

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник практических работ

В 4 частях

Часть 4

Минск
БНТУ
2015

УДК 621.7.002(075.4)

ББК 34.5я735

Т38

Составители части:

М. М. Кане (работа № 1),

Г. Я. Беляев, А. А. Ярошевич (работа № 2)

Под общей редакцией *А. И. Медведева*

Рецензенты:

Л. М. Акулович, Э. Я. Ивашин

Технология машиностроения : сб. практических работ : в 4 ч. /
Т38 сост. : М. М. Кане, И. Л. Баршай, А. А. Ярошевич ; под общ. ред.
А. И. Медведева. – Минск : БНТУ, 2011–2015. – Ч. 4. – 2015. – 125 с.
ISBN 978-985-550-277-8 (Ч. 4).

В данном сборнике помещены две практические работы, предназначенные для изучения вопросов, относящихся к дисциплине «Технология машиностроения».

Рассмотрена методика выбора маршрута обработки зубьев шестерен исходя из конечной точности и ее значений на промежуточных операциях, приведены рекомендуемые методы обработки шестерен в зависимости от требуемой степени точности, области применения различных методов термообработки, выбора баз при обработке зубьев.

Представлен принцип выбора оборудования и оснастки для обработки зубьев, приведены характеристики моделей современных отечественных и зарубежных зубообрабатывающих станков.

Рассмотрен порядок формирования цехов, участков и линий группового производства, указаны основные этапы разработки групповых трехпроцессов, порядок создания комплексной детали и наладки оборудования для ее обработки.

Издается с 2011 г. Часть 3 (составители И. Л. Баршай и др.) выпущена в 2013 г. в БНТУ.

УДК 621.7.002(075.4)

ББК 34.5я735

ISBN 978-985-550-277-8 (Ч. 4)

ISBN 978-985-525-595-7

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

Практическая работа № 1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШЕСТЕРЕН

Цель работы: приобретение практических навыков проектирования процессов зубообработки цилиндрических шестерен.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Основные положения

Проектирование технологии обработки зубьев цилиндрических шестерен является первым этапом разработки технологических процессов изготовления шестерен в целом. Это связано с тем, что требования к точности базовых поверхностей шестерен при нарезании и отделке зубьев зависят от точности зубчатого венца, которую необходимо обеспечить на указанных операциях зубообработки.

Методы обработки зубьев выбирают с учетом материала и конструкции шестерни, требований к точности и физико-механическим свойствам зубьев, их нагрузочной способности, экономических соображений (производительности обработки, расходов на оборудование и инструмент, возможности автоматизации производства).

В данной работе изложена упрощенная методика проектирования технологии обработки зубьев цилиндрических шестерен, основанная на результатах, полученных М. М. Кане. Методика, учитывающая характер пооперационного изменения различных параметров точности зубьев, конструкцию колес, описана в [2, 3] и также основана на исследованиях М. М. Кане.

Разработка технологического процесса обработки детали или ее отдельных элементов содержит следующие основные этапы:

1. Выбор маршрута обработки и требований к качеству на отдельных операциях. На этом этапе устанавливаются укрупненные требования к точности (степень точности по ГОСТ 1643–81 или квалификация точности по ГОСТ 15347).

2. Выбор оборудования для каждой операции.

3. Выбор баз для обработки зубьев шестерен.

4. Назначение припусков.

5. Определение допустимых отклонений основных параметров.

6. Назначение или расчет режимов резания.

7. Расчет норм времени на операции и коэффициентов загрузки станков.

8. Расчет технико-экономических показателей техпроцесса (себестоимости, трудоемкости, производительности), сравнение их с альтернативными вариантами, выбор наиболее рационального варианта.

9. Оформление технологической документации для принятого варианта техпроцесса.

В данной работе рассматриваются этапы 1–5. Методики выполнения этапов 6–9 изучаются в других практических работах.

Тип и форма организации производства не влияют на маршрут обработки зубьев шестерен. Влияние этих факторов на выбор оборудования в этом случае имеет такой же характер, как и при обработке других деталей машин.

В условиях единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства следует использовать универсальное оборудование, желательно с ЧПУ. В условиях крупносерийного и массового производства рекомендуется использовать специализированное и специальное оборудование.

Рассмотрим методики выполнения 1-го–5-го этапов проектирования технологии обработки зубьев цилиндрических шестерен.

Методические указания. Выбор маршрута обработки зубьев шестерен и требований к их точности на отдельных операциях

Установлено, что значения параметров точности и качества поверхности зубьев цилиндрических шестерен после операций отделки и упрочнения зубьев (y) достаточно тесно связаны с исходными значениями этих параметров (x) перед соответствующей операцией. Это свидетельствует о наличии технологической наследственности при обработке зубьев цилиндрических шестерен.

Наличие технологического наследования значений параметров качества цилиндрических зубчатых колес на основных операциях их обработки дает основание считать, что приемлемым с технической точки зрения можно считать такой процесс изготовления колеса, который для каждого параметра качества из нормируемых по чертежу готовой детали обеспечивает соблюдение следующего условия:

$$K_{\text{изм.об}} \leq \prod_{i=1}^m K_{\text{изм.}i}, \quad (1.1)$$

где $K_{\text{изм.об}}$ – общий коэффициент изменения параметра при реализации технологического процесса;

$K_{\text{изм.}i}$ – коэффициент изменения данного параметра на i -й операции;

m – число операций технологического процесса, на которых происходит обработка поверхности, характеризуемой данным параметром качества.

$$K_{\text{изм.об}} = T_{\text{заг}} / T_{\text{сл}}, \quad (1.2)$$

где $T_{\text{заг}}$ – допуск на данный параметр качества в заготовке или на первой операции, где формируется поверхность (например, зубья колеса), которую характеризует данный параметр качества;

$T_{\text{сл}}$ – служебный допуск на данный параметр по чертежу готового колеса.

$$K_{\text{изм.}i} = T_{i-1} / T_i, \quad (1.3)$$

где T_{i-1} и T_i – допуски на данный параметр качества на предшествующей ($i-1$) и данной (i) операциях, которые могут быть обеспечены рассматриваемыми методами обработки.

Значения $K_{\text{изм.}i}$ для различных параметров качества зубьев и процессов изготовления цилиндрических зубчатых колес установлены экспериментально М.М. Кане и приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Коэффициенты изменения основных параметров качества зубчатого венца цилиндрических шестерен $m = 2-6$ мм при их изготовлении

Параметры качества	Последовательно выполняемые операции обработки зубчатого венца							
	Шевингование		ХТО		Зубо-обкатка	Зубохонингование	Зубошлифование	
	Жесткая оправка	Разжимная оправка	Нитроцементация	Цементация			Конический круг	Червячный круг
F_{ir}''	1,25–2,7 (1,9)	1,5–2,9 (2,2)	0,74–0,89 (0,81)	0,69–0,88 (0,78)	1,2–1,4 (1,3)	1,05–1,25 (1,15)	4,0–6,3 (5,1)	3,2–6,1 (4,7)

Окончание табл. 1.1

Параметры качества	Последовательно выполняемые операции обработки зубчатого венца							
	Шевингование		ХТО		Зубо-обкатка	Зубохонингование	Зубошлифование	
	Жесткая оправка	Разжимная оправка	Нитроцементация	Цементация			Конический круг	Червячный круг
f_{ir}''	1,2–3,6 (2,4)	1,3–3,8 (2,6)	0,59–0,13 (0,72)	0,56–0,91 (0,69)	1,1–1,5 (1,3)	1,1–1,35 (1,22)	5,2–9,6 (7,4)	2,9–4,2 (3,6)
F_{Br}	1,4–3,1 (2,2)	1,6–4,5 (3,1)	0,61–0,95 (0,74)	0,56–0,93 (0,69)	1,0–1,15 (1,07)	1,05–1,2 (1,12)	1,9–7,0 (4,4)	2,1–4,1 (3,1)
Примечания:								
1. $F_{ir}'', f_{ir}'', F_{Br}$ – характеристики кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев согласно ГОСТ 1643–81.								
2. В каждой клетке таблицы даны три значения $K_{\text{нзм},i}$ – минимальное, среднее (в скобках) и максимальное, которые соответствуют хорошему, среднему и плохому состоянию оборудования.								
3. Состояние оборудования характеризуется значением коэффициента точности K_{τ} . Для хорошего состояния соблюдается условие $K_{\tau} \leq 0,8$, для среднего $K_{\tau} \leq 0,9$, для плохого $K_{\tau} \leq 1$.								
4. Значение K_{τ} определяется экспериментальным путем по ГОСТ 27.202:								
$K_{\tau} = \omega/T,$								
где ω – поле рассеяния значений контролируемого параметра; T – допуск на контролируемый параметр.								

Для предварительного выбора методов обработки зубьев может быть использована информация, приведенная в табл. 1.2–1.4 [2].

Зубофрезерование червячными фрезами применяют для зубчатых колес с $m \leq 16$ мм из сталей с $HВ \leq 200$ и с $m \leq 10$ мм из сталей с $HВ \leq 350$ с открытыми или врезными венцами. Обработка за один проход возможна для колес с $m \leq 6$ мм. Из соображений обеспечения необходимой точности возможна обработка и при $m \leq 6$ мм за два прохода.

Зубодолбление применяют для колес с закрытыми венцами. Обработку за один проход в этом случае применяют для колес с $m \leq 3$ мм, за два прохода – с $m \leq 6$ мм.

Таблица 1.2

Рекомендуемые методы обработки цилиндрических зубчатых колес
в зависимости от требуемой степени точности готового колеса

Этап обработки колеса	Степень точности колеса по ГОСТ 1643			
	6	7	8	9
Метод зубонарезания	Метод обката на точных станках	Метод обката на точных станках	Метод обката или копирования инструментом, профилированным в соответствии с действительным числом зубьев	Любой метод
Окончательная обработка зубьев	Шлифование или тщательное шевингование с последующей отделкой колес (хонингование или притирка или зубообкатка)	Шлифование или шевингование с последующей отделкой колес (хонингование или притирка или зубообкатка)	При необходимости шевингование, для закаленных колес – отделка зубьев (хонингование или притирка или зубообкатка)	Специальные отделочные операции не требуются

Таблица 1.3

Экономически целесообразная точность обработки цилиндрических
зубчатых колес

Метод обработки	Степень точности по ГОСТ 1643 после обработки	
	черновой	чистовой
Зубофрезерование червячными фрезами	8–10	4–7
Зубофрезерование дисковыми и пальцевыми фрезами	9	8
Зубодолбление методом обкатки	8–9	5–7
Контурное зубодолбление	10	9
Кругодиагональное протягивание	8–10	–
Зуботочение	9–10	8
Зубошевингование	7–8	5–6
Холодное калибрование	7–8	–
Зубошлифование	5–6	3–4

Окончание табл. 1.3

Метод обработки	Степень точности по ГОСТ 1643 после обработки	
	черновой	чистовой
Зубохонингование	По нормам плавности работы примерно на одну степень выше исходной	
Зубопритирка	По нормам плавности работы примерно на одну степень выше исходной	
Зубообкатка	По нормам плавности работы примерно на одну степень выше исходной	
Примечание. Зубохонингование может использоваться как упрочняющая операция после зубошлифования закаленных зубчатых колес для удаления дефектного поверхностного слоя толщиной 5–20 мкм без искажения профиля зуба. Некоторые современные зубошлифовальные станки позволяют совместить эти операции.		

Таблица 1.4

Методы окончательной термической обработки зубчатых колес

Метод ТО	Область применения	Снижение точности зубчатых колес по ГОСТ 1643 после ТО	Примечание
1	2	3	4
Объемная закалка	Для зубчатых колес из сталей 35, 35ХГСА, 38ХМЮА, 40, 40Х, 40ХН, 45, 45Х, 45Г2, 50, 50Г2	На 1–2 степени	Заключается в нагреве детали до температуры 800–900 °С в зависимости от марки стали с последующим быстрым охлаждением в воде или масле. Отпуск производится при нагреве детали до 150–670 °С с последующим медленным охлаждением
Поверхностная газопламенная закалка	Зубчатые колеса из сталей, подвергаемых закалке, с $m = 2–30$ мм	На 1–2 степени	Рекомендуется выполнять на специальных автоматизированных установках с регулированием температуры нагрева. Глубина прокаливания 1–4 мм с получением поверхностной твердости 51–56 HRC,

Окончание табл. 1.4

1	2	3	4
Поверхностная газопламенная закалка	Зубчатые колеса из сталей, подвергаемых закалке, с $m = 2-30$ мм	На 1–2 степени	Рекомендуется выполнять на специальных автоматизированных установках с регулированием температуры нагрева. Глубина прокаливания 1–4 мм с получением поверхностной твердости 51–56 HRC ₃
Поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ)	Зубчатые колеса из сталей, подвергаемых закалке, с $m = 2-30$ мм. Наиболее часто метод применяют для колес из сталей 45, 40X, 55ПП	В среднем на 1 степень	Нагрев ТВЧ производят с большой скоростью 200–600 °C/с при короткой выдержке 1–30 с, поэтому температура нагрева на 100–150 °C выше, чем при обычной закалке. Обеспечивает глубину закаленного слоя 1–5 мм с получением поверхностной твердости 53–63 HRC ₃
Газовая цементация	Для высоконагруженных зубчатых колес из низкоуглеродистых (C до 0,3 %), низко- и среднелегированных сталей 20X, 25XГТ, 25XГМ, 20XНМ, 20XН3А, 18XГТ др.	В среднем на 1 степень	Для сталей, содержащих менее 2 % никеля, после насыщения поверхностей колес углеродом при 930–950 °C производят, как правило, охлаждение до 850 °C, непосредственную закалку и низкий отпуск. Обеспечивают толщину упрочненного слоя 1,1–1,2 мм, 60–64 HRC ₃
Газовая нитроцементация	Для высоконагруженных зубчатых колес из низкоуглеродистых (C до 0,3 %), низко- и среднелегированных сталей 20X, 25XГТ, 25XГМ, 20XНМ, 20XН3А, 18XГТ др.	В среднем на 1 степень	Одновременное насыщение поверхностей колеса углеродом и азотом при 820–860 °C с последующими закалкой, обычно без подстуживания, и низким отпуском. Обеспечивает толщину упрочненного слоя 0,7–1,0 мм, 59–63 HRC ₃

Окончание табл. 1.4

1	2	3	4
Изотермическое азотирование	Для высоконагруженных зубчатых колес. Содержание углерода в материале колес до 0,4 %. Для высоколегированных сталей Cr, Al, Mo, V, W – типа 38ХМЮА, 18Х2Н4ВА	На 1 степень и менее	Насыщение поверхности азотом при 480–560 °С. Обеспечивает глубину слоя 0,2–0,7 мм, 400–1200 HV
Низкотемпературная нитроцементация (никотирование)	Для высоконагруженных зубчатых колес из низкоуглеродистых (С до 0,3 %), низко- и среднелегированных сталей 20Х, 25ХГТ, 25ХГМ, 20ХНМ, 20ХНЗА, 18ХГТ др.	На 1 степень и менее	Насыщение поверхности азотом и углеродом при 560–580 °С. Обеспечивает глубину слоя 0,5–0,7 мм

Примечания:

1. В графе 3 указано снижение точности зубчатых колес при ТО по сравнению с ее исходными значениями до ТО.

2. Степень деформации зубчатых колес при ТО и ХТО, т. е. уменьшение точности зубчатых колес, зависит от конструкции, материала зубчатых колес, условий ТО и ХТО, их стабильности и других факторов.

3. Перспективным оборудованием для осуществления ХТО являются автоматизированные безмуфельные агрегаты, двухрядные агрегаты непрерывного действия с высокой точностью регулирования потенциала углерода, для закалки шестерен – прессы, имеющие пульсирующее осевое давление на деталь и регулируемое охлаждение в потоке масла, однокамерные печи многоцелевого назначения с контролируемой атмосферой фирм Ipsen, Aichelin (ФРГ), Holcroft (США) и др.

4. Новыми направлениями термической обработки зубчатых колес являются:

- низкотемпературная нитроцементация «Нитрекс», осуществляемая в печах периодического действия в контролируемой атмосфере на основе аммиака, экзогаза, диссоциированного аммиака, кислорода и серы, обеспечивающих получение прочной поверхности слоев до 0,7 мм за 20 ч;
- ионно-плазменная цементация и нитроцементация, обеспечивающие сокращение времени обработки до 75 % с повышением качества;
- применение при закалке водных растворов полимеров вместо минеральных масел.

Формообразование зубьев закрытых венцов производят долблением, отделку – шевингованием или шлифованием методом копирования абразивными или металлическими кругами с покрытием из

кубического нитрида бора (CBN) малого диаметра. Этот метод зубошлифования рекомендуется также для зубчатых колес с крупным модулем ($m > 10$ мм), с малым числом зубьев ($z < 20$), большим углом профиля и с другими конструктивными особенностями, затрудняющими применение зубошлифования методом обката.

Выбор оборудования и оснастки для операций обработки зубьев цилиндрических шестерен

Выбор оборудования и оснастки определяется прежде всего их способностью обеспечить требуемое качество обработки, а также их экономичностью, которая характеризуется стоимостью и соответствием конструктивным параметрам обрабатываемой детали. Важнейшими конструктивными параметрами цилиндрических шестерен, которые следует учитывать при выборе оборудования, являются наибольшие диаметр, модуль и ширина нарезаемого колеса.

В табл. 1.5 приведены требования к точности зуборезных станков и инструментов в зависимости от степени точности обрабатываемых на этих станках зубчатых колес.

Таблица 1.5

Рекомендуемые классы точности станков и инструмента при обработке зубьев цилиндрических зубчатых колес [2]

Станки, инструмент	Стандарт	Рекомендуемые классы точности станков и инструмента при степени точности зубчатых колес по ГОСТ 1643–81									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Станки											
Зубофрезерные вертикальные	ГОСТ 659–89	–	A	B	П	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Зубофрезерные горизонтальные	ГОСТ 18065–91	–	A	B	П	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Зубодолбежные	ГОСТ 658–89	–		B	П	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Зубошевинговальные	ГОСТ 13281–93	–	A	B	П	Н	–	–	–	–	–

Окончание табл. 1.5

Станки, инструмент	Стандарт	Рекомендуемые классы точности станков и инструмента при степени точности зубчатых колес по ГОСТ 1643–81									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Зубошлифовальные с кругом:											
червячным	ГОСТ 13086–77	–	A	B	–	–	–	–	–	–	–
коническим	ГОСТ 7640–76	–	A	B	–	–	–	–	–	–	–
тарельчатым	ГОСТ 13150–77	C	A	–	–	–	–	–	–	–	–
профильным	ГОСТ 13133–77	–	–	B	Π	–	–	–	–	–	–
плоским	ГОСТ 13150–77	C	A	–	–	–	–	–	–	–	–
Инструмент											
фрезы червячные однозаходные	ГОСТ 9324–80	–	–	AAA	AAA	AA	A	B	C	D	
дисковые	ОСТ2И41-14-87	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
долбяки зуборезные	ГОСТ 9323–79	–	–	–	AA	A	B	–	–	–	–
шеверы дисковые	ГОСТ 9570–84	–	–	AA	A	B	C	–	–	–	–
<p>Примечание. При комбинировании норм разных степеней точности зубчатого колеса класс точности станка устанавливают, исходя из норм кинематической точности и норм контакта на колесо, а класс точности инструмента – исходя из норм плавности для прямозубых и узких косозубых колес или норм контакта для широких косозубых колес.</p>											

В табл. 1.6–1.21 приведена информация о современных зубообрабатывающих станках для шестерен с $m = 2–8$ мм. Причем в табл. 1.6 – 1.12 приведена информация о станках без ЧПУ, выпускаемых в странах СНГ, а в табл. 1.13–1.21 – о станках с ЧПУ, выпускаемых за рубежом (Германия, Италия, США) и в СНГ.

В этих таблицах класс точности оборудования не указан. Многие изготовители при заказе оборудования могут поставить станок одной модели разного класса точности. Поэтому в заявке на оборудование необходимо оговорить либо класс точности станка, либо требования к качеству обработанных на этом станке деталей, либо то и другое одновременно.

