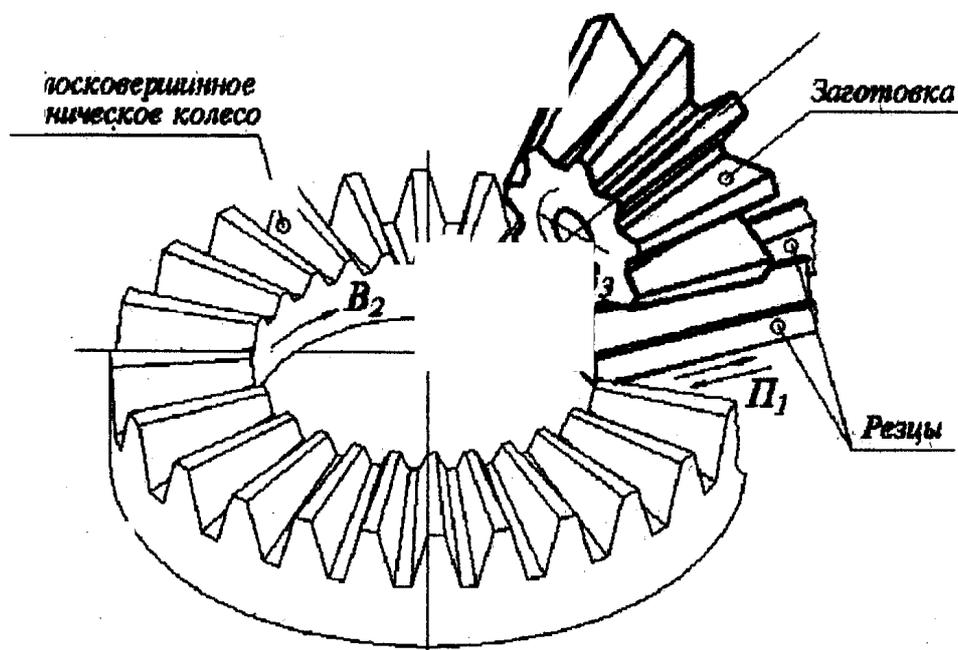


**НАЛАДКА И НАСТРОЙКА
ЗУБОСТРОГАЛЬНОГО СТАНКА
МОДЕЛИ 5236П ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ
ПРЯМОЗУБЫХ КОНИЧЕСКИХ КОЛЁС**



**НАЛАДКА И НАСТРОЙКА
ЗУБОСТРОГАЛЬНОГО СТАНКА
МОДЕЛИ 5236П ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ
ПРЯМОЗУБЫХ КОНИЧЕСКИХ КОЛЁС**

Лабораторная работа по курсу «Металлорежущие станки»
для студентов 3 – 5 курсов, обучающихся по специальности 151001
«Технология машиностроения» всех форм обучения, и
бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки 151000
«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств» и 150900 «Технология, оборудование и
автоматизация машиностроительных производств»



Тамбов
Издательство ТГТУ
2008

УДК 681.7.053.4
ББК К635.001.455я73-5
В172

Рекомендовано Редакционно-издательским советом ТГТУ

Рецензенты:

Кандидат технических наук, профессор
кафедры «Материалы и технология» ТГТУ

Г.А. Барышев

Начальник КБ редукторов ЗАО «Завод «Тамбовполимермаш»

К.С. Козлов

Составители:

В.А. Ванин, В.Х. Фидаров

В172 Наладка и настройка зубострогального станка для нарезания прямозубых конических колёс : лабораторная работа / сост. : В.А. Ванин, В.Х. Фидаров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 48 с. – 100 экз.

Приведены порядок и методические указания по выполнению лабораторной работы при изучении конструкции и наладке зубострогального станка модели 5236П.

Предназначена для студентов 3 – 5 курсов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения» всех форм обучения, и бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки 151000 и 150900 при изучении дисциплины «Металлорежущие станки».

УДК 681.7.053.4
ББК К635.001.455я73-5

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2008

Учебное издание

**НАЛАДКА И НАСТРОЙКА
ЗУБОСТРОГАЛЬНОГО СТАНКА
МОДЕЛИ 5236П ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ
ПРЯМОЗУБЫХ КОНИЧЕСКИХ КОЛЁС**

Лабораторная работа

Составители:

ВАНИН Василий Агафонович,
ФИДАРОВ Валерий Хазбиевич

Редактор О.М. Гурьянова
Инженер по компьютерному макетированию Т.А. Сынкova

Подписано в печать 8.12.2008.
Формат 60 × 84 / 16. 2,79 усл. печ. л.
Тираж 100 экз. Заказ № 554

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета,
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

**НАЛАДКА И НАСТРОЙКА ЗУБОСТРОГАЛЬНОГО СТАНКА
МОДЕЛИ 5236П ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ПРЯМОЗУБЫХ
КОНИЧЕСКИХ КОЛЁС**

Цель работы: закрепить теоретические знания о принципе работы станков, предназначенных для нарезания конических колёс с прямым зубом методом обкатки. Изучить устройство, кинематику и технологические возможности зубострогального полуавтомата модели 5236П и овладеть практическими приёмами его настройки.

ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с особенностями конической передачи и геометрическими параметрами прямозубого конического колеса.
2. Ознакомиться с назначением, принципом работы, структурной и кинематической схемами станка, его основными узлами и органами управления.
3. Настроить и наладить станок на нарезание прямозубого конического колеса согласно данным варианта задания.
4. Нарезать на станке колесо и предъявить преподавателю.

ДАННЫЕ ВАРИАНТОВ ЗАДАНИЙ

№ варианта	Модуль нарезаемого колеса m , мм	Число зубьев нарезаемого колеса z_1	Число зубьев сопряженного колеса z_2	Длина зубьев нарезаемого колеса B , мм	C , мм	Материал заготовки	Скорость круговой подачи $S_{кр}$, мм/д.х.	Характер обработки
1	0,5	100	150	10	6	Сталь 45	0,10	Чистовая
2		120	140				0,10	
3		130	130				0,10	
4		140	120				0,10	
5		150	100				0,10	
6	1,0	80	125	12	8	Сталь 20Х	0,15	Чистовая
7		85	120				0,15	
8		90	110				0,15	
9		95	100				0,15	
10		100	80				0,15	
11	1,5	50	50	15	10	Бронза	0,20	Чистовая
12		55	70				0,20	
13		60	80				0,20	
14		65	70				0,20	
15		70	60				0,20	

Продолжение табл.

№ варианта	Модуль нарезаемого колеса m , мм	Число зубьев нарезаемого колеса z_1	Число зубьев сопряженного колеса z_2	Длина зубьев нарезаемого колеса B , мм	C , мм	Материал заготовки	Скорость круговой подачи $S_{кр}$, мм/д.х.	Характер обработки
16	2,0	45	45	18	12	Сталь 12ХНЗ	0,15	Черновая
17		50	60				0,15	
18		55	30				0,15	
19		58	35				0,15	
20		60	20				0,15	
21	2,5	30	30	20	15	Чугун	0,20	Черновая
22		35	50				0,20	
23		40	45				0,20	
24		45	40				0,20	
25		50	30				0,20	

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с геометрией и методикой образования поверхностей зубьев конических прямозубых колёс на станке.
2. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом работы, структурной и кинематической схемами станка, управлением.
3. Записать условной записью исполнительные движения в станке, необходимые для нарезания заданного колеса, и определить, по каким параметрам они должны настраиваться.
4. Настроить исполнительные движения по требуемым параметрам (написать расчётные перемещения, составить уравнения кинематического баланса, вывести формулы настройки, рассчитать передаточные отношения и подобрать сменные зубчатые колёса гитар скорости резания, обкатки, деления, качания люльки и т.д., предварительно определив режимы резания).
5. Рассчитать параметры, необходимые для наладки станка (величину хода резцов, угол конусности зуба для угловой установки суппортов, угол внутреннего конуса колеса, угол качания люльки и т.д.).
6. Произвести наладку станка: установить поворотные сегменты на угол сходимости линий основания зуба обрабатываемого колеса; установить резцы по калибрам; установить длину и место действия резцов; установить сменные зубчатые колёса гитар и угол качания люльки; произвести угловую и осевую установку бабки изделия; установить заготовку на оправку и настроить механизм зажима на требуемое усилие; настроить счётчик циклов.
7. Проверить правильность настройки станка совместно с учебным мастером. С разрешения учебного мастера включить станок и нарезать колесо.
8. Составить отчёт о работе.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Назначение и принцип работы станка

1. НАЗНАЧЕНИЕ СТАНКА

Зубострогальный станок модели 5236П предназначен для нарезания конических зубчатых колёс с прямым зубом двумя резцами методом обкатки. Станок обеспечивает нарезание колес 6/7-й степени точности. Повышенная точность обеспечивается применением в конечных звеньях кинематических цепей высокоточных червячных передач с большим передаточным отношением.

2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНКА

1. Модуль нарезаемых колёс, мм	0,5...2,5
2. Число зубьев нарезаемого колеса	10...200
3. Наибольшее передаточное отношение нарезаемых колёс при угле между осями $\delta = 90^\circ$	10/1
4. Наибольший диаметр делительной окружности нарезаемого колеса, мм; ($\delta = 90^\circ$) при $l = 10/1$	125
$l = 2/1$	110
$l = 1/1$	90
5. Угол делительного конуса нарезаемых колёс	$5^\circ 42' \dots 84^\circ 18'$
6. Длина образующей делительного конуса, мм	7,0...63
7. Наибольшая длина зуба, мм	20
8. Наибольшая длина хода резцов, мм	28
9. Число двойных ходов резцов в минуту	460...800
10. Наибольший угол установки суппортов, град.	8°
11. Расстояние от торца шпинделя делительной бабки до центра станка, мм	30...140
12. Наибольший угол качания люльки, град.	
вверх	35°
вниз	35°
13. Время, затрачиваемое на обработку одного зуба, с	3,7...126
14. Наибольшая длина хода ползунов, мм	28
15. Угол установки бабки изделия, град.	
наибольший	90°
наименьший	5°
16. Наибольшая высота обрабатываемого зуба, мм	5,5
17. Необходимый выход резца, мм	
с тонкого конца зуба	3
с толстого конца	5

3. ПРИНЦИП РАБОТЫ СТАНКА И ЕГО СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Форма боковой поверхности зуба конического прямозубого колеса образуется двумя производящими линиями: прямой линией – форма зуба по длине и пространственной кривой, несколько отличающийся от плоской эвольвенты – форма зуба по профилю.

При обработке сначала получают форму зуба по длине методом следа, а затем по профилю – методом обката.

Конические колёса служат для передачи вращения между валами с пересекающимися осями. Их называют угловыми передачами. В наиболее распространённом случае, когда угол между осями валов равен 90° , передача называется ортогональной.

На рис. 1 представлена схема зацепления двух конических колёс, а на рис. 2 – элементы конического зубчатого колеса.

При проектировании конической зубчатой передачи обычно задают передаточное отношение i_{12} и угол δ между осями колёс 1 и 2 (рис. 1).

