

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания

для выполнения лабораторных работ по курсу
«Технология производства и ремонта автомобилей»
на тему «Нарезание зубьев зубчатых колёс»
для студентов специальности
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»
дневной и заочной форм обучения

Брест 2013

УДК 621.91.002

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения о процессах обработки зубьев и настройке зубофрезерного станка мод. 5К301П и зубодолбежного станка мод. 5140. Изложены подробные рекомендации по выполнению лабораторных работ на данную тему, а также требования к содержанию и оформлению отчета. Методические указания предназначены для студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

НАРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОСОЗУБОГО КОЛЕСА НА ЗУБОФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ 5К301П

Цель работы: приобретение практических навыков назначения режимов резания и наладки станка для нарезания зубьев цилиндрических косозубых колёс.

Инструменты и принадлежности: зубофрезерный станок 5К301П, червячная фреза, заготовка, справочная литература.

Общие положения

Зубчатые колеса являются наиболее массовыми деталями автомобилей. С повышением требований к надежности автомобилей возрастают и требования к точности и качеству зубчатых колес, поэтому их изготавливают с высокой степенью точности и низкими параметрами шероховатости профиля зубьев.

В зубчатых передачах автомобилей применяются в основном цилиндрические зубчатые колеса, обладающие высоким КПД и надежностью в эксплуатации. Для цилиндрических зубчатых колес по ГОСТ 1643-81 установлено 12 степеней точности (в порядке убывания точности). В автомобильной промышленности чаще всего применяются зубчатые колеса 7-й и 8-й степеней точности.

Технические требования к зубчатым колесам устанавливают в зависимости от служебного назначения и в основном от степени их точности. При изготовлении зубчатых колес высокой степени точности очень важно обеспечить требуемые отклонения от перпендикулярности торца к оси центрального отверстия на операциях до нарезания зубьев.

Материалы для изготовления зубчатых колес выбирают в зависимости от их назначения, условий эксплуатации и передаваемых нагрузок. Чаще всего используют углеродистые стали 40, 45, 50; хромистые – 20Х, 40Х, 50Х; высоколегированные хромоникелевые стали – 12ХНЗА, 12Х2Н4А, 20ХН, 40ХН, 20ХН4А; хромомарганцево-титанистые стали – 18ХГТ, 30ХГТ; хромомолибденовые – 20ХМ и др.

В связи с небольшим содержанием углерода поверхностный слой зубчатых колёс, изготовленных из легированных сталей, подвергается цементации или нитроцементации, а из среднеуглеродистых – азотированию.

Материалы для изготовления зубчатых колес должны обладать хорошей обрабатываемостью, незначительными деформациями при термообработке.

Твердость рабочих поверхностей зубьев колес, цементованных на глубину 1,1...2,0 мм, должна быть не ниже 50...63 НРС. Твердость остальных поверхностей 180...270 НВ.

Уровень шума автомобильных зубчатых передач средних размеров при окружной скорости вращения 10...12 м/с не должен превышать 80...85 дБ.

Наиболее распространенными методами получения заготовок зубчатых колёс являются горячая объемная штамповка, штамповка на горизонтально-ковочных машинах, спекание из порошковых материалов. Прогрессивным способом получения зубчатых венцов является накатка зубьев.

1 Процесс нарезания зубчатого колеса

На станке 5К301П нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колёс осуществляется червячными фрезами по методу обкатки, основанному на воспроизведении зацепления зубчатой пары, одной из деталей которой является режущий инструмент, а другой – нарезаемое зубчатое колесо. Этот способ применяется для изготовления прямозубых, косозубых и червячных зубчатых колес. Метод обкатки обеспечивает высокую точность и производительность вследствие непрерывности процесса резания.

Для получения прямозубого колеса необходимо обеспечить следующие движения: вращение заготовки, вращение червячной фрезы и вертикальное перемещение фрезы.

При нарезании косозубого колеса с винтовым зубом, кроме обкаточного движения, сообщается дополнительное вращение заготовки, обеспечивающее образование винтовых зубьев.

Схемы нарезания цилиндрического прямозубого и косозубого колеса представлены на рисунке 1.

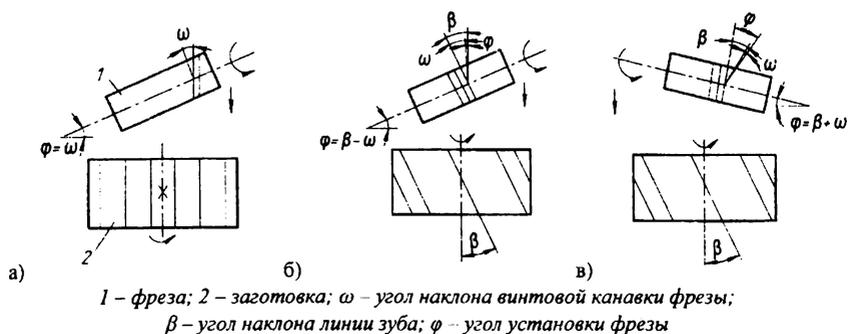


Рисунок 1 – Схемы нарезания цилиндрического прямозубого (а) и косозубого (б, в) колёс

При фрезеровании цилиндрических колёс с косыми зубьями ось червячной фрезы устанавливают следующим образом: если углы наклона винтовых канавок червячной фрезы ω и нарезаемого колеса β одноименны (оба левые или оба правые), то угол установки фрезы φ равен: $\varphi = \beta - \omega$ (рисунок 1, б); если углы наклона винтовых канавок червячной фрезы ω и нарезаемого колеса β разноименны, то угол установки червячной фрезы φ равен: $\varphi = \beta + \omega$ (рисунок 1, в).

2 Назначение и основные технические характеристики станка [1]

Зубофрезерный вертикальный станок модели 5К301П предназначен для нарезания цилиндрических прямозубых и косозубых колёс, а также червячных колёс по способу обкатки диаметром до 125 мм и модулем до 2,5 мм в условиях мелкосерийного и серийного производства.

