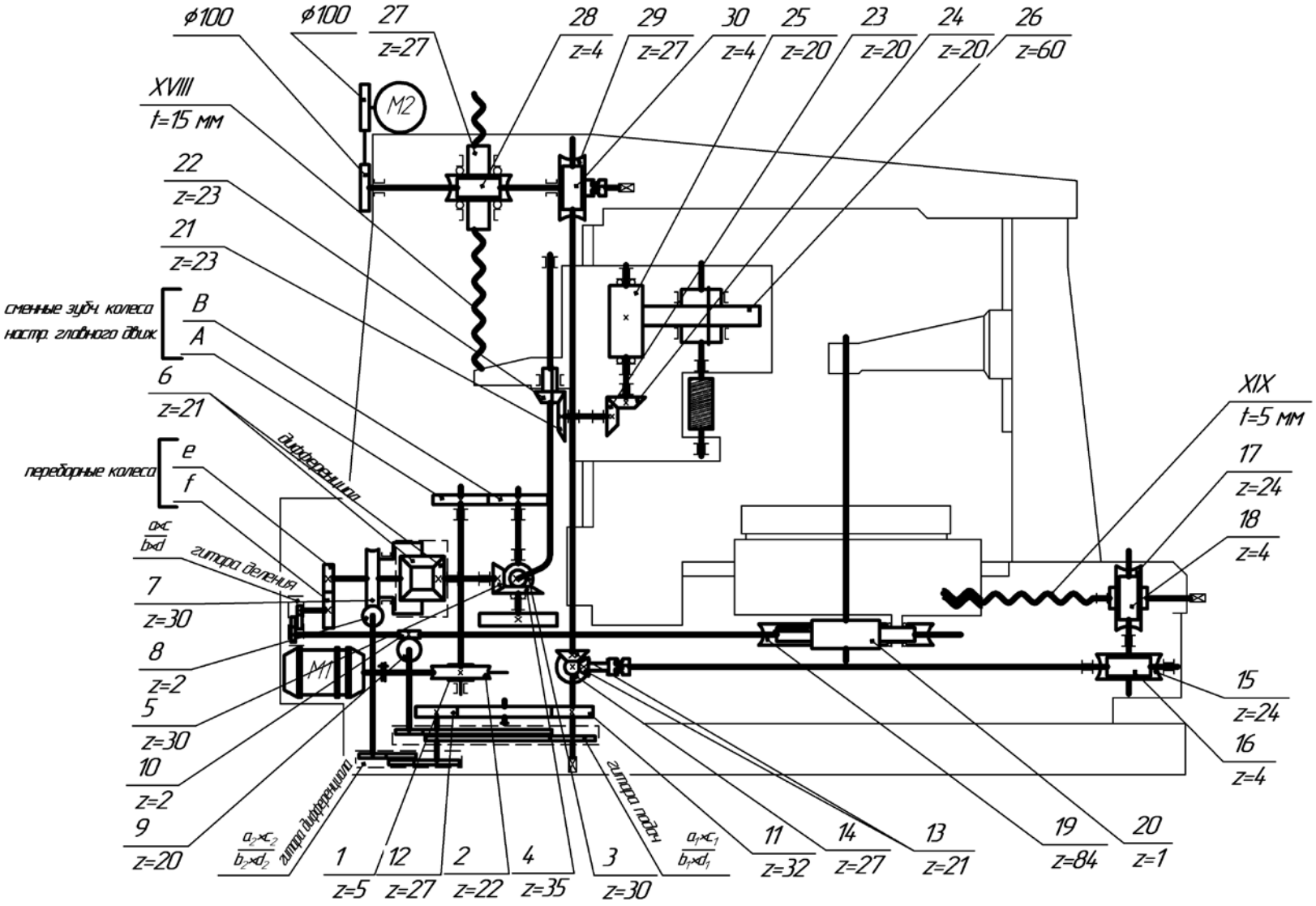


Рис. 3. Кинематика станка 532

Согласование перемещений исполнительных механизмов станка производится путем настройки его кинематических цепей. Ниже описаны состав и порядок настройки кинематических цепей станка (рис.1).