Таблица 1.6

Зубофрезерные станки с вертикальной осью изделия

Основные показатели	Модель станка				
	5К301П	53А10	53А20	5М320	5М320
Наибольший диаметр нарезаемых прямозубых колес, мм	125	125	200	320	320
Наибольший модуль нарезаемых колес, мм	2,5	2,5	6	6	6
Наибольшая ширина нарезаемых прямозубых колес, мм	100	140	180	275	220
Расстояние между осями стола и фрезы, мм	20–135	20–115	25–200	50–250	60–250
Диаметр стола, мм	115	125	200	320	250
Наибольший диаметр фрезы, мм	100	100	125	160	140
Наибольшая длина фрезы, мм	90	140	140	160	140
Расстояние между зеркалом стола и осью фрезы, мм	100–250	100–250	160–410	170–470	180–410
Частота вращения шпинделя фрезы, мин ⁻¹	100–500	40–900	75–500	45–450	50–400
Пределы подачи:					
осевой	0,35–45 мм/мин	0,1–70 мм/мин	0,45–120 мм/мин	0,8–5 мм/об.ст.	0,8–5 мм/об.ст.
радиальной	0,4–60 мм/мин	0,05–35 мм/мин	0,1–1,6 мм/об.ст.	0,4–2,5 мм/об.ст.	1,0–80 мм/мин
Мощность главного привода, кВт	2,2	3,8	7,5/8,5	137	7,5
Габаритные размеры, мм:					
длина	1320	1370	3150	2370	2440
ширина	812	980	1815	1400	1350
высота	1820	1660	2300	1940	2075
Масса, кг	1720	3150	6800	4800	5685

Продолжение табл. 1.6

Основные показатели	Модель станка			
	53В30П	BC312	BCБ30П	53А50
Наибольший диаметр нарезаемых прямозубых колес, мм	320	320	400	500
Наибольший модуль нарезаемых колес, мм	6	6	8	8
Наибольшая ширина нарезаемых прямозубых колес, мм	220	180	220	350
Расстояние между осями стола и фрезы, мм	30–250	55–245	30–250	60–350
Диаметр стола, мм	250	250	250	500
Наибольший диаметр фрезы, мм	160	160	160	225
Наибольшая длина фрезы, мм	160	145	220	280
Расстояние между зеркалом стола и осью фрезы, мм	160–410	120–300	120–300	195–595
Частота вращения шпинделя фрезы, мин ⁻¹	50–400	100–500	80–600	40–405
Пределы подачи:				
осевой	0,63–7 мм/об.ст.	2,5–100 мм/мин	2,0–100 мм/мин	0,75–7,5 мм/об.ст.
радиальной	1,0–16,0 мм/об.ст.	–	1,0–50 мм/мин	0,22–2,25 мм/об.ст.
Мощность главного привода, кВт	3,2/4,2	7,5	5,0/6,3/10	8/10/12,5
Габаритные размеры, мм:				
длина	2300	1790	3100	2670
ширина	1300	1425	2500	1810
высота	1950	2450	2500	2250
Масса, кг	6250	5785	9250	9850

Таблица 1.7

Зубодолбежные станки с вертикальной осью изделия

Основные показатели	Модель станка					
	5111	5122В	BC122	5А150	5М150	5М161
Наибольший диаметр обрабатываемого колеса, мм	80	200	250	500	800	1250

Окончание табл. 1.7

Основные показатели	Модель станка					
	5111	5122В	BC122	5A150	5M150	5M161
Наибольший модуль обрабатываемого колеса, мм	1	4,5	4	8	12	12
Наибольшая ширина обрабатываемого венца, мм	20	50	50	100	160	160
Номинальный диаметр устанавливаемого долбяка, мм	40	100	100	100	200	200
Число двойных ходов долбяка в минуту	250–1600	200–850	200–1000	65–4500	33–188	33–212
Круговая подача долбяка, мм/дв.ход	0,016–0,4	0,14–0,75	20–450 мм/мин	0,14–0,75	0,2–1,5	0,2–1,5
Радиальная подача	0,1–0,3	0,003–0,286 мм/дв.ход	0,2–45 мм/мин	0,003–0,525 мм/дв.ход	2,07–5,4 мм/мин	2,07–5,4 мм/мин
Мощность главного привода, кВт	1,1	2,1/3,0	3,2/4,2	4,0/4,5	4,8/5,7/7,5	4,8/5,7/7,5
Габаритные размеры, мм:						
длина	1635	2610	3000	1900	4200	4200
ширина	1090	1110	1500	1450	1800	1860
высота	1705	2145	2000	2450	3300	3300
Масса, кг	1770	4500	4500	4400	10800	10900

Таблица 1.8

Зубошевинговальные станки с горизонтальной осью изделия

Основные показатели	Модель станка				
	5701	5D702В	BC-E02В-02	5B703	BCN732NC2
Наибольший диаметр обрабатываемого колеса, мм	125	320	320	500	320

Окончание табл. 1.8

Основные показатели	Модель станка				
	5701	5D702B	BC-E02B-02	5B703	BCN732NC2
Наибольший модуль обрабатываемого колеса, мм	1,5	8	8	10	8
Наибольшая длина зуба, обрабатываемого при продольной подаче, мм	40	125	135	150	150
Расстояние между осями колес и шевера, мм	52–120	120–285	120–285	160–420	120–285
Наибольший диаметр шевера, мм	85	250	285	300	250
Наибольшая ширина шевера, мм	–	40	40	40	40
Диаметр посадочного места под шевер, мм	31,743	63,5	63,5	63,5	63,5
Наибольшая длина хода стола (северной головки), мм	50	135	150	260	150
Наибольшее расстояние между центрами, мм	250	500	500	500	500
Частота вращения шпинделя шевера, мин ⁻¹	100–630	63–500	56–360	50–400	56–360
Пределы подач: продольной, мм/мин	32–310	18–300	15–300	16–200	50–400
радиальной, мм/ход шевера	0,01–0,03	0,02–0,04	0,02–0,04	0,025–0,1	0,01–0,04
Мощность главного привода, кВт	0,9	3,2	2,6	3,2	6,7
Габаритные размеры, мм:					
длина	1450	1950	2100	2260	1750
ширина	870	1600	1600	1265	2200
высота	1695	2130	2150	1930	2120
Масса, кг	1560	4700	4700	4000	4700

Таблица 1.9

Зубохонинговальные станки

Основные показатели	Модель станка	
	5Б913	5А915
Диаметр обрабатываемых колес: наибольший	320	500
наименьший	30	140
Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм	8	12
Наибольший угол наклона зубьев обрабатываемых колес, градус	45	30
Наибольшая ширина зубчатого венца обрабатываемых колес, мм	125	150
Наибольшая длина устанавливаемого изделия, мм	500	600
Диаметр хона, мм	250	250
Ширина хона, мм	40	40
Расстояние между осями хона и изделия, мм	130–285	150–420
Наибольшее перемещение хонинговальной головки в каждую сторону от среднего положения, мм	60	80
Величина радиального нагружения, Н	630	800
Величина окружного нагружения, Н·м	160	160
Частота вращения, мин ⁻¹	160–1000 (хона)	160–500 (изделия)
Число двойных ходов за цикл	1–5	–
Мощность главного привода, кВт	3,0	3,2
Габаритные размеры, мм:		
длина	1600	2260
ширина	1000	1450
высота	2200	1930
Масса, кг	3150	4300
<p>Примечание. Для повышения эффективности процесса зубохонингования применяют предварительную обкатку зубьев, которая улучшает точность зубьев, удаляет заусенцы и повышает стойкость зубчатых хонов. Для зубообкатки тремя обкатниками используют как специальные станки, так и станки мод. 5723 (ЭНИМС, г. Москва, $m_{\max} = 6,25$ мм), мод. 3 (Болендер, ФРГ, $m_{\max} = 5$ мм).</p>		

Таблица 1.10

Зубошлифовальные станки для цилиндрических колес

Основные характеристики	Модель станка							
	5B832	5B835	5M841	5A842	5843	584M	586	5860Б
	Абразивный червяк		Конический круг				Фасонный круг	
Диаметр обрабатываемого колеса, мм	20–200	50–500	30–320	До 500	80–800	До 500	25–500	75–800
Модуль обрабатываемого колеса, мм	0,3–3	1,5–6	1,5–8	До 10	До 12	2–10	1–10	2–12
Наибольшая длина зуба шлифуемого прямозубого колеса, м	100	200	160	220	220	180	200	250
Наибольший угол наклона обрабатываемых зубьев, градус	45	30	45	45	45	45	0	0
Число зубьев обрабатываемого колеса	12–200	16–250	10–200	10–200	10–200	8–150	10–300	10–130
Расстояние между центрами, мм	85–220	330–485	175–400	250–600	250–600	200–464	250–350	280–400
Диаметр шлифовального круга, мм	330–400	330–400	260–350	До 400	До 400	180–260	250–350	280–400
Ширина шлифовального круга, мм	63	100	32	–	32	–	–	–
Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	1500	1500	1920	1670	1670	2200	1900–2660	950–2450
Мощность главного привода, кВт	3	5,5	1,5	1,1	1,5	1,1	7	10
Габаритные размеры, мм:								
длина	2110	2770	2740	3079	3280	2535	3350	2930
ширина	2650	2700	2315	2450	2780	2280	2260	3370
высота	1985	2345	2085	2300	2525	2300	2140	3017
Масса, кг	7180	9500	7600	10400	11200	6000	8500	9370

Окончание табл. 1.10

Основные характеристики	Модель станка						
	5A851	5852	5853	5891	5892A	5893	5A893
	Тарельчатый круг			Плоский круг			
Диаметр обрабатываемого колеса, мм	85–360	65–500	150–800	10–125	20–250	100–320	40–320
Модуль обрабатываемого колеса, мм	12	1,5–12	2–12	1–6	1–8	2–12	2–16
Наибольшая длина зуба шлифуемого прямозубого колеса, м	250	290	290	28	50	70	55
Наибольший угол наклона обрабатываемых зубьев, градус	45	45	45	30	45	45	35
Число зубьев обрабатываемого колеса	5–120	10–180	12–210	7–100	4–120	8–120	10–180
Расстояние между центрами, мм	–	–	–	–	–	–	–
Диаметр шлифовального круга, мм	170–275	165–275	165–275	100–300	100–400	400–500	400–500
Ширина шлифовального круга, мм	–	–	–	–	–	–	–
Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	1900–2660	1900–2660	1900–2660	2000–2500	1420	1130	1150
Мощность главного привода, кВт	0,75×2	0,75×2	0,75×2	0,75	4,5	2,8	1,1
Габаритные размеры, мм:							
длина	2780	3490	3340	1590	1840	1840	2545
ширина	2200	2170	2165	1500	1620	1620	1770
высота	2210	2100	2340	1820	1990	2080	2190
Масса, кг	7000	7030	7500	2800	3000	3870	3500

Таблица 1.11

Область применения основных моделей зубошлифовальных станков для цилиндрических зубчатых колес

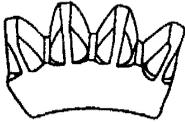
Станок	Применяемый инструмент	Достижимая точность по ГОСТ 1643–81	Достижимая шероховатость по ГОСТ 2789–73 <i>Ra</i> , мкм	Обрабатываемые колеса и метод обработки	Рекомендуемый тип производства
5В832 5835 5В836	Абразивный червячный круг	5	0,63–0,32	Прямозубые и косозубые цилиндрические колеса наружного зацепления, обрабатываются по методу непрерывной обкатки	Серийное и крупносерийное
5831 5841 5842 584М	Конический двусторонний круг	5–7	1,25–0,63	Прямозубые и косозубые колеса наружного зацепления, обрабатываются по методу обкатки при единичном делении	Мелкосерийное и серийное
586 5860Б 5861	Фасонный круг	5–6	0,63	Прямозубые колеса наружного зацепления, обрабатываются профильным кругом по методу копирования	Мелкосерийное и серийное
586В 5В860	Фасонный круг	6–7	0,32	Прямозубые колеса внутреннего зацепления, обрабатываются по методу копирования	Мелкосерийное и серийное

Окончание табл. 1.11

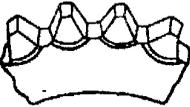
Станок	Применяемый инструмент	Достижимая точность по ГОСТ 1643–81	Достижимая шероховатость по ГОСТ 2789–73 <i>Ra</i> , мкм	Обрабатываемые колеса и метод обработки	Рекомендуемый тип производства
5852 5853	Два тарельчатых круга	3–4	0,32	Высокоточные прямозубые и косозубые колеса наружного зацепления с обычным и модифицированным профилем, обрабатываются по методу обкатки с единичным делением	Мелкосерийное
5891 5A892 5893 5A893	Плоский круг (односторонняя обработка)	3–4		Прямозубые и косозубые шеверы, долбяки и измерительные колеса, обрабатываются по методу обкатки с единичным делением	Производство и заточка шеверов класса А, долбяков – класса АА

Таблица 1.12

Способы закругления зубьев, снятия фасок и заусенцев

Форма скругления	Инструмент	Станок	Область применения	Преимущества и недостатки
Способы скругления				
Бочкообразная 	Чашечная фреза с криволинейными режущими кромками	5A580 5H580 5H582 5580 5582 5584	Прямозубые колеса внешнего и внутреннего зацепления	Высокая производительность и стойкость инструмента

Продолжение табл. 1.12

Форма скругления	Инструмент	Станок	Область применения	Преимущества и недостатки
<p>Радиусная</p> 	Чашечная фреза с криволинейными режущими кромками	5A580 5H580 5H582 5580 5582 5584	Прямозубые колеса внешнего и внутреннего зацепления	Высокая производительность и стойкость инструмента
	Пальцевая фреза	5A580 5H580 5H582 5580 5582 5584 BC-80 BC-81	Прямозубые и косозубые колеса внешнего и внутреннего зацепления, конические колеса	Высокая универсальность, простота и экономичность; низкие режущие свойства, производительность и стойкость инструмента
	Дисковая фасонная фреза	5Д580 5В580 5Д582	Прямозубые колеса внешнего зацепления	Простота, высокая стойкость инструмента и производительность; глубокое врезание в торец колеса
<p>Прямой «домик»</p> 	Чашечная фреза с прямолинейными режущими кромками	5A580 5H580 5H582 5580 5582 5584	Муфты внешнего и внутреннего зацепления	Высокая производительность и стойкость инструмента, уникальность
<p>Односторонний «домик»</p> 	Торцевая фреза	5H580 5H582	Зубчатые колеса стартеров	Высокая производительность и стойкость инструмента, уникальность

Продолжение табл. 1.12

Форма скругления	Инструмент	Станок	Область применения	Преимущества и недостатки
Способы снятия фасок				
Фаска в форме запятой без обработки впадины, в форме запятой с обработкой впадины, а также параллельная профилю зуба с обработкой впадины 	Чашечная фреза с криволинейными режущими кромками	5H580 5H582	Прямоугольные и косозубые колеса	Универсальность, простота, низкая производительность и стойкость инструмента
	Пальцевая фреза	5H580 5H582		
	Торцевая фреза	5H580 5H582	Цилиндрические и конические колеса с модулем до 5 мм	
Фаска, параллельная зубу, без обработки и с обработкой впадины	Два резца	BC-320	Косозубые цилиндрические колеса внешнего зацепления	Простота, универсальность; низкая стойкость инструмента
	Две одновитковые фрезы-улитки	BC-320 BC-500		Высокая производительность и стойкость инструмента; сложность инструмента
Фаска, параллельная зубу, без обработки впадины	Специальный инструмент из двух боковых и одного среднего зубчатых колес	Спец. тип обкатного станка	Одновитковые и многовитковые цилиндрические колеса внешнего зацепления	Высокая производительность

Окончание табл. 1.12

Форма скругления	Инструмент	Станок	Область применения	Преимущества и недостатки
Способы снятия фасок и заусенцев				
Фаска, параллельная зубу, с обработкой впадины	Дисковый абразивный круг	5Б525 5Б525-2 5527 ВСН-550-20 ВСН-550-2-20 с двумя шпинделями	Прямозубые цилиндрические колеса внешнего и внутреннего зацепления	Универсальность, простота инструмента
	Абразивный червяк	ОС25М	Прямозубые цилиндрические колеса внешнего зацепления	Высокая производительность; низкая стойкость и сложность инструмента
Любая	Детонационная взрывная волна	Установка для термического удаления заусенцев ТДУ-1	Все виды зубчатых колес и муфт	Универсальность и высокое качество удаления заусенцев, сложность и высокая стоимость оборудования
	Процесс электрохимического растворения	Установка для электрохимического снятия заусенцев	Цилиндрические зубчатые колеса	Универсальность, необходимость тщательной промывки деталей после электрохимической обработки, сложность защиты работающих и очистки установки, удаления отходов

Таблица 1.13

Станки с ЧПУ для зубофрезерования цилиндрических колес

Фирма-изготовитель	Модель станка	Наибольший диаметр фрезеруемых колес, мм	Наибольший модуль фрезеруемых колес, мм	Наибольшее осевое перемещение фрезы, мм	
Станки с вертикальной осью					
Gleason-Pfauter	PHOENIX 125 GH	125	3,2	300	
	PHOENIX 400 GH	450	12	525	
	GP 130	130	3	250/400	
	GP 200	200	3/5	250/400	
	GP 300	300	3/6	250/400	
	P 400	400	12	400/600	
	P 600	600/800	12	400/600	
Liebherr	LC 80	1-я платформа	80	3	250/400
	LC 120		125	3	250/400
	LC 150		150	3	250/400
	LC 180		180	3	250/400
	LC 200	2-я платформа	200	3	600
	LC 300		300	7	600
	LC 380		380	7	600
	LC 500	3-я платформа	500	12/14	1000
	LC 600		600	12/14	1000
	LC700		700	12/14	1000
Samputensili	S 100	100	3	300	
	S 130	130	3	300	
	S 150	150	4	400	
	S 200	200	4	400 (600)	
	S 300	300	6	400 (600)	
	S 400	400	6	400 (600)	
	S 500	500	12	760 (1060)	
	S 750	750	12	1060	
TOS	OFA 32 CNC6	320	7	300	
	OFA 75 CNC6	750 (900)	12 (14)	630	
ЗАО «Тяжелые зуборезные станки», г. Саратов	53A50Ф3	500	10	–	
	53Ф80Ф3	800	10	–	

Окончание табл. 1.13

Фирма-изготовитель	Модель станка	Наибольший диаметр фрезеруемых колес, мм	Наибольший модуль фрезеруемых колес, мм	Наибольшее осевое перемещение фрезы, мм
ВИСТАН	53Д30ПФ3	320	6	220
	BC-B35ПФ4	500	10	220
	BCN-380 CNC	800	12 (14)	600
	BCN-332 CNC2	320	6	220
	BCN-3A50 CNC25	500	10	220
Станки с горизонтальной осью изделия				
Gleason	P60*	80/100	2,5/3	220/320
	P90*	100/125	3/5	320/400
	3E 125*	130	4	400/800
	P 210*	180/210	3	300/400
Koeperfer	160	60/140	2,5	200/480
	180	90/156	2,5	180
	200	120/180	3	200
	300	140/195	4	300
ВИСТАН, г. Витебск	BC-51 ПФ2	125	4	500
	5B353 ПФ2	200	8	820

* С модификациями для нарезания червяков.

Таблица 1.14

Зубодолбежные станки с ЧПУ

Фирма-изготовитель	Модель станка		Наибольший диаметр обрабатываемых колес, мм	Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм	Наибольшая длина зуба обрабатываемых колес, мм
Gleason	AM 250		250	6	50/100
	P 150 S		150	4	25
	P 200 S		200	6	50/100
	P 300 S		300	6	50/100
	P 500 S		500	8/10	100/200
	P 600 S		600/800	8/10	100/200
Liebherr	LS 80	1-я платформа	80	3/5	30/55
	LS 120		125	3/5	30/55
	LS 150		150	3/5	30/55
	LS 180		180	3/5	30/55
	LFS 200	2-я платформа	200	6/12	100/180/215
	LFS 300		300	6/12	100/180/215
	LFS 380		380	6/12	100/180/215

Окончание табл. 1.14

Фирма-изготовитель	Модель станка	Наибольший диаметр обрабатываемых колес, мм	Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм	Наибольшая длина зуба обрабатываемых колес, мм
TOS	ОНА 16 CNC5	160	4	45
	ОНА 32 CNC5	320	6	80
	ОНА 50 CNC5	500	8	125
Samputensili-Fellows	FS 180	180	6,4	51
	FS 400	400	7,3	90/125/170
	FS 630	630	7,3	125/170/200
	FS 1270	1270	12,7	203/305
	FS 2250	2250	12,7	203/305
ЗАО «Тяжелые зуборезные станки», г. Саратов	5А140Ф3	500	8	–
	5М150Ф3	800	12	–
ВИСТАН, г. Витебск	BC-123Ф2	250	5	–
	BCH-150NC2	500	8	–
	BCH-180CNC2	800	10	–

Таблица 1.15

Зубодолбежные станки для косозубых цилиндрических колес
с электронными направляющими

Фирма-изготовитель	Модель станка	Наибольший диаметр обрабатываемых колес, мм	Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм	Наибольшая длина зуба обрабатываемых колес, мм
Gleason	GP 200 ES	200	6	70/100
	GP 300 ES	300	6	70/100
	GP 500 ES	500	6	70/100
	P 400 ES	400	8/10	100/200
	P 600 ES	600/800	8/10	100/200
	P 800 ES	800/1200	10/16/24	200/350/600
Samputensili-Fellows	HS 450	450	12,7	200
	HS 650	650	12,7	200

Таблица 1.16

Зубошевинговальные станки

Фирма-изготовитель	Модель станка	Положение оси детали	Наибольший диаметр обрабатываемых колес, мм	Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм	Наибольшая длина зуба обрабатываемых колес, мм
Gleason-Hurth	ZS 160	Вертикальное	160	3,5	40
	ZS 150	Горизонтальное	200	5/3,5	100/45
	ZS 300	Горизонтальное	280	8	100
	ZS 600	Горизонтальное	280	8	100
ВИСТАН, г. Витебск	BC-E02BФ2	Горизонтальное	320	6	–
	BC-732CNC2	Горизонтальное	320	8	150

Таблица 1.17

Зубопрофилешлифовальные станки для наружных и внутренних зубчатых венцов

Фирма-изготовитель	Модель станка	Наибольший диаметр шлифуемых колес, мм	Наибольшая высота профиля шлифуемых колес, мм	Наибольший модуль шлифуемых колес, мм	Наибольшее осевое перемещение инструмента, мм
Gleason	GP 200 G	200	15	3	250/400
	GP 300 G	300	15	4	250/400
	P 400 G	400	35/45	5	400/600
	P 600 G	600/800	35/45	7	400/600
	P 800 G	800	80/100	7	700/1000/1300/1600
Samputensili	S 375 G	375	35/50		400/650**
	S 375 GX	375	35/50		800/1000**
	S 500 GI	500		7	150**
Höefler	Helix 400	400		15	260
	Helix 700	700		15	450
** Опции.					

Станки с ЧПУ для зубошлифования цилиндрических колес червячным кругом представлены фирмами Reishauer, Gleason, Samputensili.

Для правки и балансировки червячных абразивных кругов предназначен станок Reishauer AM10, который позволяет производить правку и балансировку шлифовальных кругов диаметром 270–400 мм, ширина круга 62, 84 и 104 мм, точность балансировки – в пределах 0,5–1 г.

Таблица 1.18

Зубошлифовальные станки фирмы Reishauer

Модель станка	Наибольший диаметр шлифуемых колес, мм	Наибольший модуль шлифуемых колес, мм	Угол наклона зуба шлифуемых колес, градус	Наибольший вес шлифуемых колес, кг
RZ150	150	3	40	34
RZF ^{*2}	250	5	40	104
RZ362A ^{*1}	360	7	45	60
RZS	360	7 (8)	45	60
RZ400	400	8	45	300
RZ820	820	7 (8)	30	300
RZ260	260	4/6 ^{*3}	45	5 ^{*4}
RZ410		8/12 ^{*3}	45	300

Примечания:
^{*1} – станок снабжен встроенным балансировочным устройством шлифовального круга;
^{*2} – станок предназначен для зубошлифования и последующего зубохонингования с одной установки детали;
^{*3} – в числителе – модуль при обкатном методе, в знаменателе – при профильном методе;
^{*4} – вес заготовки при автоматической загрузке.

Таблица 1.19

Зубошлифовальные станки с червячным кругом фирмы Gleason

Модель станка	Наибольший диаметр шлифуемых колес, мм	Наибольший модуль шлифуемых колес, мм	Наибольшая ширина зуба шлифуемого колеса, мм
P90 G	100	3	400
245 TWG	245	4	400
400 GX	400	0,5–8	200

Фирма Samputensili предлагает зубошлифовальные станки, совмещающие возможность работы червячным и дисковым кругами, а также имеющие возможность дополнительной обработки зубчатого венца зубохонингованием (табл. 1.20).

Таблица 1.20

Зубошлифовальные станки фирмы Samputensili для совмещенной обработки

Модель станка	Тип инструмента	Положение оси детали	Наибольший диаметр шлифуемых колес, мм	Модуль шлифуемых колес, мм	Наибольшая длина осевого перемещения инструмента, мм
S 250 G	Абразивный червяк или дисковый круг, зубчатый хон	Вертикальное	250	4–12	400
S 400 GT*		Горизонтальное	400	6–20/40	1000
* Со встроенной системой измерения зубчатого колеса.					

Зубошлифовальные станки фирмы Liebhert (табл. 1.21) позволяют вести высокопроизводительное зубошлифование как обычными абразивными червячными кругами, так и специальными дисковыми и червячными кругами с алмазным или CBN-гальванопокрытием, что значительно повышает размерную стойкость обработки (до 200 ч машинного времени) [2].