На станке возможна нарезка зубьев с осевой, радиальной, тангенциальной подачами червячной фрезы.

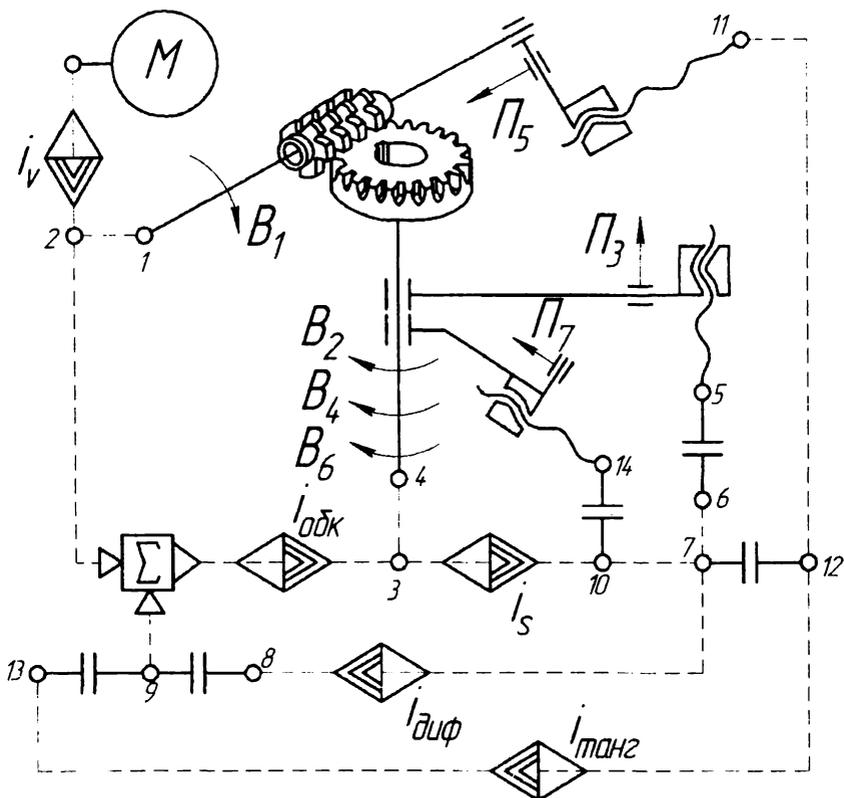
Таблица 1 – Основные технические данные станка

Наибольший диаметр обрабатываемых зубчатых колес, мм	125
Наибольший модуль обрабатываемых зубчатых колес, мм	2,5
Наибольший угол наклона зубьев обрабатываемых колес	+/- 45
Наибольшая ширина нарезаемых колес, мм	100
– прямозубых	60
– косозубых	
Наибольший диаметр устанавливаемых червячных фрез, мм	112
Наибольшая длина устанавливаемых червячных фрез, мм	90
Число скоростей фрезерного шпинделя	8
Пределы угловых скоростей фрезерного шпинделя, об/мин	100...500
Количество осевых подач	15
Пределы подач, мм/мин:	
– осевой	0,35...45
– радиальной	0,4...60
– тангенциальной	0,18...16
Наибольшая величина перемещения фрезы вдоль оси, мм	40
Габаритные размеры станка, мм	
– длина	1320
– ширина	1450
– высота	1820
Масса станка, кг	1940
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	2,2

3 Кинематическая структура зубофрезерного станка 5К301П

Формообразующие движения:

- 1) главное движение Φ (V_1) – вращение фрезы;
- 2) движение обката Φ_v (V_1, V_2) – движение для образования профиля зубьев;
- 3) движение продольной (вертикальной) подачи Φ_s (Π_3) – для образования прямого зуба;
- 4) движение продольной (вертикальной) подачи Φ_s (Π_3, V_4) – для образования винтового зуба;
- 5) движение продольной диагональной подачи Φ_{s1} (Π_3, V_4) и Φ_{s2} (Π_5, V_6) – для образования винтового зуба;
- 6) движение радиальной подачи Φ_{sp} (Π_7) – для формирования зуба червячного колеса (движение врезания V_p, Π_7);
- 7) движение тангенциальной подачи Φ_{s2} (Π_5, V_6) – для формирования зуба червячного колеса.



i_v – гитара цепи главного движения; i_s – гитара цепи подачи; $i_{обк}$ – гитара цепи обкатки (деления); $i_{диф}$ – гитара цепи дифференциала; $i_{танг}$ – гитара цепи тангенциальной подачи
Рисунок 2 – Кинематическая структура зубофрезерного станка 5K301P

а) Цепь главного движения

Конечные звенья: электродвигатель ($N = 2,2\text{кВт}$) и шпиндель с фрезой.

Расчетные перемещения: n , мин^{-1} вала электродвигателя $\rightarrow n$, мин^{-1} фрезы.

Уравнение кинематического баланса при $n_v = 1440 \text{ мин}^{-1}$:

$$1440 \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{26}{30} \cdot \frac{24}{78} = n,$$

где a , b – диаметры сменных шкивов.

б) Цепь обкатки (деления)

Конечные звенья: шпиндель с фрезой и заготовка.

Расчетные перемещения: $\frac{1}{k}$ об. фрезы $\rightarrow \frac{1}{z}$ об. заготовки,

где k – число заходов червячной фрезы; z – число зубьев нарезаемого колеса.

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$\frac{1}{k} \cdot \frac{78}{24} \cdot \frac{30}{26} \cdot \frac{64}{48} \cdot \frac{48}{96} \cdot i_a \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_x \cdot \frac{1}{60} = \frac{1}{z},$$

где $i_a = \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{20} = 1$ – передаточное отношение дифференциала;

$$i_x \text{ – передаточное отношение гитары деления } x, i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24 \cdot k}{z}.$$

в) Цепь вертикальной подачи

Вертикальная подача S_B – перемещение фрезы вдоль оси заготовки за время одного оборота заготовки. Конечные звенья: заготовка и фрезерный суппорт.