Цепь главного движения. От электродвигателя мощностью 3,2 кВт и числом оборотов n = 1440 об/мин вращение сообщается через эластичную муфту червячной передаче 1–2 и передается через сменные колеса А и В настройки скоростей и конические колеса 3–4 на вертикальный вал IV. Конические колеса 21–22, смонтированные в каретке суппорта, передают вращение через конические колеса 23–24, а цилиндрические колеса с косыми зубьями 25–26 – фрезерному шпинделю VII. Меняя сменные колеса А и В гитары скоростей, можно сообщить шпинделю семь скоростей.

Расчетные перемещения для цели скорости резания, связывающей электродвигатель с фрезой

n об/мин электродвигателя → n об/мин фрезы.

Уравнение кинематического баланса скорости резания имеет вид

$$1440 \cdot \frac{5}{22} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{60} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{фр}} = n_{фр},$$

где А и В – числа зубьев сменных колес гитары скоростей.

Теперь можно записать формулу для настройки скоростной цепи:

$$i_{ск} = \frac{A}{B} = \frac{n_{фр}}{109{,}01},$$

где $i_{ск}$ – передаточное отношение сменных колес гитары скоростей.
По диаграмме выбора сменных колес принимаем ближайшие значение $i_{ск}$.

Делительная цепь. От вертикального вала IV через конические колеса 4–5, дифференциал 6, сменные колеса e и f и сменные колеса a, b, c и d вращение передается на вал IX, на котором скользит по шпонке червяк 20, сцепляющийся с делительным колесом 19 стола.

Делительная цепь настраивается подбором сменных колес $\frac{a_1}{b_1} = \frac{c_1}{d_1}$. За один оборот фрезы заготовка должна совершать $\frac{q}{z}$ оборотов (q – число заходов фрезы), Расчетные перемещения делительной цепи

1 оборот фрезы → $\frac{q}{z}$ оборотов заготовки.

Следовательно, уравнение кинематического баланса для делительной цепи имеет вид

$$1\,об\ \ фрезы \cdot \frac{60}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{35}{30} \cdot \left(i_{диф} = 1\right) \cdot \left(\frac{e}{f} = \begin{cases} 36/36, & z \le 161 \\ 24/48, & z > 161 \end{cases} \right) \cdot \left(\frac{a \cdot c}{b \cdot d} \right) \cdot \frac{1}{84} = \frac{q}{z},$$

откуда $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24 \cdot q}{z}$ (для z < 161) и $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48 \cdot q}{z}$ (для z > 161).

Цепь вертикальной подачи фрезы. От вала IX вращение передается через червячную передачу 10–9 на вал X, затем через сменные колеса a_1, b_1, c_1, d_1 гитары подач, вал XI, конические колеса 14–13, вертикальный вал VIII, червячную передачу 30–29, вал XVII и вторую червячную передачу 28–27, откуда движение передается на гайку винта вертикальной подачи суппорта.

Расчетные перемещения цепи вертикальной подачи.

1 об заготовки →S мм вертикального перемещения фрезы.

Уравнение кинематического баланса цепи вертикальной подачи

$$1\,об\ стола \cdot \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{20} \cdot \left(\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} \right) \cdot \frac{27}{21} \cdot \frac{4}{27} \cdot \frac{4}{27} \cdot \left(t_в = 15\ мм\right) = S_{верт}\ \text{мм/мин},$$

откуда: $i_в = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{9 \cdot S_в}{32}$.

Цепь радиальной подачи стола. От вала IX вращение передается через червячную передачу 10-9 на вал X; затем через сменные колеса a_1, b_1, c_1, d_1 гитары подач на вал XI, конические колеса 14-13, вал XXIV, зубчатую муфту, вал XXV и червячную пару 16-15 вращение передается на вал XVI; через червячную передачу 18-17 движение передается на винт XIX радиальной подачи стола.

Расчетные перемещения цепи радиальной подачи.

1 об заготовки →S мм радиального перемещения стола.

Уравнение кинематического баланса цепи радиальной подачи

$$1\,об\ стола \cdot \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{20} \cdot \left(\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} \right) \cdot \frac{27}{21} \cdot \frac{4}{24} \cdot \frac{4}{24} \cdot \left(t_в = 5\ мм\right) = S_{рад}\ \text{мм/мин},$$

откуда: $i_в = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{2 \cdot S_{рад}}{3}$.