Таблица 1.21

Станки для зубошлифования цилиндрических колес фирмы Liebhert

Модель станка	Тип инструмента	Тип зубьев	Наибольший диаметр шлифуемых колес, мм	Наибольший модуль шлифуемых колес, мм*	Наибольшая длина осевого перемещения инструмента, мм
LCS 100	Дисковый круг, червячный круг	Наружные, внутренние	100	5/7	600
LCS 150			150	5/7	600
LCS 200			200	7/8	600
LCS 300			300	7/8	600
LCS 380			380	7/8	600
Примечание. * В числителе – максимальный модуль при зубошлифовании профильным кругом, в знаменателе – червячным кругом.					

Выбор баз при обработке зубьев цилиндрических шестерен

Точность обработки зубьев цилиндрических шестерен в большой степени зависит от правильного выбора баз на зуборезных и зубоотделочных операциях и точности базовых поверхностей заготовок перед зубообработкой.

При зубофрезеровании и зубошвинговании колеса-диска (рис. 1.1, *а*) за технологические базы принимают отверстие *1* и торец *5* венца, обработанный совместно с опорным торцом ступицы *б*. При изготовлении закаленных зубчатых колес с отделкой посадочного отверстия после термической обработки в качестве опорной технологической базы рекомендуется использовать торец зубчатого венца, противоположный торцу ступицы, который является опорным для данного колеса в сборочной единице, т. е. используется в качестве конструкторской базы.

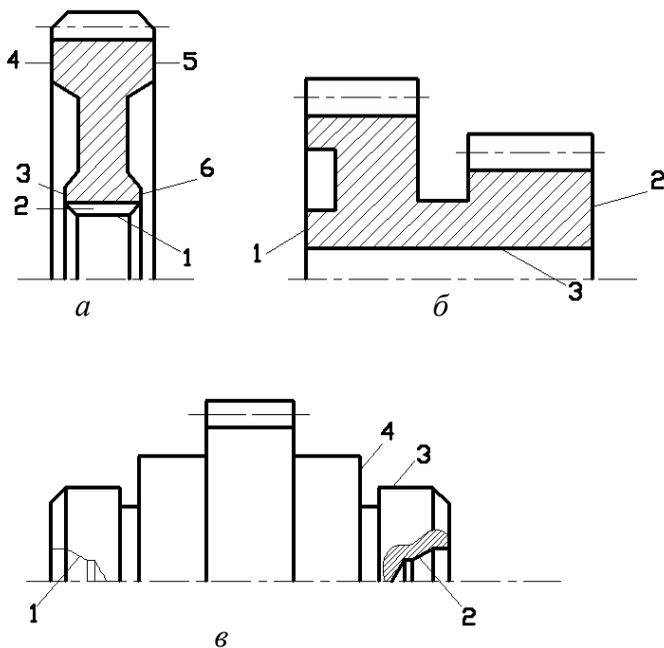


Рис. 1.1. Базы цилиндрических зубчатых колес:
а – колесо-диск; *б* – двухвенцовое насадное колесо; *в* – колесо-вал

В качестве опорной технологической базы при зубообработке многовенцовых зубчатых колес (рис. 1.1, б) обычно принимается тот торец зубчатого венца, который обеспечивает возможность установки детали при обработке зубьев всех венцов (торец 1, см. рис. 1.1, б). В качестве центрирующей технологической базы в этом случае также используется отверстие (поз. 3, рис. 1.1, б). При необходимости шлифования зубьев большого венца такого колеса в качестве опорной базы используется торец 1 (рис. 1.1, б), являющийся базой при зубонарезании.

Чтобы избежать прогиба заготовки при обработке зубьев, опорные точки на торце венца должны располагаться как можно ближе к зубьям, иметь достаточно большую хорошо обработанную и перпендикулярную оси отверстия поверхность.

При изготовлении насадных зубчатых колес со шлицевым отверстием в качестве центрирующей технологической базы, независимо от принятой системы центрирования соединения в сборочной единице, рекомендуется принимать внутренний диаметр, что позволяет сохранить единство технологических баз на протяжении всей обработки детали, включая отделку шлицевых поверхностей после термической обработки. При наружном центрировании шлицевого соединения в узле, особенно для зубчатых колес из цементируемых или закаливаемых сталей, это требует применения комбинированных протяжек, позволяющих производить одновременную обработку внутреннего и наружного диаметров шлицевого отверстия при обработке заготовок.

У цилиндрических колес-валов с модулем до 6 мм в качестве технологических баз при зубофрезеровании и шевинговании используются центровые отверстия 1 и 2 (рис. 1.1, в) на торцах вала. Детали с модулем более 6 мм и большой длиной вала базируются по шейке с упором в торец 4 и поджимом в центровое отверстие 1. При необходимости во время зубофрезерования используют люнеты. Для предотвращения от забоин и повреждений применяют центровые отверстия с предохранительным конусом.

Вопросы выбора требований к точности базовых при обработке зубьев поверхностей шестерен и технологической оснастки рассмотрены в практической работе «Проектирование технологии обработки базовых поверхностей цилиндрических шестерен», ч. 2 сборника.

Назначение припусков при обработке зубьев цилиндрических шестерен

При обработке зубьев припуск назначают на толщину зуба или на длину общей нормали, а также на сторону зуба. В табл. 1.22 приведены рекомендации по выбору припуска на толщину зуба для основных операций отделки зубьев [3].

Припуск на шлифование зубьев после их поверхностной закалки принимают по минимальному пределу, указанному в табл. 1.22, а для колес из высоколегированных цементуемых сталей – по максимальному пределу, но с учетом максимально допустимой толщины цементованного слоя, снимаемого с рабочих профилей. Минимальные припуски на отделку зубьев соответствуют рациональной точности колес перед соответствующей операцией зубоотделки. Методика выбора такой точности будет приведена ниже.

Укажем рекомендации по назначению припусков на зубоотделочные операции, не упомянутые в табл. 1.22. Припуск под хонингование зубьев обычно составляет не более 0,02–0,03 мм на сторону зуба. Припуск под холодное калибрование на станке ВС 1500 (ВИСТАН) 0,11–0,17 мм по толщине зуба. Припуск на хонингование и обкатку зубьев обычно не более 0,02–0,03 мм на сторону зубьев, а на притирку – не более 0,05 мм также на сторону зуба.

В технологической документации припуск на обработку зубьев обычно учитывается значением длины общей нормали W .

Заниженные или завышенные припуски приводят к увеличению погрешностей обработки, а завышенные припуски – еще и к увеличению трудоемкости обработки зубьев.

Припуски на чистовую зубообработку цилиндрических колес

Зубообработка	Модуль, мм	Зубонарезание										
		Черновое					Чистовое					
		Диаметр колеса, мм										
		До 100	100–200	200–500	500–1000	Св. 1000	До 100	100–200	200–500	500–1000	Св. 1000	
<i>Припуски на толщину зубьев, мм (по нормали), остающиеся при зубонарезании*1</i>												
Чистовое нарезание	До 5	0,5–0,7	0,6–0,8	0,8–1,0	0,8–1,0	1,0–2,2	–	–	–	–	–	–
	5–10	0,6–0,8	0,7–1,0	0,9–1,4	1,0–1,6	1,2–1,9	–	–	–	–	–	–
	10–15	1,0–1,5	1,2–1,6	1,2–1,8	1,4–2,0	1,5–2,2	–	–	–	–	–	–
	Св. 15	1,2–1,8	1,4–2,0	1,5–2,2	1,8–2,2	2,0–3,0	–	–	–	–	–	–
	До 3	–	–	–	–	–	0,06–0,10	0,08–0,12	0,08–0,12	–	–	–
Шевингование*2	3–5	0,6–0,9	0,8–1,0	1,0–1,2	1,0–1,3	1,2–1,5	0,08–0,12	0,10–0,15	0,10–0,15	0,10–0,15	0,12–0,18	0,15–0,28
	5–7	0,8–1,0	1,0–1,2	1,1–1,5	1,2–1,8	1,2–2,0	0,10–0,14	0,12–0,16	0,12–0,16	0,12–0,16	0,15–0,18	0,16–0,20
	7–10	0,8–1,0	1,0–1,2	1,1–1,6	1,4–2,2	1,4–2,2	0,12–0,16	0,15–0,18	0,15–0,18	0,15–0,18	0,18–0,22	0,18–0,22
	До 3	–	–	–	–	–	0,15–0,20	0,15–0,25	0,18–0,30	–	–	–
Шлифование, лезвийная обработка твердосплавным инструментом	3–5	–	–	–	–	–	0,18–0,25	0,18–0,30	0,20–0,35	0,25–0,45	0,30–0,50	
	5–10	0,85–1,2	1,1–1,5	1,2–1,8	1,4–2,2	1,6–2,5	0,25–0,40	0,30–0,50	0,35–0,60	0,40–0,70	0,50–0,50	
	10–20	1,2–1,8	1,4–2,0	1,5–2,2	1,8–2,5	2,0–3,0	0,35–0,50	0,40–0,60	0,50–0,70	0,50–0,70	0,60–0,50	
	До 3	–	–	–	–	–	0,15–0,20	0,15–0,25	0,18–0,30	–	–	

		Допуски на припуск, мкм ³									
		Диаметр колеса, мм									
Зубообработка		До 50	50–100	100–200	200–500	500–800	800–1250	1250–2000	Св. 2000		
Чистовое нарезание		150	180	220	260	300	350	400	450		
Шевингование ⁴ с подналадкой		50	60	75	90	100	110	125	150		
без подналадки		40	50	60	70	80	–	–	–		
Шлифование, лезвийная обработка твердосплавным инструментом		65	80	100	120	150	180	230	–		

³ Технологическая толщина зубьев $S_{\text{пр}}$ на данной операции определяется как сумма верхней предельной толщины зубьев по чертежу: $S_{\text{пр}} = S_n - E_n$ и указанного припуска Δ , где S_n – нормальная толщина зуба; E_n – верхнее отклонение толщины зуба; $S_{\text{пр}} = (S_n - E_n) + \Delta$.

⁴ При обработке прямозубых колес припуск допускается уменьшать на 10–25 %, а для колес с углом наклона зубьев более 15° – увеличивать на 10–15 % по сравнению со значениями, указанными в таблице.

³ Допуск T на толщину зубьев после данной операции устанавливается «в минус» от технологического размера.

⁴ В среднесерийном производстве рекомендуется работать с подналадкой станка на партию колес, обработанных на одной наладке зубо-резного станка.

Определение допустимых отклонений основных параметров точности зубьев на промежуточных операциях их обработки

При упрощенном способе, принятом в данной работе, для решения этой задачи могут быть использованы зависимость (1.3) и данные, приведенные в табл. 1.1. Если известны допуск T_i на данный параметр качества на i -й операции и коэффициент изменения точности $K_{\text{изм.}i}$ данного параметра при выполнении i -й операции, то рациональный допуск на данный параметр на предшествующей ($i - 1$) операции можно определить из зависимости

$$T_{i-1} = K_{\text{изм.}i} T_i. \quad (1.4)$$

Расчеты для принятого маршрута обработки следует начинать с последней операции. Требования к качеству для нее определяются чертежом готовой детали. Для всех предшествующих операций требования к качеству необходимо установить по указанной выше методике.

Пример проектирования технологии обработки зубьев цилиндрической шестерни

Исходные данные. Объект производства – цилиндрическое зубчатое колесо из стали 25ХГТ, $m = 4,25$ мм, $z = 45$, $d_e = 193,6$ мм. Длина общей нормали $W = 71,68$ мм, центральное отверстие шлицевое с прямобочными шлицами по ГОСТ 1139 (см. рис. 1.1, а). По чертежу готового колеса необходимо обеспечить точность зубьев 9-8-8-Ва ГОСТ 1643 ($F_i'' = 140$ мкм, $f_i'' = 40$ мк, $F_\beta = 18$ мкм), Ra 3,2 мкм, тип производства – серийное. Состояние имеющегося зубообрабатывающего оборудования – среднее.

Выбор маршрута обработки зубьев

1. В качестве метода зубонарезания принимается зубофрезерование червячной фрезой, которое обеспечит 8-9-9 степени точности по ГОСТ 1643 ($F_i'' = 100$ мкм, $f_i'' = 50$ мк, $F_\beta = 28$ мкм).

2. Для нормируемых показателей качества по формуле (1.2) определяются значения общего коэффициента изменения параметра, которые необходимо обеспечить при реализации технологического процесса (табл. 1.23, значения $K_{\text{изм.об.расч}}$).

Таблица 1.23

Значения общего коэффициента изменения параметра

Показатели точности зубьев	$K_{\text{изм.об.расч}} = T_{\text{заг}}/T_{\text{сл}}$	Значения $K_{\text{изм.}i}$ для операций обработки зубьев				$K_{\text{изм.об.факт}} = \prod^m K_{\text{изм.}i}$
		Шевингование на жесткой оправке	Нитроцементация	Зубообкатка	Зубохонингование	
F_{ir}''	0,7	1,9	0,81	1,3	1,15	2,33
f_{ir}''	1,25	2,4	0,75	1,3	1,22	2,85
$F_{\text{вр}}$	1,56	2,2	0,74	1,07	1,12	1,95

3. С учетом требований чертежа и возможностей различных процессов обработки зубьев зубчатых колес (см. табл. 1.2–1.4) принимается маршрут обработки зубьев колеса: *зубофрезерование червячной фрезой (8-9-9, ГОСТ 1643) – шевингование на жесткой оправке (8, ГОСТ 1643) – нитроцементация с непосредственной закалкой и последующим отпуском (9, ГОСТ 1643) – зубообкатка (9-8-9, ГОСТ 1643) – зубохонингование (9-8-8 ГОСТ 1643)*.

4. По табл. 1.23 выбираются значения коэффициентов $K_{\text{изм.}i}$ для нормируемых показателей и выбранного процесса обработки зубьев колеса и проверяется соблюдение условия (1.1) для каждого из показателей точности зубьев (см. табл. 1.1, значения $K_{\text{изм.об.факт}}$). Полученные данные вводят в табл. 1.23.

5. Исходя из того, что для всех нормируемых показателей точности зубьев условие (1.1) соблюдено ($K_{\text{изм.об.расч}} < K_{\text{изм.об.факт}}$), принятый маршрут обработки должен обеспечить требуемое качество зубьев колес.

Выбор оборудования для принятого маршрута обработки

С учетом размеров обрабатываемой шестерни, типа производства и требований к степени точности колес на различных операци-

ях их обработки с учетом данных, приведенных в табл. 1.4–1.22, принимаем оборудование и режущий инструмент для принятого маршрута обработки (табл. 1.24).

Таблица 1.24

Оборудование и оснастка

Оборудование и оснастка	Операции обработки зубьев				
	Зубофрезерование червячной фрезой	Шевингование	Нитроцементация	Зубообкатка	Зубохонингование
Тип оборудования	Зубофрез. станок с вертикальной осью изделия с ЧПУ	Шевингов. станок с горизонтальной осью изделия с ЧПУ	Однокамерная печь с контролируемой атмосферой	Зубообкатный станок с тремя обкатниками	Зубохонинговальный станок с горизонтальной осью изделия
Модель оборудования	ВСН-332 CNC2	ВС-732 CNC2	Ipsen	5723	5Б913
Класс точности оборудования	Н	Н	–	–	П
Тип инструмента	Фреза червячная однозаходная	Шевер дисковый	–	Зубчатый обкатник	Зубчатый хон
Класс точности инструмента	А	В	–	А	А

Выбор баз для обработки зубьев шестерен

С учетом приведенных выше рекомендаций в качестве технологических баз при зубофрезеровании, шевинговании и зубохонинговании приняты отверстие 1 и торец 5 (см. рис. 1.1, а), а при зубообкатке – отверстие и торец ступицы 6, обработанный за один установ с торцем венца 5 (см. рис. 1.1, а).

Назначение припусков при обработке зубьев

В табл. 1.25 даны номинальные значения длины общей нормали *W* после различных операций обработки зубьев с учетом припусков, необходимых для выполнения последующих операций с учетом рекомендаций по припускам, приведенным выше.

Таблица 1.25

Номинальные значения длины общей нормали

Характеристики припуска на обработку зубьев	Операции обработки зубьев				
	Зубохонингование	Зубообкатка	Нитроцементация	Шевингование	Зубофрезерование
Припуск на толщину зуба, мм	0,05	0,04	–	0,8	–
Номинальная длина общей нормали W после данной операции, мм	71,68	71,73	71,77	71,77	72,57

Определение допустимых значений параметров точности зубьев шестерен на операциях зубообработки

В табл. 1.26 приведены допустимые значения параметров точности зубьев, степени точности, соответствующие этим значениям, а также значения коэффициентов изменения указанных параметров точности на соответствующих операциях $K_{изм.i}$. Значения параметров точности определялись по формуле (1.4), начиная с последней операции зубообработки. Значения $K_{изм.i}$ принимались по табл. 1.1 с учетом принятого состояния оборудования.

Таблица 1.26

Значения параметров точности

Операции обработки зубьев	Коэффициенты изменения точности $K_{изм.i}$, степени и показатели точности зубьев по ГОСТ 1643–81								
	F_{ir}''	$K_{изм.i}$	Степ. точн.	f_{ir}''	$K_{изм.i}$	Степ. точн.	F_{Br}	$K_{изм.i}$	Степ. точн.
Зубохонингование	140	1,15	9	40	1,25	8	18	1,12	8
Зубообкатка	$\frac{140}{(160)}$	1,3	9	$\frac{40}{(50)}$	1,3	8	$\frac{28}{(20)}$	1,07	9
ХТО (нитроцементация)	$\frac{140}{(200)}$	0,81	9	$\frac{50}{(65)}$	0,72	99	$\frac{28}{(22)}$	0,74	9

Операции обработки зубьев	Коэффициенты изменения точности $K_{изм.i}$, степени и показатели точности зубьев по ГОСТ 1643–81								
	F''_{ir}	$K_{изм.i}$	Степ. точн.	f''_{ir}	$K_{изм.i}$	Степ. точн.	F_{br}	$K_{изм.i}$	Степ. точн.
Шевингование на жесткой оправке	$\frac{100}{(160)}$	1,9	8	$\frac{40}{(47)}$	2,4	8	$\frac{18}{(16)}$	2,2	8
Зубофрезерование червячной фрезой	$\frac{100}{(300)}$	–	8	$\frac{50}{(112)}$	–	9	$\frac{28}{(35)}$	–	9

Примечание.
 В табл. 1.26 в скобках приведены допустимые значения показателей точности, определенные по формуле (1.4), без скобок – найденные по ГОСТ 1643–81 с учетом принятой степени точности зубообработки на данной операции (см. п. «Выбор маршрута обработки зубьев» данного примера).
 В качестве принятых в данном процессе значений параметров точности на операциях обработки зубьев следует выбирать минимальные из найденных значений (подчеркнуты).
 Как видно из табл. 1.26, для параметров F''_{ir} , f''_{ir} следует принимать значения по ГОСТ 1643–81, соответствующие рекомендуемой степени точности, а для F_{br} – расчетные значения (за исключением операции зубофрезерования).
 Предложенный техпроцесс имеет существенный резерв точности по F''_{ir} , f''_{ir} , но не имеет такого резерва для F_{br} , хотя и позволяет его обеспечить.

Порядок выполнения работы

1. Для предложенного преподавателем варианта задания (табл. 1.27) выбрать маршрут зубообработки с помощью данных, приведенных в табл. 1.2–1.4. Правильность принятого решения проверить с помощью условия (1.1), используя данные табл. 1.1. Результаты свести в таблицу типа табл. 1.23.

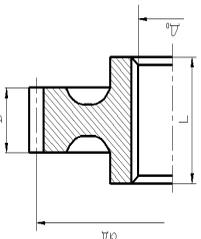
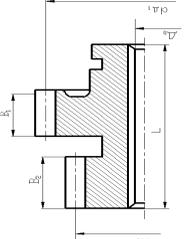
2. Для всех операций принятого маршрута обработки произвести выбор оборудования и режущего инструмента с помощью табл. 1.5–1.21. Результаты свести в таблицу типа табл. 1.24.

3. Назначить базовые поверхности деталей, на которые производится их установка на принятых операциях обработки. На эскизе детали – объекте проектирования – следует обозначить базовые поверхности и эти обозначения использовать в данном разделе.

4. Назначить припуски при обработке зубьев с учетом рекомендаций, приведенных в табл. 1.22. Результаты свести в таблицу типа табл. 1.25.

Таблица 1.27

Варианты заданий

№ варианта	Эскиз детали материал, твердость поверхности	Модуль m , мм	Число зубьев z	Диаметр делительной окружности $d_{1б}$, мм	Диаметр отверстия $d_{6в}$, мм	Ширина венца b , мм	Ширина ступицы L , мм	Длина обшей нормали W , мм	Степень точности по ГОСТ 1643-81	Тип производства	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2	 <p>Сталь 18ХГТ, 60–63 HRC</p>	4	37	148	58	28	51	55.2	10-9-9 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное	
3		4	37	148	58	28	51	55.2	10-9-9 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное	
4		4	37	148	140	52	22	65	69.4 53.6	10-9-8 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное
5		4	37	140	52	22	65	65	69.4 53.6	10-9-8 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное
6		 <p>Сталь 25ХГТ, 63–65 HRC</p>	5	42	210	52	22	65	69.4 53.6	10-9-8 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное
7	5		42	210	52	22	65	69.4 53.6	10-9-8 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное	
8	5		42	28	140	52	22	65	69.4 53.6	10-9-8 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное
9	5		42	28	140	52	22	65	69.4 53.6	10-9-8 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное
10	5		42	28	140	52	22	65	69.4 53.6	10-9-8 9-8-8 9-8-7 8-7-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное

Окончание табл. 1.27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11 12 13 14 15	<p>Сталь 45, 156–217 HB</p>	2.5	45	112.5	38	12	26	42.17	9-8-7 8-7-7 7-7-6 8-6-7 9-7-8	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное
16 17 18 19 20	<p>Сталь 20ХГНР, 60–65 HRC</p>	7	62	434	180	68	68	140.4	10-9-9 9-8-8 9-8-7 8-8-7 8-7-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное
21 22 23 24 25	<p>Сталь 12ХН3М, 58–62 HRC</p>	6.5	24	156	–	80	280	50.15	10-9-9 9-8-8 8-7-7 8-7-6 7-6-6	Массовое Серийное Серийное Серийное Единичное

5. Установить требования к точности зубьев на промежуточных операциях их обработки, используя зависимость (1.4), принятые степени точности зубьев на операциях их обработки (см. п. 1) и рекомендации ГОСТ 1643–81 (табл. 1.28 и 1.29). Результаты свести в таблицу типа табл. 1.26.