Расчетные перемещения:

1 об. заготовки $\rightarrow S_B$, мм вертикального перемещения суппорта.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об. заг.} / \frac{60}{1} \cdot i_x \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_a \cdot \frac{96}{48} \cdot \frac{48}{64} \cdot \frac{1}{35} \cdot \frac{30}{27} \cdot i_t \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{2}{50} \cdot \frac{45}{45} \cdot P_{xв} = S_a$$

где i_t – передаточное отношение гитары подач, T;

$$P_{xв} = 2\pi \text{ – шаг ходового винта.}$$

г) Цепь дифференциала

При обработке косозубых колес осуществляется дополнительное вращение шпинделя изделия на один оборот в направлении обкаточного движения или в противоположном (в зависимости от направления спирали) за время перемещения фрезы на шаг нарезаемой спирали P . Это движение дополняет обкаточное и обеспечивается при помощи дифференциала.

Конечные звенья цепи: фрезерный суппорт и заготовка.

Расчетные перемещения: P , мм вертикального перемещения фрезерного суппорта $\rightarrow \pm 1$ дополнительный оборот заготовки (+ при условии, когда винтовые нарезки фрезы и колеса одноименные, – когда винтовые нарезки разноименные).

Уравнение кинематического баланса:

$$\frac{P}{P_{xв}} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{50}{2} \cdot i_y \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{2}{40} \cdot i_a \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_x \cdot \frac{1}{60} = 1,$$

где i_d – передаточное отношение конического дифференциала, $i_d = 2$;

i_y – передаточное отношение гитары дифференциала.

Для косозубых колес задается угол наклона линии зуба β и нормальный модуль m_n , поэтому шаг нарезаемой спирали P выражается следующей зависимостью:

$$P = \frac{\pi \cdot d_w}{\operatorname{tg} \beta}.$$

Делительный диаметр нарезаемого колеса:

$$d_w = m_t \cdot z = \frac{m_n \cdot z}{\cos \beta},$$

где m_t и m_n – торцовый и нормальный модуль нарезаемого колеса;

Исходя из этого:

$$P = \frac{\pi \cdot m_n \cdot z}{\operatorname{tg} \beta \cdot \cos \beta} = \frac{\pi \cdot m_n \cdot z}{\sin \beta}$$

Подставив в уравнение кинематического баланса значения шага P и передаточного отношения цепи обкатки $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$, получим зависимость для определения передаточного отношения гитары дифференциала:

$$i_y = \frac{m}{n} \cdot \frac{P}{r} = \pm \frac{2 \sin \beta}{m_n \cdot k},$$

где r – число зубьев ведомого зубчатого колеса.

4 Наладка станка для нарезания зубьев цилиндрических косозубых колес

Нарезание зубьев косозубых колес производится в полуавтоматическом режиме с осевой подачей или радиальным врезанием и осевой подачей.

В нашем случае будем производить наладку с осевой подачей. Для этого необходимо:

- 1) настроить частоту вращения шпинделя фрезы;
- 2) настроить величину осевой подачи колеса;
- 3) установить фрезу;
- 4) установить угол наклона суппорта;
- 5) установить заготовку колеса;
- 6) установить направление подачи;
- 7) настроить межцентровое расстояние;
- 8) настроить гитару деления X .

4.1 Настройка частоты вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя при выбранном диаметре фрезы и величине скорости резания (2, 3) определяется по рисунку 5 и таблице 3.

После этого скорость резания уточняется по формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин,}$$

где v – скорость резания, м/мин; D – наружный диаметр фрезы, мм; n – угловая скорость фрезы, мин^{-1} .

4.2 Настройка осевой подачи

Выбор подачи производится в зависимости от требований к точности нарезаемого зубчатого колеса и шероховатости поверхности зубьев. Выбранная подача и ее направление устанавливается на станке рычагами согласно табличке.

Формула для пересчета величины осевой подачи:

$$S_{\text{об}} = \frac{S_{\text{мин}} \cdot z}{n \cdot k},$$

где $S_{\text{об}}$ – величина осевой подачи в мм на оборот изделия;

$S_{\text{мин}}$ – величина осевой подачи, мм/мин.

4.3 Установка фрезы

В процессе работы зубья фрезы изнашиваются. Поскольку одновременно работают не все зубья фрезы, то для обеспечения равномерного износа по длине фрезы, она должна перемещаться вдоль оси после каждого прохода обработки.

При настройке надо стремиться полнее использовать возможную величину перемещения фрезы, но не допускать излишнего перемещения.

4.4 Установка угла наклона суппорта

Угол наклона фрезерного суппорта:

$$\varphi = \beta \pm \omega,$$

где β – угол наклона линии зуба колеса;

ω – угол подъема винтовой канавки фрезы;

«+» – для разноименных направлений винтовых линий фрезы и колеса;

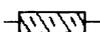
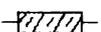
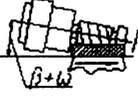
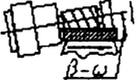
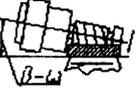
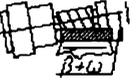
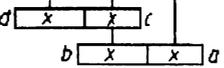
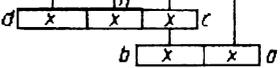
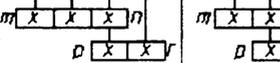
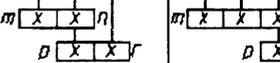
«-» – для одноименных направлений, отсчет угла наклона суппорта производится по линейке станка.

Направление угла наклона суппорта определяется по таблице 2.

4.5 Установка заготовки колеса

Заготовка зубчатого колеса устанавливается по отверстию на палец приспособления и крепится либо вручную при помощи гайки приспособления, либо с помощью зажимного гидравлического патрона в серийном производстве.