Дополнительное вращение стола. От гитары дифференциала (ведущий вал гитары XII связан с валом XI цепи вертикальной подачи через зубчатые колеса 11–12 через червяк 8, червячное колесо 7, центральное коническое колесо дифференциала и сателлиты дифференциала 6) движение сообщается сменным колесам e и f, гитаре деления a, b, c, d, валу IX, червячной передаче 20–19 и столу с обрабатываемым колесом.

Для дополнительного вращения стола уравнение кинематического баланса имеет вид

$$\frac{m_n \cdot z \cdot \pi}{(t_в = 15) \cdot \sin\beta} \cdot \frac{27}{4} \cdot \frac{27}{4} \cdot \frac{21}{27} \cdot \frac{32}{27} \cdot \left(\frac{a_2 \cdot c_2}{b_2 \cdot d_2}\right) \cdot \frac{2}{30} \cdot \left(i_{диф} = \frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = 48 \cdot q/z\right) \cdot \frac{1}{84} = \pm 1$$

где m_n – нормальный модуль, мм,

β – угол наклона винтовой линии зуба.

После подстановки получим:

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{5{,}9683 \cdot \sin\beta}{m_n \cdot q}.$$

Передаточное отношение гитары дифференциала необходимо рассчитывать полностью с точностью до пятого знака. Сменные колеса гитар скорости фрезы, деления, подачи и дифференциала подбираются с помощью таблиц. При различных случаях направления винтовой линии зуба заготовки и винтовой линии червячной фрезы может потребоваться согласование направлений вращения фрезы, подачи суппорта и дополнительного вращения заготовки путем введения в состав гитар дополнительных (паразитных) колес.

При нарезании цилиндрических колес с прямыми зубьями червячная фреза вращается с частотой

$$n_{фр} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{фр}} \text{ об/мин},$$

где V – скорость резания,

$d_{фр}$ – наружный диаметр фрезы

Нарезаемая заготовка также получает вращение, которое должно быть точно согласовано с вращением фрезы. При нарезании прямозубых колес

за один оборот «q» заходной фрезы заготовка должна сделать $\frac{q}{z}$ оборотов. Для образования формы зубьев колеса по длине червячной фрезе одновременно с вращением сообщается движение подачи параллельно оси заголовки.

Червячную фрезу устанавливают следующим образом. При горизонтальном положении один из зубьев фрезы совмещают с центром стола для получения профиля зубьев. Это особенно важно при нарезании колес с малым числом зубьев и большим модулем, а в остальных случаях центрирование не обязательно. При фрезеровании прямозубых колес ось червячной фрезы должна быть наклонена пол углом λ подъема витков фрезы к торцевой плоскости заготовки (рис. 4 а, б).

Нарезание цилиндрических колес с винтовыми зубьями. В этом случае ось фрезы к торцу заготовки устанавливается под углом (рис. 4 в–е)

$$\omega = \beta \pm \lambda$$

где β - угол наклона зубьев нарезаемого колеса, град.

λ - угол подъема витка червячной фрезы, град.

Знак «+» в формуле соответствует разноименным направлениям винтовых линий зубьев нарезаемого колеса и фрезы, знак «-» одноименном направлениям.

Для получения винтовых зубьев необходимо за время опускания фрезы на величину шага «Т» винтовой линии зуба нарезаемого колеса сообщить заготовке один дополнительный оборот по ходу основного вращения или в противоположном направлении. Для сообщения дополнительного вращения заготовке в станке используется дифференциал (кинематическая цепь дополнительного вращения стола).

Таким образом, при нарезании цилиндрических колес с винтовыми зубьями необходимо произвести наладку станка (с применением диффренциала), исходя из следующих расчетных перемещений:

1. n об/мин электродвигателя → n об/мин фрезы.
2. 1 оборот фрезы → q/z оборотов заготовки.
3. 1 оборот заготовки → S мм вертикального перемещения фрезы.
4. 1 оборот заготовки → T мм вертикального перемещение фрезы.

Наладка первых трех кинематических цепей производится также, как наладка станка на нарезание прямозубых цилиндрических колес.