Таблица 1.28

Требования ГОСТ 1643–81 к некоторым параметрам кинематической точности и плавности работы для распространенных типоразмеров цилиндрических шестерен

Степень точности	Обозначение параметра точности	Модуль m , мм	Делительный диаметр d_d , мм		
			до 125	св. 125 до 400	св. 400 до 800
			мкм		
1	2	3	4	5	6
5	F_i''	От 1 до 3,5	22	32	40
		Св. 3,5 до 6,3	25	36	45
		Св. 6,3 до 10	28	40	50
	f_i''	От 1 до 3,5	10	11	13
		Св. 3,5 до 6,3	13	14	14
		Св. 6,3 до 10	14	16	16
6	F_i''	От 1 до 3,5	36	50	63
		Св. 3,5 до 6,3	40	56	71
		Св. 6,3 до 10	45	63	80
	f_i''	От 1 до 3,5	14	16	18
		Св. 3,5 до 6,3	18	20	20
		Св. 6,3 до 10	20	22	22
7	F_i''	От 1 до 3,5	50	71	90
		Св. 3,5 до 6,3	56	80	100
		Св. 6,3 до 10	63	90	112
	f_i''	От 1 до 3,5	20	22	25
		Св. 3,5 до 6,3	25	28	28
		Св. 6,3 до 10	28	32	32
8	F_i''	От 1 до 3,5	63	90	112
		Св. 3,5 до 6,3	71	100	125
		Св. 6,3 до 10	80	112	140
	f_i''	От 1 до 3,5	28	32	36
		Св. 3,5 до 6,3	36	40	40
		Св. 6,3 до 10	40	45	45

Окончание табл. 1.28

1	2	3	4	5	6
9	F_i''	От 1 до 3,5	90	112	140
		Св. 3,5 до 6,3	112	140	160
		Св. 6,3 до 10	125	160	180
	f_i''	От 1 до 3,5	36	40	45
		Св. 3,5 до 6,3	45	50	50
		Св. 6,3 до 10	50	56	56
10	F_i''	От 1 до 3,5	140	160	180
		Св. 3,5 до 6,3	180	200	200
		Св. 6,3 до 10	200	224	224
	f_i''	От 1 до 3,5	45	50	56
		Св. 3,5 до 6,3	56	63	63
		Св. 6,3 до 10	63	71	71

Таблица 1.29

Требования ГОСТ 1643–81 к показателю контакта зубьев F_{β} для распространенных типоразмеров цилиндрических шестерен

Степень точности	Обозначение показателя точности	Модуль m , мм	Ширина зубчатого венца, мм	
			До 40	Св. 40 до 100
			мкм	
5	$F_{\beta r}$	От 1 до 16	7	10
6			9	12
7			11	16
8			18	25
9			28	40
10			45	63

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз готовой детали с цифровыми обозначениями базовых поверхностей.
4. Выбор маршрута зубообработки.
5. Выбор оборудования и режущего инструмента.
6. Назначение базовых поверхностей детали для всех операций зубообработки.

7. Назначение припусков на толщину зубьев на операциях их обработки.

8. Определение требований к точности зубьев на операциях их обработки.

Контрольные вопросы

1. Почему разработка технологического процесса изготовления зубчатого колеса должна начинаться с проектирования технологии обработки зубьев колеса?

2. Какие факторы влияют на выбор методов обработки зубьев шестерен?

3. Каковы основные этапы разработки технологического процесса обработки детали?

4. Как тип производства влияет на выбор оборудования для обработки детали?

5. Что понимается под технологической наследственностью при изготовлении деталей?

6. Как определить коэффициент изменения параметра точности по всему технологическому процессу изготовления детали на данной операции?

7. Что является условием обеспечения данным технологическим процессом требуемой точности обработки по данному параметру?

8. Как оценить состояние оборудования с точки зрения обеспечения им необходимой точности обработки?

9. Какие методы окончательной термической обработки зубчатых колес вам известны?

10. Какие факторы влияют на выбор оборудования и режущего инструмента при обработке зубьев шестерен?

11. Какие поверхности цилиндрических шестерен используют в качестве технологических баз при нарезании и отделке зубьев?

12. От чего зависят припуски на отделку зубьев, каковы пределы их изменения для различных видов отделки зубьев?

13. Как определить требования к параметрам точности зубьев на промежуточных операциях их обработки?

Литература

1. Колеса зубчатые цилиндрические. Методы проектирования технологических процессов изготовления : СТБ 1251–2000. – Минск : Госстандарт, 2001. – 506 с.
2. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач : учебное пособие / под общ. ред. В. Е. Старжинского и М. М. Кане. – СПб. : Профессия, 2007. – 832 с.
3. Производство зубчатых колес : справочник / С. Н. Калашников [и др.] ; под общ. ред. Б. А. Тайца. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 464 с.

Практическая работа № 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Цель работы: приобретение практических навыков проектирования групповых технологических процессов механической обработки деталей.

Основные положения

Известно, что наиболее рентабельным типом производства является массовое, поэтому остро стоит задача всемерного увеличения серийности производства. Существуют два пути увеличения серийности производства: конструкторский и технологический.

Конструкторский базируется на широком внедрении стандартизации, нормализации и унификации деталей и сборочных единиц. Стандартизация осуществляется в масштабах государства, нормализация – отрасли или предприятия, унификация – чаще всего в масштабе предприятия.

Технологический метод увеличения серийности базируется на создании унифицированных технологических процессов в виде типовых техпроцессов и групповой обработки. Технологическая унификация обеспечивает сокращение затрат на техническую подготовку производства, сокращение работ по разработке и оформлению технологической, плановой и других видов документации, отработке конструкции деталей и узлов на технологичность, сокращает номенклатуру оборудования, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации производства.

В комплекс работ по достижению производственной технологичности входят:

1. Повышение серийности при обработке, сборке, испытаниях посредством стандартизации, унификации, нормализации, группирования изделий, сборочных единиц, деталей и их элементов по конструктивным признакам.

2. Ограничение номенклатуры конструкций путем повышения степени заимствования из других изделий и повторяемости деталей и сборочных единиц в одном изделии.

3. Ограничение номенклатуры используемых материалов.
4. Снижение массы деталей и изделия в целом.
5. Выбор освоенных в производстве рациональных конструктивных решений, отвечающих современным требованиям.
6. Применение прогрессивных, в том числе унифицированных (типовых и групповых) технологических процессов и средств технологического оснащения.

В зависимости от принятого направления специализации и глубины реализации технологической унификации различают шесть основных форм групповой организации производственных процессов.

При *подетальной* специализации, сочетающейся с использованием единичной или типовой форм организации технологических процессов, имеют место три первичные формы группового производства: подетальные специализированные цехи (ПСЦ), подетальные специализированные участки (ПСУ) и многономенклатурные групповые поточные линии с переналадкой станков (ГПЛПС).

При подетальной специализации, сочетающейся с применением групповой формы организации технологических процессов, создаются три вторичные формы группового производства: подетальные групповые цехи (ПГЦ), подетально-групповые участки (ПГУ) и многономенклатурные групповые поточные линии с переналаживаемыми станками (ГПЛПС).

Вторичные формы основываются на использовании высокопроизводительного и быстропереналаживаемого оснащения станков с ЧПУ, обрабатывающих центров, специализированных станков и других средств механизации и автоматизации основных и вспомогательных процессов.

Предприятием группового производства называют объединение и предприятие, производственные подразделения которых состоят в основном из подетально (предметно) специализированных цехов, участков группового производства и групповых поточных линий.

Цех группового производства – производственный цех, специализированный для совместного изготовления групп деталей (изделий).

Участок группового производства – производственный участок, предназначенный для совместного изготовления групп изделий (деталей) на специализированных рабочих местах при групповой форме организации технологических процессов.

Групповая поточная линия – многономенклатурная поточная линия изготовления групп деталей на специализированных рабочих местах, расположенных в последовательности выполнения операций групповых технологических процессов для всех или большинства изделий (деталей).

Последней ступенью специализации являются рабочие места, на которых выполняются технологически однородные групповые операции.

Существуют две формы специализации основных цехов машиностроительного производства: по признаку выполняемых ими технологических процессов и по признаку изготавливаемых деталей (изделий).

Первая форма называется технологической, вторая – предметной. Технологическая форма осуществляется в цехах, работа в которых основывается на выполнении определенных технологических процессов (литейных, кузнечных, механических, термических и т. д.). При технологической специализации каждый из цехов выполняет операции, входящие в общий техпроцесс изготовления данного изделия. Основное значение здесь приобретают групповые деталиоперации, закрепленные за каждым рабочим местом или видом оборудования.

Предметная форма специализации имеет три направления: машинная или узловая, комплектно-поддетальная и поддетально-групповая. Первые две характерны для крупносерийного и массового производства, третья – для единичного и серийного производства. При поддетально-групповой специализации цехи или участки организуются по принципу конструктивно-технологического подобия изготавливаемых изделий независимо от того, для какого узла или изделия предназначена та или иная деталь. Она более прогрессивна по сравнению с технологической, поэтому постепенная замена технологической специализации поддетально-групповой – одна из прогрессивных тенденций совершенствования производственной структуры машиностроительного предприятия.

Групповая технология – это такой метод унификации технологии производства, при котором для групп однородной по тем или иным конструктивно-технологическим признакам продукции устанавливаются однотипные высокопроизводительные методы обработки с использованием однородных и быстроперенастраиваемых орудий производства.

Принципиальными основами группового метода производства являются:

- методика классификации и группирования деталей, видов работ и технологических процессов;
- методика классификации и конструирования групповых приспособлений и другой технологической оснастки;
- целевая модернизация и специализация оборудования;
- внедрение групповых поточных и автоматических линий.

Кроме того, при групповом методе по-новому решаются вопросы технического нормирования и организации производства.

Классификация деталей, изготавливаемых холодной и горячей штамповкой, литьем в песчано-глинистые формы, под давлением и другими способами, базируется на иных принципах, чем классификация деталей, получаемых методом резания.

В этом случае не создаются комплексные детали, так как кроме конструктивных особенностей определяются наиболее характерные признаки, присущие данному виду формообразования. Эта специфика классификации деталей связана с особенностями разработки групповой оснастки штампов, пресс-форм и т. д. Например, детали, получаемые штамповкой из жидкого металла, классифицируются в основном по конструктивным признакам, размерам и маркам материала, так как они являются основными для определения мощности оборудования и габаритных размеров групповых блоков и сменных штампов.

При групповом производстве детали разбиваются на три характерные группы.

1. Детали, имеющие законченный цикл обработки на одном типе оборудования (металлообработка, отделочные процессы и т. д.).

2. Детали, имеющие общий многооперационный процесс, выполняемый на различных типах оборудования. Все детали данной группы последовательно проходят либо через все операции группового технологического процесса, либо только через часть из них.

3. Объединяются детали нескольких разных групп, имеющих общность технологического маршрута, но обрабатываемые на разнотипном оборудовании.

Во втором и третьем случаях обработка ведется на оборудовании, расположенном в порядке последовательности операций, с применением групповых приспособлений и инструментальной оснастки. При необходимости используется специализированное

оборудование. Такое построение техпроцесса служит основой для внедрения поддетально-групповых участков и групповых (многономенклатурных) потоков. Ниже на рис. 2.1 показана общая схема классификации деталей по видам обработки и по общности технологического маршрута.

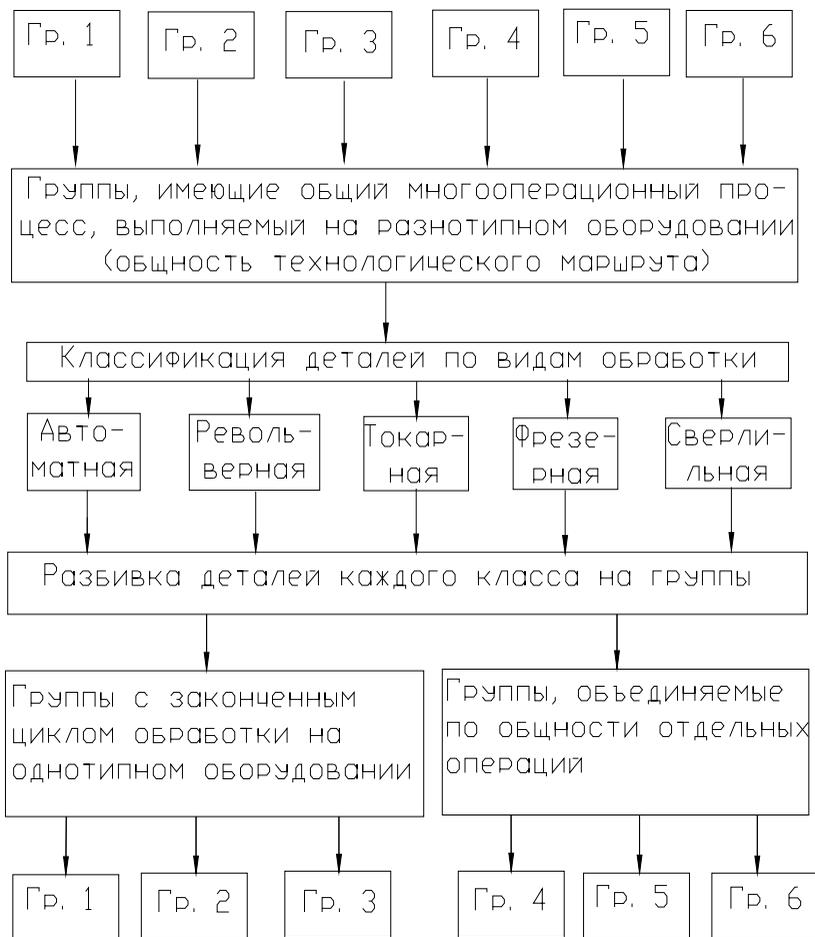


Рис. 2.1. Общая схема классификации деталей при организации групповой обработки

Формирование цехов, участков и линий группового производства

При проектировании группового производства решается комплекс задач по созданию цехов и участков. При этом выделяются две стадии: макропроектирование, определяющее функционально-структурное построение (организацию системы), и инженерные расчеты и проектирование отдельных компонентов и системы в целом.

Макропроектирование выполняется в три этапа. Задачей первого этапа является анализ и выявление конструкторско-технологической общности деталей. Методической основой такого анализа служит классификация состава деталей в изделиях предприятия, цеха или участка. Цель такой классификации – получение на последнем уровне группирования (членения) принятой совокупности (множества) деталей, однородных по конструкции и технологическим процессам обработки. Этим требованиям отвечает многоуровневая классификация, построенная в виде дерева целей. Корнем дерева будет множество D , соответствующее принятой для анализа совокупности деталей. Вершину дерева составляют конечные цели D_k , образующие подмножества однородных групп деталей. Последовательное членение D по принятым классификационным признакам P_i ($i = 1, 2, \dots, R$) образует подмножества деталей D_{ij} ($j = 1, 2, \dots, m$) на уровнях классов D_{1j} , подклассов D_{2j} , типогрупп D_{3j} и т. п. и конечных групп D_{rj} .

Применительно к задачам макропроектирования систем группового производства классификация должна выполняться по основным конструкторско-технологическим признакам, определяющим пооперационный технологический маршрут обработки конструктивного типа деталей. В машиностроении к числу основных признаков относят: вид или род материала заготовки P_1 , габариты деталей P_2 , основные операции технологического маршрута обработки P_3 и конструктивный тип деталей P_4 .

Первый признак P_1 предопределяет общий характер обработки и выбор вида оборудования на участке, поэтому все детали на данной стадии подразделяются на классы. Второй признак P_2 предопределяет размер и мощность необходимого для обработки деталей оборудования, поэтому классы подразделяются на подклассы крупных, средних и мелких по габаритам деталей. Признак P_3 учитывает ве-

душие и определяющие по сложности и трудоемкости операции обработки деталей. Признак P_4 характеризует конструктивный тип деталей и в конечном итоге формирует группы деталей. На рис. 2.2 представлено дерево целевой классификации деталей.

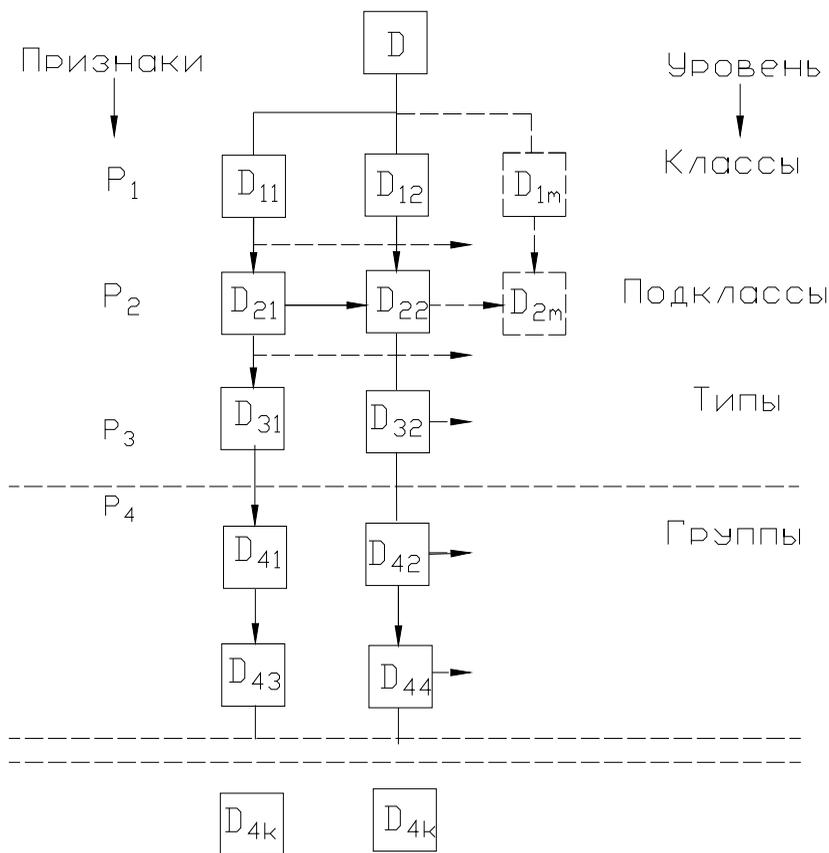


Рис. 2.2. Дерево целевой классификации

Для группирования деталей по признакам трудоемкости и объема выпуска используют показатель относительной трудоемкости

$$K_{д} = \frac{N_j \sum_{i=1}^{K_0} T_{штij}}{60F_3K_B},$$

где N_i – объем выпуска i -й детали (год, квартал);

$T_{штij}$ – штучное (штучно-калькуляционное) время обработки i -й детали по j -й операции;

K_0 – число операций по технологическому процессу обработки i -й детали;

F_3 – эффективный фонд рабочего времени оборудования за тот же период, ч;

k_B – коэффициент выполнения норм: $k_B = 1, 1-1, 2$.

Показатель $K_{Дm}$ определяет суммарное количество единиц оборудования и рассчитывается по отдельным деталям анализируемой совокупности, т. е.

$$K_{Дm} = \sum_{i=1}^f K_{Ди},$$

где f – число наименований деталей в m -й группе.

Формы группового производства и основные правила его организации

Групповое производство – это прогрессивная форма организации дискретных (прерывных) производственных процессов, экономико-организационной основой которой является целевая подетальная (предметная) специализация участков и цехов, а технологической составляющей – унифицированная групповая (типовая) форма организации технологических процессов.

Организация группового производства целесообразна при изготовлении деталей, сборке изделий, их ремонте в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. В крупносерийном производстве метод групповой обработки целесообразно применять при коротких циклах изготовления деталей при $K_{3,0} \geq 2$.

Классификация основных организационных форм группового производства представлена на рис. 2.3.

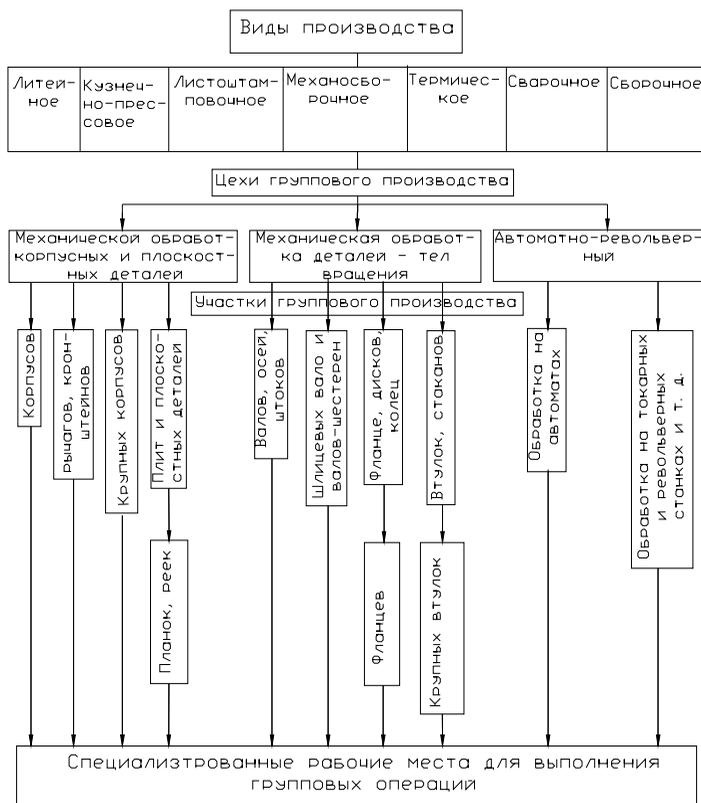


Рис. 2.3. Структура группового производства

Анализ номенклатуры деталей. Формирование группы

Для создания группового технологического процесса необходимо, чтобы для каждой из деталей, обрабатываемой на линии, были обеспечены:

- общность оборудования;
- общность оснастки;
- общность маршрута обработки.

Операционной группой называется совокупность деталей, при обработке характеризующихся общностью оборудования, оснастки, наладки и технологического процесса. При создании группы учитываются: геометрическая форма, общность подлежащих обработке поверхностей, их точность, шероховатость, однородность материала и метода получения заготовок, серийность выпуска, экономичность техпроцесса.

За основу построения группы принимается комплексная деталь, которая должна иметь все геометрические элементы деталей данной группы. Она может быть реальной и условной (мнимой). *Реальной комплексной деталью* – это наиболее сложная деталь данной группы. Под *условной комплексной деталью* понимается искусственно созданная деталь, включающая в себя все элементы поверхностей деталей данной группы.

Комплексная деталь служит основой для создания технологического процесса и групповой технологической оснастки, под которой понимают совокупность приспособлений и инструментов, обеспечивающих обработку всех деталей группы при возможных небольших подналадках. Технологический процесс, составленный на комплексную деталь, должен обеспечить обработку любой детали группы с небольшими подналадками оборудования.

Групповым технологическим процессом называется совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных деталей группы по общему технологическому маршруту. При обработке некоторых деталей по групповому технологическому маршруту отдельные операции могут быть пропущены.