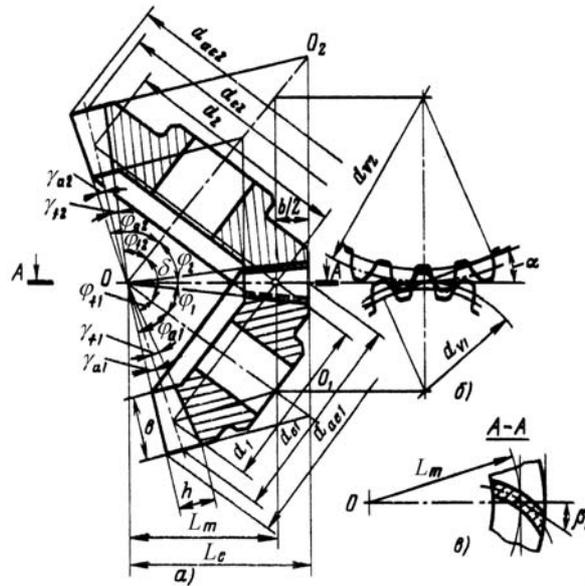


Рис. 1. Схема зацепления двух конических колёс

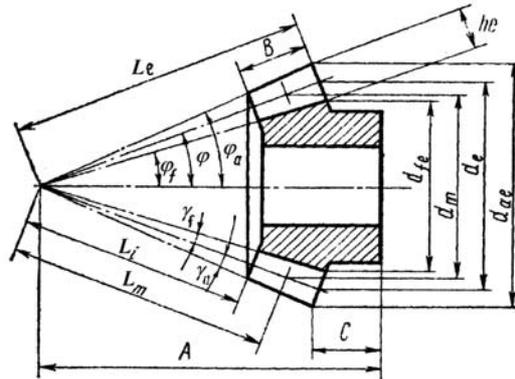


Рис. 2. Элементы конического зубчатого колеса

Тогда

$$i_{12} = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \varphi_1}; \quad \delta = \varphi_1 + \varphi_2;$$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{i_{12} + \cos \delta}{\sin \delta}; \quad \varphi_2 = \delta - \varphi_1 = \delta - \arctg \frac{i_{12} + \cos \delta}{\sin \delta}.$$

Если угол $\delta = 90^\circ$, то $\varphi_1 = \arctg i_{12}$; $\varphi_2 = \delta - \arctg i_{12}$;

$$r_{e1} = \frac{d_{e1}}{2} = \frac{m_e z_1}{2}; \quad r_{e2} = \frac{d_{e2}}{2} = \frac{m_e z_2}{2},$$

где φ_1 и φ_2 – половины углов начальных конусов соответственно колёс 1 и 2; δ – угол между осями колёс; r_{e1} , r_{e2} , d_{e1} , d_{e2} – средние делительные радиусы и диаметры у оснований делительных конусов колёс 1 и 2; m_e – модуль; z_1 и z_2 – числа зубьев колёс 1 и 2; h_e – внешняя высота зуба; h'_e – высота головки зуба; h''_e – высота ножки зуба;

$$h'_e = m_e; \quad h''_e = h'_e + c m_e = m_e + 0,2 m_e = 1,2 m_e; \quad h_e = h'_e + h''_e.$$

Длина образующей начальных конусов

$$L_e = \frac{r_{e1}}{\sin \varphi_1} = \frac{r_{e2}}{\sin \varphi_2}.$$

Углы γ_a и γ_f головки и ножки зуба определяются

$$\operatorname{tg} \gamma_a = \frac{h'}{L_e}; \quad \operatorname{tg} \gamma_f = \frac{h''}{L_e}.$$

Радиусы конусов головок равны

$$r_{ae1} = \frac{d_{ae1}}{2} = r_{e1} + h' \cos \varphi_{a1}; \quad r_{ae2} = \frac{d_{ae2}}{2} = r_{e2} + h' \cos \varphi_{a2},$$

где $\varphi_{a1} = \varphi_1 + \gamma_a$; $\varphi_{a2} = \varphi_2 + \gamma_a$.

Образование зубьев конических колёс можно представить следующим образом. Пусть построены конусы S_1 и S_2 (рис. 3), являющиеся аксоидами в относительном движении. По аналогии с цилиндрическим зацеплением их называют начальными конусами. Пересечём эти конусы какой-либо сферой с центром в точке O . Тогда в пересечении получим две окружности I и II, соприкасающиеся в точке P_0 .

Исследование перекатывания без скольжения начальных конусов может быть заменено рассмотрением перекатывания окружностей I и II. Так как окружности I и II лежат на сфере, то вместо образующей прямой мы получаем образующую дугу $N-N$ большего круга на построенной сфере. Число сфер, которыми можно пересечь указанные конусы, бесконечно велико, и для каждой сферы можно получить соответствующие окружности, аналогичные окружностям I и II, и образующие дуги, аналогичные дуге $N-N$.

Геометрическое место всех образующих дуг $N-N$ есть некоторая плоскость S , содержащая прямую OP_0 и наклонённая к плоскости, касательной к начальным конусам, под углом α . Угол α , обычно принимающийся равным 20° , является углом зацепления, а плоскость S – образующей плоскостью.

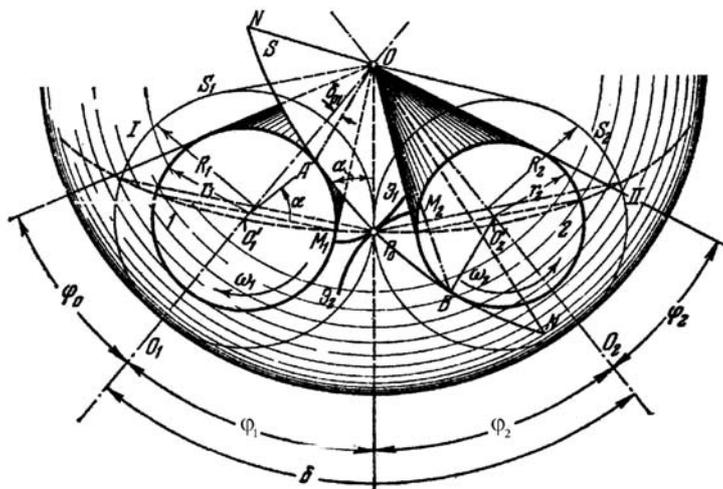


Рис. 3. Построение конического зацепления на сфере

Если через прямую OO_1 провести плоскость, перпендикулярную плоскости S , то в пересечении двух плоскостей получим прямую AO . Вращением прямой AO вокруг оси OO_1 получается конус 1, который называется основным конусом. Плоскость S – касательна к основному конусу. Аналогично может быть построен второй основной конус 2.

Профили зубьев могут быть образованы перекатыванием без скольжения плоскости S по основным конусам в виде специфических эвольвент. При качении плоскости S по основному конусу 1 точка P_0 опишет сферическую эвольвенту $M_1Э_1$, а при качении по основному конусу 2 – сферическую эвольвенту $M_2Э_2$. Если такие же сферические эвольвенты построить для других точек плоскости S , расположенных на прямой OP_0 , то эти эвольвенты будут образовывать поверхности зубьев фактически точного эвольвентного конического зацепления.

Размеры зубьев конических колёс в различных сечениях неодинаковы. Стандартный модуль m принято назначать для внешнего торцевого сечения зубьев.

Проектирование и изготовление точного эвольвентного конического зацепления трудно осуществить практически, так как сфера не разворачивается на плоскость. Поэтому применяют приближённый метод профилирования зубьев, который заключается в следующем.

Рассматривая точное очертание зубьев (рис. 4), можно увидеть, что торцевые поверхности зубьев на сфере образуют сферические пояса шириной a (на рис. 4 они заштрихованы). Ширина a поясов весьма мала по сравнению с радиусом R той сферы, на которой они расположены. Поэтому можно с достаточной точностью заменить сферические пояса, лежащими на конусах, образующие которых касательны к сфере радиуса R в точках, принадлежащих окружностям I и II.

Если теперь представить два начальных конуса в их проекции на плоскость, содержащую оси начальных конусов (рис. 5), то построение конусов, на поверхности которых лежат торцевые поверхности зубьев, может быть сделано следующим образом.

Пусть начальный конус S_1 проектируется в виде треугольника AOP_0 . При точном построении профиля конус головок проектируется в виде треугольника bOb , а конус ножек – в виде треугольника aOa . При точном проектировании сечения торцевых поверхностей зубьев плоскость поверхностей представляется в виде дуг ab , лежащих на проекции сферы радиуса R . Так как конусы, на которых должны лежать торцевые поверхности приближённых профилей зубьев, должны касаться сферы по начальным окружностям, то для нахождения проекций этих конусов через точку P_0 проводим прямую O_1O_2 , перпендикулярную к прямой OP_0 . В пересечении с осями 1 и 2 получаем точки O_1 и O_2 , представляющие собой вершины исконых конусов.

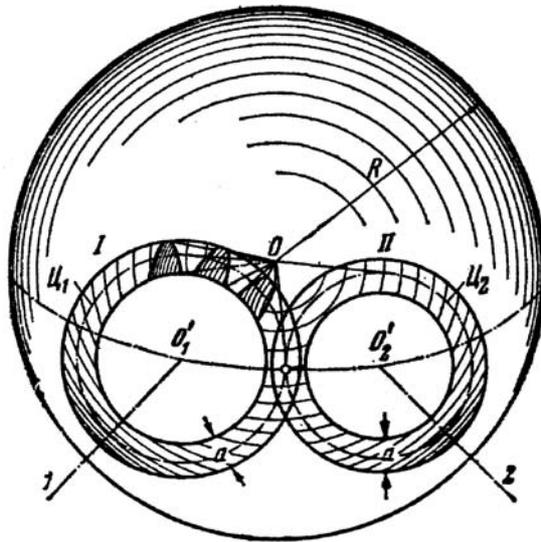


Рис. 4. Расположение профилей зубьев конических колёс на сферической поверхности

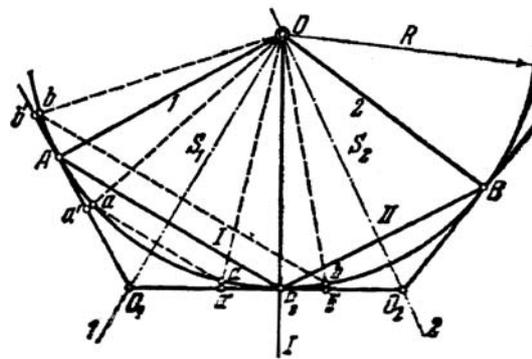


Рис. 5. Проекция начальных конусов на плоскость

Проекциями конусов первого и второго колеса являются соответственно треугольники O_1AP_0 и O_2BP_0 . Сечения профилей торцов изображаются прямыми a' и b' , лежащими на построенном конусе, вместо кривых ab . Очевидно, что чем больше отношение радиуса сферы к модулю зубьев, тем меньше ошибка, которую мы допускаем, заменяя построения профилей зубьев, образованных сферическими эвольвентами, построением зубьев на поверхности конусов O_1AP_0 и O_2BP_0 .

Конусы с вершинами в точках O_1 и O_2 носят название дополнительных. Построение профилей торцевых поверхностей зубьев не встретит теперь никаких трудностей, так как дополнительные конусы могут быть развёрнуты на плоскость, и, следовательно, всё построение сведётся к построению на плоскости.

Пусть заданы начальные конусы S_1 и S_2 (рис. 6). Проводим плоскости DE и EC , ограничивающие длины зубьев. Далее строим дополнительные конусы O_1AP_0 и O_2BP_0 и развёртываем эти конусы на плоскость проекции. Для этого из точек O_1 и O_2 проводим окружности I и II радиусами $\rho_1 = \frac{R_1}{\cos \varphi_1}$ и $\rho_2 = \frac{R_2}{\cos \varphi_2}$. Полученные дуги P_0RL и P_0NM представляют собой развёрнутые начальные окружности радиусов R_1 и R_2 . Эти дуги могут быть приняты за начальные окружности условных цилиндрических колёс с центрами в точках O_1 и O_2 .

Далее профилируем эвольвентные зубья на плоскости и получаем два зубчатых сектора I и II. Затем навёртываем эти зубчатые секторы на дополнительные конусы. Соединив все точки полученных профилей прямыми с точкой O (рис. 7), будем иметь боковые поверхности зубьев. Таким образом могут быть построены зубья конических колёс, соответствующие заданным начальным конусам.

Таким образом, форма зуба по профилю должна представлять собой сферическую эвольвенту. Форму же зуба по длине характеризует линия пересечения начального конуса с боковой поверхностью зуба. У прямозубых конических колёс эта линия прямая, так как образующие начального

конуса являются прямыми, а боковые поверхности конических колёс являются сферическими эвольвентами.

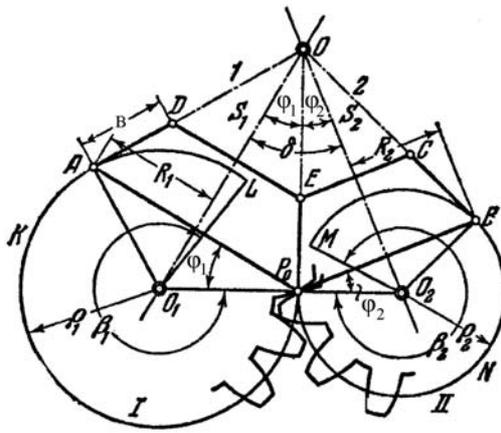


Рис. 6. Профилирование зубьев конических колёс на поверхностях дополнительных конусов

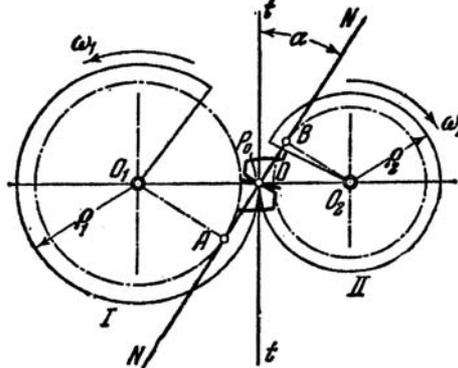


Рис. 7. Цилиндрические колёса, эквивалентные соответствующим коническим колёсам

конуса и боковой поверхности зуба сходятся в общей вершине – точке пересечения осей колёс. Во всех остальных случаях эта линия будет представлять собой пространственную кривую.

Такой характер производящих линий (в общем случае кривые двойкой кривизны), образующих боковую поверхность зуба конического колеса, является серьёзным препятствием в разработке способов профилирования зубьев и создании кинематики соответствующих станков. По этой причине при профилировании сопряжённых конических колёс их рассматривают не в зацеплении друг с другом, а в зацеплении каждого из них в отдельности с плоским воображаемым производящим колесом, радиус которого равен длине образующей OP (рис. 8, а, б). Очевидно, что если два конических колеса точно сопряжены с одним воображаемым производящим колесом, то они будут сопряжены также друг с другом.

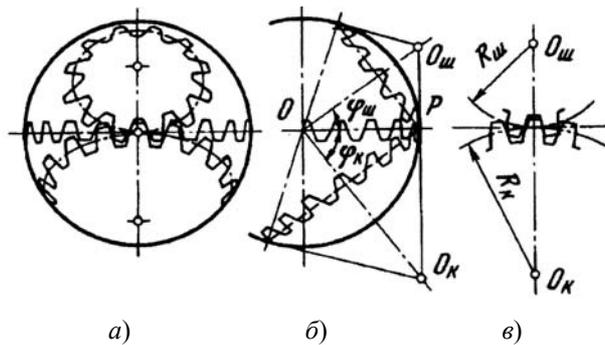


Рис. 8. Схема зацепления сопряжённых конических колёс с плоским производящим колесом

При расчёте же параметров конической передачи в целом (угол зацепления, коэффициенты профильного перекрытия, высотные пропорции зубьев и т.д.) используется приём, при котором зацепление пары конических колёс принимается эквивалентным зацеплению цилиндрических с радиусами начальных окружностей шестерни $R_{ш}$ колеса R_k (рис. 8, в), равными длинам образующих дополнительных конусов, построенных на осях вращения $OO_{ш}$ и OO_k и касательных к сфере (рис. 8, б).

Так как угол при вершине начального конуса плоского колеса равен 180° , то линия, определяющая форму зуба по длине, лежит на плоскости, и по характеру именно этой линии принято называть отдельные разновидности конических колёс.

Из возможных форм по длине чаще используется прямая (конические колёса с прямыми и тангенциальными зубьями), дуга окружности (колёса с дугowymi зубьями и с нулевым углом спирали) и реже – эвольвента и эпициклоида (конические колёса с криволинейными зубьями), так как эти линии легче реализовать на станках с помощью комбинации простых равномерных поступательных и вращательных движений.

Радиус воображаемого плоского колеса $R_{пл}$, равный длине образующей L (рис. 9, а) может быть найден из треугольника OAB (рис. 9, б)

$$R_{пл} = \frac{r_{ш}}{\sin \varphi_{ш}},$$

где $r_{ш}$ – радиус начальной окружности шестерни (задаётся на наружном торце зубьев); $\varphi_{ш}$ – угол делительного конуса шестерни.

Так как числа зубьев пропорциональны радиусам начальных окружностей, то можно написать

$$Z_{пл} = \frac{Z_{ш}}{\sin \varphi_{ш}} = \frac{Z_{к}}{\sin \varphi_{к}},$$

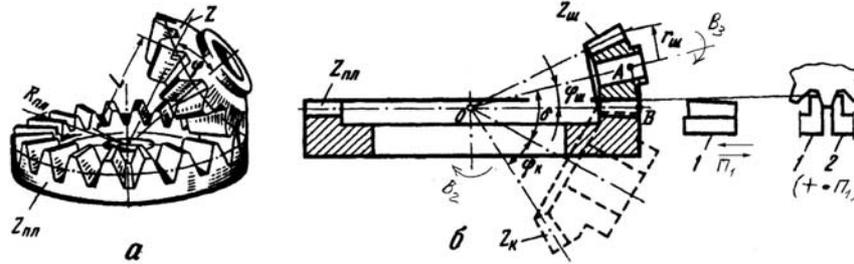


Рис. 9. Плоское производящее колесо:

a – зацепление конического колеса с плоским колесом; b – зацепление с плоским колесом конической пары с межосевым углом $\delta < 90^\circ$ где $Z_{ш}$ и $Z_{к}$ – числа зубьев соответственно шестерни и колеса данной конической пары.

Углы $\varphi_{ш}$ и $\varphi_{к}$ делительных окружностей сопряжённой пары зависят от межосевого угла δ и для $\delta < 90^\circ$ определяются по формулам:

$$\operatorname{tg} \varphi_{ш} = \frac{\sin \delta}{i + \cos \delta}; \quad \varphi_{к} = \delta - \varphi_{ш},$$

где $i = Z_{к} / Z_{ш}$ – передаточное число.

Для ортогональной пары угол $\delta = 90^\circ$ и число зубьев плоского колеса определяется выражением

$$Z_{пл} = \sqrt{Z_{ш}^2 + Z_{к}^2}.$$

Число $Z_{пл}$ является условной величиной, обычно выражается смешанным числом и вычисляется с точностью до четвёртого знака после запятой.

Из приведённой зависимости $Z_{пл}$ от $Z_{ш}$ ($Z_{к}$) и δ следует очень важная особенность плоского колеса: оно индивидуально для каждой пары сопряжённых колёс или, иначе, каждое из колёс данной сопряжённой пары может сцепляться только с одним, общим для них, плоским колесом.

Если на плоском колесе с воображаемыми зубьями $Z_{пл}$ создать один реальный зуб (или межзубную впадину (рис. 9, б)) в виде двух резцов 1 и 2 правого и левого профиля, совершающих движение со скоростью резания вдоль линии зуба, то, обкатывая по этому участку плоского колеса нарезаемое колесо, на нём будет прорезана одна межзубовая впадина (нарезан один зуб). Поворачивая периодически заготовку на одни или несколько зубьев, т.е. осуществляя процесс деления, можно прорезать и все остальные впадины, а затем аналогичным образом нарезать и второе колесо данной сопряжённой пары.

Именно по такой схеме нарезаются (шлифуются) конические колёса обкатных передач, в которых методом обката образуется профиль зуба, а форма зуба по длине получается методом следа при нарезании прямозубых колёс или методом касания при другой форме зуба.

Резцы, реализующие зуб на плоском колесе, имеют прямолинейную режущую кромку, которая при обкате на заготовке образует актоидный профиль, незначительно отличающийся от эвольвентного. Такое название он получил по форме линии зацепления в конической передаче, рассмотренной на сферической поверхности и напоминающей форму восьмёрки (рис. 10).

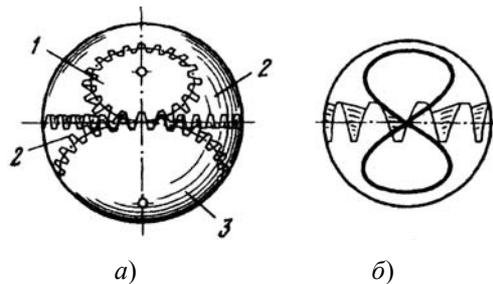


Рис. 10. Зацепление зубьев конической передачи:

a – с плоским колесом: 1 – шестерня; 2 – плоское колесо;
 b – форма линии зацепления на сфере

Реального плоского колеса на станках нет, так как при переходе к нарезанию другой пары колёс необходим переход к новому плоскому колесу, отличающемуся от предыдущего не только диаметром и числом $Z_{пл}$, но и формой зубьев по профилю и по длине; однако геометрически оно присутствует. Его функции выполняет узел, называемый люлькой, ось вращения которой соответствует оси вращения плоского производящего колеса.

На люльке располагаются устройства для закрепления зубообрабатывающих инструментов и настройки траектории их движения вдоль боковой поверхности зуба плоского колеса, а также механизмы для передачи им главного движения.

В целях повышения жёсткости и упрощения конструкции люльки в подавляющем большинстве станков отказываются от регулировки, связанной с реализацией производящего колеса с теоретическим углом начального конуса, равным $\varphi_{пл} = 90^\circ$ (рис. 11).

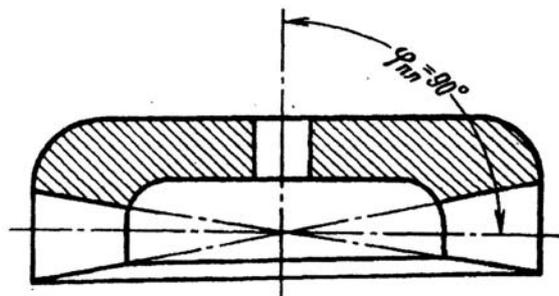


Рис. 11. Плоское производящее колесо с углом начального конуса $\varphi_{пл} = 90^\circ$

Как видно из рис. 12, при сцеплении с таким воображаемым колесом нарезаемого колеса 5 люлька станка 1 должна иметь поворотные направляющие 2 для суппортов 3 с резцами 4, допускающие их установку на угол ножки нарезаемого зуба γ_f . В большинстве же станков используется воображаемое колесо с плоским наружным конусом, при котором необходимость в поворотных направляющих отпадает (рис. 13). Угол начального конуса у такого плосковершинного производящего колеса равен $90^\circ - \gamma_f$.

Колёса конической пары, нарезанные в сцеплении с таким производящим колесом, не являются сопряжёнными. Однако получающиеся при этом искажения профили зуба не оказывают заметного влияния на работу передачи, если $\gamma_f \leq 3^\circ$. Кроме того, в производстве колёс часто вносят различные искажения в геометрию инструмента и поправки в наладку станков, позволяющие получить качественное зацепление и при больших значениях угла γ .

На рис. 14, а приведена схема нарезания конических колёс с прямым зубом на зубострогальном станке. На люльке 2 установлены два суппорта с резцами 3, которые совершают со скоростью резания возвратно-

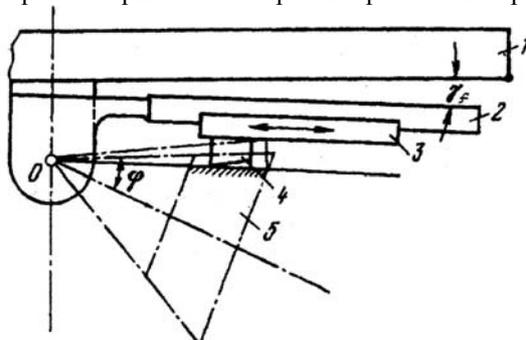


Рис. 12. Схема нарезания зубьев в сцеплении с плоским колесом $\varphi_{пл} = 90^\circ$

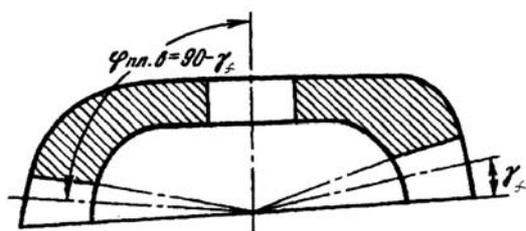


Рис. 13. Плоское производящее колесо с углом начального конуса $\varphi_{пл} = 90^\circ - \gamma_f$ (плосковершинное колесо)

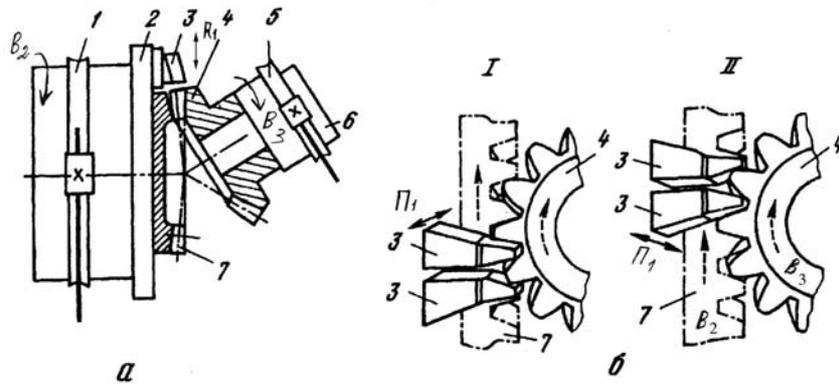


Рис. 14. Нарезание зубьев на зубострогальном станке:
a – рабочая зона станка; *б* – положение резцов в начале (схема I)
и в конце (схема II) обработки зуба

поступательное движение в радиальном направлении и образуют межзубовую впадину на воображаемом плоском колесе 7. Обрабатываемое колесо 4, находящееся в зацеплении с плоским колесом, установлено на шпинделе бабки изделия 6. Червячные передачи 1 и 5 приводят во вращение люльку и шпиндель заготовки, имитируя зацепление колёс: плоского ($Z_{пл}$) и нарезаемого ($Z_{заг}$). Это движение обката совершается медленно, со скоростью подачи.

После обработки одного зуба (рис. 14, б) заготовка выходит из зацепления с инструментом, возвращается вместе с люлькой в первоначальное положение и происходит деление для обработки следующего зуба.

Метод обката основан на воспроизведении зацепления пары сопряжённых конических колёс (рис. 15), одним из которых является обрабатываемое колесо, а другим – имитируемое одним зубом или впадиной плосковершинное коническое производящее зубчатое колесо.

В процессе обработки они взаимно обкатываются с целью образования профиля зуба методом обката. Так как реального производящего колеса нет, а есть только имитация его движения, которую осуществляет люлька, то такое колесо называют воображаемым производящим колесом. Профиль зуба или впадин между двумя соседними зубьями воображаемого производящего колеса также имитируется движением режущих (производящих) кромок инструмента, перемещающихся с достаточно большой скоростью по прямой линии, характеризующей форму зуба по длине обрабатываемого колеса.

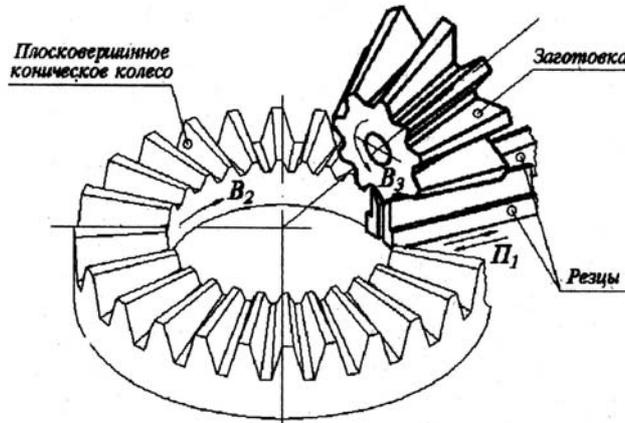


Рис. 15. Связь между заготовкой и резцами

В качестве воображаемого производящего колеса используют плосковершинное колесо (рис. 16) с углом при вершине начального конуса $2\varphi = 180^\circ - 2\gamma$ (где γ – угол ножки зуба нарезаемого колеса). Плоское колесо представляет собой круговую рейку; оно является предельным коническим колесом в том же смысле, в каком прямолинейная зубчатая рейка представляет собой предельное цилиндрическое колесо с радиусом $R \rightarrow \infty$.

товку начинает врезаться верхний резец 3, обрабатывающий верхнюю боковую поверхность зуба, а затем в работу вступает нижний резец (схема I), обрабатывающий другую сторону этого же или соседнего зуба. В среднем положении люльки резцы располагаются симметрично относительно зуба или впадины нарезаемого колеса.

При дальнейшем вращении заготовки и люльки резцы окончательно спрофилируют боковые поверхности зуба (схема II). Так как оба резца имитируют лишь один зуб или впадину воображаемого производящего колеса, то после поворота люльки на определённую часть окружности они выходят из зацепления с нарезным колесом.

Для обработки другого зуба необходимо выполнить движение деления $D(B_3)$, т.е. повернуть заготовку на определённый угол.

Это происходит так. По выходу резцов из зацепления с заготовкой стол с изделием быстро отводится назад Уст. (П₅), прекращается движение обката, а люлька начинает на ускоренном ходу вращаться в обратную сторону Всп. (B₄), возвращаясь в исходное положение; причём изделие продолжает вращаться в ту же сторону, что и при движении обката.

По окончании обратного хода люльки (холостого хода) цикл повторяется, причём, поскольку во время обратного хода люльки изделие не изменяет направления вращения, к моменту начала следующего цикла будет пропущено определённое количество зубьев Z_i , не имеющих общего множителя с числом зубьев обрабатываемого колеса Z_3 , а заготовка повернётся на Z_i/Z_3 оборота. Поэтому при повторении цикла столько раз, сколько зубьев в обрабатываемом колесе, произойдет нарезание всех его зубьев.

Таким образом, кинематическая структура станка (рис. 18) состоит из двух групп формообразования $\Phi_v(\Pi_1)$ и $\Phi_s(B_2B_3)$, группы деления $D(B_3)$ и вспомогательного движения Всп. (B₄), а также группы установочного движения Уст. (П₅) – для отвода стола с изделием и подвода его в зону резания.

Структура группы $\Phi_v(\Pi_1)$ простая, и внутренняя связь обеспечивается связью поступательной пары ползуна с резцами и люлькой. Внешняя связь группы $\Phi_v(\Pi_1)$ состоит из кинематической цепи 1–2–3 (рис. 18) между двигателем M_1 и ползунами и обеспечивает условие согласования перемещений её конечных звеньев:

$$n_{M1} \text{ эл. двигателя мин}^{-1} \rightarrow n_{\text{дв.ход/мин}} \text{ резцов.}$$

Группа движения подачи $\Phi_s(B_2B_3)$ сложная, её внутренняя связь обеспечивается кинематической цепью 12–11–10–9–8–7–6–17 между люлькой и шпинделем заготовки, называемой цепью профилирования или обката. Эта цепь с органом настройки (гитарой обката i_x) должна обеспечивать следующее условие кинематического согласования конечных звеньев

$$1 \text{ об. люльки} \rightarrow \frac{Z_{\text{пл}}}{Z_{\text{зар}}} \text{ об. заготовки.}$$

Внешняя связь группы Φ_s обеспечивает передачу движения от двигателя M_2 во внутреннюю связь группы цепи 4–5–6. Органом настройки на скорость обкаточного движения подачи является сам электродвигатель M_2 , который имеет плавное регулирование частот вращения в пределах 300...3000 мин⁻¹.

Помимо настройки на скорость движение обката $\Phi_s(B_2B_3)$ должно настраиваться на путь-угол качания θ° люльки, необходимый для полного профилирования одного зуба нарезаемого колеса, после чего люлька должна возвратиться в исходное положение для профилирования следующего зуба.

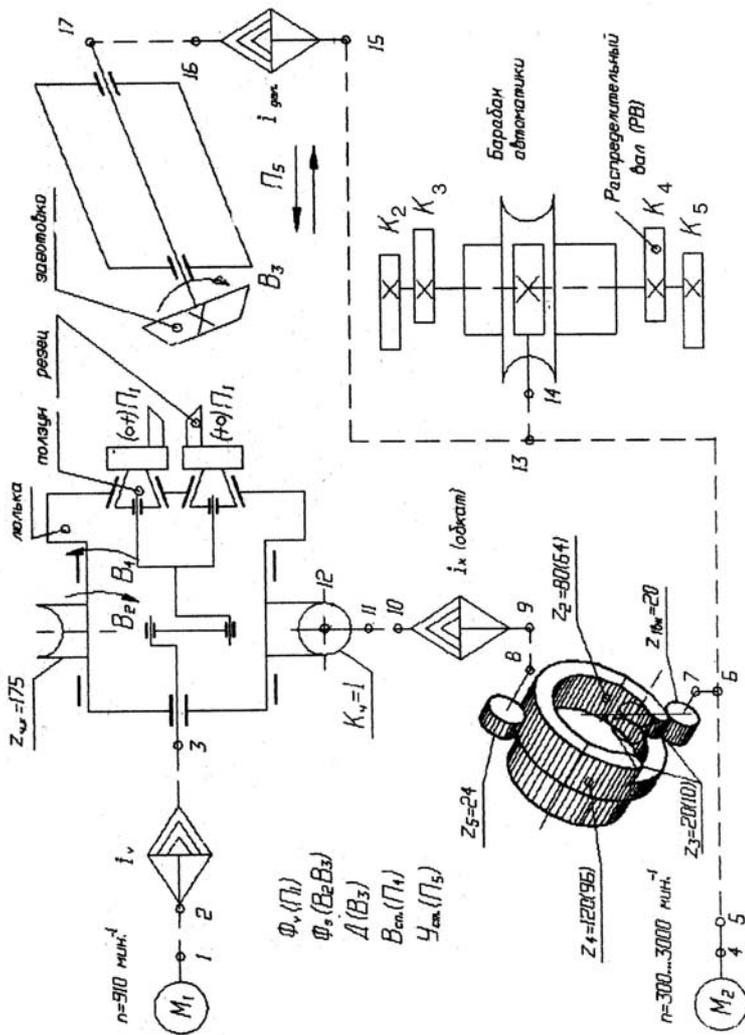


Рис. 18. Структурная схема станка модели 5236П

Прекращение движения обката и возвращение люльки в исходное положение осуществляется с помощью специального реверса в виде составного зубчатого колеса, составленного из нескольких зубчатых секторов, внешнего и внутреннего зацепления (рис. 16, 19).

Реверсивное колесо состоит из двух участков: первый из них – цельный, кольцеобразный, с наружным венцом $Z = 120$ и внутренним $Z = 80$.

Второй участок – составной, подковообразный, зубья наружного и внутреннего венцов которого являются продолжением зубьев первого участка и соединяются между собой полушестернями $Z = 20$ (10), образуя подкову.

Вал XII (рис. 20) ведущей шестерни $Z = 20$ находится в рычаге P2, который может поворачиваться относительно оси вала XI и перемещаться вдоль неё для осуществления необходимого зацепления то с наружным, то с внутренним кольцом реверсивного колеса.

Ведущая шестерня $Z = 20$ во время рабочего хода зацеплена с наружным венцом $Z = 120$ реверсивного колеса, и, после того как реверсивное колесо совершит пять полных оборотов, перемещается вдоль зуба под действием кулачка (рис. 21) на валу XXV и переходит в зацепление с составным участком. Затем по полушестерне $Z = 20$ (10) шестерня $Z = 20$ входит в зацепление с внутренним венцом $Z = 64$ (80), и, наконец, перемещаясь вдоль зуба с его цельным участком.

После того как реверсивное колесо сделает пять оборотов в обратную сторону (холостой ход), ведущая шестерня $Z = 20$ перемещается вдоль зуба на составной участок и по полушестерне $Z = 20$ (10) на его наружный венец. Затем шестерня $Z = 20$ перемещается вдоль зуба на наружный венец цельного участка реверсивного колеса и цикл начинается снова.

Таким образом, реверсивное колесо за цикл в одну и другую сторону при зацеплении шестерни $Z = 20$ совершает пять полных оборотов и неполный шестой оборот при зацеплении с подковообразным колесом $Z = 20$ (10).

Общий вид станка показан на рис. 18, а кинематическая схема – на рис. 21. На станке слева (рис. 19) закреплена передняя бабка 1, внутри которой находится люлька 2 в виде барабана с опорами качения по наружному диаметру. На торце люльки расположены направляющие скольжения для двух суппортов 3 с закреплёнными на них резцами 4.

Бабку изделия 9 с закреплённой на шпинделе заготовкой 5 вместе с основанием 12 разворачивают на столе 13 вокруг вертикальной оси, чтобы обеспечить необходимый угол между осями заготовки и люльки (воображаемого производящего колеса). Для совмещения вершин конусов этих колёс бабку изделия перемещают вдоль оси шпинделя по направляющим основаниям 12.

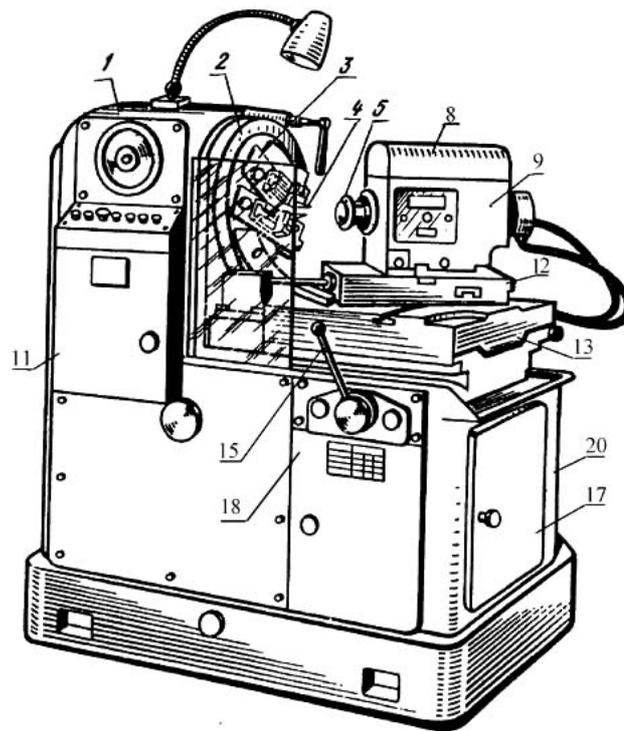
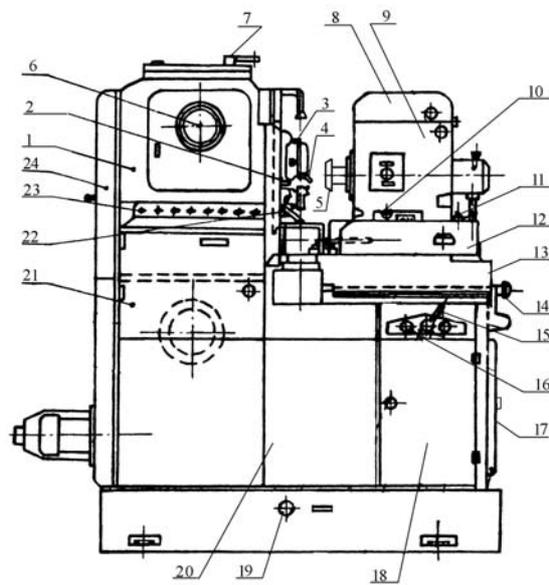


Рис. 19. Общий вид станка модели 5236П:

1 – бабка передняя; 2 – люлька; 3 – суппорт; 4 – резец; 5 – заготовка; 6 – счётчик циклов; 7 – рукоятка крана охлаждения; 8 – крышка гитары деления; 9 – бабка изделия; 10 – вал перемещения бабки изделия; 11 – гайка; 12 – основание бабки изделия; 13 – стол; 14 – лимб установки припуска на чистовую обработку при двухпроходной работе; 15 – рукоятка перемещения стола и зажима изделия; 16 – редукционный клапан для изменения усилия зажима изделия; 17 – дверца упорного барабана; 18 – крышка узла гидравлики; 19 – маслоуказатель; 20 – станина; 21 – дверца гитары обкатки; 22 – винт установки резцов по высоте; 23 – пульт управления; 24 – крышка гитары скоростей

Кинематическая настройка станка

Главное движение $\Phi_v(\Pi_1)$ настраивается по трём параметрам – скорость, путь и исходное положение.

Цепь главного движения связывает частоту вращения электродвигателя M_1 (рис. 21) с частотой качания (двойных ходов) резцов $n_{\text{дв.ход/мин}}$. Расчётные перемещения при настройке движения на скорость:

$$n_{M_1} \text{ мин}^{-1} \text{ двигателя } M_1 \rightarrow n_{\text{дв.ход/мин}} \text{ резцов};$$

$$n_{\text{дв.ход/мин}} = \frac{1000V_{\text{рез}}}{2l} = \frac{500V_{\text{рез}}}{l};$$

$$l = b + f,$$

где l – длина хода резцов, мм; b – ширина зубчатого венца, мм; $f = 8$ – перебег резца, мм; $V_{\text{рез}}$ – скорость резания, м/мин.

Уравнение кинематического баланса

$$910 \cdot \frac{80}{80} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{30}{54} \cdot i_v \left(\frac{a}{b} \right) \cdot \frac{37}{53} = n_{\text{дв.ход/мин}^3},$$

откуда формула настройки

$$i_v = \frac{a}{b} \approx \frac{n_{\text{дв.ход/мин}}}{353}.$$

Гитара главного движения $i_v \left(\frac{a}{b} \right)$ одна пара с $\sum Z = a + b = 100$. Сменные колёса с $Z = 31, 36, 41, 47, 53, 59, 64, 69$ обеспечивают восемь ступеней скорости в пределах 160...800 дв. ход/мин. Подбор сменных колёс гитары скоростей i_v производится по табл. 1.

Скорость резания рассчитывается по формулам теории резания или берётся из табл. 2.

1. Настройка гитары скоростей

$n_{\text{дв.ход/мин}}$	160	200	250	315	400	500	630	800
a/b	<u>31</u> 69	<u>36</u> 64	<u>41</u> 59	<u>47</u> 53	<u>59</u> 43	<u>59</u> 41	<u>64</u> 36	<u>69</u> 31

2. Рекомендуемые скорости резания

Обрабатываемый материал	Сталь 45 и 40Х		Сталь 20Х и 12ХН3		Чугун серый НВ 170...210		Бронза
	Черновая и чистовая	Черновая	Чистовая	Черновая	Чистовая	Черновая и чистовая	
Скорость резания $V_{\text{рез}}$, м/мин	25	16...18	20...22	14...15	16...20	35	

Настройка на путь (длину хода l) осуществляется изменением радиуса кривошипа $P1$ (рис. 21), настройка на исходное положение резцов – перемещением суппортов с резцами вдоль Т-образных пазов соответствующих ползунов.

Движение деления $D(B_3)$

В данном станке нет механизма, сообщающего заготовке отдельное движение деления. Заготовка вращается всегда в одном направлении, а люлька с резцами, после обработки одного зуба, изменяет вращение на противоположное и возвращается в исходное положение. За это время происходит поворот заготовки на Z_i/Z_3 оборота, при этом распределительный вал совершает один оборот.

Цепь деления связывает вращение распределительного вала (РВ) с вращением заготовки. За один оборот вала РВ заготовка поворачивается на Z_i зубьев, пропускаемых при делении, причём Z_i не должно иметь общих множителей с числом зубьев нарезаемого колеса Z_3 . В противоположном случае после некоторого числа делений резцы повторно будут попадать в уже обработанные впадины, а часть зубьев останется необработанной.

Расчётные перемещения запишутся:

$$1 \text{ оборот вала РВ} \rightarrow \frac{Z_i}{Z_3} \text{ оборотом заготовки.}$$

Уравнение кинематического баланса (рис. 21)

$$1 \cdot \frac{60}{1} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{25}{25} \cdot i_d \left(\frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \right) \cdot \frac{1}{180} = \frac{Z_i}{Z_3},$$

откуда формула настройки цепи деления:

$$i_d = \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} = \frac{3Z_i}{Z_3},$$

где Z_i – число зубьев, пропускаемых при делении; Z_3 – число нарезаемых на заготовке зубьев.

При подборе сменных зубчатых колёс гитары деления необходимо соблюдать условия:

$$c \leq 70; \quad f \leq 100; \quad 89 \leq c + d \leq 128; \quad 100 \leq e + f \leq 168.$$

Движение подачи (обката) $\Phi_5(B_2B_3)$

Это движение сложное с незамкнутой траекторией и настраивается по пяти параметрам.

Настройка на траекторию обкатки

Цепь обкатки с органом настройки (гитарой обкатки i_x) связывает вращение люльки с резцами, воспроизводящими своим движением впадину плосковершинного производящего колеса, с вращением заготовки. Эта цепь должна обеспечивать следующие расчётные перемещения своих конечных звеньев:

$$1 \text{ оборот люльки} \rightarrow \frac{Z_{\text{пл}}}{Z_3} \text{ оборот заготовки.}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \cdot \frac{175}{1} \cdot \frac{1}{i_x} \cdot \left(\frac{l}{k} \cdot \frac{h}{g} \right) \cdot \frac{24}{120} \cdot \frac{120}{20} \cdot \frac{61}{62} \cdot \frac{62}{61} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{25}{25} \cdot i_d \left(\frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \right) \cdot \frac{1}{180} = \frac{Z_{\text{пл}}}{Z_3},$$

$$\text{где } i_d = \frac{3Z_i}{Z_3},$$

откуда формула настройки гитары обката

$$i_x = \frac{g}{h} \cdot \frac{k}{l} = \frac{3,5Z_i}{Z_{\text{пл}}}.$$

При подборе сменных колёс необходимо соблюдать условие:

$$89 \leq h + g \leq 128; \quad 100 \leq k + l \leq 168; \quad h \leq 170; \quad l \leq 100.$$

Для гитар сменных колёс c, d, e, f и g, h, k, l используется общий комплект колёс со следующими числами зубьев: 24, 30...80 (кроме 32, 35, 38, 45, 49, 51, 55, 57, 65, 77), 82, 83, 86, 89, 90, 91, 93, 94, 97, 100, 101, 104, 109.

Настройка движения $\Phi_5(B_2B_3)$ на путь (на угол качания люльки)

При обработке воображаемого производящего конического колеса с обрабатываемым колесом люлька поворачивается на угол θ° до тех пор, пока резцы не выйдут из зацепления с зубьями обрабатываемого колеса, а затем люлька поворачивается в обратную сторону, возвращаясь в исходное положение. Заготовка же всё это время вращается в одну и ту же сторону и за одно качание люльки поворачивается на Z_i/Z_3 оборота, т.е. выбор Z_i связан с углом качания люльки θ° . Составное зубчатое колесо на валу XIII совершает за цикл пять полных оборотов в одном и другом направлениях.

Подковообразная часть составного колеса (вал XIII) образует единое целое с зубчатым кольцом, имеющим наружные (120) и внутренние (80) зубья (рис. 20). Ведущее зубчатое колесо 20 (вал XIIa) перейдя, например, от зацепления с наружным участком подковы 96 (120) через зубчатое полукольцо 20 (10) к зацеплению с её внутренним участком 64 (80) переместиться вместе с валом XII посредством кулачка K_1 (рис. 21) распределительного вала (XVI) в осевом направлении и войдёт в зацепление с цельным внутренним ободом зубчатого колеса (80).

В тот момент, когда колесо 20 сцеплялось с центральными зубьями полукольца 20 (10), рабочий ход станка закончился и начался холостой ход. После пяти оборотов составного колеса работа реверса от кулачка K_1 будет происходить в обратной последовательности и завершится вводом ведущего колеса 20 в сцепление с цельным наружным ободом зубчатого колеса (120).

Число оборотов ведущего колеса 20, которое оно делает, сцепляясь с составным колесом в течение всего цикла, будет:

$$n_{Z=20} = \frac{120}{20} \cdot 5 + \frac{80}{20} \cdot 5 + \frac{96 + 64 + 2 \cdot 10}{20} + 1 = 60.$$

В целях проверки полученного результата проследим по кинематической цепи от этого колеса к распределительному валу XXV и найдем, что он делает

$$60 \cdot \frac{61}{62} \cdot \frac{62}{61} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{1}{60} = 1 \text{ оборот.}$$

За 34,8 оборота ведущего колеса 20 происходит рабочий ход, за 23,2 – обратный холостой, а за 2 оборота – реверсирования. Соответственно и распределительный вал во время рабочего хода поворачивается на угол $208,8^\circ$; на холостом ходу – на угол $139,2^\circ$ и при реверсировании – на угол 12° .

Учитывается, что подвод и отвод стола выполняется на рабочем ходу и при этом распределительный вал поворачивается на угол около 45° , на профилирование зуба (поворот люльки на угол θ°) отводят 160° поворота распределительного вала.

Таким образом, из расчётных перемещений

$$160^\circ \text{ поворота вала XXV} \rightarrow \theta^\circ \text{ поворота люльки}$$

следует уравнение кинематического баланса

$$160 \cdot \frac{60}{1} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{61}{62} \cdot \frac{62}{61} \cdot \frac{20}{120} \cdot \frac{120}{24} \cdot \frac{g}{h} \cdot \frac{l}{k} \cdot \frac{1}{175} = \theta,$$

откуда

$$i_x = \frac{g}{h} \cdot \frac{l}{k} = \frac{7}{2} \cdot \frac{\theta}{160} = 3,5 \cdot \frac{\theta}{160}.$$

Сравнивая это выражение для гитары сменных колёс g, h, k, l с ранее полученным, находим, что

$$Z_i = \frac{\theta Z_{пл}}{160} = \frac{\theta}{160} \cdot \frac{Z_3}{\sin \varphi}.$$

Угол θ , как отмечалось выше, рассчитывается с учётом конкретных параметров нарезаемого колеса. Для правильной обкатки люлька должна качаться относительно нулевого положения вниз на угол θ_1 и вверх на угол θ_2 ; полный угол качения – $\theta = \theta_1 + \theta_2$.

Причём $\theta_2 = 1,85\theta_1$ и $\theta = 2,85\theta_1$.

При угле зацепления $\alpha = 20^\circ$

$$\theta_1 = \left(\frac{355,3 \frac{h''}{m} + 90}{Z_3} - 0,8 \right) \sin \varphi.$$

При угле зацепления $\alpha = 15^\circ$

$$\theta_1 = \left(\frac{458,4 \frac{h''}{m} + 90}{Z_3} - 0,4 \right) \sin \varphi,$$

где $h'' = 1,2m$ – высота ножки нарезаемого зуба; m – модуль; Z_3 – число зубьев нарезаемого колеса; φ – половина угла начального конуса нарезаемого колеса.

Установлено, что в зависимости от передаточного числа нарезаемой пары ($i_{нар}$) угол θ при обработке меньшего колеса конической передачи следует принять:

$i_{нар}$	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 10
θ	70	60	40	30	24	12

а при обработке большего колеса назначить $\theta \geq 70^\circ$.

Число Z_i , рассчитанное по формуле, должно быть целым (округляется в большую сторону) и не иметь общих множителей с числом Z_3 . В противном случае на заготовке нельзя нарезать все зубья, так как после нескольких циклов резцы будут повторно попадать в уже обработанные впадины. Например, при $Z_3 = 24$ и $Z_i = 8$ будут нарезаны лишь зубья с порядковыми номерами 1, 9 и 17, а при $Z_i = 11$ – все зубья.

Настройка движения $\Phi_s(B_2B_3)$ на скорость подачи

Все зуборезные станки работают в цикловом режиме. За время цикла $i_{ц}$ принимают время обработки одного зуба (впадины). Этим же временем условно задаётся подача, и поэтому её называют цикловой. Время цикла $t_{ц} = t_p + t_x$, где t_p – время рабочего хода люльки (её поворот в процессе профилирования зуба) и t_x – время вспомогательного хода люльки (её по-

ворот в исходное положение). Для повышения производительности стремятся, чтобы $t_x < t_p$. Для этого люлька получает ускоренное вращение при вспомогательном ходе.

Настройка на скорость подачи обкаточного движения осуществляется изменением частоты вращения двигателя постоянного тока M_2 . Формулу настройки определяют из уравнения кинематического баланса между двигателем цепи подач M_2 и распределительным валом. Условие согласования их вращения (расчётные перемещения) можно представить следующим образом:

$$\frac{\delta_p}{360} \text{ об. распределительного вала} \rightarrow \frac{n_{M_2}}{60} t_p \text{ об. двигателя,}$$

где $\frac{n_{M_2}}{60}$ – число оборотов двигателя в секунду; $\delta_p = 208,8^\circ$ – угол поворота распределительного вала РВ1 за время t_p выполнения рабочего хода, град.; t_p – время рабочего хода, с.

Уравнение кинематического баланса:

$$\frac{\delta_p}{360} \cdot \frac{60}{1} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{35}{30} \cdot \frac{65}{20} \cdot \frac{188}{140} = \frac{n_{M_2}}{60} t_p,$$

откуда $n_{M_2} = \frac{10\,631}{t_p}$ или $t_p = \frac{10\,631}{n_{M_2}}$.

Частота вращения двигателя M_2 на холостом ходу n_x (мин⁻¹) определяется аналогичным образом при соответствующих времени холостого хода t_x и угле поворота распределительного вала на $139,2^\circ$.

Уравнение кинематического баланса:

$$\frac{139,2^\circ}{360^\circ} \cdot \frac{60}{1} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{35}{30} \cdot \frac{65}{20} \cdot \frac{188}{140} = \frac{n_{M_2}}{60} t_x,$$

откуда $n_x \approx 7088 / t_x$.

Минимальное время холостого хода ограничено динамическими нагрузками, возникающими в приводе при реверсировании люльки.

Время рабочего хода t_p можно определить, вычислив (или определив по нормативам) скорость круговой подачи $S_{кр}$ по формуле режимов резания в зависимости от материала заготовки и режущего инструмента и вида обработки (черновая, чистовая):

$$t_p = \frac{\pi m Z_{пл} \frac{\theta}{360}}{S_{кр} \frac{n_{дв.х/мин}}{60}} \approx \frac{0,5 m Z_{пл} \theta}{S_{кр} n_{дв.х/мин}}.$$

Двигатель имеет бесступенчатое регулирование частот вращения в пределах 300...2000 мин⁻¹. Частота вращения двигателя M_2 определяет рабочее время цикла и устанавливается потенциометром по таблице в электрошкафу. Выбор частот вращения в зависимости от времени, затрачиваемого на обработку одного зуба, производится по табл. 3.

Таблица 3

Время рабочего хода t_p по потенциометру	Показания тахометра n_{M_2} , мин ⁻¹	Время холостого хода t_x , с	Общее время хода $t_{ц}$, с
35,5	300	4,5	40
30	355	3...4,5	34
25	425	3...4,5	29
20	535		24
15	710		18,5
12	900		15
10	1065		13
8	1330		11
6	1770		9
5	2000	3	8

На распределительном валу (рис. 21) установлены четыре кулачка. Кулачок K_2 служит для отвода и подвода стола в соответствующие периоды цикла; K_3 – для врезания при комбинированном методе обработки; K_4 – для переключения счётчика циклов; K_5 – для выдачи команды на рабочее и ускоренное вращение электродвигателя M_2 привода подач. Кулачок K_1 , расположенный на валу XXV, управляет реверсом.

Наладка станка

Производится на основании параметров нарезаемой шестерни в следующей последовательности.

1. Установить поворотные сегменты ползунов с закрепленными в них резцами на угол конусности зуба ω (рис. 22) – угол между боковой поверхностью зуба у его основания и осевой линией зуба. Резцовые суппорты 4 (рис. 23) с резцедержателями 2 смонтированы на поворотных сегментах, которые прилегают к торцу корпуса люльки и могут поворачиваться на угол до 8° при помощи винта 1.

Угол поворота рассчитывается по формуле

$$\omega = \frac{57,296}{L_e} \left(\frac{S}{2} + h_n \operatorname{tg} \alpha \right) \cos \gamma, \text{ град.},$$

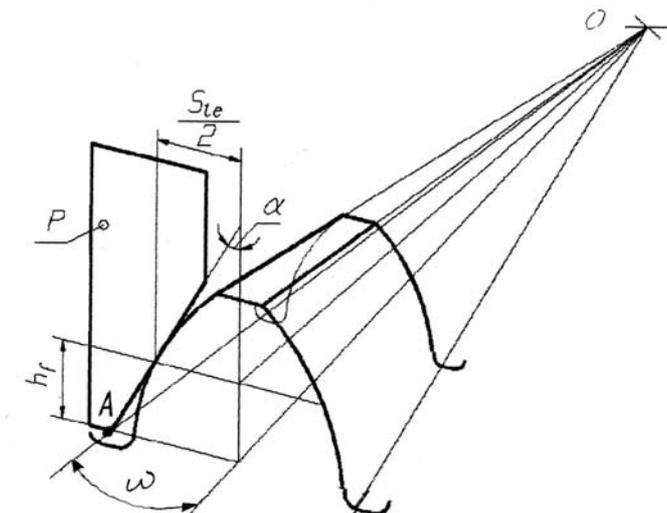


Рис. 22. Сходимость линий основания зуба

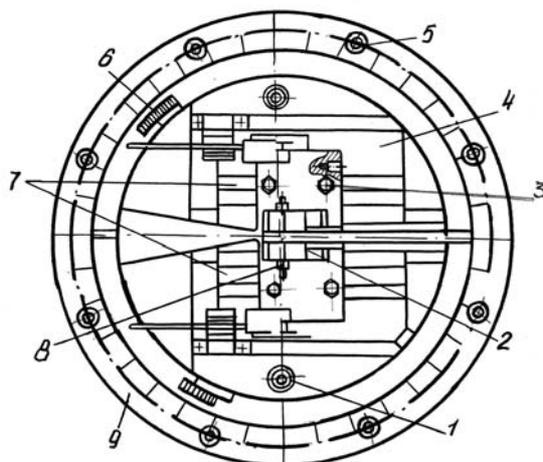


Рис. 23. Схема люльки:

- 1 – винт угла поворота суппорта; 2 – резцедержатель;
- 3 – винт закрепления резцедержателя;
- 4 – суппорт; 5 – гайки зажима поворотного сегмента; 6 – шкала;
- 7 – T-образный паз; 8 – винт закрепления резца;
- 9 – шкала для контроля угла качания

где $L_e = \frac{mz_3}{2 \sin \varphi}$ – длина образующей начального конуса, мм; S – толщина зуба по дуге начальной окружности, мм; $S = 1,571m$ – для некорригированных колёс; $S = m(1,571 + 2\xi \operatorname{tg} \alpha)$ – для корригированных колёс; ξ – коэффициент смещения исходного контура; $h_n = 1,2m$ – высота ножки зуба, мм; $\alpha = 20^\circ$ – угол зацепления; γ – угол ножки зуба; $\gamma = \operatorname{arctg} \frac{h_n}{L_e}$, град.

Для установки суппортов на угол конусности зуба ω необходимо отвернуть гайки 5 и, поворачивая вначале верхний сегмент, а затем нижний посредством винтов 1, установить необходимый угол по шкале и нониусу 6. После произведенной установки гайки 5 затянуть.

При черновом зубонарезании припуск на последующую чистовую обработку обеспечивается установкой угла сегментов больше расчётного на величину $\Delta\omega$. Добавочный угол установки суппортов для черновой обработки определяется по формуле

$$\Delta\omega = \frac{57,296 \frac{\Delta S}{2}}{L_e},$$

где $\Delta S/2$ – припуск на каждую сторону зуба (мм), который принимается в зависимости от модуля нарезаемого колеса.

2. Для установки угла качания люльки необходимо открыть дверцу 17 (рис. 19). На рабочем ходу включают станок и останавливают его в тот момент, когда риска на кольце упорного барабана «середина обката» совпадет с имеющимся там указателем, затем, открыв дверцу гитары обкатки, снимают ведомую сменную шестерню и ключом, надетым на вал червяка, поворачивают люльку на требуемый угол по шкале 9 (рис. 23), после чего надевают сменную шестерню.

3. Установка поворотной плиты.

При чистовом нарезании зубьев бабка изделия с поворотной плитой устанавливается на угол, равный углу конуса впадин φ_f нарезаемого колеса. При черновом зубонарезании межзубовая впадина обычно прорезается глубже на величину $\Delta h = 0,05 \dots 0,1$ мм для того, чтобы при чистовой обработке резец не резал своей вершиной. Угол установки поворотной плиты при черновом нарезании (с целью оставления припуска на чистовую обработку) должен быть больше угла φ_f на величину $\Delta\varphi_f = 3440 \frac{\Delta h}{R_e}$. Это делается также для того, чтобы при всех погрешностях установки поворотной плиты у чистовых резцов

не работали тыловые кромки, так как они имеют отрицательные углы и не предназначены для резания металла.

Для установки бабки изделия на угол внутреннего конуса нарезаемой шестерни необходимо освободить гайки 3 (рис. 24) поворотной плиты и повернуть бабку изделия на требуемый угол по шкале и нониусу 2. После перемещения закрепить гайки 3.

4. Установка длины хода и места действия резцов. Длина хода резцов l должна быть больше, чем длина зуба b нарезаемого колеса на величину перебега, причём со стороны толстого конца зуба рекомендуемый выход резца – 5 мм, а со стороны тонкого – 3 мм, таким образом $l = 3 + 5 = 8$ мм. Этот перебег даёт возможность резцовой колодке встать в рабочее положение до начала резания и своевременно отойти от заготовки при холостом ходе для предохранения режущих кромок резцов от поломки.

Для установки длины хода резцов нужно открыть крышку передней бабки, чтобы иметь доступ к люльке (рис. 25).

Люлька имеет роликовую переднюю опору 1, хвостовая часть поддерживается парой радиально-упорных подшипников 11. Червячное колесо 3 поворачивает люльку. Внутри хвостовой части вращается вал 4 привода главного движения (его передняя опора – шарикоподшипник 13, сзади – два игольчатых подшипника 5). Зубчатое колесо 6 передает движение валу 4, а также через торцевую шпонку 10, зубья муфты 7 – 8 и шлицы – валу 12 кривошипного механизма. Вал 12 эксцентрично расположен внутри вала 4 и связан с кривошипным пальцем 14.

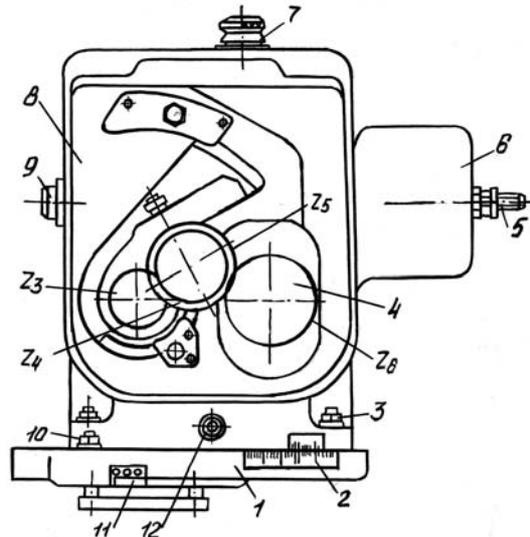


Рис. 24. Делительная бабка:

- 1 – поворотная плита; 2 – шкала установки расстояния от торца шпинделя до геометрического центра станка; 3 – болт закрепления бабки;
4 – гитара деления; 5 – штрель;
6 – цилиндр гидравлического зажимного устройства;
7 – лимб смещения шпинделя; 8 – корпус бабки; 9 – шпиндель;
10 – болт закрепления поворотной плиты; 11 – нониус установки на угол конуса впадин; 12 – валик ручного поворота бабки

Чтобы регулировать длину хода резцов, необходимо изменить расстояние между осями вала 4 и пальца 14. Для этого отпускают гайку 9, разъединяют полумуфты 7 и 8 (на них имеются деления, соответствующие длинам хода резцов), поворачивают вал 12 относительно вала 4 на выборочную длину хода резцов и в нужном положении фиксируют гайкой 9.

Зона действия резцов по отношению к венцу обрабатываемого зубчатого колеса устанавливается перемещением соответствующих суппортов вдоль Т-образных пазов люльки и последующим закреплением гайками.

5. Установка резцов. При установке зубострогальных резцов выполняются два условия: теоретическая вершина A (рис. 22) резцов (точка пересечения линий, проходящих через режущие кромки резца) должна совпадать с плоскостью, перпенди-

кулярной к оси люльки и проходящей через центр станка (ось поворота поворотной плиты); линия движения вершины *A* резцов должна проходить через ось люльки (производящего колеса).

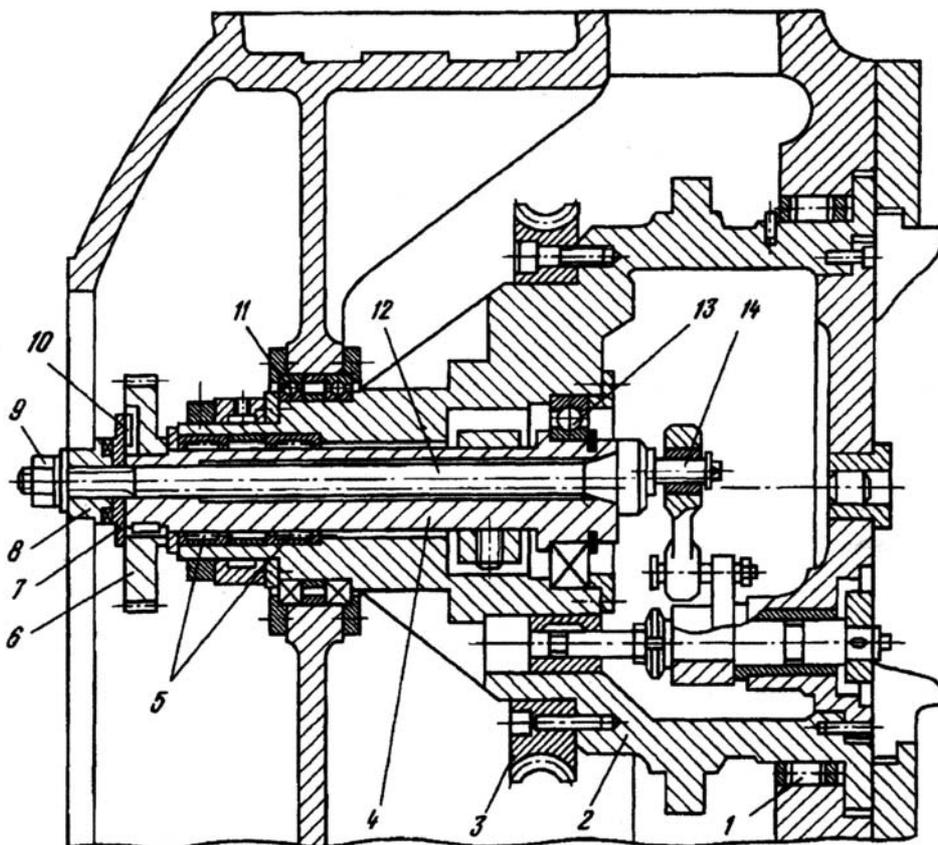


Рис. 25. Люлька станка модели 5236П

Резцы устанавливают по двум приборам, которые маркированы словами «верхний» и «нижний», обозначающими, для установки какого именно резца предназначен прибор.

На рис. 26 показан «верхний» прибор, представляющий собой кронштейн 3, имеющий шпонку 10 и винт 9 с гайкой 4. На кронштейне закреплена пластина 2, в паз которой вставлен калибр 12 и прижат пластиной 14.

При установке резца *P* прибор устанавливается на ползун 8 с таким расчётом, чтобы его шпонка 10 с головкой винта 9 вошли в паз, а затем прибор закрепляется гайкой 4. Такая установка обеспечивает совпадение поверхности 11 с плоскостью I-I, перпендикулярной оси люльки и проходящей через центр станка, а линия пересечения поверхности 11 с поверхностью 13 – прохождение её через ось люльки.

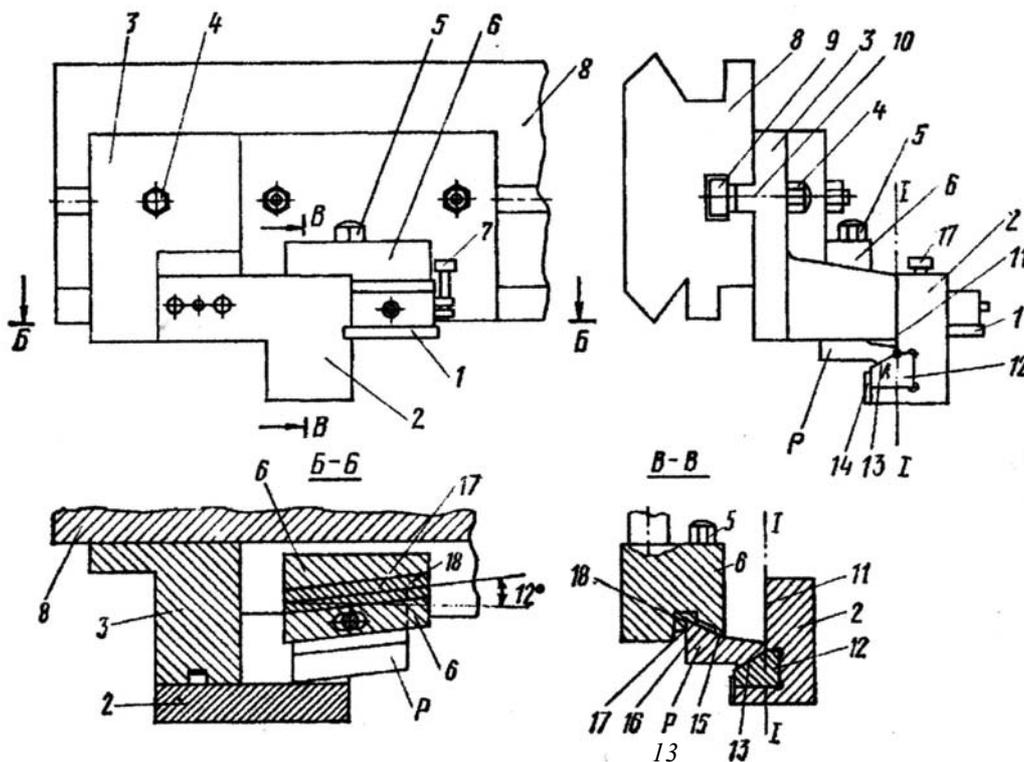


Рис. 26. Установка зубстрогальных резцов по прибору

Резец P устанавливается с базированием по поверхности 15 резцедержателя 6 и по поверхностям $16, 17$ клина 18 , а затем слегка прижимается винтом 5 . Поверхность 17 клина 18 по отношению к поверхности 11 прибора расположена под углом 12° . Поэтому, передвигая резец по длине, добиваются такого положения, когда вершинная режущая кромка его коснется поверхности 11 пластины 2 .

Если же перемещать клин 17 по длине, то резец будет поворачиваться вокруг поверхности 15 . Таким образом регулируется профильный угол инструмента P . На клине 18 имеется шкала, а на резцедержателе 6 – указатель, указывающий на нуль, когда профильный угол равен 20° . После установки резца по длине и углу он закрепляется в резцедержателе окончательно.

По высоте резец регулируют перемещением всего суппорта с резцедержателем 6 относительно паза ползуна 8 . Таким образом, регулируя резец P по длине, углу и высоте, добиваются прилегания его режущих кромок к поверхностям 11 и 13 прибора. Прилегание определяют визуально на просвет или на краску.

Если необходимо изменить положение резца при дополнительных регулировках (подгонка пятна контакта в передаче), на прибор устанавливают индикатор часового типа 1 и закрепляют винтом 7 . По его показанию резец смещается на необходимую величину от исходного положения.

Порядок установки и регулировки нижнего резца – тот же самый, только с прибором, имеющим маркировку «нижний».

6. Осевая установка бабки изделия.

Осевая установка заключается в установке бабки изделия по оси шпинделя на расстояние M_c (рис. 27) от центра станка (центра производящего колеса) до торца шпинделя бабки изделия.

$$M_c = A_m + B,$$

где A_m – базовое монтажное расстояние нарезаемого колеса, т.е. расстояние от вершины его начального конуса до базовой плоскости (торца); B – толщина бурта оправки.

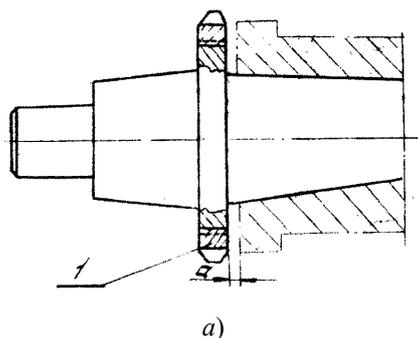
$$A = C + \frac{d_a}{2 \operatorname{tg} \varphi_a},$$

где φ_a – угол наружного конуса нарезаемой конической шестерни; $B = 20 \dots 30$ мм.

1. ПРИ ПОСАДКЕ ОПРАВКИ В ШПИНДЕЛЬ БАБКИ ИЗДЕЛИЯ ОТ РУКИ ЗАЗОР A ДОЛЖЕН БЫТЬ РАВЕН $0,05 \dots 0,1$ ММ, ПРИ ЗАТЯНУТОЙ ОПРАВКЕ ЗАЗОРА БЫТЬ НЕ ДОЛЖНО.

2. ОПРАВКА ДОЛЖНА СИДЕТЬ НА КОНУСЕ И ОДНОВРЕМЕННО ОПИРАТЬСЯ НА ТОРЕЦ ШПИНДЕЛЯ.

Положение оправки при посадке от руки



Положение оправки при работе

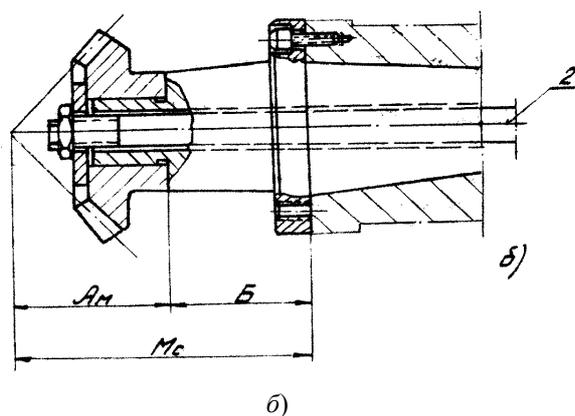


Рис. 27

Полученный размер следует установить по шкале линейки и нониусу (рис. 19). Для этого необходимо освободить гайки 17 и, вращая вал 10 , переместить бабку изделия на требуемую величину.

Если нарезаемые колеса имеют припуск под шлифование опорного торца, не учитываемый чертежом заготовки, то к осевой установке нужно прибавить величину припуска.

При нарезании шестерен с углом внутреннего конуса $5^\circ \dots 10^\circ$ осевая установка бабки изделия должна быть максимальной – $140 \dots 130$ мм.

7. Настройка счётчика циклов.

В станке имеется автоматический счётчик циклов 6 (рис. 19), который может отсчитывать любое число циклов от 0 до 150 (по числу нарезаемых зубьев). По окончании отсчёта установленного числа циклов счётчик нажимает на микропереключатель, помещённый внутри счётчика, останавливая тем самым станок.

При новом пуске станка счёт циклов начинается сначала. В каждый данный момент времени счётчик показывает, сколько осталось циклов до выключения станка, т.е. сколько осталось нарезать зубьев на заготовке.

Для наладки счётчика циклов (рис. 28) необходимо ослабить стопорный винт 2 и, нажимая на рычаг 1 книзу, отвернуть гайку 5. При отвёрнутой гайке мелкозубая муфта 6 расцепится. Затем рычаг 1 поднять кверху и, вращая счетный диск 4, установить его так, чтобы требуемое число циклов, соответствующее количеству нарезаемых зубьев на обрабатываемой заготовке оказалось против указателя 3. После этого ещё раз нажать на рычаг 1 вниз, завернуть гайку 5, сцепив тем самым муфту 6, и завернуть стопорный винт 2. Счётчик готов к работе.

8. Установка и закрепление заготовки.

Заготовка устанавливается на оправке и затягивается струной 2 (рис. 27). Гайка 1 служит для снятия оправки со станка.

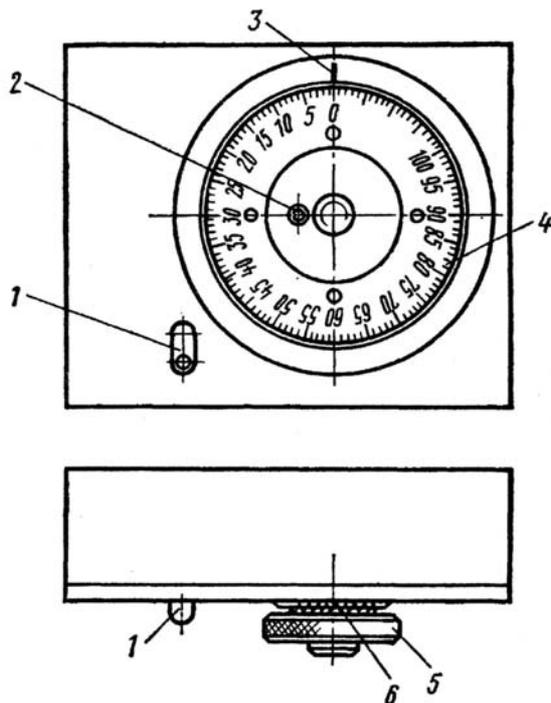


Рис. 28. Внешний вид счётчика циклов

Для быстрого и удобного закрепления изделия станок снабжен гидравлическим патроном (рис. 17). Пружины 1 служат для дополнительного зажима изделия в случае отказа гидравлики или остановки станка. Усилие зажима можно регулировать редукционным клапаном 16 и контролировать по манометру, расположенному рядом с рукояткой управления 15 (рис. 19). Наибольшее усилие гидрозажима, допускаемое прочностью струны 2 (рис. 27), следующее.

Диаметр резьбы на концах струны	M3	M4	M5	M6	M8
Усилие зажима, кгс	275	275	275	385	700
Давление по манометру, кгс/см ²	5	5	5	7,5	14

На станке реле давления настроено на 5 кгс/см², что соответствует усилию зажима 275 кгс. При большем усилии зажима реле давления необходимо настроить по манометру под соответствующее этому усилию давление.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА О ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ

1. Задание, данные варианта задания и эскиз нарезаемого конического колеса.
2. Краткая техническая характеристика станка.
3. Структурная схема станка и её описание.
4. Перечислить исполнительные движения в станке при нарезании конических колёс и записать их условной записью.
5. Перечислить параметры, по которым необходимо настраивать каждое исполнительное движение.
6. Настройка исполнительных движений по требуемым параметрам (для каждого параметра исполнительного движения написать расчётные перемещения, составить уравнения кинематического баланса, вывести формулы настройки и подобрать сменные зубчатые колёса для настраиваемых гитар).
7. Рассчитать параметры, необходимые для наладки станка (величину хода резцов, угол конусности зуба, угол ножки зуба и т.д.).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- сими параметрами характеризуется коническое зубчатое колесо и коническая зубчатая передача?
2. Какими производящими линиями и какими методами образуется боковая поверхность зуба конического колеса?
 3. Работу какой механической передачи воспроизводит зубострогальный станок при нарезании конического колеса?
 4. Какую форму имеют режущие кромки зубострогательного резца и почему?
 5. Какие движения формообразования необходимы в зубострогальном станке при нарезании прямозубых конических колёс и по каким параметрам эти движения настраиваются?
 6. Назовите основные функции, выполняемые составным колесом и особенности работы станков, на которых оно применено.
 7. Назовите основные отличия и особенности плоского и плосковершинного производящего конического колеса.
 8. Почему число зубьев, пропускаемых при движении деления, должно быть взаимно простым с числом зубьев нарезаемого колеса?
 9. Почему изменяют угол качания люльки при переходе на нарезание конического колеса с другими параметрами?
 10. С какой целью передаточные отношения сменных колёс гитары деления и обкатки подбираются с высокой точностью, а сменных колёс гитар главного движения и движения подачи – менее точно?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федотенок, А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков / А.А. Федотенок. – М. : Машиностроение, 1970. – 403 с.
2. Станочное оборудование автоматизированного производства / под ред. В.В. Бушуева. – М. : Изд-во «Станкин», 1994. – Т. 2. – 656 с.
3. Сильвестров, Б.Н. Конструкции и наладка зуборезных и зубофрезерных станков / Б.Н. Сильвестров, И.Д. Захаров. – М. : Высшая школа, 1979. – 255 с.
4. Руководство к лабораторным работам по курсу «Металлорежущие станки» / под ред. П.Г. Петрухи. – М. : Высшая школа, 1973. – 152 с.
5. Наладка и настройка зубообрабатывающих станков : метод. указ. / сост. : В.Х. Фидаров, В.А. Ванин, В.К. Лучкин. – Тамбов : ТИХМ, 1984. – 32 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Задание	3
Данные вариантов заданий	3
Порядок выполнения работы	4
Методические указания	5
Содержание отчета о выполненной работе	44
Контрольные вопросы	45
Список литературы	46