Таблица 2 – Настройка станка на нарезание косозубых колёс

Фреза	 Правая				 Левая			
Наименование и направление подачи стола	 Встречная	 Попутная	 Встречная	 Попутная	 Встречная	 Попутная	 Встречная	 Попутная
Нарезаемое колесо	Левое		Правое		Левое		Правое	
Схема установки угла наклона суппорта								
Гитара деления								
Гитара дифференциала								

4.6 Установка межцентрового расстояния

Для установки межцентрового расстояния необходимо:

- 1) установить заготовку и фрезу;
- 2) установить дросель на деление «0»;
- 3) установить лимб на деление «0»;
- 4) включить гидропривод и главный привод;
- 5) переместить фрезу до касания с заготовкой;
- 6) отвести фрезерную стойку в исходное крайнее положение;
- 7) переместить фрезу на величину высоты зуба нарезаемого колеса, отсчитывая перемещение по лимбу;
- 8) установить радиальную подачу.

4.7 Настройка цепи деления

Гитара деления настраивается установкой сменных колес из комплекта поставки.

Определение передаточного отношения i_x гитары деления:

$$i_x = \frac{24 \cdot k}{z} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d},$$

где k – число заходов фрезы; z – число зубьев колеса;

a – число зубьев ведущего сменного зубчатого колеса;

b, c – число зубьев промежуточных сменных зубчатых колес;

d – число зубьев ведомого сменного зубчатого колеса.

При $k = 1$ число зубьев сменных колес рекомендуется выбирать по таблице 2 приложения.

Условия сцепляемости зубчатых колес гитары деления X:

$$a + b \geq c + 26$$

$$94 \leq a + b \leq 122$$

$$a + b + c + d \geq 213$$

$$\frac{b+c}{2} + d \leq 160$$

$$45 \leq d + h \leq 113 \dots 153$$

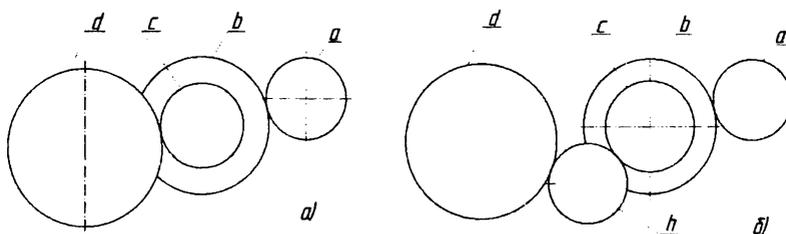


Рисунок 3 – Схема настройки гитары деления X

4.8 Настройка цепи дифференциала

Гитара дифференциала Y настраивается аналогично настройке гитары деления X при обработке косозубых колес.

Передаточное отношение определяется следующим образом:

$$i_y = \frac{2 \sin \beta}{m_n \cdot k} = \frac{m \cdot P}{n \cdot r},$$

где β – угол наклона линии зуба колеса; k – число заходов фрезы; m_n – нормальный модуль зубьев колеса; m – число зубьев ведущего сменного зубчатого колеса; n, p – число зубьев промежуточных сменных колес; r – число зубьев ведомого зубчатого колеса.

Условие сцепляемости сменных зубчатых колес гитары дифференциала Y:

$$p + r \geq n + 26;$$

$$90 \leq m + n \leq 166;$$

$$m + n + p + r \geq 201;$$

$$m + n \geq p + 22.$$

При подборе сменных зубчатых колес рекомендуется использовать литературу [3, 4].

т п р г

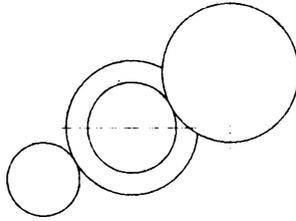


Рисунок 4 – Схема настройки гитары дифференциала У.

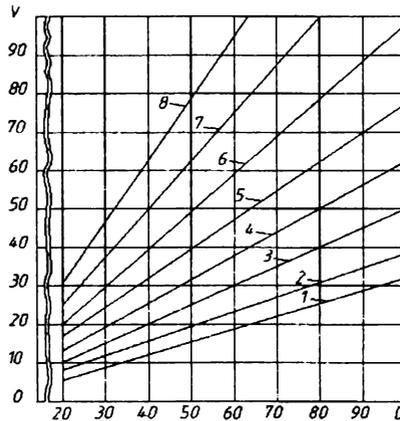


Рисунок 5 – График для определения скорости главного движения фрезы в зависимости от её диаметра

Таблица 3 – Диаметры шкивов

Позиция на рис. 5	Частота вращения фрезы, мин ⁻¹	Расчётные диаметры шкивов, мм	
		ведущий	всломый
1	100	80	200
2	125	90	180
3	160	105	165
4	200	120	150
5	250	135	135
6	315	150	120
7	400	165	105
8	500	180	90

Таблица 4 – Числа зубьев гитары деления X (при k = 1)

z	a	b	c	d	z	a	b	c	d
8	75	40	80	50	30	40	65	-	50
9	60	45	80	40	31	48	60	-	62
10	60	50	80	40	32	45	55	-	60
11	60	55	80	40	33	40	62	-	55
12	60	45	75	50	34	60	59	-	85
13	80	40	60	65	35	48	50	-	70
14	80	40	60	70	36	50	60	-	75