Схемы наладок для различных случаев нарезания прямозубых, червячных и косозубых колес приведены в табл. 2.

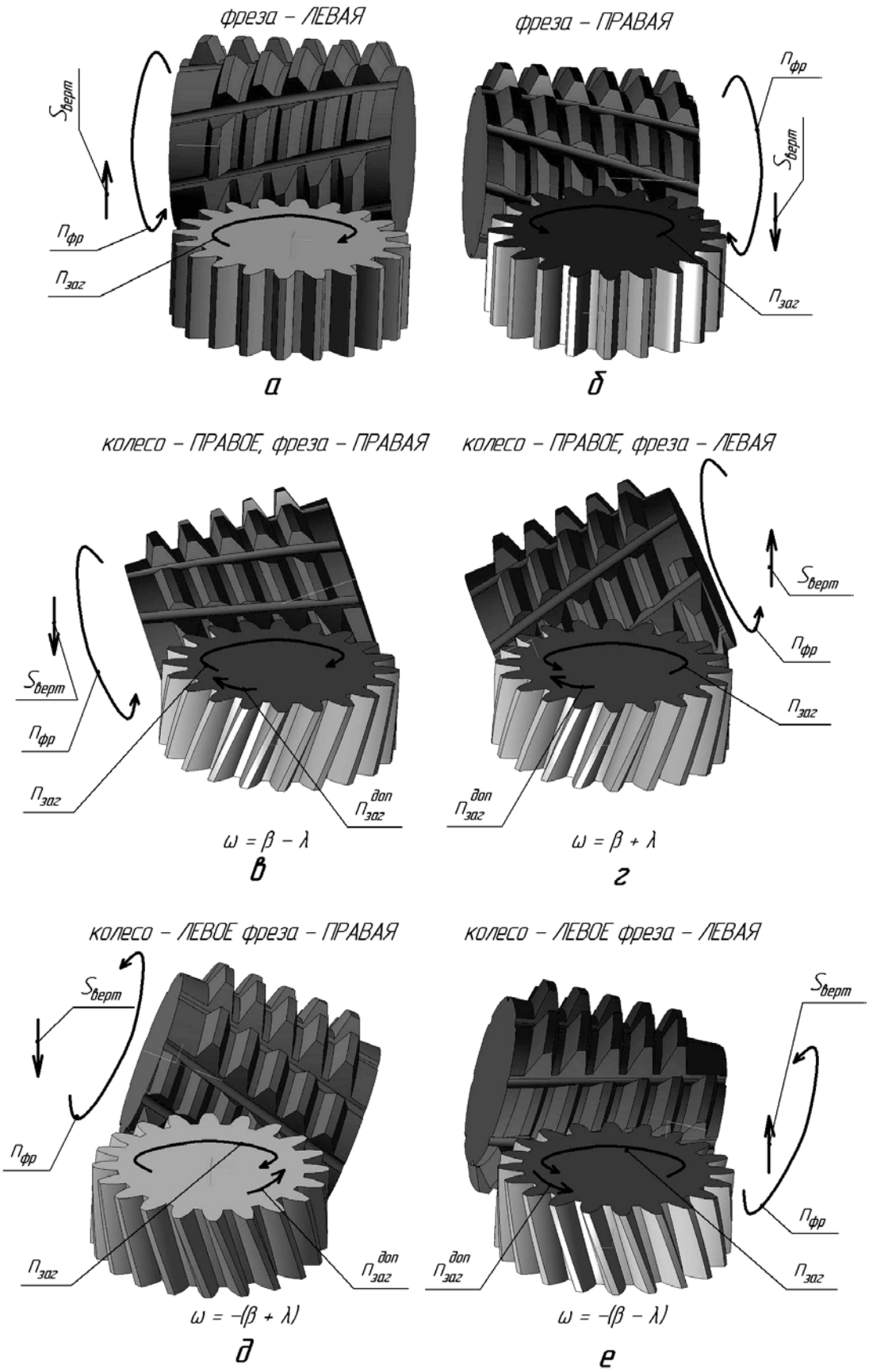


Рис. 4 Схемы наладки зубофрезерного станка при нарезании прямозубых и косозубых колес