Групповой технологической операцией называется общая для группы различных по конструктивным признакам деталей операция, выполняемая с определенной групповой оснасткой, обеспечивающей обработку всех деталей группы на данном оборудовании. При этом различают деталиеоперацию и деталиепроцесс.

Деталиеоперация представляет собой дифференцированный план переходов при обработке конкретной детали определенной группы, для которой разработана групповая операция. Групповая операция охватывает столько деталиеопераций, сколько деталей различных типов скомплектовано в группу.

Основные этапы разработки групповых технологических процессов

1. Сначала производится анализ исходных данных для разработки технологического процесса. На этом этапе знакомятся с назначением и конструкцией изделия и требованиями к изготовлению (точность, качество поверхностей, технические требования). Для решения этой задачи необходимо иметь конструкторскую документацию на изделие и задание на разработку технологических процессов.

2. Выбор технологического процесса или поиск аналога.

3. Выбор исходной заготовки и способа ее изготовления.

4. Выбор технологических баз.

5. Составление технологического маршрута обработки. Производится определение последовательности технологических операций или их уточнение по групповому технологическому процессу.

6. Разработка технологических операций (определение состава и последовательности переходов в операции, возможности их совмещения во времени и пространстве и т. д.).

Методические указания по выполнению работы

Методика выполнения работы может быть рассмотрена на следующем примере. На рис. 2.4–2.7 приведены эскизы группы деталей, состоящей из четырех деталей типа тел вращения.

Для создания группового технологического процесса обработки (ГТП) необходимо, чтобы для каждой детали, обрабатываемой по ГТП, были обеспечены общность оборудования, общность оснастки и общность маршрута обработки. Для выполнения этих требований проводят анализ деталей группы по конструктивным и конструктивно-технологическим признакам. Такими признаками являются форма и размеры деталей, вид входящих в них поверхностей, точность и шероховатость последних, точность формы и взаимного расположения поверхностей.

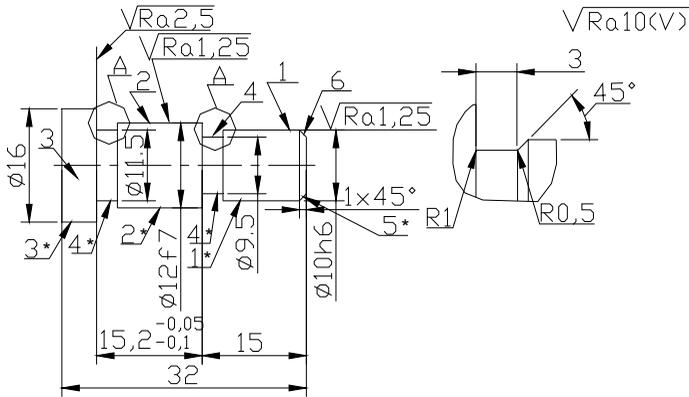


Рис. 2.7. Вставка

С целью упорядочения анализа рекомендуется пронумеровать поверхности каждой детали группы. На эскизах номера поверхностей указаны сверху. Параметры этих поверхностей записываются в табл. 2.1. В ней указывают номер поверхности, ее тип (поверхность вращения, линейчатая поверхность, винтовые и специальные поверхности и т. д.), подтип (наружная, внутренняя и т. п.), диаметр и точность диаметрального размера, линейные размеры и их точность, шероховатость, точность формы и взаимного расположения поверхностей.

Таблица 2.1

Характеристика поверхностей деталей группы

№ дет.	№ поверхности	Тип поверхности	Подтип поверхности	Параметры				
				Диаметр D , мм	Квалитет точности	Длина L , мм	Квалитет точности	Ra , мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Ц	Н	5	6	24	14	0,63
	2	Ц	Н	8	8	20,2	8	0,32
	3	Ц	НР	5	8	10	14	10
	4	Ц	НФ	5	14	1	14	10

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1	Ц	Н	16	14	10	14	10
	2	Ц	НР	20	6	117	14	5
	3	П	КВ	14×14	14	8	13	10
	4	Ц	Ф	20	14	1×45	14	10
3	1	Ц	Н	12	14	5	14	10
	2	Ц	Н	8	8	19	14	1,25
	3	Ц	НК	7,5	7	2	14	10
	4	Ц	Ф	8	14	1×45	14	10
4	1	Ц	Н	10	6	15	14	1,25
	2	Ц	Н	12	7	15,2	13	1,25
	3	Ц	Н	16	14	1,8	14	10
	4	Ц	НК	9,5	14	3	14	10
	5	Ц	НК	11,5	14	3	14	10
	6	Ц	НФ	10	12	1×45	14	10

Примечание: Ц – цилиндрическая; П – плоская; Н – наружная поверхность; НК – наружная канавка; НР – наружная резьба; НФ – наружная фаска; КВ – квадрат.

После завершения анализа деталей группы по конструктивным и конструктивно-технологическим признакам выделяются общие поверхности для всех деталей группы. На эскизах эти поверхности указаны числами с индексом «*» сверху. Результаты сводятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Состав обобщенных поверхностей

Номера обобщенных поверхностей	Номера деталей			
	1	2	3	4
1*	0	0	0	0
2*	0	0	0	–
3*	–	–	0	0
4*	–	–	0	0
5*	0	0	0	0
6*	–	0	–	–
7*	0	0	–	–

В табл. 2.2 «0» означает, что данная деталь имеет обобщенную поверхность, «←» – ее отсутствие. На основании табл. 2.2 разрабатывается комплексная деталь, которая должна включать в себя все обобщенные поверхности с указанием диапазонов изменения параметров этих поверхностей.

После формирования обобщенных поверхностей необходимо создать образ обобщенной (комплексной) детали, включающей все обобщенные поверхности с указанием возможных диапазонов размеров (рис. 2.8).

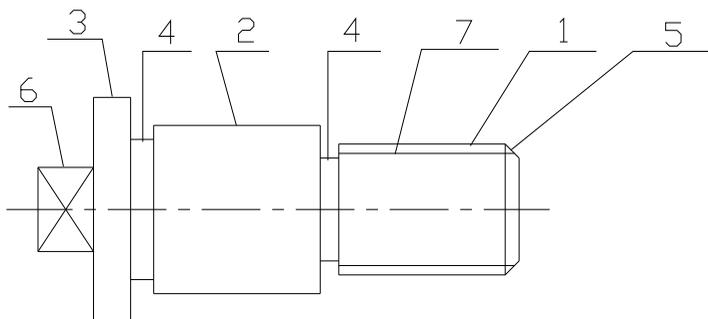


Рис. 2.8. Комплексная деталь для группового технологического маршрута обработки

Пределы изменения размеров обобщенных поверхностей целесообразно приводить в форме табл. 2.3.

Таблица 2.3

Диапазоны изменения параметров обобщенных поверхностей

№ поверхности	Диапазоны изменения параметров поверхностей, допустимых в ГТП							
	<i>D</i>		<i>L</i>		Точность качества		Шероховатость <i>Ra</i> , мкм	
	max	min	max	min	max	min	max	min
1*	16	5	24	10	14	6	10	0,63
2*	20	16	117	15,2	14	6	5	1,25
3*	16	12	5	1,8	14	14	10	10
4*	1,5	7,5	3	2	14	14	10	10
5*	16	5	1,6×45°	1,0×45°	14	14	10	10
6*	14×14	–	–	–	14	14	10	10
7*	20	5	117	10	8	6	10	5

Разработка схемы группового технологического маршрута обработки деталей группы

При разработке маршрута группового технологического процесса механической обработки определяется последовательность технологических операций. При этом исходят из следующих положений:

1. Принятая последовательность операций в групповом маршруте должна обеспечить обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими условиями.

2. Технологическая оснастка должна быть групповой или переналаживаемой, пригодной для изготовления любой детали группы.

3. Применяемое оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку.

Схему технологического маршрута желательно приводить в виде табл. 2.4.

Таблица 2.4

Перечень необходимых операций для обработки любой детали группы по групповому маршруту

Эскизы деталей	Технологические операции				
	Токарная	Токарная	Фрезерная	Шлифовальная	На склад
Приведены в табл. 2.5					
Деталь № 1	0	0	–	0	0
Деталь № 2	0	0	0	–	0
Деталь № 3	0	0	–	0	0
Деталь № 4	0	0	–	0	0

Примечание: «0» – при обработке данной детали операция выполняется, «–» – операция пропускается.

При разработке групповой технологической операции заполняется специальная таблица (табл. 2.5). В ней вычерчиваются эскизы деталей, полученных в результате выполнения групповой операции. Одинаковые поверхности нумеруются одинаковыми цифрами. Выполняется эскиз комплексной детали. По этому эскизу разрабатывается схема выполнения технологических переходов. Для комплексной детали указываются возможные диапазоны изменения параметров поверхностей в соответствии с табл. 2.3.

Таблица 2.5

Схема групповой технологической операции

Эскизы деталей на групповую деталиеоперацию	Полуразъём	Тошить	Тошить	Тошить	Тошить	Тошить	Тошить	Тошить	Нарезать	Отрезать	Комплексная деталь
	торца 1	пов. 2	пов. 3	пов. 4	пов. 5	пов. 6	пов. 7	резьба 8	деталь 9		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	

Варианты заданий

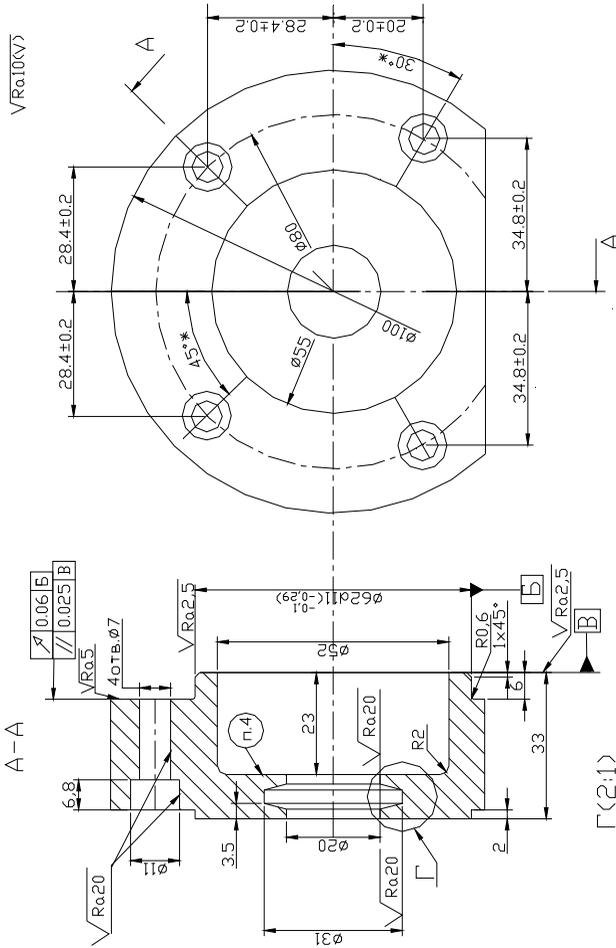
Таблица 2.6

Задания на практическую работу

№ варианта	Наименования деталей
1	2
1	1.1. Крышка КТМ 2.04; 1.2. Гильза КТМ 2.09; 1.3. Втулка КТМ 2.11; 1.4. Крышка КТМ 2.25; 1.5. Втулка МП5-1934.300.461.00
2	2.1. Шестерня КТМ 3.07; 2.2. Колесо зубчатое КТМ 3.08; 2.3. Шестерня КТМ 3.18; 2.4. Шестерня КТМ 3.19; 2.5. Шестерня КТМ Гр. 5.14
3	3.1. Шпиндель КТМ 1.07; 3.2. Пиноль 16K20.030.401.02; 3.3. Конус КТМ 1.24; 3.4. Переходник КТМ 2.30; 3.5. Центр 1.18-04;

Окончание табл. 2.6

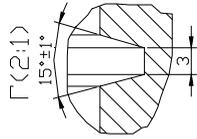
1	2
4	4.1. Вал переходный КТМ 1.06; 4.2. Ось КТМ 1.21; 4.3. Ось КТМ 1.22; 4.4. Ухо КТМ 4.20; 4.5. Серьга КТМ 5.09
5	5.1. Фланец КТМ 2.06; 5.2. Корпус КТМ 4.03; 5.3. Корпус КТМ 4.14; 5.4. Планка КТМ 6.1; 5.5. Плунжер КТМ 6.2
6	6.1. Стакан КТМ 2.27; 6.2. Эксцентрик КТМ 4.01; 6.3. Корпус КТМ 4.03; 6.4. Корпус КТМ 4.10; 6.5. Корпус буксирного крюка КТМ 4.15
7	7.1. Вал КТМ 1.01; 7.2. Вал КТМ 1.08; 7.3. Шток КТМ 1.14; 7.4. Шток КТМ 1.28; 7.5. Валик привода КТМ 1.21
8	8.1. Вал КТМ 1.12; 8.2. Вал КТМ 1.17; 8.3. Вал КТМ 1.20; 8.4. Вал КТМ 1.23; 8.5 Вал КТМ Гр. 1
9	9.1. Вал КТМ1.03; 9.2. Вал-шестерня КТМ 3.02; 9.3. Червяк КТМ 3.11; 9.4. Червяк КТМ 3.12; 9.5. Червяк КТМ Гр. 7
10	10.1. Диск КТМ 2.07; 10.2. Ролик КТМ 2.10; 10.3. Ролик КТМ 2.30; 10.4. Корпус подшипника КТМ 2.45
11	11.1. Планшайба КТМ 2.03; 11.2. Шкив КТМ 2.08 СБ; 11.3 Колесо храповое КТМ 3.03; 11.4. Колесо червячное КТМ 3.04 СБ
12	12.1 Муфта соединительная КТМ 2.02; 12.2. Шестерня заднего вала КТМ 3.10; 12.3. Корпус КТМ 4.17; 12.4. Элемент валка П2-06; 12.5. Элемент валка П2-22



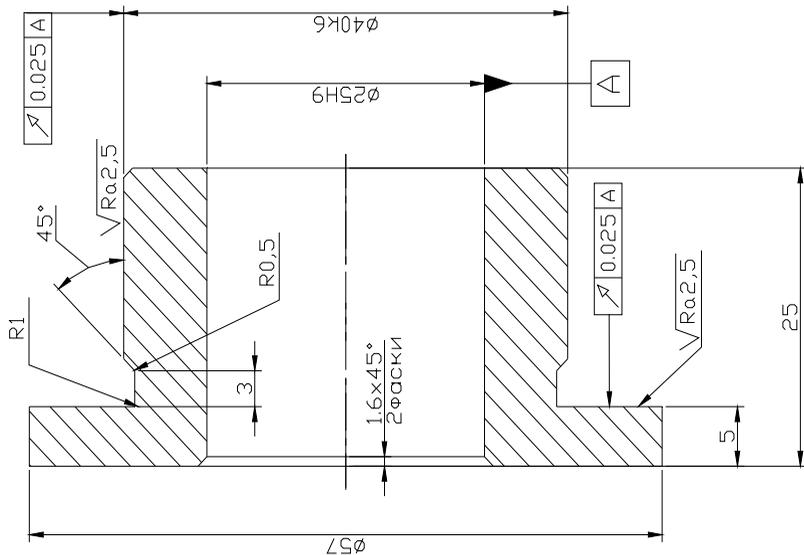
ВАРИАНТ 1.1

1. 241...285 НВ
2. ГОСТ 30893.1-2002 м
3. Покрытие: Хим. окс. прм
4. Маркировать обозначение

Крышка КТМ 2.04
 Сталь 45 ГОСТ 1050-88
 Масса 0.8 кг



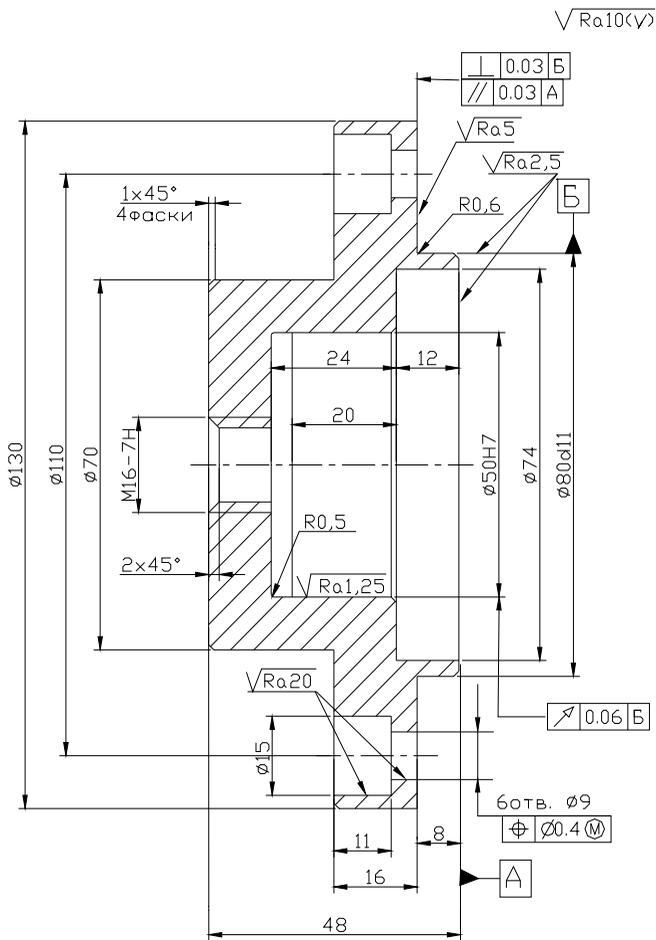
$\sqrt{Ra10(KV)}$



1. 241...285 HB
2. ГОСТ 30893,1-2002м
3. Маркировать обозначение на бирке

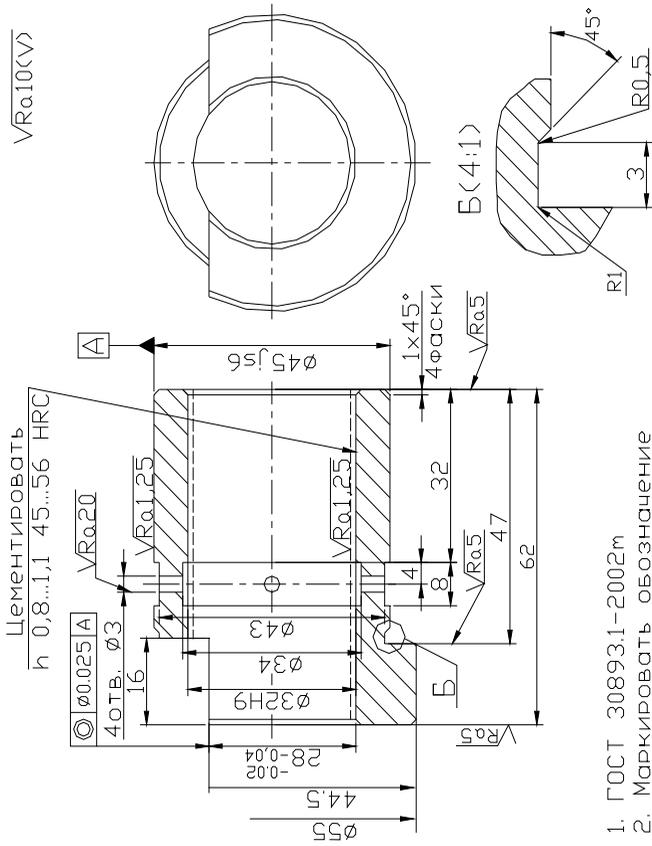
Втулка КТМ 2,11
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Масса 0,17 кг

Вариант 1.3



1. 241...285 HB
2. ГОСТ 30893.1-2002m
3. Покрытие: Хим. Окс. прм.
4. Маркировать обозначение на бирке

Вариант 1.4 Крышка КТМ 2.25
 Сталь 45 ГОСТ 1050-88
 Масса 1.5 кг



1. ГОСТ 30893.1-2002 м
2. Маркировать обозначение
на бирке

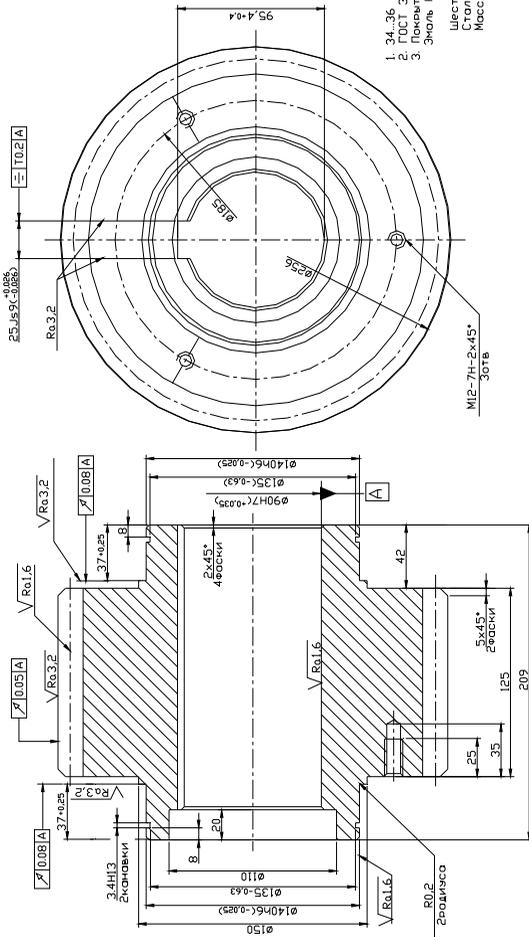
Вариант 1.5

Втулка МП5-1934.300.461.00
Сталь 20Х ГОСТ 4543-71
Масса 0,47 кг

√Ra10(√)

Материал	Сталь	Г	В
Условное обозначение	Шп	7	30
Нормальный исходный размер	ГОСТ 13775-81	-	-
Конструктор	И.И.И.	х	0
Коэффициент смещения по ГОСТ 1643-81	0	-	В-В
Длина слесарь чеканки	М	86,021,321	
Длина слесарь диаметра	В	240	
Обозначение чертёжа сопряжённого колеса			

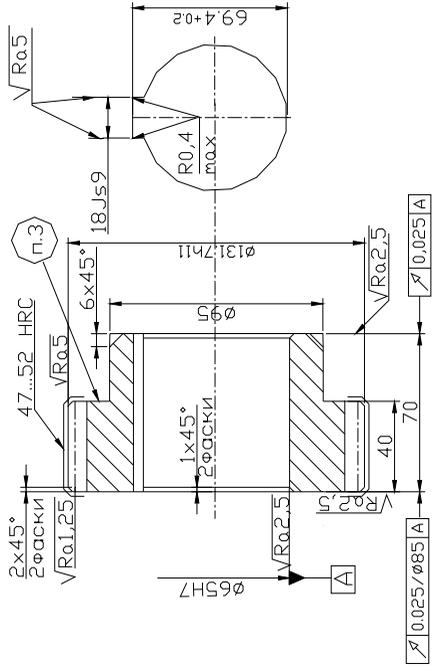
Вариант 2.1



1. 34-36 НРС
 2. ГОСТ 38903.1-2002*
 3. Покрытие: Грэнтавка Гр-021 красно-коричневая, Эмаль НЦ-132 П красная IVЭХ/4
- Шестерня КТМ 3.07
Сталь 40Х ГОСТ4543-71
Масса 41 кг

$\sqrt{Ra10(V)}$

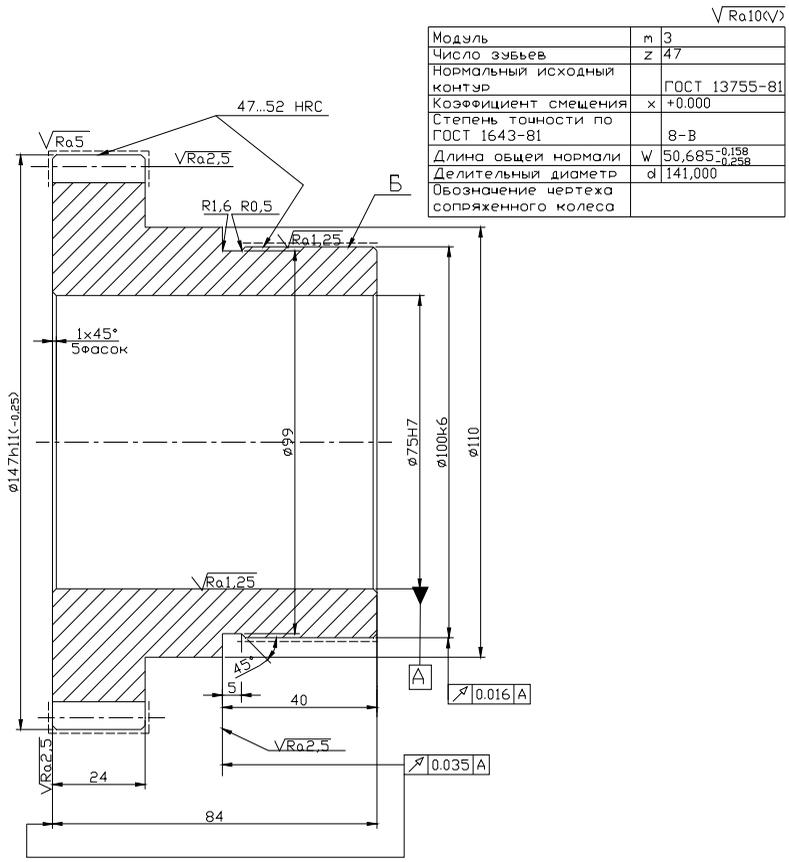
Модуль	м	3
Число зубьев	Z	41
Угол наклона	-	12°0'00"
Направление линии зуба	-	правое
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения	X	+0,000
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	7-B
Длина общей нормали	W	41,689 ^{+0,131} _{-0,201}
Делительный диаметр	d	125,748
Обозначение чертежа сопряженного колеса	МП6-1968.220.416.00	



1. 217...269 НВ
2. ГОСТ 30893.1-2002м
3. Маркировать обозначение

Вариант 2.2

Колесо зубчатое КТМ 3.08
 Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
 Масса - 3,9 кг

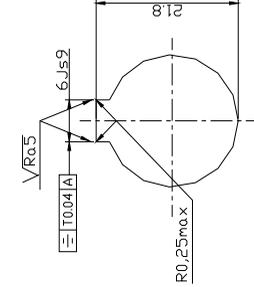
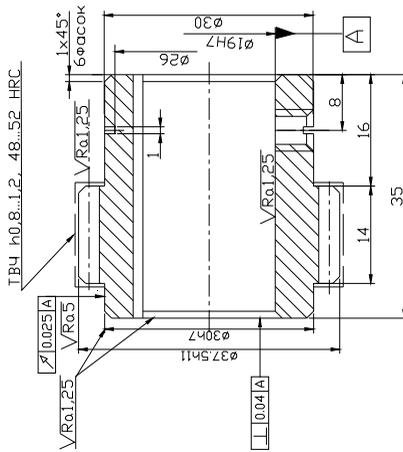


1. 179...229 HB
2. ГОСТ 30893.1-2002m
3. Допуск непостоянства диаметра в поперечном и продольном сечении поверхности Б - 0.012 мм
4. Маркировать обозначение на бирке

Шестерня КТМ 3.18
 Сталь 40Х ГОСТ4543-81
 Масса 4 кг

ВАРИАНТ 2.3

$\sqrt{Ra10K\psi}$



Модуль	m	1.5
Число зубьев	Z	23
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения	x	+0.000
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	7-B
Длина обшей нормали	w	11.554 ^{+0.009} _{-0.0189}
Делительный диаметр	d	34.500
Обозначение чертёжа сопряженного колеса		

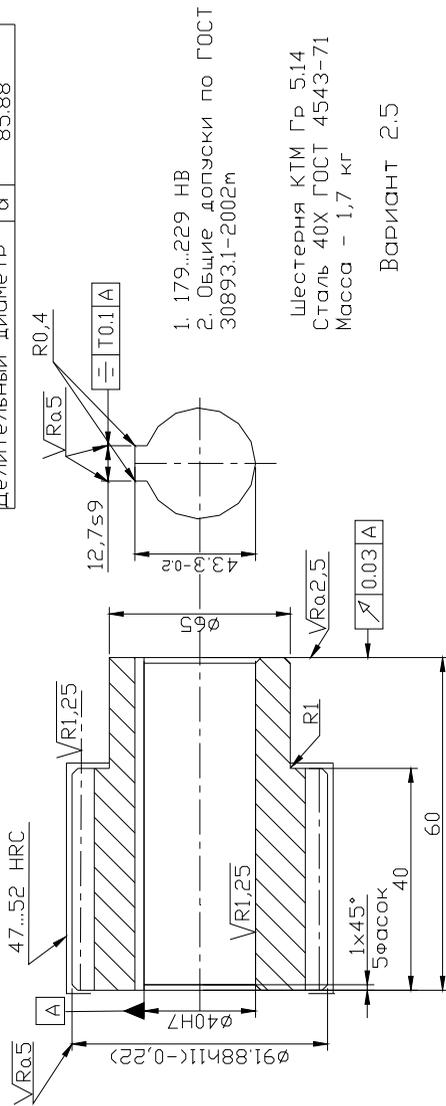
1. 285...302 HB
2. ГОСТ 30893.1-2002ч
3. Покрытие: Хим. Окс. прм.
4. Маркировать обозначение, m, Z на бирке

Шестерня КТМ 319
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Масса 0.12 кг

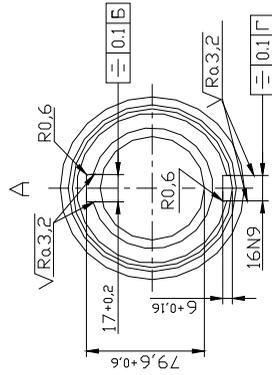
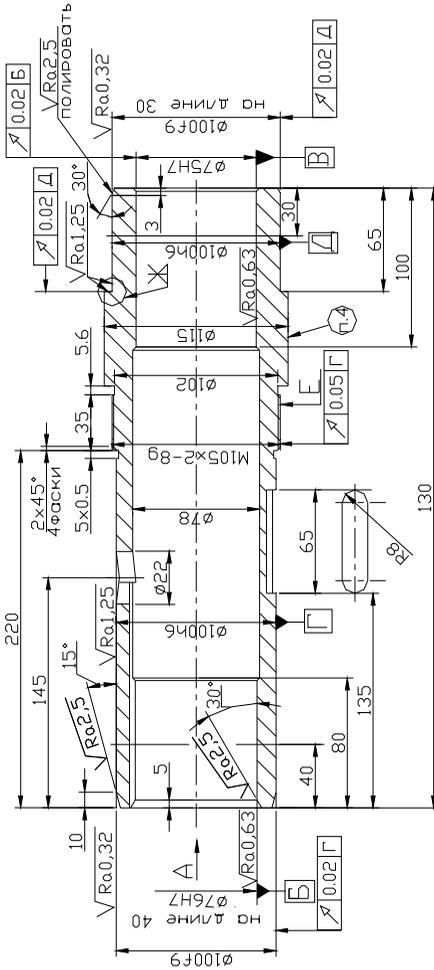
Вариант 2.4

$\sqrt{Ra10KV}$

Модель	м	З
Число зубьев	Z	28
Угол наклона	?	12°
Направление линии зуба	-	левое
Нормальный исходный контур		ГОСТ13755-81
коэффициент смещения	X	0
Степень точности по ГОСТ 1643-81		7-C
Длина общей нормали	W	32,25 ^{+0,07} _{-0,14}
Делительный диаметр	d	85,88



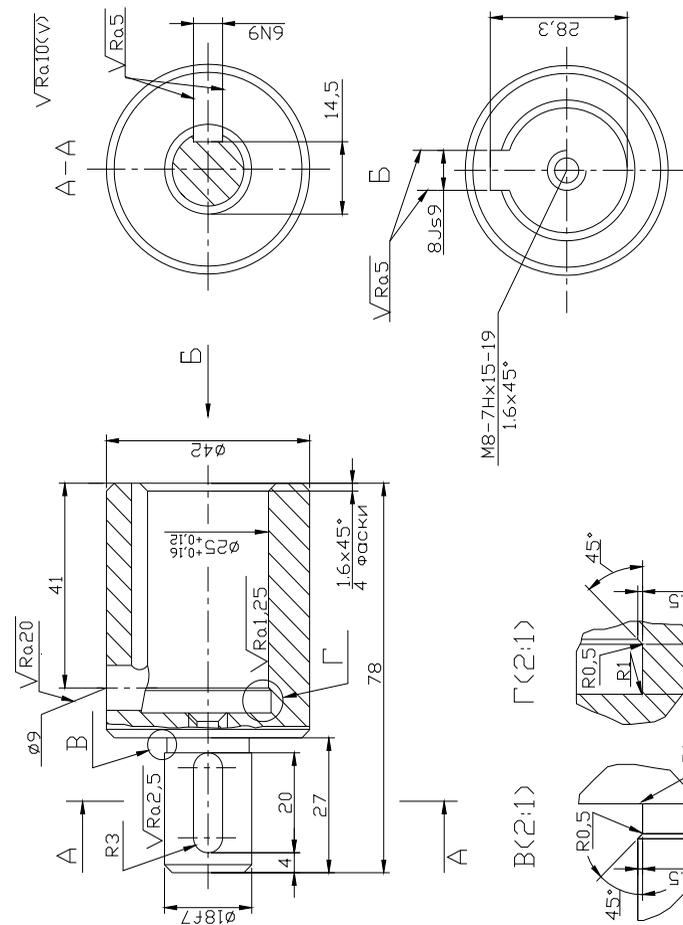
$\sqrt{Ra10(V)}$



1. Цементировать $\text{H}0,8...1,2$ $56...62$ HRC
2. Поверхность Е от цементации предохранить
3. ГОСТ 30893.1-2002ч
4. Маркировать

Шпindel КТМ 1.07
Сталь 20Х ГОСТ4543-71
Масса 10,5 кг

ВАРИАНТ 3.1

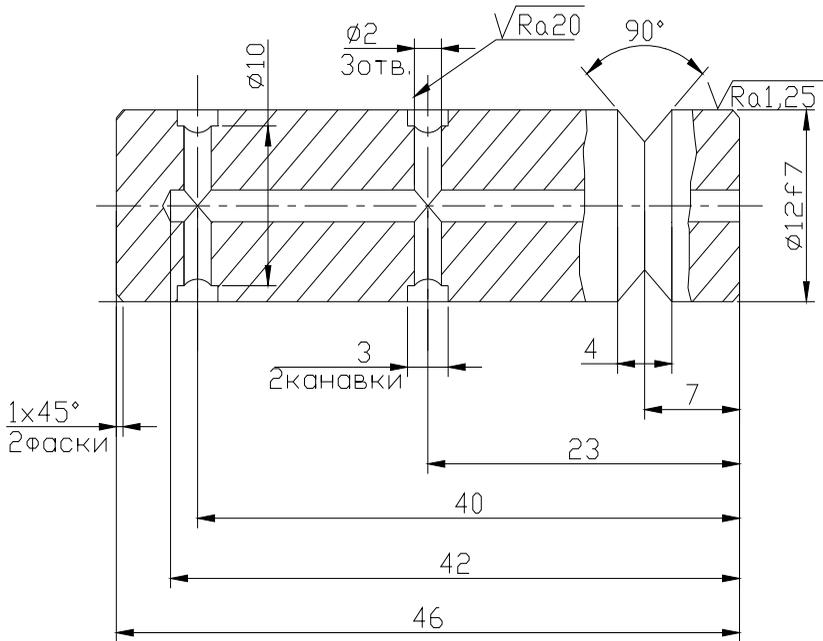


1. 241...285 HB
 2. ГОСТ 30893.1-2002м
 3. Маркировать обозначение
- Вал переходной КТМ 106
 Сталь 45 ГОСТ 1050-88
 Масса 0.35 кг

Вариант 4.1

Вариант 4.2

$\sqrt{Ra10(\vee)}$

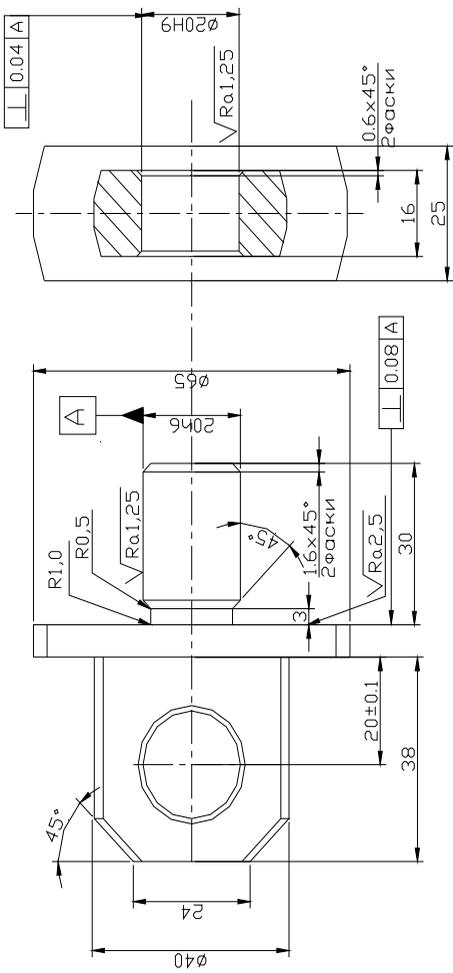


1. 44...50 HRC
2. ГОСТ 30893.1-2002м
3. Маркировать обозначение на бирке

Ось КТМ 1.21
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Масса 0,034 кг

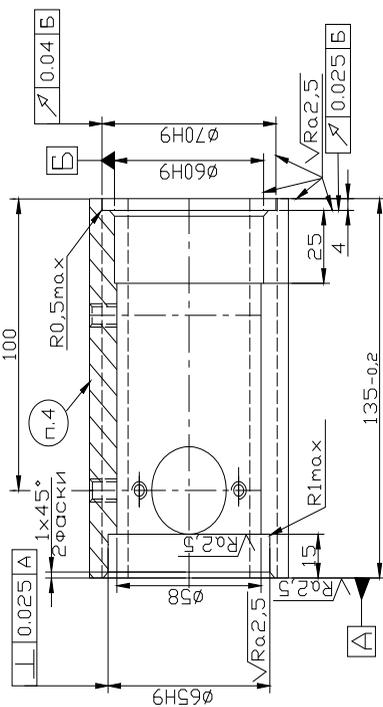
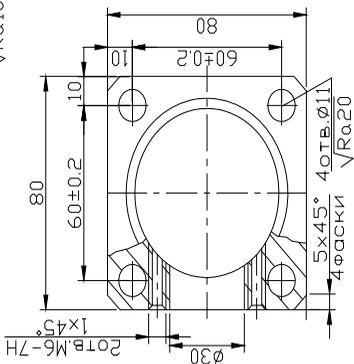
ВАРИАНТ 4.5

$\sqrt{Ra,10(V)}$

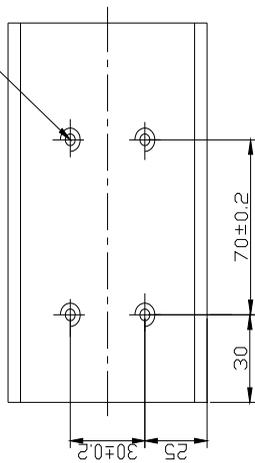


1. 241...285 НВ
 2. ГОСТ 30893.12002м
 3. Покрытие: Хим. Окс. прм.
 4. Маркировать обозначение на бирке
- Серьга КТМ 5.09
 Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
 Масса 0,4 кг

$\sqrt{Ra10(KV)}$

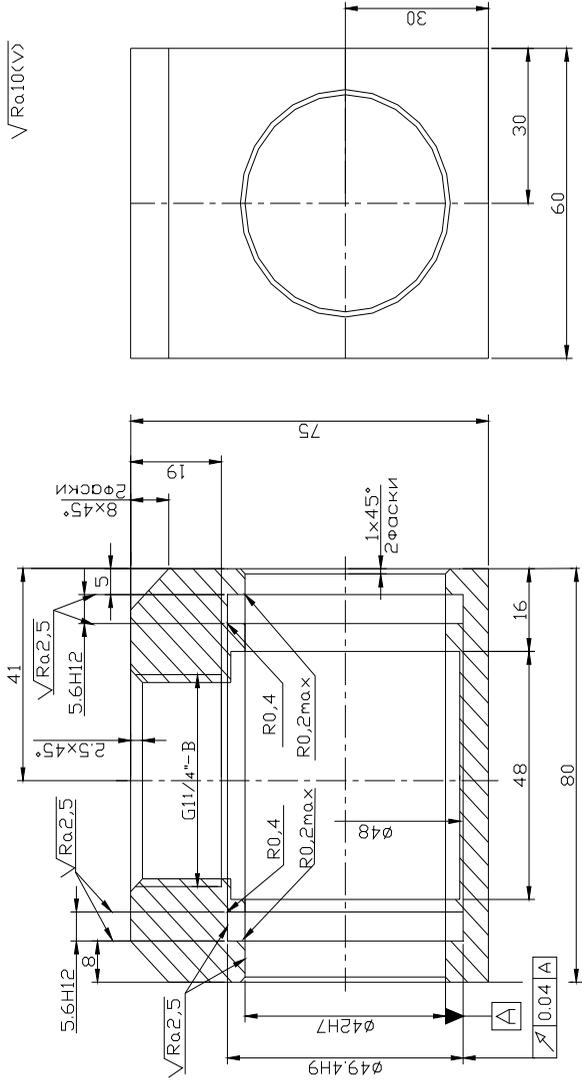


40ТВМ8-7Н
1.6x45°



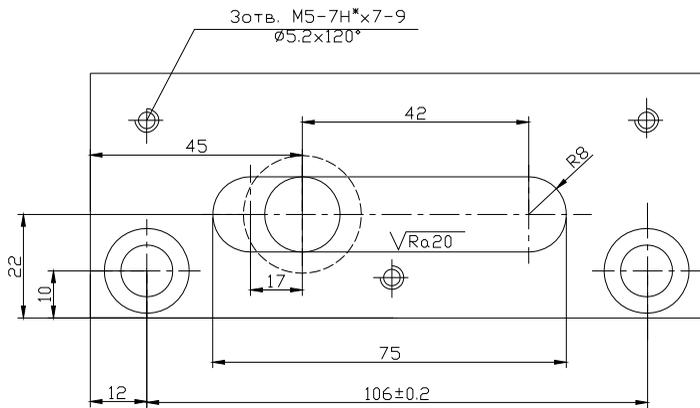
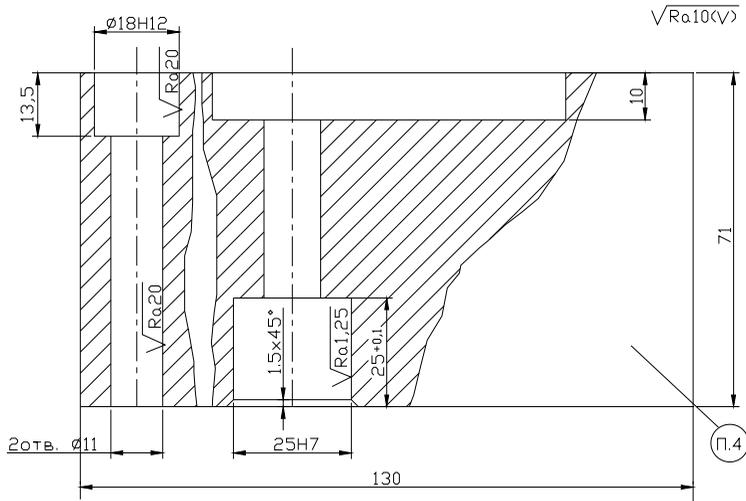
1. 241...285 НВ
 2. ГОСТ 30893.1-2002м
 3. Покрытие:Хим. окс. прм.
 4. Маркировать обозначение
- Фланец КТМ 2.06
Сталь 45 ГОСТ 1055-88
Масса 3 кг

Вариант 5:1



1. 241...285 НВ
 2. ГОСТ 30893.1-2002м
 3. Покрытие: Хим. окс. прм.
 4. Маркировать обозначение на бирке
- Корпус КТМ 4.03
 ЦУЛН СЧ 20 ГОСТ 1412-85
 Масса 1,1 кг

ВАРИАНТ 5.2

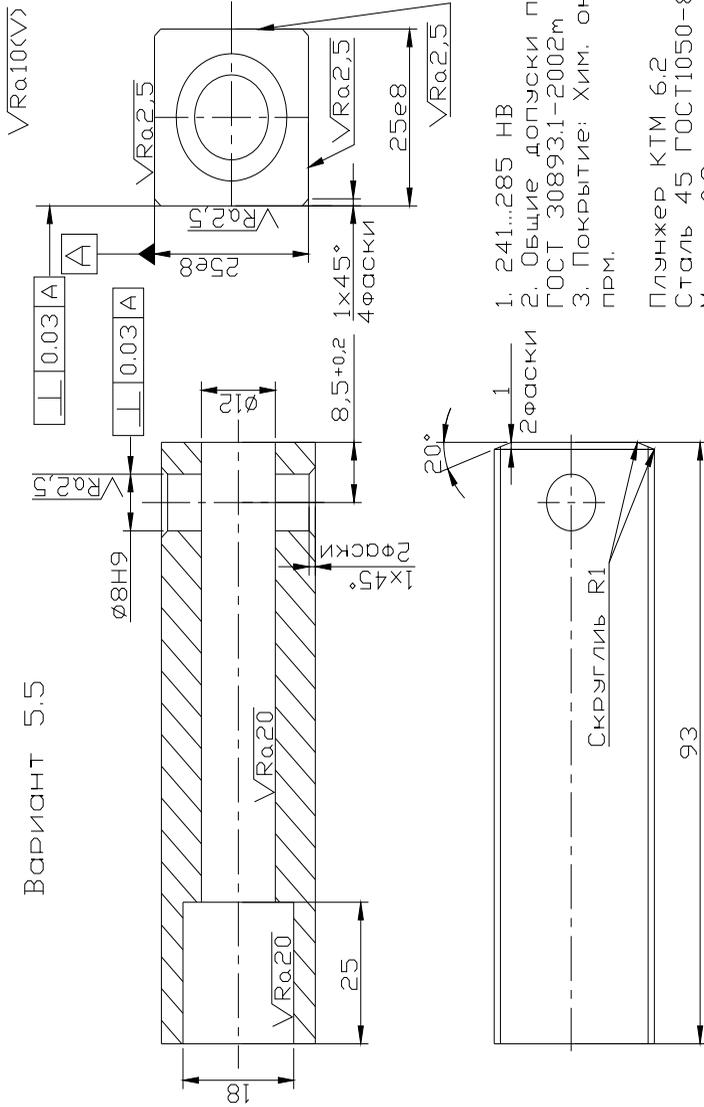


1. * Обработать по сопрягаемой детали
2. ГОСТ 30893.1-2002м
3. Покрытие: Хим. Окс. прм.
4. Маркировать обозначение

Корпус КТМ 4.14
 Сталь Ст.3 ГОСТ 380-71
 Масса 3.0 кг

Вариант 5.3

Вариант 5.5

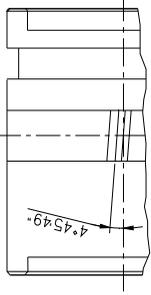
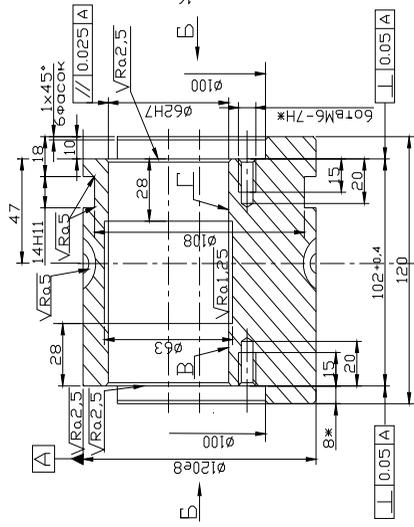
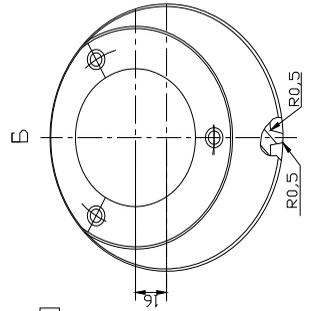


1. 241...285 НВ
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002м
3. Покрытие: ХИМ. ОКС. ПРМ.

Плунжер КТМ 6.2
 Сталь 45 ГОСТ1050-88
 Масса 0.3 кг

√R10(√)

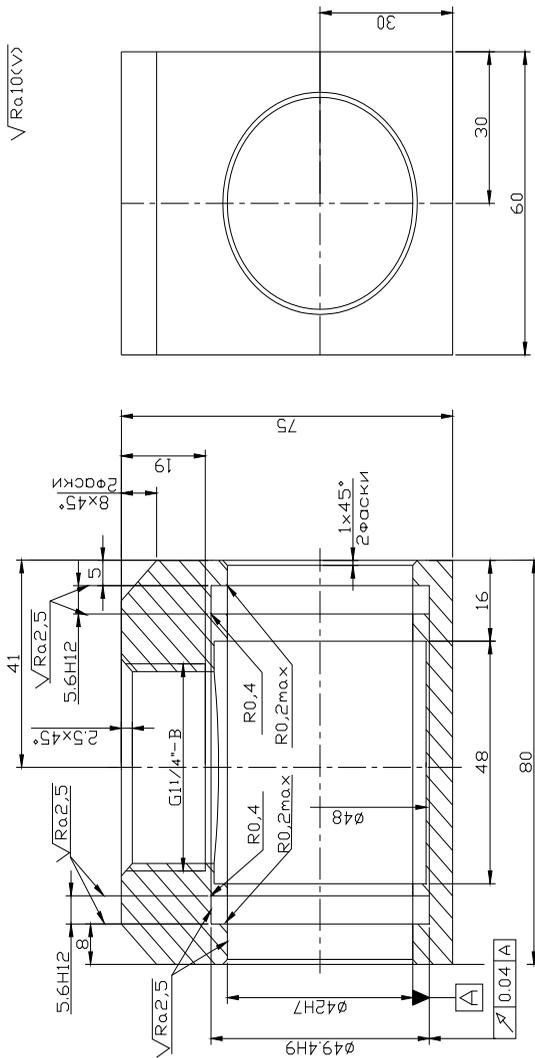
Модуль	м	3
Число зубьев	z ₂	38
Направление линии зуба		Правое
Козе, смещения червяка	x	+0,000
Исходный контур проииз-водящего червяка		ГОСТ 17036-81
Степень точности по ГОСТ3675-81		8-B
Межосевое расстояние	a _м	75,000±0,071
Делительный диаметр червячного колеса	d ₂	114,000
Вид сопряженного червяка		ZA
Число витков сопряженного червяка	z ₁	1
Обозначение чертежа сопряженного червяка	КТМ	4,01.01



1. Заготовка - отливка непрерывного литья
2. Допускается изготовление из стали 45 ГОСТ 1050-88, 192-240 НВ
3. * Обработать по сопряженной детали
4. Допуск непостоянства диаметров в продольном и поперечном сечениях поверхностей В и Г - 0,015 мм
5. ГОСТ 30893:1-2002м

ВАРИАНТ 6.2

Эксцентрик КТМ 4.01
 Чугун СЧ 20 ГОСТ1412-85
 Масса 8,6 кг

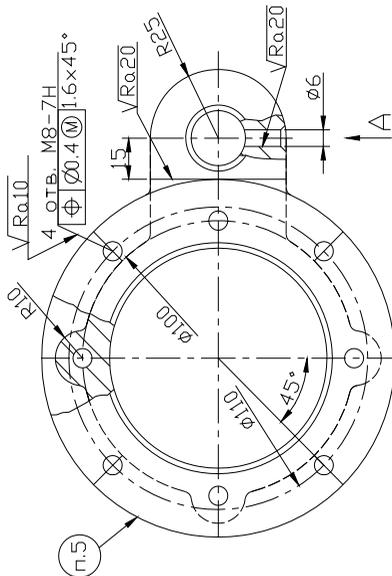
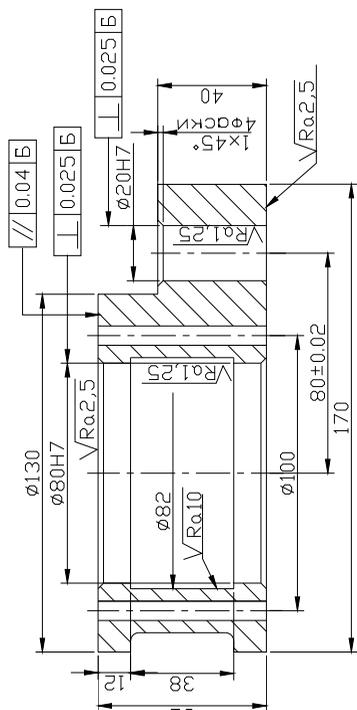


1. 241.285 НВ
 2. ГОСТ 30893.1-2002м
 3. Покрытие: Хим. окс. прм.
 4. Маркировать обозначение на бирке
- Корпус КТМ 4.03
 Чугун СЧ 20 ГОСТ 1412-85
 Масса 11 кг

Вариант 6.3

☐(√)

A

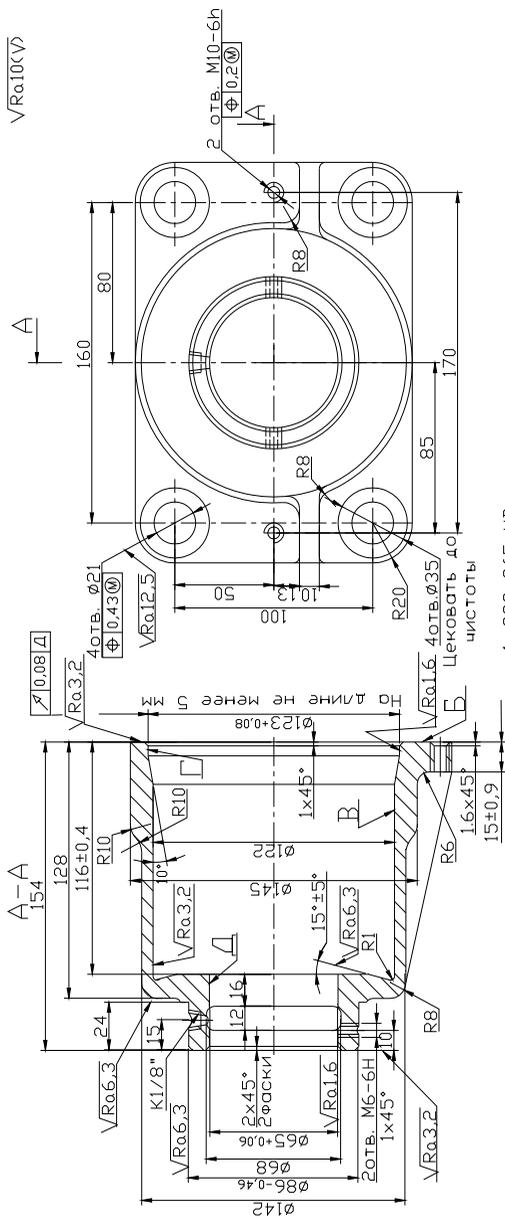


1. Требования к отливке по СТП МТ21-2-95:

- отливка 3 класса, группы "Б";
 - вид отливки - легкой;
 - категория шероховатости: наружных - 2, внутренних - 3;
 - толщина отливки 13Т-4-17-14 ГОСТ 26645-85.
2. Неуказанные литейные радиусы 3...5 мм.
3. Старить.
4. ГОСТ 30893.1-2002м
5. Маркировать обозначение

Вариант 6.4

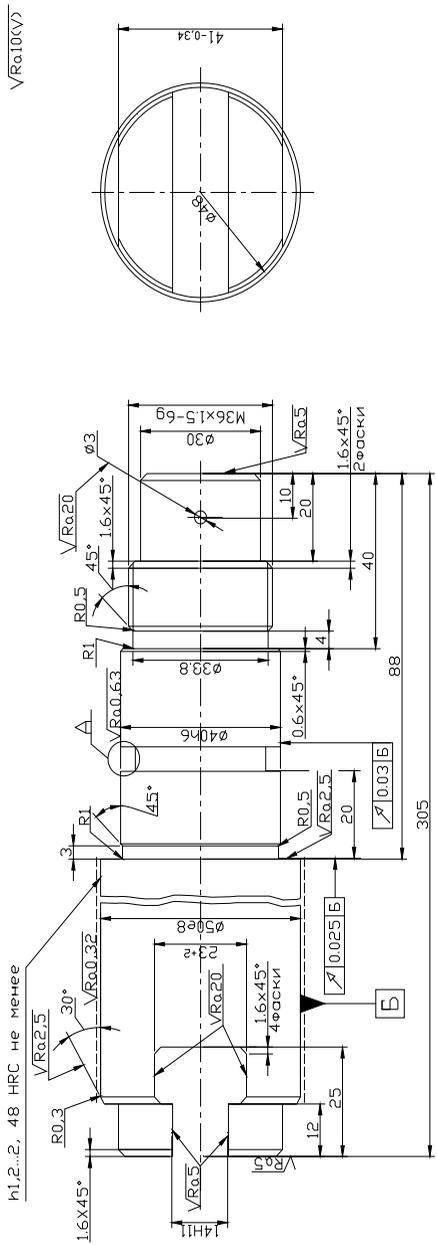
Корпус КТМ 409
 Чугун СЧ 20 ГОСТ 1412-85
 Масса 3 кг



1. 229...265 НВ
2. Точность отливки 9Т-6-10-7 См 1,1 ГОСТ 26645-85
3. Неказанные радиусы 2...3 мм
4. Неказанные уклоны 1°...2°
5. ГОСТ 30893.1-2002г
6. Отклонение от перпендикулярности поверхности В относительно поверхности Д на крайних точках не более 0,1 мм

Вариант 6.5

Корпус бужирного крака КТМ 4.15
 Чугун КЧ 37 ГОСТ 1215-79
 Масса 6,5 кг

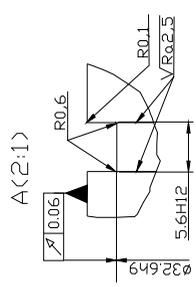


√Ra10KV

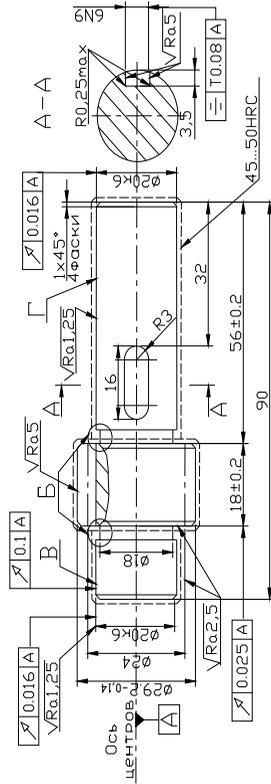
1. ГОСТ 20893.1-2002m
2. Допуск овальности и конусообразности поверхности Б 0.02 мм (полноразность диаметров)
3. Покрытие поверхности А Хгв, Z4
4. Маркировать обозначение на бирке.

Вариант 7.3

Шток КТМ 1.14
 Сталь 45 ГОСТ 1050-88
 Масса 3.43 кг



Модель	м	$\sqrt{Ra_{10KV}}$
Число зубьев	Z	2
Нормальный исходный контур	-	12
Коэффициент смещения	x	ГОСТ 13755-81
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	+0.300
Длина общей нормали	W	8-В
Делительный диаметр	d	9.603-0,181
Обозначение чертёжа сопряженного колеса	КТМ 1.301	24,000

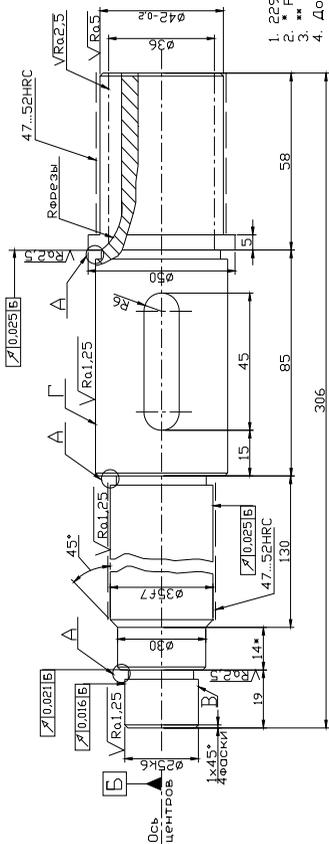


1. 217..269 НВ
2. ГОСТ 30893.1-2002.м
3. Допуск овальности и конусообразности поверхностей В и Г - 0.008 мм полуразность диаметров
4. Маркировать обозначение на бирке

ВАРИАНТ 9.1

Вал КТМ 1.03
Сталь 40Х ГОСТ 1050-71
Масса 0.8 кг

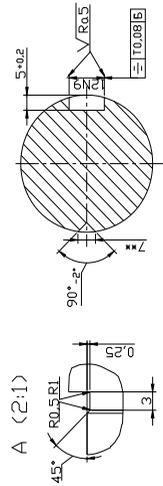
		$\sqrt{Ra10(\sqrt{V})}$	
Модуль	h	z	
Число зубьев	12	12	
Профиль исходный	Г	ГОСТ 13755-81	
Контакт	х		
Ковэффициент смещения	х		
Степень точности по ГОСТ 1643-81		8-B	
Длина обшей нормали		W 13.789-81	
Делительный диаметр		d	36
Обозначение чертёжа сопряженного колеса			



1. 229...285 НВ
2. * Размеры для справок
3. ** Обработать по сопряженной детали
4. Допуск непостоянства диаметров в поперечном и продольном сечениях поверхности В не более 0,01 мм
5. ГОСТ 306931-2002
6. Маркировать обозначение на бимке

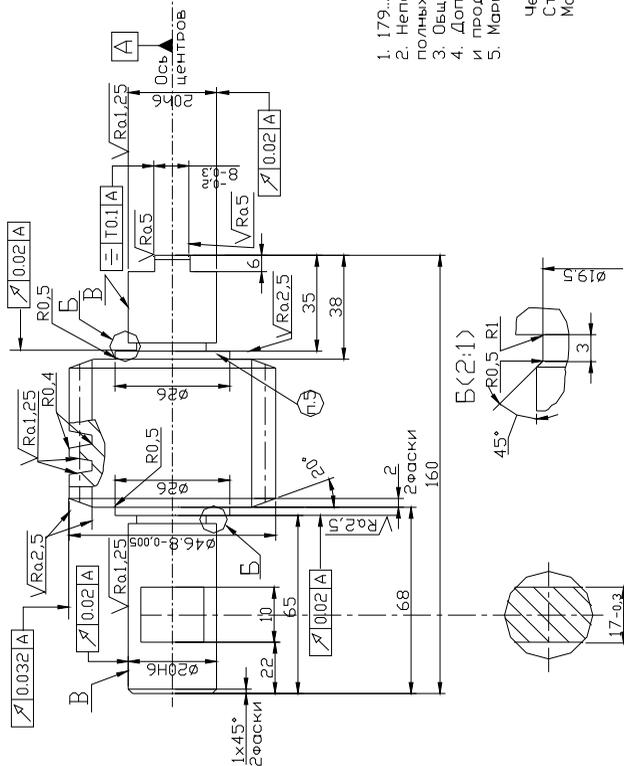
Вал-шестерня КТМ 3.02
 Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
 Масса 1,4 кг

Вариант 92

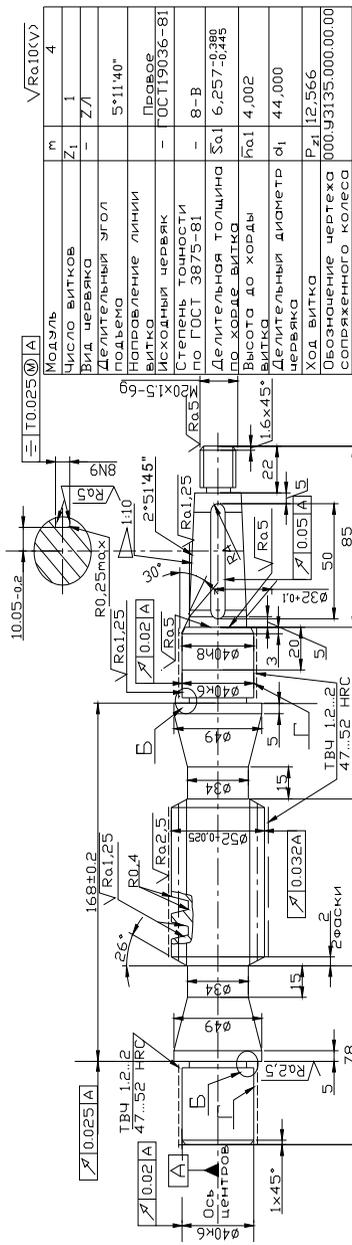


√Ra10(√)

Модуль	м	3
Число витков	Z ₁	1
Вид червяка	-	ZA
Делительный угол подъема		4°58'
Направление линии витка		ПРАВОВ
Исходный червяк		ГОСТ 19036-81
Степень точности по ГОСТ 3675-81		8-B
Делительная толщина по хорде витка	h _{ад1}	4,7 ^{+0,310} 4,7 ^{-0,375}
Высота до хорды витка	h _{ад1}	2,4
Делительный диаметр червяка	d ₁	42,000
Ход витка	P _{z1}	9,425
Обозначение чертёжа сопряженного колеса	МП9-1668.360.402.01	



1. 179..229 HB
 2. Неполные витки снять до толщины вершины полных витков
 3. Общие допуски о ГОСТ 30893.1-2002м
 4. Допуск непостоянства диаметров в поперечном и продольном сечениях поверхностей В - 0.007 мм
 5. Маркировать: обозначение, m_н, z₁
- Червяк КТМ 311
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Масса - 0.81 кг
- ВАРИАНТ 9.3

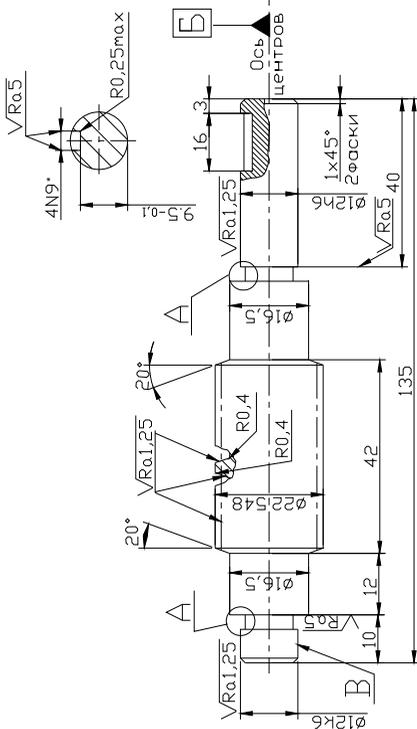


1. 229...285 HB
2. Неполные витки снять до толщины вершины полных витков
3. Допуски по ГОСТ 30693.1-2002m
4. Допуск непостоянства диаметров в поперечном и продольном сечениях поперечного сечения Г=0,008 мм
5. Маркировать обозначение, m, Z1 на бляшке

Вариант 9.4

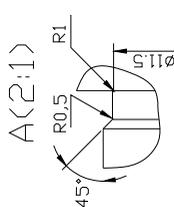
Червяк КТМ 312
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Масса - 3,4 кг

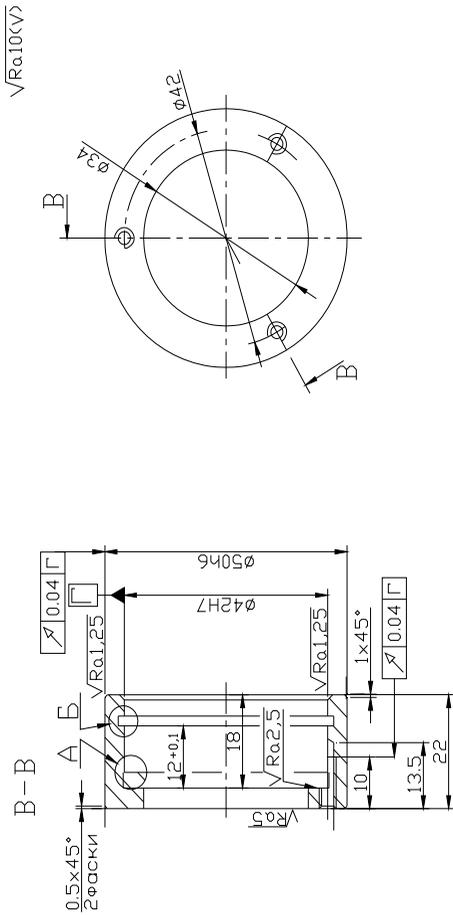
		$\sqrt{Ra_{10}(V)}$	
Модуль	m	1,25	
Число витков	Z ₁	1	
Вид червяка		- ZA	
Делительный угол подъема		30°34'35"	
Направление линии витка		- Правое	
Исходный червяк		- ГОСТ 19036-81	
Степень точности по ГОСТ 3685-81		- 8-B	
Делительная толщина по хорде витка	S _{del}	1,960 ^{+0,028} _{-0,043}	
Высота до хорды витка	h _{del}	1,250	
Делительный диаметр червяка	d ₁	20,000	
Ход витка	Pz ₁	3,927	



Червяк КТМ Гр. 7
 Сталь 40X ГОСТ 4543-71
 Масса 0.8 кг
 Вариант 9.5

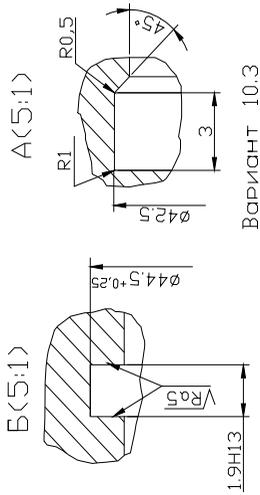
1. 47..52 HRC
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002м
3. Допуск непостоянства диаметров в поперечном и продольном сечениях поверхности В - 0,008 мм
4. Маркировать обозначение, м, z на бирке
5. * ж - До термообработки.



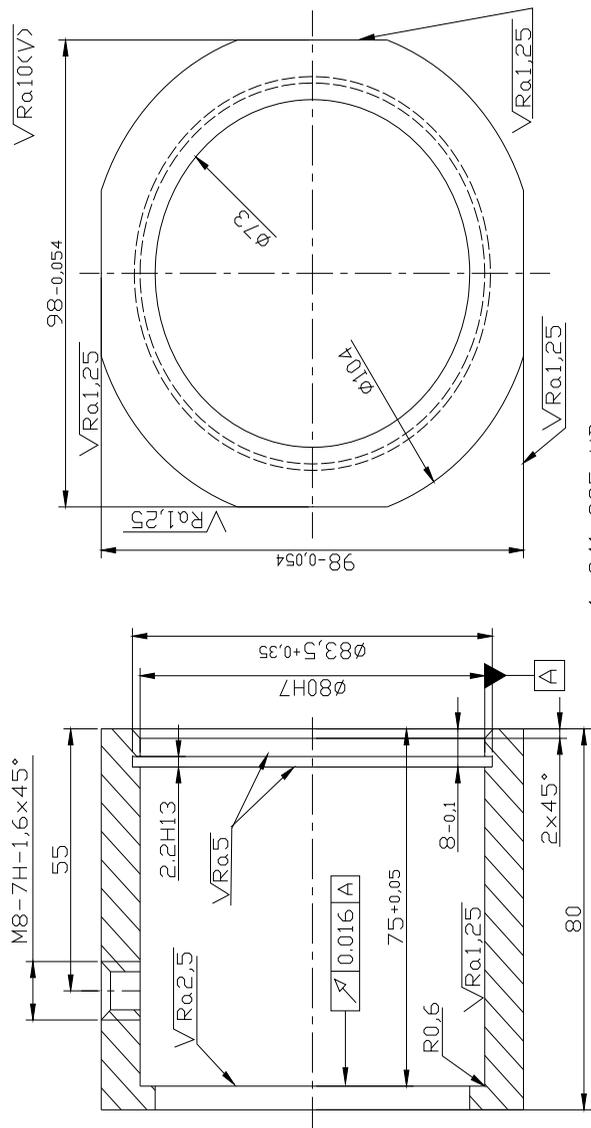


1. 241...285 НВ
2. ЖРазмер для справок
3. ЖОбработать по сопряженной детали
4. Допуск непостоянства диаметров в продольном и поперечном сечениях поверхности $\Gamma - 0.01$ мм
5. ГОСТ 30893.1-2002м
6. Покрытие: Хим. окс. ПРМ.
7. Маркировать обозначение на бирке

Ролик КТМ 2.30
 Сталь 45 ГОСТ 1050-88
 Масса 0.12 кг



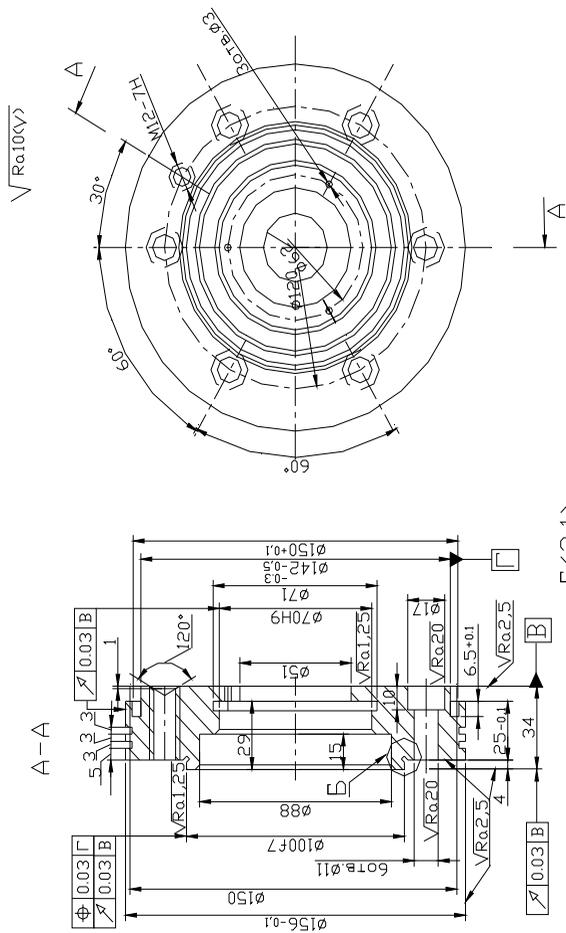
ВАРИАНТ 10.3



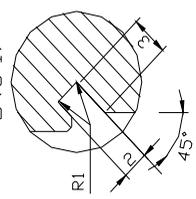
1. 241...285 HB
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002 м
3. Допуск овальности и конусообразности поверхности А – 0,015 мм (полуразность диаметров)
4. Покрытие: Хим. окс. прм.

Корпус подшипника КТМ 2.45
 Сталь 45 ГОСТ 1050-88
 Масса 2,4 кг.

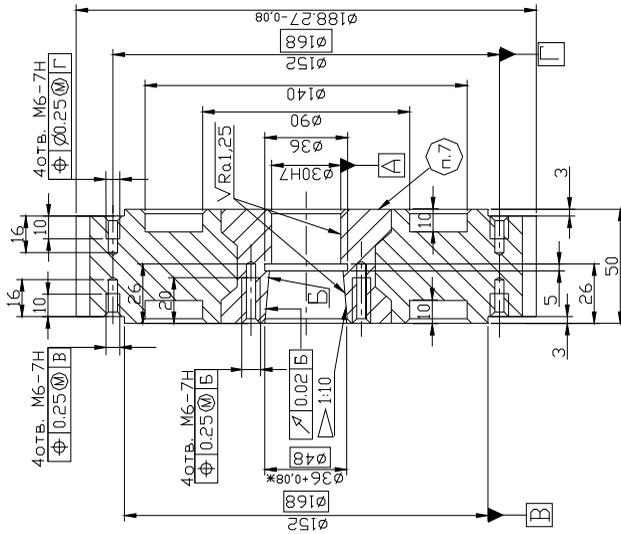
Вариант 10.4



1. 241,285 НВ
 2. ГОСТ 30893.1-2002м
 3. Покрытие: Хим. окс. прм.
 4. Маркировка: обозначение на бирке
- Планировка КТМ 2.03
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Масса - 2,9 кг

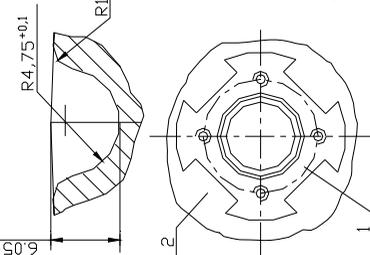


Вариант 11.1



Профиль впадины шкива (5:1)

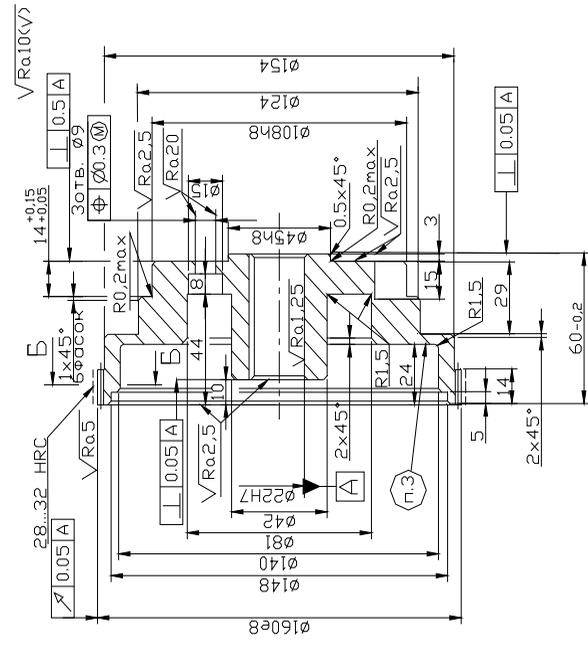
Модуль	m	5
Число зубьев	Z	38
Диаметр делительной окружности	d	190
Средний шаг по средней линии зубьев	τ_1	15,064
Отклонение шага	f_{pr}	$\pm 0,030$
Накопленная погрешность шага	F_{pr}	0,080
Допуск на погрешность направления зуба	F_τ	0,025



1. Отливка 11-0-0-12 ГОСТ 26645-85
2. Вид отливки - легкая
3. ж размер до пересечения линии конуса с торцем
4. ГОСТ 308931-2002м
5. фаски 0,6x45°
6. Пятно контакта на поверхности конуса Б при проверке калибром по краске, нанесенной слоем 0,003...0,005 мм, не менее 85% поверхности конуса
7. Маркировать

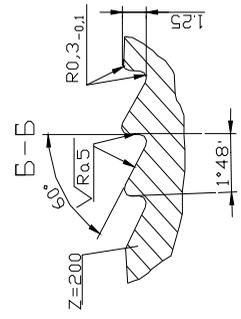
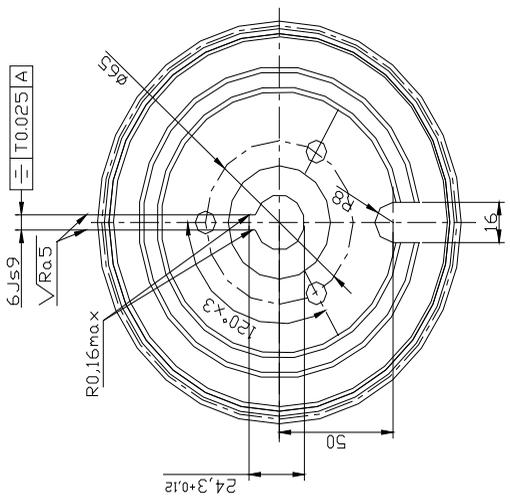
Шкив КТМ 2.08 СБ
Масса 5,0 кг

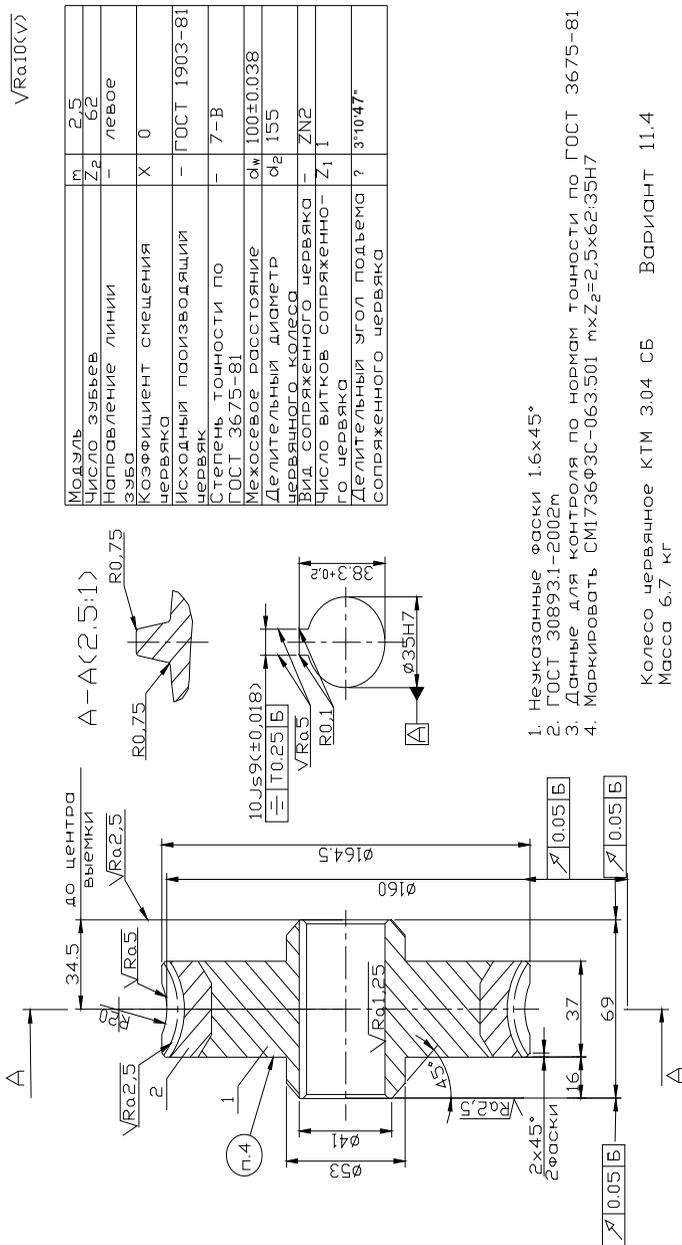
ВАРИАНТ 11.2



Вариант 11.3

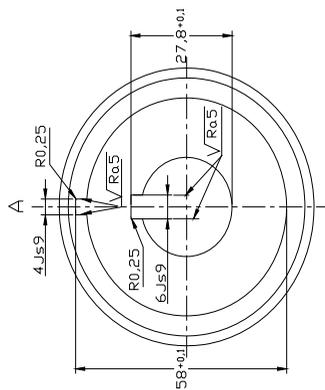
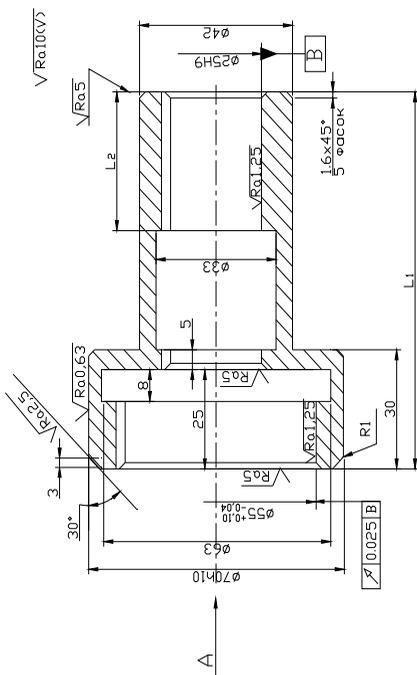
1. 229.285 НВ
2. ГОСТ 30893.1-2002 м
3. Маркировка обозначение
 Колесо храповое КТМ 303
 Сталь 45 ГОСТ 1050-88
 Масса 2.5 кг





1. Неуказанные фаски 1,6x45°
2. ГОСТ 30893.1–2002м
3. Данные для контроля по нормам точности по ГОСТ 3675–81
4. Маркировать СМ1736ФЗС–063.501 мхZ₂=2,5х62,35Н7

Колесо червячное КТМ 3.04 СБ Вариант 11.4
 Масса 6,7 кг



Обозначение	L ₁ , мм	L ₂ , мм	m, кг
КТМ 2.02	95	35	0.74
КТМ 2.02.01	70	10	0.56

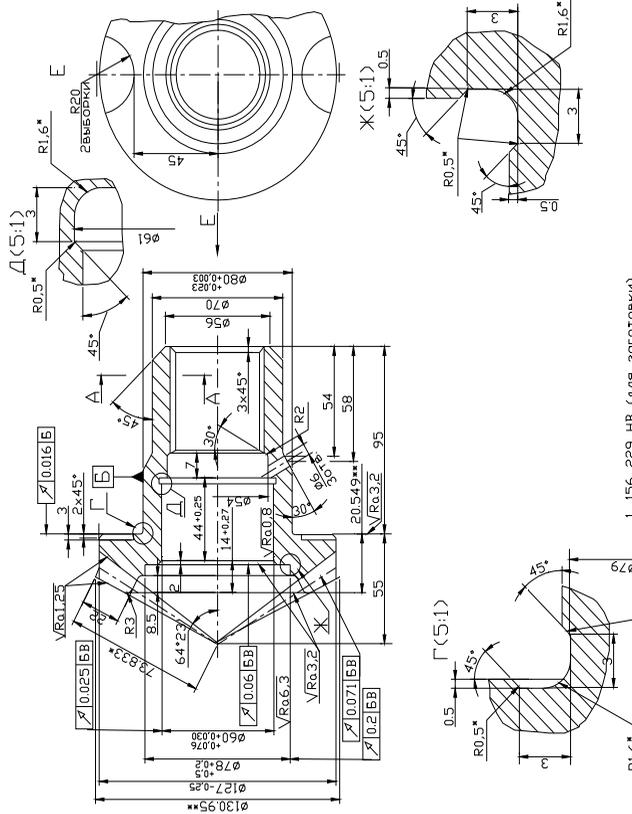
1. 241...285 НВ
2. ГОСТ 30893.1-2002м
3. Покрытие: Хим. Окс. прм.
4. Маркировать обозначение на бирке

Муфта соединительная КТМ 2.02
Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Вариант 12.1

√Rα35√7

Внешний окружной модуль	m_z	7
Число зубьев	Z	18
Тип зуба		прямой
Угол профиля	α_n	22°30'
Коэффициент высоты головки	h_a^*	0,818
Коэффициент радиального зазора	c^*	0,211
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	r_f^*	0,2
Внешний окружной модуль шлицев	X_t	-0,240
Коэффициент смещения	X_f	-0,025
Толщина зуба		
Степень точности по ГОСТ 1758-81		9-8-7 Bh
Боковой зазор в паре с сопряженными колесом	J_n	0,12...0,3
Колование бокового зазора в паре с сопряженными колесом	$f_{вп}$	0,09
Радиус закругления по длине	r_f	50±10
Радиус закругления по высоте	r_{fH}	75±10
Угол делительного диаметра	δ_n^*	88°34'
Внешний окружной диаметр	d_n	126
Метр		9,429
Внешняя высота зуба на зубе	h_e	14,33
Внешняя нормальная толщина зуба	S_{ne}	9,427
Высота до хорды зуба	h_a	4,84
Угол конуса впадины	γ_1	81°10'
Угол конуса	γ_2	4°49'



1. 156, 229 НВ (для заготовки)
2. Цементировать h1,15 на поверхности зубьев 58...62 НРС, сердцевина зубьев - 30...42 НРС
3. * Размеры обеспечить инструментом
4. ** Размеры для справок
5. Контроль шлицев производить комплексами калибрами по ГОСТ 6528-53
6. На шлицевых поверхностях толщина цементированного слоя 0,17...1,2 мм

Вариант 12.2

Шестерня заднего вала КТМ 3.10
Сталь 20ХНЗА ГОСТ 4543-71
Масса 2,2 кг

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с особенностями группового метода обработки деталей.
2. Произвести анализ деталей группы по конструктивным и конструктивно-технологическим признакам в соответствии с табл. 2.1.
3. Выделить обобщенные поверхности деталей группы (см. табл. 2.2), указать диапазон изменения параметров обобщенных поверхностей, составить комплексную деталь (см. рис. 2.8).
4. Разработать схему группового технологического маршрута обработки деталей группы (см. табл. 2.4).
5. На одну из операций группового технологического процесса (по указанию преподавателя) составить и вычертить комплексную деталь на основе операционных эскизов, разработанных для каждой операции группы.
6. Указать переходы, необходимые для обработки комплексной детали и деталей группы (см. табл. 2.5).

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Чертежи деталей группы.
3. Анализ деталей группы по конструктивным и конструктивно-технологическим признакам (см. табл. 2.1).
4. Состав обобщенных поверхностей (см. табл. 2.2).
5. Эскиз комплексной детали для выполнения ГТМ, диапазон изменения параметров обобщенных поверхностей (см. табл. 2.3).
6. Схема группового технологического маршрута обработки (см. табл. 2.4).
7. Разработка групповой технологической операции (см. табл. 2.5).

Контрольные вопросы

1. Сущность, преимущества и недостатки группового метода обработки.
2. Что называется операционной группой?

3. Какие признаки деталей учитываются при комплектовании групп?
4. Что такое комплексная деталь?
5. Объясните понятие «групповой технологический процесс».
6. Поясните смысл групповой технологической операции.
7. Назовите основные этапы разработки группового технологического процесса.
8. В каких типах производства применяется групповая технология?

Литература

1. Митрофанов, С. П. Групповая технология машиностроительного производства : в 2 т. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение ; Ленингр. отд-ние, 1983. – Т. 1 : Организация группового производства. – 407 с., ил.
2. Организация группового производства / под общ. ред. С. П. Митрофанова и В. А. Петрова. – Л. : Машиностроение ; Ленингр. отд-ние, 1980. – 287 с.
3. Правила разработки групповых технологических процессов : ГОСТ 14.316–75 ЕСТПП.
4. Правила организации группового производства : ГОСТ 14.319–77.

Содержание

Практическая работа № 1.

Проектирование технологии обработки зубьев цилиндрических
шестерен..... 3

Практическая работа № 2.

Проектирование группового технологического процесса
обработки деталей машин..... 47

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник практических работ

В 4 частях

Часть 4

Составители:

КАНЕ Марк Моисеевич

БЕЛЯЕВ Геннадий Яковлевич

ЯРОШЕВИЧ Александр Александрович

Редактор *Т. Н. Микуликт*

Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 12.03.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 7,32. Уч.-изд. л. 5,73. Тираж 200. Заказ 696.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.