Продолжение таблицы 4

z	a	b	c	d	z	a	b	c	d
15	80	40	48	60	37	48	50	-	74
16	60	59	-	40	38	60	59	-	95
17	70	35	60	85	39	40	60	-	65
18	60	55	-	45	40	45	60	-	75
19	75	25	40	95	41	48	70	-	82
20	60	53	-	50	42	40	60	-	70
21	80	40	-	70	43	48	70	-	86
22	60	58	-	55	44	30	65	-	56
23	70	35	48	92	45	48	60	-	90
24	35	70	80	40	46	48	60	-	92
25	48	60	-	50	47	24	73	-	47
26	60	59	-	65	48	45	60	-	90
27	40	65	-	45	49	48	50	-	98
28	60	59	-	70	50	48	50	-	100
29	48	60	-	58	51	40	60	-	85
52	30	67	-	65	84	48	70	45	90
53	24	70	-	53	85	24	70	-	85
54	40	60	-	90	86	24	70	-	86
55	24	70	-	55	87	60	70	-	86
56	30	67	-	70	88	45	55	30	90
57	40	58	-	95	89	24	70	-	89
58	24	70	-	58	90	24	70	-	90
59	24	70	-	59	91	35	65	48	98
60	24	70	-	60	92	24	70	-	92
61	24	70	-	61	93	48	62	30	90
62	24	70	-	62	94	48	47	25	100
63	40	70	60	90	95	24	70	-	95
64	30	70	-	80	96	50	75	30	80
65	24	70	-	65	97	24	70	-	97
66	45	55	40	90	98	24	70	-	98
67	24	70	-	76	99	40	55	30	90
68	30	70	-	85	100	24	70	-	100
69	40	60	48	92	102	40	60	30	85
70	24	71	-	70	104	30	65	40	80
71	24	70	-	71	105	24	70	50	75
72	40	80	60	90	106	48	63	25	100
73	24	70	-	73	108	40	60	30	90
74	24	70	-	74	110	48	55	25	100
75	24	70	-	75	111	24	74	60	90
76	30	65	-	95	112	30	70	40	80
77	48	55	35	98	114	40	60	30	95
78	50	65	30	75	115	48	60	24	92
79	24	70	-	79	116	45	58	24	90
80	24	70	-	80	117	40	65	30	90
81	40	75	50	90	118	45	59	24	90
82	24	70	-	82	119	40		30	85
83	24	70	-	83	120	24	75	50	80

Таблица 5 – Сменные шестерни гитар

z	24	25	30	34	35	37	40	41	43	45	47	48	50	53
z	55	58	59	60	61	62	65	67	70	71	73	77	75	79
z	80	82	83	85	86	89	90	92	95	97	98	100		

Содержание отчета

1) Привести данные о нарезаемом зубчатом колесе: материал заготовки; число зубьев колеса; угол наклона линии зуба β , °; нормальный модуль m_n , мм; торцовый модуль m_t , мм; делительный диаметр d , мм; диаметр вершин зубьев d_a , мм; ширина венца B , мм; направление линии зуба.

2) Привести данные о червячной фрезе: модуль m_n , мм; диаметр D , мм; число заходов k ; направление винтовой канавки; угол подъема винтовой канавки ω , °.

3) Режим резания: скорость резания v , м/мин; частота вращения шпинделя n , об/мин; вертикальная подача S_v , мм/об.

4) Схема нарезания косозубого колеса червячной фрезой; угол установки шпинделя.

5) Расчёт настройки цепи главного движения.

6) Расчёт настройки цепи обкатки.

7) Расчёт настройки цепи вертикальной подачи.

8) Расчёт настройки цепи дифференциала.

Список используемых источников

1. Паспорт зубофрезерного станка 5К301П.

2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003.

3. Овумян Г.Г., Адам Я.И. Справочник зубореза. – М.: Машиностроение, 1983. – 223 с.

4. Горбунов В.П., Григорьев В.Ф. Методические указания к лабораторной работе «Настройка ка зубофрезерного станка мод. 5К301П на нарезание цилиндрического косозубого колеса». – Брест, 1989.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

НАРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА НА ЗУБОДОЛБЁЖНОМ СТАНКЕ 5140

Цель работы: приобретение практических навыков назначения режимов резания и наладки станка 5140 для нарезания зубьев цилиндрических колёс.

Инструменты и принадлежности: зубодолбёжный станок 5140, долбяк, заготовка, справочная литература.

1 Процесс нарезания зубчатого колеса

Нарезание зубьев цилиндрических колес зубодолбением основано на воспроизведении зацепления пары зубчатых колес, одним колесом которой является обрабатываемая заготовка, а другим – режущий инструмент (круглый долбяк) (рис. 6).

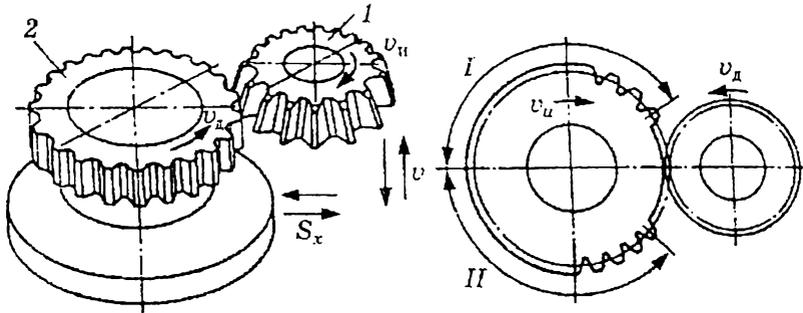


Рисунок 6 – Схема нарезания зубьев зубодолблением круглым долбяком:
 I – долбяк; 2 – обрабатываемое зубчатое колесо

Долбяк 1 в процессе резания совершает возвратно-поступательное прямолинейное движение (для прямозубых колес) или винтовое движение (для косозубых колес) от специального конуса. Кроме того, долбяк совершает вращательное движение вокруг своей оси, как и обрабатываемое колесо 2.

Для обработки колеса на полную глубину долбяку сообщается радиальная подача. После каждого рабочего хода долбяк отводится от заготовки для уменьшения затупления его режущих кромок и нарушения шероховатости поверхности колеса.

Нарезание зубьев круглым долбяком осуществляется на внутренних венцах, блочных зубчатых колесах с близко расположенными зубчатыми венцами, валах-шестернях с фланцами. В этом случае применение червячных фрез невозможно ввиду отсутствия пространства для выхода фрезы.

Для выхода долбяка из рабочей зоны в процессе обработки необходима канавка шириной не менее 2 мм.

2 Краткое описание конструкции и работы станка

Станок имеет вертикальную компоновку, т.е. ось изделия и инструмента расположены вертикально. Для осуществления обкатки на станке предусмотрена жесткая кинематическая связь вращения инструмента и изделия, которая настраивается сменными колесами гитары деления.

Движение резания инструмента осуществляется путем возвратно-поступательного перемещения штосселя.

Установка на межцентровые расстояния и врезания на глубину зуба производится столом с изделием, который перемещается по станине на горизонтальных направляющих.

Радиальное врезание на глубину зуба осуществляется клиновым упором, который перемещается гидроцилиндром. Стол имеет ускоренный подвод к изделию.

Станок может работать как в наладочном, так и в полуавтоматическом режиме.

На станке предусмотрена возможность осуществлять обработку зубчатых колес в один, два и три прохода с полуавтоматическим циклом работы. Для измене-

ния круговой подачи (скорости обкатки инструмента и колеса) на станке предусмотрена коробка передач с гидравлическим переключением подачи по циклу обработки изделия.

Величина подачи радиального врезания настраивается при помощи дросселя.

Высота зуба и припуск перед вторым и третьим проходом настраиваются упорами. Для отсчета полного оборота изделия имеется автоматическое устройство, которое включается после врезания инструмента в заготовку. Все переключения во время работы станка на автоматическом режиме осуществляются гидравликой. Для привода вращения стола и долбяка предусмотрены червячные пары с переменной толщиной витка.

3 Основные технические данные станка

Таблица 6 – Основные технические данные станка

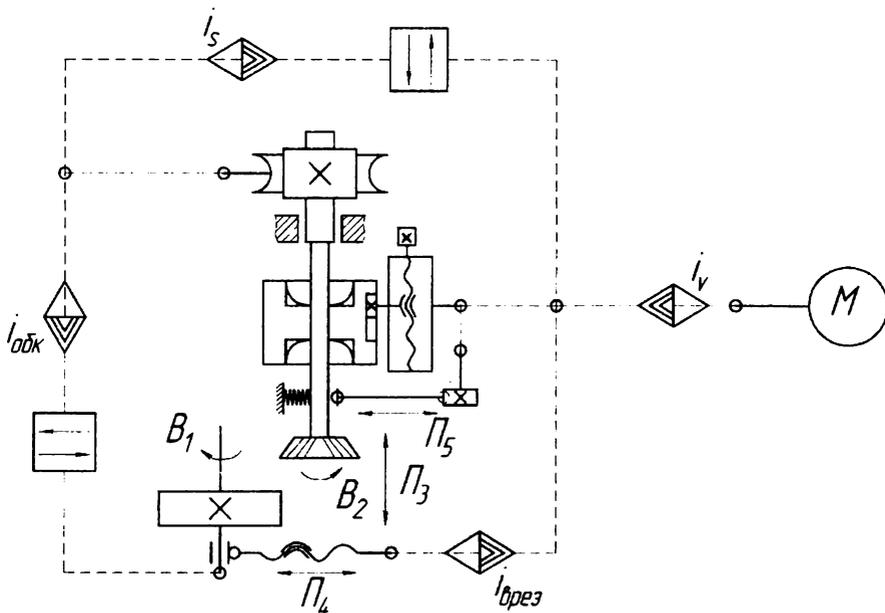
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия, мм	500
Наибольшая ширина нарезаемого венца, мм	100
Наибольший модуль нарезания зубчатых колес, мм	8
Номинальный диаметр устанавливаемого долбяка, мм	100
Расстояние между шпинделем инструмента и изделия, мм	0...355
Отвод долбяка при холостом ходе	0,45
Предел чисел двойных ходов инструмента в минуту	65...450
Предел круговых подач мм/дв.ход. инструмента	0,14...0,75
Предел радиальных подач мм/дв.ход.	0,025...0,1
Мощность гидропривода	1,3 кВт
Мощность главного привода	3,7 кВт
Габариты станка в мм: длина x ширина x высота	1750 x 1280 x 2350

4 Кинематическая структура и исполнительные движения зубодолбежного станка

Для образования эвольвентного профиля зуба методом обката на зубодолбежном станке требуется сложное формообразующее движение Φ (B_1, B_2, P_3), которое представляет собой согласованное движение двух кинематических групп (рисунк 7): Φ_V (P_3) и Φ_S (B_1, B_2).

Механизмы зубодолбежного станка осуществляют следующие формообразующие движения:

- 1) главное движение Φ_V (P_3) – возвратно-поступательное перемещение долбяка в вертикальном направлении;
- 2) движение оката Φ_S (B_1, B_2) (делительное движение) – вращение долбяка и стола с заготовкой;
- 3) движение врезания V_P (P_4) радиальной подачи стола;
- 4) вспомогательное движение отвода долбяка при холостом ходе $V_{СП}$ (P_5).



i_v – гитара сменных колёс; i_s – гитара сменных колёс цепи круговой подачи;
 $i_{обк}$ – гитара сменных колёс цепи обката (деления)

Рисунок 7 – Кинематическая структура зубодолбежного станка

4.1 Расчетные перемещения

а) Цепь главного движения:

$$n_3, \text{МИН}^{-1} \rightarrow n_{\text{дв.ход.}}, \text{МИН}^{-1},$$

где n_3 – частота вращения электродвигателя цепи главного движения, МИН^{-1} ;
 $n_{\text{дв.ход.}}$ – число двойных ходов долбяка, МИН^{-1} ;

б) цепь движения обкатки (деления):

$$1/Z_{\text{Д.об.долб.}} \rightarrow 1/Z_{\text{об.заготовки}}$$

где $Z_{\text{Д.об.долб.}}$ – число зубьев долбяка;
 $Z_{\text{об.заготовки}}$ – число зубьев нарезаемого колеса (заготовки);

в) цепь круговой подачи:

$$1/Z_{\text{Д.об.долб.}} \rightarrow 1 \cdot S_{\text{КР}}/\pi \cdot m \cdot Z_{\text{Д.}}$$

где m – модуль нарезаемого колеса, мм;

г) цепь движения радиальной подачи:

$$S_{\text{Р}}, \text{ММ} \rightarrow 1 \text{ ДВ.ХОД ДОЛБЯКА.}$$

Число двойных ходов долбяка определяют исходя из необходимой скорости резания. Зная величину хода долбяка l , которая определяется: $l = b + 2 \dots 5$ мм, где b – ширина венца обрабатываемого колеса и формулу скорости резания:

$$V = \frac{2 \cdot l \cdot n_{\text{дв.ход}}}{1000}, \text{ м/мин}^{-1},$$

определяем расчетное число двойных ходов долбяка:

$$n_{\text{дв.ход}} = \frac{500 \cdot V}{l}, \text{ дв.ход./ мин.}$$

По рассчитанному $n_{\text{дв.ход}}$ подбирается ближайшее из паспортных значений двойных ходов станка.

4.2 Настройка станка на нарезание цилиндрического прямозубого колеса

Главное движение обеспечивает требуемое значение числа двойных ходов долбяка. Уравнение кинематического баланса:

$$n_3 \cdot \frac{100}{160} \cdot 0,985 \cdot i_v \cdot \frac{180}{355} \cdot 0,985 = n_{\text{дв.ход}}, \text{ мин}^{-1},$$

где i_v – передаточное отношение коробки скоростей станка.

$$\text{Отсюда} \quad i_v = \frac{n_{\text{дв.ход}} \cdot 160 \cdot 355}{n_3 \cdot 100 \cdot 0,985 \cdot 160 \cdot 0,985} = 3,25 \cdot \frac{n_{\text{дв.ход}}}{n_3}$$

По найденному i_v определяют порядок включения зубчатых блоков коробки скоростей.

$$\left(\frac{44}{44} \cdot \frac{47}{47}\right); \left(\frac{44}{44} \cdot \frac{29}{65}\right); \left(\frac{29}{59} \cdot \frac{47}{47}\right); \left(\frac{29}{59} \cdot \frac{29}{65}\right); \left(\frac{36}{24} \cdot \frac{47}{47}\right); \left(\frac{36}{24} \cdot \frac{29}{65}\right).$$

Коробкой скоростей и 2-хскоростным двигателем можно обеспечить 12 значений двойных ходов в минуту:

65, 92, 132, 145, 206, 296 (черновая обработка);

99, 140, 200, 220, 310, 450 (чистовая обработка), мин^{-1} .

Числа двойных ходов с черновой обработки на чистовую обработку изменяют переключением электродвигателя.

Движение обката (деления) обеспечивает согласованное вращение долбяка и заготовки.

Уравнение кинематического баланса:

$$1_{\text{об.дольб.}} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{56}{46} \cdot \frac{46}{54} \cdot \frac{54}{36} \cdot i_x \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{38}{56} \cdot \frac{1}{190} = \frac{z_d}{z},$$

где i_x – параметр настройки двухпарной гитары цепи обката;

z_d – число зубьев нарезаемого колеса.

Решив уравнение относительно i_x получим:

$$i_x = \frac{z_d \cdot 36 \cdot 190}{z \cdot 38 \cdot 90} = 2 \cdot \frac{z_d}{z}$$

При условии, что $i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$, формула настройки примет вид:

$$i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 2 \cdot \frac{z_d}{z}$$

Из имеющегося набора следует подобрать необходимые зубчатые колеса.

Движение круговой подачи ($S_{кр}$) – поворот долбяка на его двойной ход.

Уравнение кинематического баланса:

$$1_{\text{дв.ход.долб.}} \cdot \frac{355}{180} \cdot \frac{2}{24} \cdot \frac{44}{50} \cdot \frac{45}{40} \cdot \frac{40}{44} \cdot i_{\text{кп}} \cdot \frac{36}{54} \cdot \frac{54}{46} \cdot \frac{46}{56} \cdot \frac{1}{90} = \frac{S_{кр}}{\pi \cdot m \cdot z_d},$$

где $i_{\text{кп}}$ – передаточное отношение коробки передач.

Решив уравнение кинематического баланса относительно $i_{\text{кп}}$, получим:

$$i_{\text{кп}} = 376,6 \cdot \frac{S_{кр}}{\pi \cdot m \cdot z_d}$$

Определив значение $i_{\text{кп}}$, найдем порядок включения зубчатых колес коробки передач.

Значение $i_{\text{кп}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$, где i_1 может быть $\frac{46}{36}$ или $\frac{36}{46}$; i_2 может быть $\frac{46}{36}$ или $\frac{36}{46}$; i_3 может быть $\frac{41}{41}$ или $\frac{46}{36}$.

Движение радиальной подачи (S_p) обеспечивает перемещение заготовки в радиальном направлении до полной глубины нарезания.

Радиальная подача осуществляется от клиновой ползушки, которая получает перемещение от гидроцилиндра.

Величину радиальной подачи устанавливают дроссели.

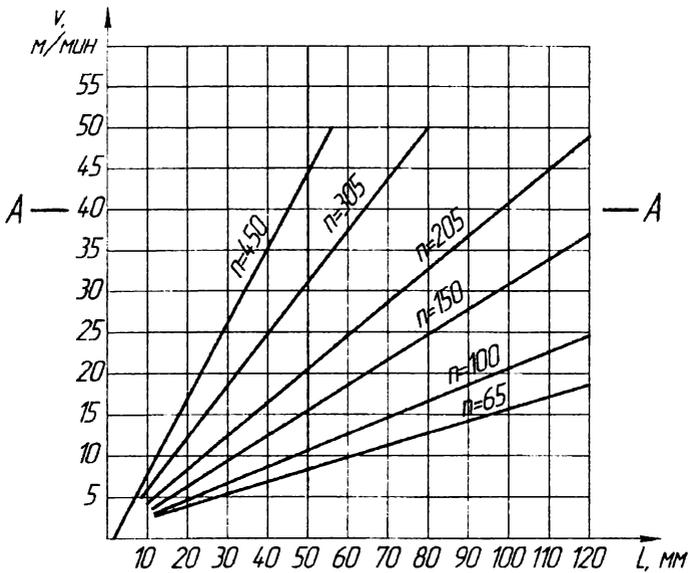
Радиальная подача лежит в пределах от 0,025 до 0,1 мм/дв.ход.

Приведём график для определения скоростей резания.

Расчетная формула:

$$V = \frac{2 \cdot L \cdot n}{1000}, \text{ м/мин;}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L} = \frac{500 \cdot V}{L}, \text{ дв.ход./мин}$$



n – число двойных ходов штока в мин; L – длина хода штока, мм;
 V – средняя скорость резания в м/мин, выбирается в линии А – А
Рисунок 8 – График для определения скоростей резания

Настройка на число зубьев нарезаемой шестерни

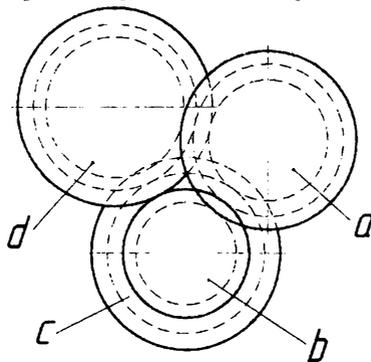


Рисунок 9 – Гитара зубчатых колёс

Формула для настройки имеет вид:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{2 \cdot z_d}{z}$$

где z_d – число зубьев долбяка;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

$c = x \cdot 2 \cdot z_d$.

Таблица 7 – Число зубьев гитары деления

z	a	b	c		d	z	a	b	c		d
			x	z _д					x	z _д	
10	90	30	1	z _д	30	26	80	40	1	z _д	52
	80	40	2	z _д	40		60	60	2	z _д	52
11	96	24	1	z _д	44	27	80	40	1	z _д	54
	80	40	2	z _д	44		60	60	2	z _д	54
12	96	24	1	z _д	48	28	80	40	1	z _д	56
	80	40	2	z _д	48		60	60	2	z _д	56
13	96	24	1	z _д	42	29	80	40	1	z _д	58
	80	40	2	z _д	52		60	60	2	z _д	58
14	96	24	1	z _д	56	30	80	40	1	z _д	60
	80	40	2	z _д	56		70	50	2	z _д	84
15	96	24	1	z _д	60	31	80	40	1	z _д	62
	80	40	2	z _д	60		60	60	2	z _д	62
16	96	24	1	z _д	64	32	80	40	1	z _д	64
	80	40	2	z _д	64		60	60	2	z _д	64
17	96	24	1	z _д	68	33	80	40	1	z _д	66
	80	40	2	z _д	68		60	60	2	z _д	66
18	80	40	1	z _д	36	34	80	40	1	z _д	68
	80	40	2	z _д	72		60	60	2	z _д	68
19	80	40	1	z _д	38	35	80	40	1	z _д	70
	80	40	2	z _д	76		60	60	2	z _д	70
20	80	40	1	z _д	40	36	80	40	1	z _д	72
	80	40	2	z _д	80		60	60	2	z _д	72
21	80	40	1	z _д	42	37	80	40	1	z _д	74
	80	40	2	z _д	84		60	60	2	z _д	74
22	80	40	1	z _д	44	38	80	40	1	z _д	76
	80	40	2	z _д	88		60	60	2	z _д	76
23	80	40	1	z _д	46	39	60	40	1	z _д	78
	80	40	2	z _д	92		60	60	2	z _д	78
24	80	40	1	z _д	48	40	80	40	1	z _д	80
	80	40	2	z _д	96		60	60	2	z _д	80
25	80	40	1	z _д	50						
	60	60	2	z _д	50						

Содержание отчета

- 1) Данные о нарезанном зубчатом колесе: материал заготовки, число зубьев колеса, модуль, ширина венца.
- 2) Данные о круглом долбяке: модуль, диаметр, материал долбяка, его движение при нарезании зубьев.
- 3) Режимы резания: скорость резания, частота перемещения долбяка, частота вращения колеса и долбяка.
- 4) Расчет цепи главного движения, расчет цепи движения обкатки (деления), расчёт цепи движения радиальной подачи, расчет круговой подачи.

Список используемых источников

1. Станочное оборудование автоматизированного производства: в 2-х томах; под ред. В. В. Бушуев. – Станкин, 1993–1994. – Т1, Т2. – 584 с., 656 с.
2. Таблицы для подбора шестерен: справочник / М. В. Сандаков, – М.: Машиностроение. 1982. – 232 с.
3. Горбунов, В.П. Рабочая программа, методические указания и контрольные задания для студентов. Станочное оборудование / В.П. Горбунов, Ю.И. Плюшев. – Брест, БрГТУ, 2008.

Учебное издание

Составители:

Антон Павлович Акулич
Людмила Ивановна Акулич
Виктор Александрович Сокол

Методические указания

для выполнения лабораторных работ по курсу
«Технология производства и ремонта автомобилей»
на тему «**Нарезание зубьев зубчатых колёс**»
для студентов специальности
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»
дневной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: Сокол В.А.
Редактор: Боровикова Е.А.
Корректор: Никитчик Е.В.
Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.

Подписано к печати 13.03.13 г. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага «Снегурочка».
Усл. п. л. 1,4. Уч. изд. л. 1,5. Тираж 50 экз. Заказ № 293.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017 г. Брест, ул. Московская, 267.