Таблица 2

Наладка станка на обработку прямозубых, червячных и косозубых колес

Род колес	Фреза	Переключатель	Направление вращения стола и фрезы, установка фрезы	Зубчатые колеса e, f		Гитара деления		Гитара подач		Гитара дифференциала*	
				e/f=36/36	e/f=24/48	2 колеса	4 колеса	2 колеса	4 колеса	2 колеса	4 колеса
Прямозубые и червячные	правая	Вперед	рис. 4-а								
	левая		рис. 4-б								
Косозубые правые	правая	Вперед	рис. 4-в								
	левая		рис. 4-г								
Косозубые левые	правая	Назад	рис. 4-д								
	левая		рис. 4-е								

* - для червяных колес показано расположение сменных колес в гитаре подач.

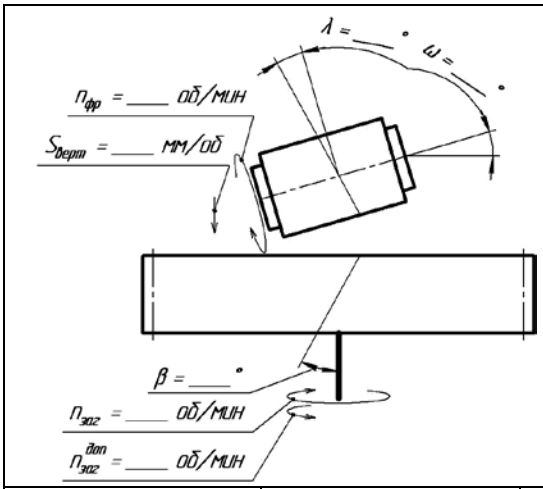
ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА

В состав отчета включаются:

1. Краткое описание технологических возможностей изучаемого станка.
2. Расчетные формулы для настройки кинематических цепей станка.
3. Схема наладки оборудования на нарезание зубчатого колеса в соответствии с индивидуальным заданием.
4. Рассчитанные значения передаточных отношений настроечных гитар станка и эскизы расположения сменных колес в гитарах с указанием подобранных чисел зубьев. Результат расчета оформить в виде табл. 3

Таблица 3

Параметры наладки станка.



Исходные данные		
Модуль, m_n	мм	
Число зубьев, z		
Угол наклона зубьев, β	град	
Ширина венца, b	мм	
Направление зубьев колеса		
Число заходов фрезы, q		
Угол подъема витков фрезы, λ	град	
Направление витков фрезы		
Диаметр фрезы, $d_{фр}$	мм	
Скорость резания, V	мм/мин	
Подача, $S_{верт}$	мм/об	

Сменные колеса A, B	Переборные колеса e, f	Гитара деления $\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}$	Гитара подач $\frac{a_1}{b_1}\cdot\frac{c_1}{d_1}$	Гитара дифференциала $\frac{a_2}{b_2}\cdot\frac{c_2}{d_2}$

Эскизы распложения колес в гитарах см. табл. 2

Таблица 4

Исходные данные для расчетов

№	Зубчатое колесо					Инструмент				Режим резания	
	m_n, мм	z	β^0, гр	b, мм	Направление зубьев	K	$d_{фр}$, мм	λ, гр.	Направление витков	S_B, мм/об	V, м/мин
1	2,0	110	10	20	левое	1	90	1,27	левое	1,25	20
2	4,0	115	15	-	правое -	2	125	1,83	левое	2,5	16
3	3,25	120	20	-	левое -	3	112	1,66	правое	1,75	25
4	1,75	125	25	-	правое -	1	80	1,25	правое	1,0	14
5	1,25	130	30	-	левое -	2	71	1,61	левое	1,0	12
6	2,25	130	20	20	правое	3	90	1,43	левое	1,75	30
7	3,5	85	25	-	левое -	1	112	1,79	правое	2,5	35
8	4,0	75	15	-	правое	2	125	1,83	правое	3,0	32
9	3,0	69	10	-	левое	3	112	1,53	левое	2,0	20
10	1,5	112	5	-	правое	1	80	1,07	левое	0,75	18

ИЗУЧЕНИЕ И НАСТРОЙКА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Руководство к практическим работам 3,4
по курсу «Металлорежущие станки»

Составил: Стекольников Максим Владимирович

Рецензент:
Редактор: