

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических занятий по дисциплине
«ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

ПРЕДИСЛОВИЕ

В представленном методических указаниях рассмотрены основные этапы разработки технологических процессов механической обработки деталей. Определен порядок работы на каждом этапе. Приведены справочные сведения. Рассмотрены примеры проектирования техпроцесса.

Задачи дисциплины:

- изучение элементов технологического процесса;
- изучение принципов проектирования схем базирования и закрепления;
- изучение основных методик проектирования маршрута обработки деталей и операционных технологий.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1 Тема занятия: «Элементы технологического процесса».....	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2 Тема занятия: «Анализ исходных данных».	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3 Тема занятия: Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	23
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4 Тема занятия: Выбор метода получения заготовки	32
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5 Проектирование схем базирования....	43
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6 Тема занятия: «Проектирование схем закрепления».....	53
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7 Тема занятия: «Проектирование маршрута обработки детали» (2 части)	63
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8 Тема занятия: «Расчёт типа производства».....	76
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9 Тема занятия: «Расчёт припусков на операции механической обработки». (2 части).....	83
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10 Тема занятия: Разработка плана обработки детали.....	92
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11 Тема занятия: «Выбор средств технологического оснащения.....	102
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12 ТЕМА ЗАНЯТИЯ: Выбор режущего инструмента. Выбор средств контроля.....	83
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 13 Тема занятия: «Проектирование операционной технологии».....	89
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 14 Тема занятия: «Нормирование операций механической обработки».....	92
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 15 Тема занятия: «Статистические методы оценки точности технологических процессов» (2 части)	96

ВВЕДЕНИЕ

Условно процесс проектирования изготовления продукции машиностроительного производства возможно разделить на два основных этапа. Первый этап заключается в разработке и конструировании изделия. Второй этап в свою очередь заключается в проектировании технологии производства разработанной конструкции изделия. В рамках изучения дисциплины «Основы технологии машиностроения» рассматривается второй этап.

Выполнение практических работ по данной дисциплине, позволит студентам изучить основные методики проектирования и организации технологических процессов изготовления деталей в машиностроительном производстве с обеспечением необходимого качества готовой продукции под требования имеющегося производства.

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести следующие навыки и умения: проектировать схемы базирования и закрепления деталей в процессе их изготовления; разрабатывать технологические маршруты деталей типа вращения; проводить расчет типа производства; рассчитывать припуски на операции механической обработки; производить обоснованный выбор типа заготовки.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

Тема занятия: «Элементы технологического процесса».

Цель: ознакомление с основной терминологией используемой при проектировании технологического процесса.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Под **производственным процессом** понимается совокупность всех этапов, которые проходят все исходные продукты на пути их превращения в готовую машину (получение заготовок, механическая обработка, термическая обработка, химико-термическая обработка, контроль, транспортировка, хранение, сборка и так далее).

По отношению к объекту производства различные этапы производственного процесса проявляют себя по-разному:

- одни из них меняют его качественное состояние (форму, размер, структуру, химический состав, внешний вид и тому подобное);
- другие (транспортирование, хранение, контроль и так далее) не оказывают таких воздействий, но нужны для осуществления производственного процесса.

Этапы производственного процесса, на протяжении которых происходят качественные изменения объекта производства, называются **технологическими процессами**. Например, технологический процесс изготовления деталей, сборки, окраски и тому подобное.

Можно говорить о производственном процессе не только завода, но и цеха, участка, если присутствуют различные этапы изготовления изделия.

Технологический процесс выполняется рабочими с помощью технологического оборудования, инструментов, приспособлений, размещенных в (помещении) пространстве.

Рабочее место – часть пространства цеха (участка), предназначенная

для выполнения **операции** одним или группой рабочих, в которой размещены оборудование, инструменты, приспособления.

Технологический процесс обычно делят на части.

Операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Операция является наименьшей частью технологического процесса, для которой разрабатывается технологическая документация, по которой ведется планирование и учет.

Необходимость деления технологического процесса на операции порождена двумя причинами:

1. физическими (невозможно обработать деталь с шести сторон; необходимо различное оборудование для чистовой и черновой обработки);
2. экономическими (целесообразность создания специального станка).

Переход – законченная часть операции, выполняется одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных режимах и установке заготовки.

Переход связан (при резании) с получением каждой поверхности. Например, обработка отверстия может выполняться несколькими инструментами: сверлом – зенкером – разверткой – в этом случае необходимо три перехода. Растачивание трехступенчатого отверстия блоком резцов – один переход.

Различают переходы:

- **основные** – непосредственно связанные с осуществлением технологического воздействия (сверление, точение и тому подобное);
- **вспомогательные** – действия рабочего и механизмов, необходимые для выполнения основного перехода (установка и закрепление детали, смена приспособления, отвод, подвод и тому подобное).

Прием – законченная совокупность действий, направленных на выполнение перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

Например, переход — «установить заготовку» включает в себя ряд действий: взять заготовку из тары — переместить к приспособлению — забазировать — закрепить.

Переход при механической обработке может выполнять за один рабочий ход или несколько (черновая обработка, шлифование).

Рабочий ход (проход) – однократное относительное движение приспособления и заготовки, в результате которого с ее поверхности удаляется один слой материала, равный глубине резания (рис. 1).

Чтобы обработать заготовку ее необходимо расположить относительно рабочих органов станка и закрепить (зафиксировать).

Процесс придания требуемого положения детали и закрепление называется **установом**. Для полной обработки детали нужно, как правило, несколько установов.

Для выполнения отдельных частей операции или технологического процесса в целом бывает необходимо перемещение объекта производства в пространстве вместе с приспособлением

Позиция – каждое новое фиксированное положение объекта производства совместно с приспособлением, в котором установлен объект, относительно рабочих органов станка.

При выполнении любой части операции или технологического процесса затрачивается какое-то количество труда рабочих надлежащей квалификации. Затраты эти измеряются продолжительностью, то есть временем.

Трудоемкость – количество времени, затрачиваемое работающим при нормальной интенсивности труда на выполнение технологического процесса или его части. Единица измерения – **человеко-час**. Для планирования затрат труда используют:

- **норму времени** – время, установленное рабочему, соответствующей квалификации на выполнение операции или технологического процесса в

нормальных производственных с нормальной интенсивностью труда. Единица измерения – **Зч. 5-го разряда**.

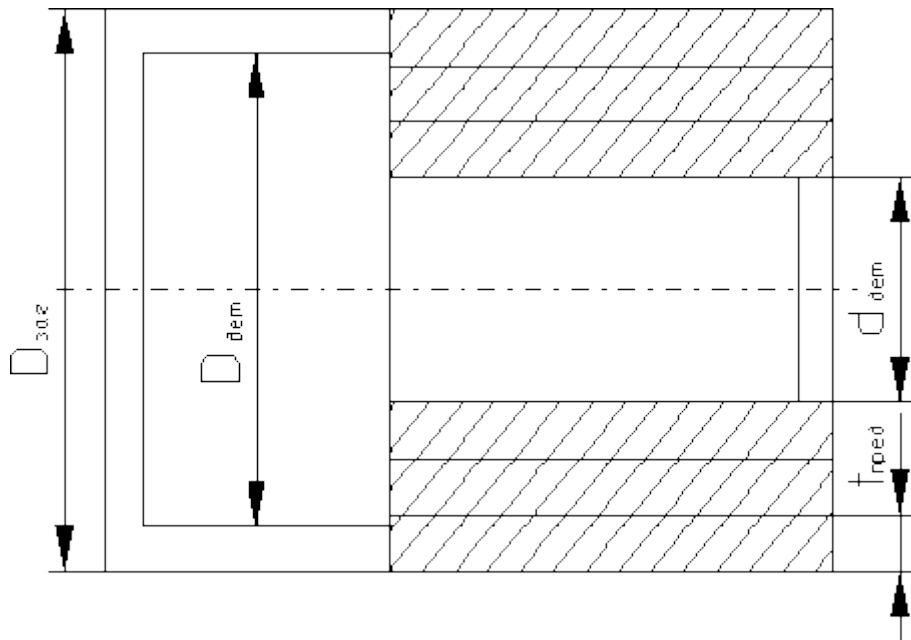


Рисунок 1.1 Рабочий проход

- **норма выработки** (для нормирования малотрудоемких работ) – установленное количество изделий, которое должно быть изготовлено в единицу времени. Единица измерения – **1000шт. в 1ч., 3-го разряда**.

Цикл – отрезок календарного времени, определяющий длительность периодически повторяющейся технологической операции от начала до ее конца.

Интенсивность производства одинаковых изделий характеризуется тактом выпуска.

Такт – промежуток времени, через который периодически осуществляется выпуск изделия. Если говорят, что машину изготавливают с тактом в 5 мин, это значит, что через каждые 5 мин завод выпускает машину.

Ритм выпуска – величина обратная такту.

Показатели производственного и технологического процесса (трудоемкость, цикл, такт) могут быть номинальными, действительными и измеритель-

ными. Случайный характер действительных и измерительных значений показателей производственного и технологического процесса

заставляет рассматривать их во времени с позиции теории случайных функций.

Задание

По заданному операционному эскизу определить:

- название операции;
- необходимые вспомогательные (установочные) переходы;
- основные переходы;
- приемы, рабочие ходы, позиции - если они необходимы.

Вопросы для защиты работы:

1. Структура технологического процесса.
2. . Назовите типы переходов
3. Единица измерения трудоёмкости.
4. Назовите причины деления технологического процесса на операции.
5. Дайте определение следующим понятиям: цикл, такт, ритм.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1 Иванов, И. С. Технология машиностроения: учебное пособие для вузов / И.С. Иванов. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 191, [1] с. : ил.; 22. – (Высшее образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 188-189. – ISBN 978-5-16-003630-4

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Библиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6

2 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов : в 2 кн. / [Э. Л. Жуков и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машино-

строения. – 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 978-5-06-004367-9(Кн.1)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

Тема занятия: «Анализ исходных данных».

Цель: научиться анализировать рабочие чертежи деталей при разработке технологических процессов (ТП) механической обработки.

Теоретическое обоснование

Анализ исходных данных для проектирования ТП механической обработки детали начинают с анализа её чертежа.

Грамотно выполненный чертеж детали дает исчерпывающую информацию о её форме, размерах, точности размеров, формы и расположения, шероховатости поверхности, материале, его твердости, качестве поверхностного слоя, габаритах и массе детали, использованных стандартах и технических условиях, способе маркировки и т.д. Чертеж детали средней сложности содержит около сотни параметров, характеризующих ее. Задача технолога – спроектировать ТП так, чтобы ни один параметр не остался без внимания.

В первую очередь, технолог должен четко представить себе служебное назначение детали и условия ее работы.

Под **служебным назначением** детали понимают характер выполняемых ею служебных функций (передача усилия или крутящего момента, перемещение, фиксация, поворот, базирование и т.п.) и требования к их выполнению (точность, быстродействие, КПД, долговечность, надежность и т.п.)

Под **условиями работы** детали понимают качественную и количественную характеристику воздействующих на нее факторов (характер и величину нагрузок, напряжения в опасных сечениях, трение в контакте, скорости, давления, температуры, характер изнашивания и т.п.)

Деталь содержит достаточно большое число поверхностей, каждая из которых выполняет определенные функции. С помощью одних поверхностей деталь выполняет свое служебное назначение, другие поверхности служат для установки детали в узле или для присоединения других деталей. Третьи по-

верхности не участвуют в работе и служат для придания детали определенной формы. В соответствии с различным назначением поверхностей различаются и требования к ним. Чтобы проанализировать эти требования необходимо систематизировать поверхности детали по их служебному назначению.

Поверхности детали делятся на **сопрягаемые**, взаимодействующие с поверхностью другой детали, и **свободные (С)**, оформляющие конфигурацию детали. В свою очередь, сопрягаемые поверхности могут выполнять различные функции.

Поверхности детали, выполняющие ее служебные функции, называют **исполнительными (И)**.

Поверхности детали, определяющие положение данной и других деталей в узле (сборочной единице), называют **конструкторскими базами**. Различают основные и вспомогательные конструкторские базы.

Основные конструкторские базы (ОБ) – это конструкторские базы, определяющие положение детали в сборочной единице. ОБ лишают деталь необходимого числа степеней свободы – перемещения вдоль координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

Вспомогательные конструкторские базы (ВБ) – это конструкторские базы, определяющие положение присоединяемых деталей относительно данной детали. С помощью ВБ данная деталь лишает присоединяемые детали определенного числа степеней свободы.

Перед систематизацией все поверхности детали нумеруют по порядку, начиная с 1. Номера поверхностей указывают на чертеже детали синим или фиолетовым цветом в кружках на выносках. При этом допускается пересечение выносками основных и вспомогательных линий чертежа (при выполнении учебного задания на ПК допускается обозначение поверхностей черным цветом, при этом число пересечений необходимо свести к минимуму). Размер цифр, обозначающих поверхность, на 1 – 2 номера больше цифр, обозначающих размеры.

При анализе исходных данных для разработки ТП механической обработки детали поверхности делят на 4 группы: И, ОБ, ВБ, С. При этом некоторые поверхности могут выполнять несколько функций и соответственно относиться к нескольким типам (например, И и ВБ).

Далее проверяют полноту задания требований к узлу или детали на чертеже. Так, на чертеже детали должны быть указаны марка материала и вид подготовки (отливка, поковка, прокат) со ссылкой на соответствующие стандарты и задана твердость всех поверхностей. Должны быть представлены все размеры, необходимые для изготовления и контроля – величина каждой поверхности (длина, ширина, высота, радиус), ее положение (расстояние от оси или другой поверхности, угол), справочные размеры (получаемые по другому чертежу, замыкающие размеры цепи). На каждый размер должна быть задана точность в виде поля допуска или предельных отклонений, проставленных возле номинального размера или в технических требованиях. На каждую поверхность должна быть назначена шероховатость условным знаком на контурной или выносной линии, либо в правом верхнем углу чертежа. Должны быть заданы необходимые допуски формы и расположения – прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности, профиля продольного сечения и т. п. в виде условного обозначения или пункта технических требований.

Проверяют также правильность задания требований на чертеже. Все требования должны быть заданы по ГОСТ и стандартам предприятий (СТП), чтобы исключить их неоднозначное толкование). Размеры должны задаваться преимущественно от одной базы. Форма и размеры шпоночных пазов, фасок, канавок, радиусов переходов, галтелей и др. элементов должны соответствовать ГОСТ.

После анализа чертежа детали исходные данные заносят в таблицу (см. табл. 1.4), в которой указывают номер, тип и форму каждой поверхности, их размеры с допусками и квалитет точности, вид и величину погрешностей формы и расположения и соответствующий этой величине квалитет точности,

шероховатость.

Если точность размеров на чертеже указана в виде индекса посадки и качества (например, 50к6) или в виде предельных отклонений (например, $\begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$), либо в пункте технических требований указанием посадки и качества (например, h14, $\pm IT14/2$), то недостающие для заполнения граф 5 и 6 табл. 1.4 (Таблица 4) сведения берут (Таблица 1 и Таблица 2).

Если точность формы или расположения задана условным обозначением с указанием предельного отклонения T_r по ГОСТ 2.308-79, то условный качество точности определяют по (Таблица 3).

Справочные данные

Таблица 1 – Допуски на размеры по ГОСТ 25346-82

Разм. мм, до	Допуск T_d , мкм							Допуск T_d , мм					
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19
10	9	15	22	36	58	90	150	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	3,6
18	11	18	27	43	70	110	180	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	4,3
30	13	21	33	52	84	130	210	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	5,2
50	16	25	39	62	100	160	250	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	6,2
80	19	30	46	74	120	190	300	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	7,4
120	22	35	54	87	140	220	350	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	8,7
180	25	40	63	100	160	250	400	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	10,0
250	29	46	72	115	185	290	460	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	11,5
315	32	52	81	130	210	320	520	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	13,0
400	36	57	89	140	230	360	570	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	14,0
500	40	63	97	155	250	400	630	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	05,5
630	44	70	110	175	280	440	700	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	17,5
800	50	80	125	200	320	500	800	1,25	2,0	3,2	5	8,0	20,0

1000	56	90	140	230	360	560	900	1,4	2,3	3,6	5,6	9,0	23,0
------	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Таблица 2 – Предельные отклонения валов по ГОСТ 25346-82

Разм. мм, до	Предельные отклонения, мкм										
	g6	k6	f7	k7	e8	k8	d9	d10	d11	b12	b14
10	-5	+10	-13	+16	-25	+23	-40	-40	-40	-150	-150
	-14	+1	-28	+1	-47	+1	-75	-98	-130	-300	-510
18	-6	+12	-16	+19	-32	+28	-50	-50	-50	-150	-150
	-17	+1	-34	+1	-59	+1	-93	-120	-160	-330	-580
30	-7	+15	-20	+23	-40	+35	-65	-65	-65	-160	-160
	-20	+2	-41	+2	-73	+2	-117	-149	-195	-370	-680
50	-9	+18	-25	+27	-50	+41	-80	-80	-80	-170	-170
	-25	+2	-50	+2	-89	+2	-142	-180	-240	-420	-790
80	-10	+21	-30	+32	-60	+48	-100	-100	-100	-190	-190
	-29	+2	-60	+2	-106	+2	-174	-220	-290	-490	-930
120	-12	+25	-36	+38	-72	+57	-120	-120	-120	-220	-220
	-34	+3	-71	+3	-126	+3	-207	-260	-340	-570	-1090
180	-14	+28	-43	+43	-85	+66	-145	-145	-145	-280	-280
	-39	+3	-83	+3	-148	+3	-245	-305	-395	-680	-1280
250	-15	+33	-50	+50	-100	+76	-170	-170	-170	-380	-380
	-44	+3	-96	+4	-172	+4	-285	-355	-460	-840	-1530

315	-17 -49	+36 +4	-56 -108	+56 +4	-110 -191	+85 +4	-190 -320	-190 -400	-190 -510	-480 -1000	-480 -1780
400	-18 -54	+40 +4	-62 -119	+61 +4	-125 -214	+93 +4	-210 -350	-210 -440	-210 -570	-600 -1170	-600 -2000
500	-20 -60	+45 +5	-68 -131	+68 +5	-135 -232	+101 +4	-230 -385	-230 -480	-230 -630	-760 -1340	-760 -2310
630	-22 -66	+44 0	-76 -146	+70 0	-145 -255		-260 -435	-260 -540	-260 -700		
800	-24 -74	+50 0	-80 -160	+80 0	-160 -285		-290 -490	-290 -610	-290 -790		
1000	-26 -82	+56 0	-86 -176	+90 0	-170 -310		-320 -550	-320 -680	-320 -880		

Таблица 3 – Допуски формы и расположения в мкм по ГОСТ 24643-81

Размер, мм	Радиальное биение, соосность, симметричность для качества										
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Параллельность, перпендикулярность, торцевое биение для качества										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Плоскостность, прямолинейность, цилиндричность, круглость, профиль продольного сечения для качества										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Св. 10 до 16	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
“ 16 “ 25	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
“ 25 “ 40	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
“ 40 “ 63	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
“ 63 “ 100	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
“ 100 “ 160	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
“ 160 “ 250	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
“ 250 “ 400	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
“ 400 “ 630	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
“ 630 “ 1000	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600

Задачи работы

По сборочному чертежу выполнить рабочий чертеж заданной детали.

Описать служебное назначение и условия работы детали.

Пронумеровать и систематизировать поверхности детали.

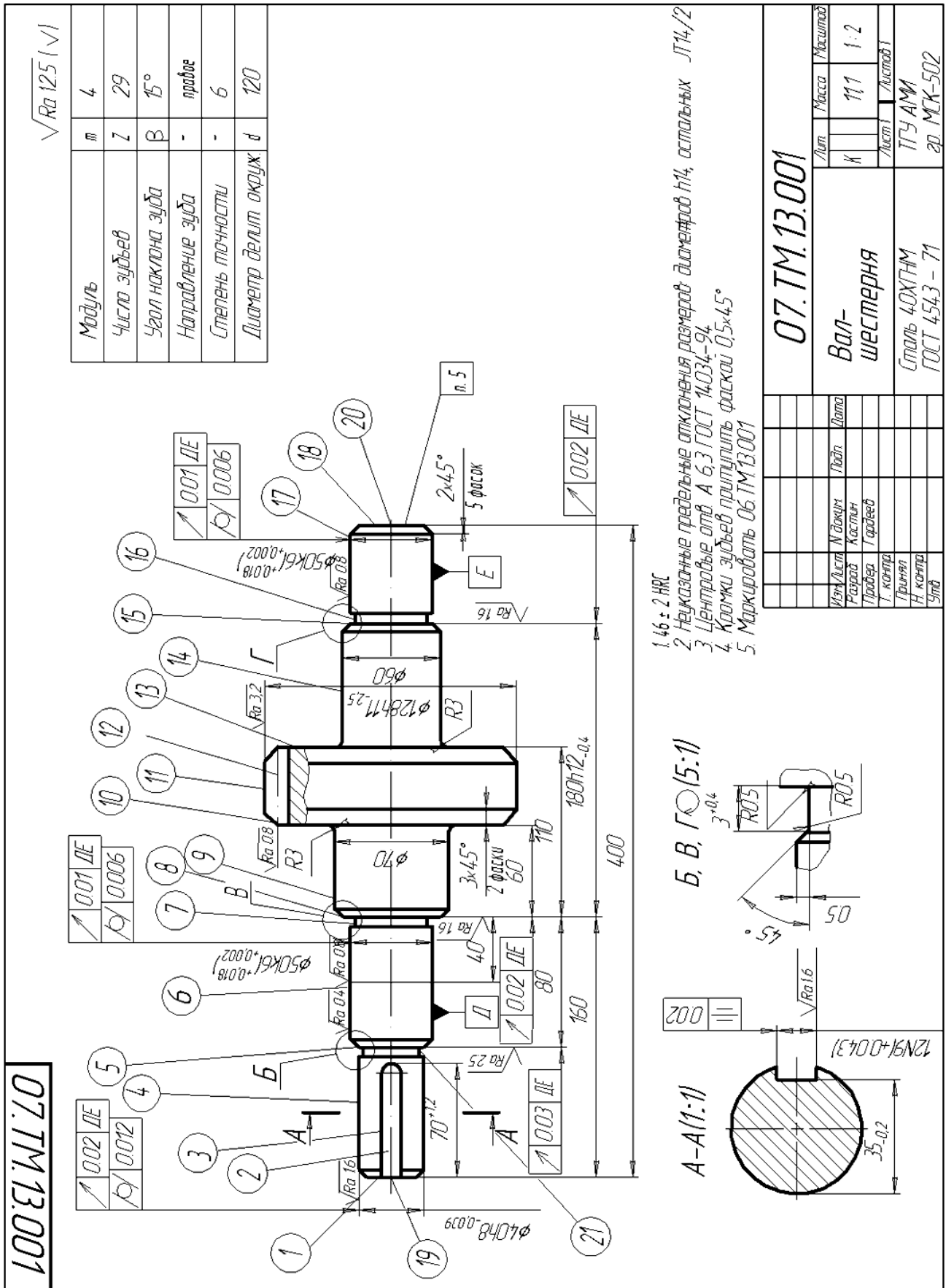
Проанализировать технические требования к детали.

Пример выполнения работы №1

Деталь — «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001.

Служебное назначение и условия работы детали

Деталь «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001, является быстроходным валом цилиндрического редуктора и предназначена для передачи крутящего момента от привода к промежуточному валу редуктора. Вал-шестерня получает вращение от привода через муфту, установленную по пов. 4 на шпонке, и воспринимает крутящий момент боковыми поверхностями 3 шпоночного паза. Вал-шестерня передает крутящий момент боковыми поверхностями 12 зубьев зубчатого венца зубьям венца промежуточного вала. Вал-шестерня установлен в подшипниках качения в корпусе редуктора.



Вал-шестерня работает в условиях действия радиальной знакопеременной сосредоточенной нагрузки и крутящего момента. Зубья зубчатого венца испытывают действие изгибающего усилия, контактного давления и сил трения. Под действием последних происходит нагрев и изнашивание зубьев.

Систематизация поверхностей

Все поверхности детали на эскизе нумеруем и систематизируем по их назначению.

Исполнительные поверхности (И), выполняющие служебные функции вала-шестерни – передачу крутящего момента — боковые поверхности 12 зубьев и боковые пов. 3 шпоночного паза.

Основные конструкторские базы (ОБ), определяющие положение вала-шестерни в редукторе — цилиндрические подшипниковые шейки, пов. 6 и 17, и торцовая пов. 8.

Вспомогательные конструкторские базы (ВБ), определяющие положение присоединяемых деталей – цилиндрическая пов. 4, торцовая пов. 5, шпоночный паз, пов. 2 и 3, торцовая пов. 15.

Свободные поверхности (С), не сопрягающиеся с другими деталями, — пов. 1, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 18. Номера поверхностей и их назначение заносим в графы 1-3 табл. 1.4. В таблице приняты обозначения формы поверхностей:

Ц - цилиндрическая наружная,

КВ - коническая внутренняя,

П - плоская,

Ф - фасонная.

Анализ технических требований

Марка материала – сталь 40ХГНМ, ГОСТ 4543-71, указана в основной надписи. Твердость 46 ± 2 HRC, п.1 технических требований. На чертеже даны все размеры, необходимые для изготовления и контроля детали. Точность размеров задана комбинированным способом в виде посадки, качества точности и предельных отклонений по ГОСТ 2.307-79. Точность свободных размеров 14 квалитет, п.2 технических требований. Шероховатость поверхностей указана

непосредственно на изображении и в правом верхнем углу чертежа. Предельные отклонения формы и расположения поверхностей 3, 4, 5, 6, 8, 15, 17 заданы в виде условных обозначений по ГОСТ 2.308-79, отклонения для остальных поверхностей должны укладываться в допуск на размер.

Форма и размеры шпоночного паза заданы по ГОСТ 23360-78. Фаски и радиусы закруглений выполнены по ГОСТ 10948-64.

Таблица 4 Характеристика поверхностей детали «Вал – шестерня»

Поверхность			Размеры			Форма, расположение			Ше-рохов.
№	Тип	Форма	Значен., мм	Допуск, мм	Квалит. точн	Погреш	Допуск, мм	Квалит. точн	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Поверхность			Размеры			Форма, расположение			Ше-рохов.
№	Тип	Фор-ма	Зна-чен., мм	До-пуск, мм	Ква-лит. точн	По-греш	До-пуск, мм	Ква-лит. точн	Ra, мкм
1	С	П	160	1,0	14	≡ ○ ↗ ↗	0,02 0,008 0,03 0,05	9 8 9 10	12,5
2	ВБ	П	35	0,2	12				12,5
3	И,ВБ	П	12	0,043	9				3,2
4	ВБ	Ц	40	0,039	8				1,6
5	ВБ	П	80	0,74	14	○ ↗ ↗ ↗	0,006 0,006 0,006 0,006	7 6 6 6	3,2
6	ОБ	Ц	50	0,016	6				0,4
7	С	Ф	3	0,4	14				12,5
8	ОБ	П			12				2,5
9	С	Ц	70	0,74	14	↗	0,03	8	12,5
10	С	П	60	0,74	14				12,5
11	С	Ц	120	0,25	11				3,2
12	И	Ф			6 ст.				0,8
13	С	П	110	0,87	14	↗	0,006 0,006	7 6	12,5
14	С	Ц	60	0,74	14				12,5
15	ВБ	П	180	0,4	12				2,5
16	С	Ф	3	0,4	14				12,5
17	ОБ	Ц	50	0,016	6	○ ↗	0,006 0,006	7 6	0,8
18	С	П	400	1,4	14				12,5
19	ТБ	КВ	13,2	0,043	9				0,8
20	ТБ	КВ	13,2	0,043	9				0,8
21	С	Ф	3		14				12,5

Вывод: черт. 07. ТМ. 13. 001 содержит все необходимые сведения для разработки ТП обработки детали “Вал промежуточный”.

Вопросы для обсуждения.

- 1 Типы поверхностей деталей
- 2 Какие поверхности детали, выполняющие ее служебные функции?

- 3 Понятие основных конструкторских баз
- 4 Понятие вспомогательных конструкторских баз

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Тема занятия: Выбор стратегии разработки техпроцесса

Цель– научиться определять стратегию разработки ТП механической обработки.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Стратегия разработки ТП – принципиальный подход к определению его составляющих (показателей ТП), которые определяются в первую очередь типом производства, а также его технологическими возможностями.

Тип производства характеризуется годовым объемом выпуска данных деталей и их сложностью, размерами, массой. Ориентировочно тип производства можно определить по формуле:

$$N_0 = Nm^{0.7} K_T \quad (3.1)$$

где m – масса детали, кг;

N_0 и N – расчетный и фактический объемы выпуска, дет/год;

K_T – коэффициент трудоемкости изготовления (сложности) детали; для средней сложности $K_T = 1$, простой – $K_T = 0,75$, сложной – $K_T = 1,35$.

Тогда при $N_0 < 400$ производство считают единичным,

400...2300 – мелкосерийным,

2300...15000 – среднесерийным,

15000...100000 – крупносерийным,

$N_0 > 100000$ – массовым.

Показатели ТП можно разделить на 6 групп, характеризующих организацию ТП, заготовку, технологический маршрут, средства технологического оснащения (СТО), технологические операции, нормирование ТП.

Наиболее вероятные показатели по каждой из этих групп для единич-

ного, серийного и массового типов производства приведены в таблице 3.1. При мелкосерийном типе производства применяют промежуточные значения показателей между единичным и серийным типами, а при крупносерийном – между серийным и массовым типами.

Задание

По заданному объему выпуска определить тип производства.

Для данного типа производства определить показатели ТП по всем 6 группам.

Таблица 3.1. - Показатели ТП для различных типов производства

Группа	Показатель ТП	Тип производства		
		Единичное	Серийное	Массовое
1	2	3	4	5
1. Организация ТП	1.1. Вид стратегии разработки ТП	последовательная линейная жесткая	промежуточные характеристики	циклическая разветвленная адаптивная
	1.2. Повторяемость изделий	отсутствие заранее обусловленной повторяемости	периодическое повторение партий	непрерывный выпуск в течение длительного времени
	1.3. Форма организации ТП	групповая; как исключение – индивидуальная	переменно – поточная (партионная) или непоточная	поточная

2. Заготовка	2.1. Метод получения заготовки	прокат, литье в землю, свободная ковка	профильн. прокат, литье в кокиль, штамповка	спецпрокат, точное литье, штамповка, редуцирование
	2.2. Выбор последовательности обработки	по укрупненным таблицам	по таблицам с учетом коэффициентов удельных затрат	аналитический по коэффициентам уточнения
	2.3. Припуск на обработку	значительный	незначительный	минимальный
	2.4. Метод определения припусков	укрупненный по таблицам	расчет по переходам	детальный на базе размерного анализа

Продолжение табл.3.1

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3. Технологический маршрут	3.1. Степень унификации ТП	преимущественное использование типовых ТП	разработка спец. ТП на базе типовых	разработка спец. ТП на базе анализа
	3.2. Степень детализации разработки ТП	маршрутный	маршрутно-операционный	пооперационный
	3.3. Принцип формирования	экстенсивная концентрация операций	комбинированный	интенсивная концентрация операций, дифференциация операций
	3.4. Синхронизация операций	отсутствует	слабая	жесткая
	3.5. Обеспечение точности	пробные ходы	на настроенном оборудовании, с частичным применением активного контроля	на настроенном оборудовании с активным контролем и адаптивным управлением
	3.6. Базирование	постоянство баз	постоянство и частичное совмещение баз	совмещение и постоянство баз
4. Выбор СТО	4.1. Оборудование	универсальное в т.ч. с ЧПУ, ГТС	универсальное и специализированное (модернизированное)	специализированное и специальное
	4.2. Приспособления	универсальные, универсально-сборные	универсальные, нормализованные, специальные	в основном специальные
	4.3. Режущие инструменты	стандартные, нормализованные	стандартные, нормализованные, специальные	в основном специальные
	4.4. Средства контроля	универсальные	универсальные, модернизированные	в основном специальные

Продолжение табл. 3.1

	2	3	4	5
--	---	---	---	---

5. Технологические операции	5.1. Содержание операций	обработка нескольких поверхностей исходя из возможностей оборудования	одновременная обработка нескольких поверхностей за счет модернизации СТО	одновременная обработка максимального числа поверхностей, в т.ч. за счет применения спец. СТО
	5.2. Загрузка оборудования	загрузка различными деталями без закономерности	периодическая смена деталей на станках	непрерывная загрузка станков одними деталями
	5.3. Коэффициент закрепления операций	св. 40	св. 1 до 40	1
	5.4. Расстановка оборудования	по типам и размерам станков (технологическая специализация участков)	комбинированная (технологическая и предметная специализация)	по ходу ТП (предметная специализация участков)
	5.5. Настройка станков	отсутствие настройки, работа по промерам	по измерительным инструментам и приборам	по эталону
6. Нормирование ТП	6.1. Определение режимов резания	по общемашиностроительным нормативам	по отраслевым нормативам и эмпирическим формулам	аналитически, на базе математической модели
	6.2. Нормирование	укрупненное по опытно-статистическим нормам	детальное пооперационное	детальное на основании хронометража
	6.3. Квалификация рабочих	высокая	различная	низкая при высокой квалификации наладчиков
	6.4. Технологические карты	маршрутные	маршрутно-операционные	операционные с детализацией по переходам

Пример выполнения работы №3

Деталь — «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001. Объем выпуска $N = 2000$ дет/год.

Определение типа производства

Тип производства определяем исходя из расчетного объема выпуска N_0 , дет/год:

$$N_0 = Nm^{0.7} K_T \quad (3.1)$$

где m — масса детали, $m = 9$ кг;

K_T — коэффициент трудоемкости изготовления, для детали средней сложности $K_T = 1$.

$$N_0 = 2000 \cdot 9^{0.7} \cdot 1 = 9300$$

что соответствует среднесерийному производству.

Выбор стратегии разработки ТП

Пользуясь табл. 3.1, принимаем следующую стратегию разработки ТП:

1) В области организации ТП:

Вид стратегии — последовательная, в отдельных случаях циклическая; линейная, в отдельных случаях разветвленная; жесткая, в отдельных случаях адаптивная.

Повторяемость изделий — периодическая партиями.

Форма организации ТП — переменнo-поточная или непоточная.

2) В области выбора и проектирования заготовки:

Метод получения заготовки — прокат или штамповка.

Выбор методов обработки — по таблицам с учетом коэффициентов удель-

ных затрат $K_{уд}$.

Припуск на обработку незначительный.

Метод определения припусков – укрупненный по таблицам, в отдельных случаях расчёт по переходам.

3) В области разработки технологического маршрута:

Степень унификации ТП – разработка ТП на базе типового ТП.

Степень детализации разработки ТП – маршрутный ТП, в отдельных случаях – маршрутно-операционный ТП.

Принцип формирования маршрута – экстенсивная, в отдельных случаях интенсивная концентрация операций.

Обеспечение точности – работа на настроенном оборудовании, с частичным применением активного контроля.

Базирование – с соблюдением принципа постоянства баз и по возможности – принципа совмещения баз.

4) В области выбора средств технологического оснащения (СТО):

Оборудование – универсальное, в том числе с ЧПУ.

Приспособления – универсальные, стандартные, универсально-сборные, в отдельных случаях специальные.

Режущие инструменты – стандартные, в отдельных случаях специальные.

Средства контроля – универсальные, в отдельных случаях модернизированные.

5) В области проектирования технологических операций:

Содержание операций – по возможности одновременная обработка нескольких поверхностей, исходя из возможностей оборудования.

Загрузка оборудования – периодическая смена деталей на станках.

Коэффициент закрепления операций $K_{зо} = 20 \dots 30$.

Расстановка оборудования – по типам и размерам станков, местами по ходу ТП.

Настройка станков – по измерительным инструментам и приборам, либо

работа без предварительной настройки, по промерам.

6) В области нормирования ТП:

Определение режимов резания – по общемашиностроительным нормативам, в отдельных случаях – по эмпирическим формулам.

Нормирование – укрупненное по опытно-статистическим нормам, в отдельных случаях – детальное пооперационное.

Квалификация рабочих – достаточно высокая.

Технологическая документация – маршрутно-операционные карты.

Принятой стратегией мы будем руководствоваться при разработке ТП.

Вопросы для защиты работы:

1. Структура технологического процесса.
2. Назовите типы переходов
3. Единица измерения трудоёмкости.
4. Назовите причины деления технологического процесса на операции.
5. Дайте определение следующим понятиям: цикл, такт, ритм.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1 Иванов, И. С. Технология машиностроения: учебное пособие для вузов / И.С. Иванов. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 191, [1] с. : ил.; 22. – (Высшее образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 188-189. – ISBN 978-5-16-003630-4

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 1999. – 591 с. – Библиогр.: с. 587-588. – ISBN 5-06-003662-6

2 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов : в 2 кн. / [Э. Л. Жуков и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машино-

строения. – 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 978-5-06-004367-9(Кн.1)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4

Тема занятия: Выбор метода получения заготовки

Цель – овладеть методикой экономически обоснованного выбора оптимального метода получения заготовки детали.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Выбор метода получения заготовки определяется технологическими возможностями как заготовительного производства, так и механической обработки. Чем точнее заготовка, чем ближе она по форме к готовой детали, тем меньше мехобработки она требует, меньше расход металла, дешевле мехобработка. Но сама заготовка при этом тоже становится дороже. Если же взять простую, дешевую заготовку, возрастают отходы металла и затраты на мехобработку.

На первой стадии разработки ТП при выборе вариантов метода получения заготовки можно руководствоваться таблицей 4.1. Согласно табл. 4.1 метод получения заготовки определяется типом детали (корпус, вал, диск, втулка), видом материала (чугун, сталь, алюминиевый сплав, бронза), сложностью формы детали, типом производства (единичное, серийное, массовое). Наиболее распространенными методами получения заготовок являются: литье в земляные (песчаные) формы (ЛЗ), литье в металлические формы (кокили) (ЛМ), литье по выплавляемым моделям (ЛВ), литье в оболочковые формы (ЛО), литье под давлением (ЛД), центробежное литье (ЦЛ), свободная ковка (К), штамповка (Ш), холодная штамповка (ХШ). Иногда целесообразно в качестве заготовки принимать прокат (П) – круг, шестигранник, трубу, лист. Средняя точность заготовок, обеспечиваемая этими методами, приведена в табл. 4.3.

Следует иметь в виду, что каждый метод имеет несколько технологических разновидностей, из которых тоже важно выбрать оптимальные для дан-

ных условий.

Если имеется несколько альтернативных методов получения заготовки, ни один из которых не имеет явного преимущества перед остальными, необходимо провести экономический анализ. В качестве критерия оптимальности при выборе наивыгоднейшего метода получения заготовки в первом приближении можно принять минимальный объем C , руб., переменной доли затрат на получение заготовки C_3 и ее механическую обработку C_m , которые зависят от метода получения заготовки:

$$C = C_3 + C_m \quad (4.1)$$

Переменные затраты на получение заготовки C_3 , руб., составляют:

$$C_3 = C_m \cdot M_3 \cdot K_{сп} \cdot K_{сл} \quad (4.2)$$

где C_m – цена 1 кг исходного материала, которую определяют по действующим на момент анализа прейскурантам. Для некоторых конструкционных материалов ориентировочное значение C_m приведено в табл. 4.2;

M_3 – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$, $K_{сл}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно способ получения заготовки и ее сложность. Ориентировочные значения этих коэффициентов для различных условий приведены в табл. 4.3 и 4.4

Переменные затраты на механическую обработку C_m , руб., составляют:

$$C_m = C_{уд} \cdot (M_3 - M_d) / K_o \quad (4.3)$$

где $C_{уд}$ – удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой мехобработке, руб./кг. Значение $C_{уд}$ берут по данным предприятия. При отсутствии таких данных для предварительных расчетов можно воспользоваться таблицей 4.5;

M_d – масса детали, кг;

K_o – коэффициент обрабатываемости материала, значения которого

приведены в справочной литературе. Для некоторых конструкционных материалов значения K_0 приведены в таблице 4.6.

Отметим, что данная методика пригодна и при изменении цен, поскольку их соотношение, как правило сохраняется. Однако это справедливо только для оценки правильности выбора метода получения заготовки. При определении же себестоимости изготовления детали следует пользоваться специальной литературой.

2. Справочные данные

Таблица 4.1

Методы получения заготовок

Тип детали	Мате- риал	Форма заготовки								
		простая			средней сложности			сложная		
		Тип производства								
		един.	сер.	масс.	един.	сер.	масс.	един.	сер.	масс.
Кор- пус	Чугун	ЛЗ	ЛЗ,ЛМ		ЛЗ	ЛЗ,ЛМ		ЛЗ		ЛО
	Сталь	ЛЗ,К	ЛМ,Ш		ЛЗ	ЛЗ,ЛМ		ЛЗ		ЛО,ЛВ
	Алюм	ЛЗ	ЛМ		ЛЗ		ЛМ	ЛЗ		ЛД
Вал	Сталь	К		Ш, ШХ	К	Ш,ХШ		ЛЗ, Ш		Ш, ХШ
Втул- ка, диск	Чугун	ЛЗ,ЦЛ	ЛМ,ЦЛ		ЛЗ,ЦЛ		ЛМ	ЛЗ, ЦЛ		ЛМ, ЦЛ
	Сталь	ЛЗ,ЦЛ,	ЛМ,ЦЛ,Ш		ЛЗ,ЦЛ	ЛМ,ЦЛ,Ш		ЛЗ,Ш		ЛМ
	Алюм	К								
	Бронза	ЛЗ,ЦЛ	ЛМ,ЦЛ		ЛЗ,ЦЛ	ЛМ		ЛЗ		ЛМ

Таблица 4.2 - Стоимость исходного материала C_m

Матер.	СЧ20	Ст3	20ХН	30ХГСА	40ХГНМ	Х18Н9Т	Р6М5
Ц,руб/кг	7	8	10	12	14	70	180

Таблица 4.3

Значение коэффициентов $K_{сп}$

Способ получения заготовки	Квал. Точн.	Тип производства				
		единичное	мелко-серийн.	средне-серийн.	крупно-серийн.	массовое
Литье в земляную форму	17	2,5	2,2	2	1,9	1,8
Литье по металлической модели	16	3,5	2,7	2	1,8	1,5
Литье в кокиль	15	5	3	1,9	1,2	1,4
Литье в оболочковую форму	14	10	5	3	2,5	2
Литье по выплавляемой модели	13	20	12	8	5	3
Литье под давлением	12	-	-	20	5	2,5
Литье центробежное	15	-	5	2,5	1,8	1,5
Прокат	12	1,3	1,3	1,2	1,1	1,05
Свободная ковка	19	2	2	2	-	-
Ковка в подкладных штампах	17	2,5	2,5	2,3	2,1	-
Штамповка открытая	16	-	5	2,5	2	1,6
Штамповка на ГKM	15	-	8	3	1,8	1,4
Штамповка с калибровкой	14	-	10	5	2,7	1,8
Холодная штамповка	12	-	-	6	3	2

Таблица 4.4 - Значение коэффициента $K_{сл}$

Характеристика заготовки	Очень простая	Простая	Средней сложности	Сложная	Очень сложная
Группа сложности отливки по ГОСТ 26645-85	1	2	3	4	5
Степень сложности поковки по ГОСТ 7505-89	C1	C2	C3	C4	-
$K_{сл}$	0,7	0,85	1	1,5	2

Таблица 4.5

Удельные затраты на снятие 1 кг стружки $C_{уд}$

Тип производства	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
Суд, руб./кг	40	32	26	20	15

Таблица 4.6

Значение коэффициента обрабатываемости K_o

Матер.	СЧ20	Ст3	20ХН	30ХГСА	40ХГНМ	X18H9T	P6M5
K_o	0,7	1,8	1,2	0,7	0,8	0,6	0,25

Таблица 4.7

Приблизительные значения припусков на обработку Z , мм на сторону

Максимальный размер, мм, до		Способ получения заготовки		
вдоль припуска l1	поперек припуска l2	ЛЗ, К	ЛМ, Ш	ХШ, П
50	50	3	2,2	2
	100	4	2,8	2,5
	200	5	3,5	3
	400	6	4,2	3,5
100	50	5	3	2,2
	100	6,5	4	2,8
	200	8	5	3,5
	400	9,5	6	4,2
200	50	7,5	5	3
	100	9	6,5	4
	200	10,5	8	5
	400	12	9,5	6
	800	13,5	11	7
400	50	10,5	7,5	5
	100	12,5	9	6,5
	200	14,5	10,5	8
	400	16,5	12	9,5
	800	18,5	13,5	11

800	100	16	12,5	10,5
	200	19,5	14,5	12
	400	23	16,5	

Задание

На основе экономического анализа вариантов выбрать оптимальный способ получения заготовки заданной детали для заданного типа производства.

Порядок выполнения работы

- 1) Вычерчивают в масштабе контур детали с простановкой размеров
- 2) По табл. 4.1 выбирают возможные методы получения заготовки (обычно 2 – 3 метода)
- 3) По упрощенной методике, табл. 4.7, определяют припуск на черновую обработку для каждого метода. На том же эскизе вычерчивают контуры заготовки с учетом припусков для каждого метода.
- 4) Исходя из технологических возможностей методов получения заготовки (уклоны, радиусы, отверстия, число ступеней и т.п.) устанавливают напуски. На том же эскизе вычерчивают контуры заготовки с учетом напусков для каждого метода, проставляют размеры заготовки.
- 5) Определяют объем и массу детали M_d и заготовок M_{zi} (i – порядковый номер метода).
- 6) По табл. 4.2 определяют цену материала C_m .
- 7) По табл. 4.3 и 4.4 определяют $K_{сп}$ и $K_{сл}$ для каждого метода.
- 8) По формуле (4.2) определяют C_{zi} для каждого метода.
- 9) По табл. 4.5 и 4.6 определяют $C_{уд}$ и K_o .
- 10) По формуле (4.3) определяют C_{mi} для каждого метода.
- 11) По формуле (4.1) определяют C_i для каждого метода получения

заготовки. Метод получения заготовки, обеспечивающий наименьшее значение C_i , будет оптимальным для данных условий.

Пример выполнения работы №4

Выбрать оптимальный метод получения заготовки детали «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001. Производство среднесерийное.

По табл. 4.1 определяем, что для детали типа «Валы» средней сложности из стали для серийного производства целесообразно применить в качестве заготовки прокат или горячую штамповку. Для окончательного выбора метода получения заготовки выполним сравнительный экономический анализ. В основу анализа положим сравнение суммарных стоимостей C переменной доли затрат на получение заготовки C_z и ее механическую обработку $C_{обр}$:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри} \quad (4.1)$$

где i — номер варианта получения заготовки. В нашем случае $i=1$ для заготовки из проката, $i=2$ для штампованной заготовки.

Переменные затраты на получение заготовки C_z , руб., составляют:

$$C_{zi} = C_{mi} \times M_{zi} \times K_{спi} \times K_{сли} \quad (4.2)$$

где C_{mi} — цена 1 кг исходного материала, руб./кг;

M_{zi} — масса заготовки, кг;

$K_{спi}$, $K_{сли}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно способ получения заготовки и ее сложность.

Рассчитаем C_z для каждого из вариантов.

1) Вычерчиваем контур детали (рис. 4.1). На этом же эскизе вычерчиваем контуры заготовки из проката и штамповки (без масштаба).

2) По табл. 4.7 определяем ориентировочно припуск на обработку Z :

а) для заготовки из проката:

пов. 1, 18, $l_1=400$, $l_2=128$, $Z=8$

пов. 11, $l_1=64$, $l_2=400$, $Z=4,2$.

б) для штампованной заготовки:

пов. 1 , $l_1=160$, $l_2=50$, $Z=5$

пов. 6 , $l_1=50$, $l_2=60$, $Z=3,5$

пов. 8 , $l_1=60$, $l_2=70$, $Z=4$

пов. 9 , $l_1=70$, $l_2=60$, $Z=4$

пов. 10 , $l_1=50$, $l_2=128$, $Z=3,5$

пов. 11 , $l_1=128$, $l_2=50$, $Z=5$

пов. 13 , $l_1=50$, $l_2=128$, $Z=3,5$

пов. 14 , $l_1=60$, $l_2=130$, $Z=5$

пов. 18 , $l_1=400$, $l_2=50$, $Z=7,5$

Определяем размеры заготовки с учетом припусков и проставляем на рис. 4.1.

3) Определяем напуски.

Для заготовки из проката принимаем ближайший диаметр прутка $\varnothing 140$.

Для штамповки назначаем предварительно уклон 5^0 и радиусы переходов $R3$.

Вычерчиваем напуски на рис. 4.1 и проставляем размеры заготовки с учетом припусков и напусков.

4) Определяем массу детали M_d и заготовки M_z , кг:

$$M_d = 0,785 \times (d_1^2 \times l_1 + d_2^2 \times l_2 + \dots + d_n^2 \times l_n) \times \rho,$$

где $d_1, d_2, \dots, d_n, l_1, l_2, \dots, l_n$ — диаметры и длины элементарных объемов, на которые разбиваем объем детали, см;

n — число элементарных объемов;

ρ — плотность стали; $\rho = 0,00785$ кг/см³.

$$M_d = 0,785(4^2 \times 8 + 5^2 \times 8 + 7^2 \times 6 + 12,8^2 \times 5 + 6^2 \times 7 + 5^2 \times 6) \times 0,00785 = 11,35 \text{ кг}$$

$$M_{z1} = 0,785 \times d^2 \times l \times \rho,$$

где d — диаметр проката, см;

l —длина заготовки, см.

$$M_{31}=0,785 \times 14^2 \times 41,6 \times 0,00785 = 50,2 \text{ кг}$$

$$M_{32}=0,785 \cdot (5,7^2 \times 16,1 + 7,8^2 \times 6,05 + 13,8^2 \times 5,7 + 7^2 \times 13) \times 0,00785 = 16,1 \text{ кг.}$$

5) Коэффициент использования материала:

$$K_{\text{ИМ1}}=M_{\text{Д}}/M_{31}=11,35:46,7=0,23$$

$$K_{\text{ИМ2}}=M_{\text{Д}}/M_{32}=11,35:16,1=0,7$$

6) Определяем $\Pi_{\text{М}}$, руб./кг по табл. 4.2 и поправочные коэффициенты по табл.4.3-4.4:

$$\Pi_{\text{М1}}=\Pi_{\text{М2}}=14$$

$$K_{\text{СП1}}=1,2$$

$$K_{\text{СП2}}=2,5; K_{\text{СЛ2}}=1$$

7) Подставляем найденные значения в формулу (4.2):

$$C_{31} = 14 \times 50,2 \times 1,2 \times 1 = 843,4 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 14 \times 16,1 \times 2,5 \times 1 = 563,5 \text{ руб.}$$

Переменные затраты на черновую обработку $C_{\text{обр}}$, руб. составляют:

$$C_{\text{Мi}} = C_{\text{уд}} \times (M_{\text{зи}} - M_{\text{Д}}) / K_0 \quad (4.3)$$

где $C_{\text{уд}}$ —удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой обработке, руб./кг;

K_0 — коэффициент обрабатываемости материала.

Рассчитаем $C_{\text{М}}$ для каждого из вариантов.

1) По табл. 4.5 определяем для среднесерийного производства $C_{\text{уд}}=26$.

2) По табл. 4.6 определяем для стали 40ХГНМ $K_0 = 0,8$.

3) Подставляем найденные значения в формулу (4.3):

$$C_{\text{М1}}=26 \times (50,2-11,35):0,8=1262 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{М2}}=26 \times (16,1-11,35):0,8=154,3 \text{ руб.}$$

Подставляя полученные значения C_3 и $C_{\text{М}}$ в формулу (4.1), получим:

$$C_1 = 843,4 + 1262 = 2105,4 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 563,5 + 154,3 = 717,8 \text{ руб.}$$

$$C_2 < C_1$$

По минимуму переменных затрат принимаем 2-й вариант – штамповку.

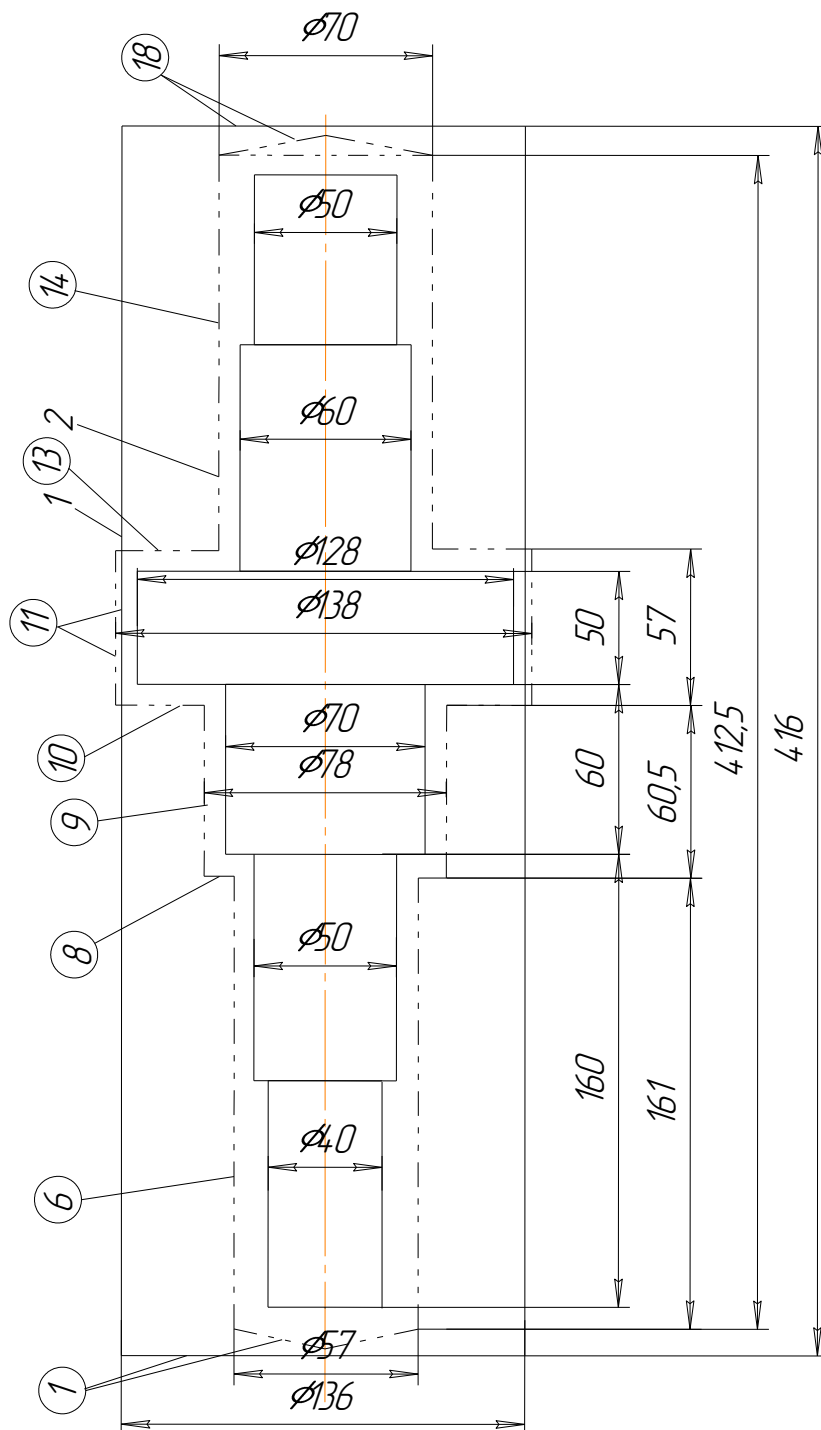


Рис. 4.1. Контур заготовки: 1 – прокат, 2 – штамповка

Вопросы для защиты работы:

1. Структура технологического процесса.

2. . Назовите типы переходов
3. Единица измерения трудоёмкости.
4. Назовите причины деления технологического процесса на операции.
5. Дайте определение следующим понятиям: цикл, такт, ритм.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1 Иванов, И. С. Технология машиностроения: учебное пособие для вузов / И.С. Иванов. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 191, [1] с. : ил.; 22. – (Высшее образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 188-189. – ISBN 978-5-16-003630-4

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Библиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6

2 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов : в 2 кн. / [Э. Л. Жуков и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 978-5-06-004367-9(Кн.1)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

Проектирование схем базирования

Цель: Ознакомление с основными понятиями теории базирования, изучение основных схем, применение полученных навыков на практике, путем решения типовых задач.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Теоретически базирование детали (изделия и т.п.) связано с лишением ее шести степеней свободы.

Придание детали требуемого положения в избранной системе координат осуществляется путем соприкосновения ее поверхностей с поверхностями детали или деталей, на которые ее устанавливают или с которыми ее соединяют. Фиксация достигнутого положения и постоянство контакта обеспечивается силами, в числе которых первым проявляется действие массы самой детали и сил трения. Реальные детали машин ограничены поверхностями, имеющими отклонения формы от своего идеального прототипа. Поэтому базируемая деталь может контактировать с деталями, определяющими ее положение лишь на отдельных элементарных площадках, условно считаемых точками контакта (рис. 2.1).

В общем случае при сопряжении детали по трем поверхностям с деталями, базирующими ее, возникает шесть точек контакта. При этом точки контакта распределяются определенным образом.

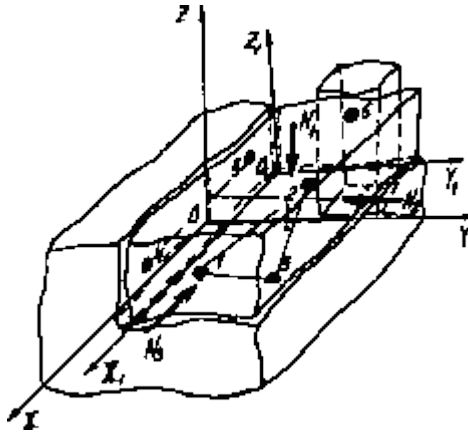


Рисунок 2.1 Сопряжение реальных деталей

Базирование детали осуществляется с помощью нескольких ее поверхностей, которые выполняют функцию баз.

Базой называется поверхность, или заменяющее ее сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Для базирования детали обычно требуется несколько баз, образующих систему координат. Совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки (изделия, детали) называют **комплексом баз**.

На схемах двусторонние связи заменяются опорными точками. Опорная точка – символ связи, который изображается в виде «галочки» или «ромбика» (рис. 2.2).

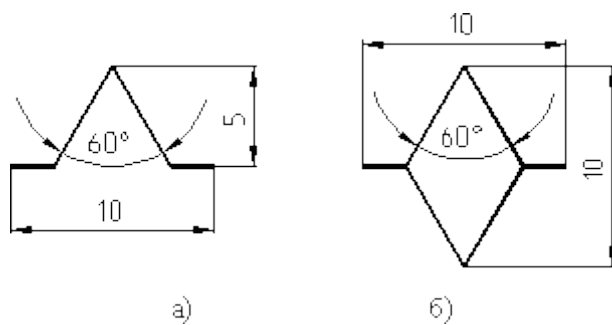


Рисунок 2.2 Изображение опорной точки: а)- вид сбоку; б) – вид сверху

Базирование призматической детали схематично можно изобразить так, как показано на рис. 2.3.

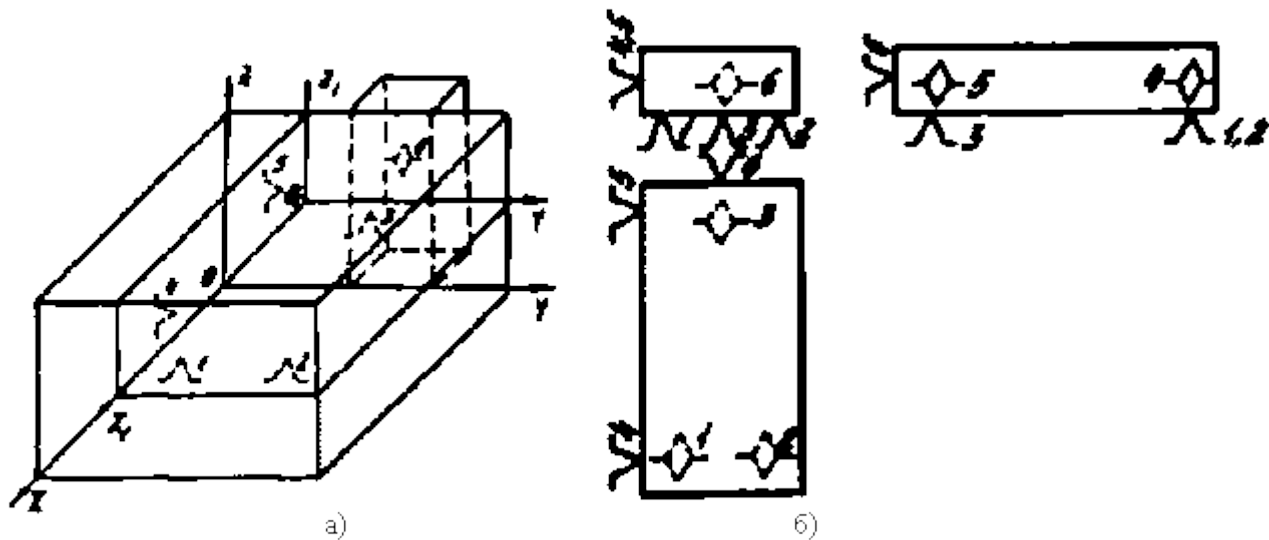


Рисунок 2.3 Базирование призматической детали: а) – в трехмерном изображении; б) – в проекциях на плоскостях

Базирование призматической детали с использованием двусторонних связей представлено на рис. 2.4.

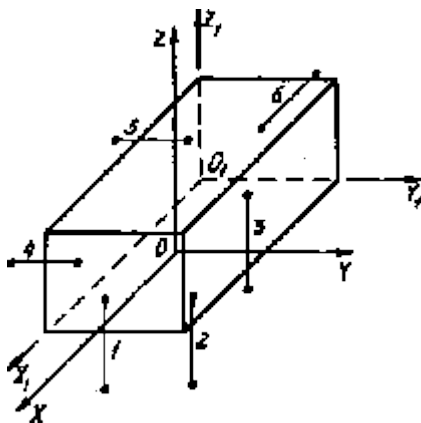


Рисунок 2.4 Базирование деталей с помощью двусторонних связей

При базировании призматической детали, в качестве баз используются три поверхности, которые образуют комплект баз, включающий в себя установочную, направляющую и опорные базы (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 Комплект баз призматической детали

Установочной базой называется база, которая накладывает на деталь 3 двусторонние связи и, тем самым, лишает деталь трех перемещений. На практических схемах установочная база отображается 3 опорными точками. Например. На рис. 2.4 первая двусторонняя связь (или первая опорная точка) лишает деталь перемещения вдоль оси OZ ; вторая – вращения вокруг оси параллельной OX третья – вращения вокруг оси параллельной OY .

Направляющей базой называется база, которая накладывает на деталь 2 двусторонние связи, лишает деталь 2 перемещений. На практических схемах направляющая база отображается 2 опорными точками. На рис.2.4 четвертая двусторонняя связь (или четвертая опорная точка) лишает деталь перемещения вдоль оси OY ; пятая – вращения вокруг оси параллельной OZ .

Опорной базой называется база, которая накладывает 1 двустороннюю связь и лишает деталь одного перемещения. На практических схемах опорная база отображается 1 опорной точкой. На рис. 2.4 шестая двусторонняя связь (или шестая опорная точка) лишает деталь перемещения вдоль оси OX .

7.2. Базирование цилиндрической детали

Любая цилиндрическая деталь имеет две плоскости симметрии, которые, пересекаясь, образуют ось.

Эта особенность и позволяет использовать при базировании цилиндрической детали в качестве базы ось. Базирование цилиндрической детали с использованием двусторонних связей представлено на рис. 2.6.

При базировании цилиндрической детали в качестве баз используются ось и две плоские поверхности, которые образуют комплект баз, включающий в себя двойную направляющую и две опорные базы (рис. 2.7).

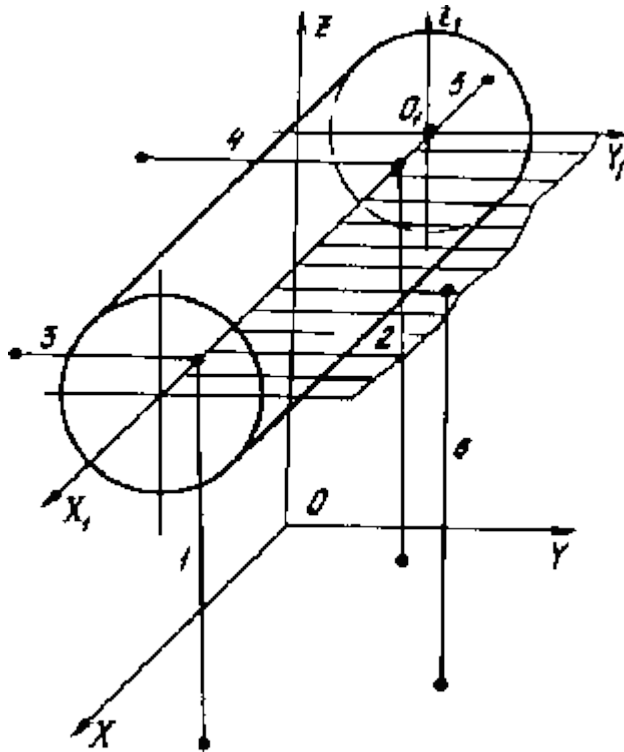


Рисунок 2.6 Базирование цилиндрической детали

Комплект:

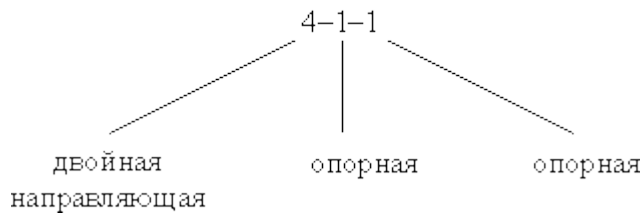


Рисунок 2.7 Комплект баз цилиндрической детали

Двойной направляющей базой называется база, которая накладывает 4 двусторонние связи и лишает, тем самым, деталь 4-х перемещений. На практических схемах двойная направляющая база отображается 4 опорными точками. Например. На рис. 2.6 первая двусторонняя связь лишает деталь перемещения вдоль оси OZ , вторая – вращения вокруг оси OY , третья — перемещения в вдоль оси OY , четвертая — вращения вокруг оси OZ .

Из двух опорных баз у цилиндрической детали одна лишает деталь перемещения, а другая вращения. На рис. 2.6. пятая опорная точка лишает деталь перемещения вдоль оси OX , а шестая – вращения вокруг оси OX .

7.3. Базирование диска

Деталь типа «диск», как правило, имеет две плоскости симметрии, которые, пересекаясь, образуют ось, и хорошо развитые торцовые поверхности. Базирование детали типа «диск» с использованием двусторонних связей приведено на рис. 2.8.

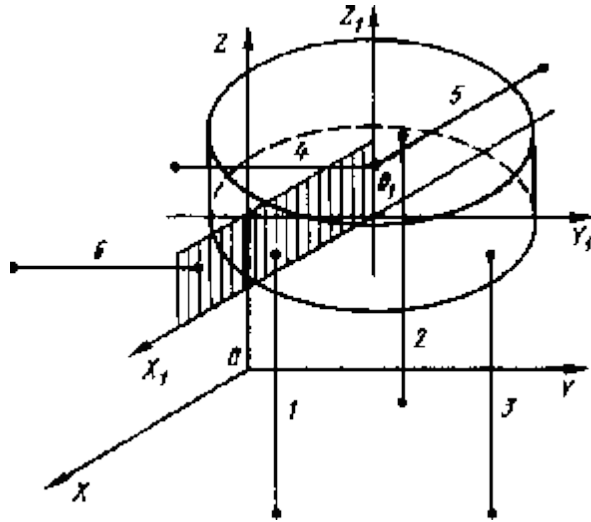


Рисунок 2.8 базирование детали типа «диск»

При базировании детали типа «диск» в качестве баз используются ось и две плоскости, которые образуют комплект, включающий в себя установочную, двойную опорную и опорную базы (рис. 2.9).

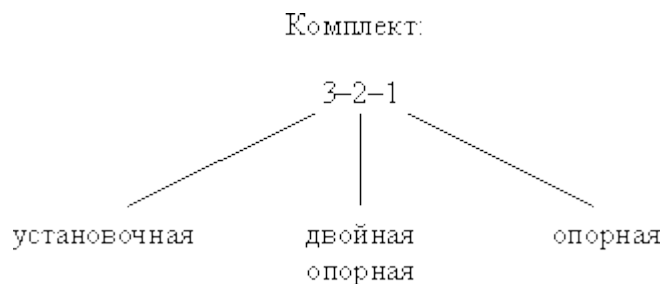


Рисунок 2.9 Комплект баз деталей типа «диск»

Установочная база – лишает деталь трех степеней свободы. Эта база была рассмотрена при базировании призматической детали. У диска эта база выполняет ту же функцию – она лишает деталь одного перемещения и двух вращений.

Первая двусторонняя связь (первая опорная точка) лишает деталь пере-

мещения вдоль оси OY (рис. 9); вторая – вращения вокруг оси параллельной OZ ; третья – вращения вокруг оси параллельной OX .

Двойной опорной базой называется база, которая накладывает 2 двусторонние связи и лишает деталь 2 перемещений во взаимно перпендикулярных направлениях. Обе двусторонние связи накладываются на оси, но одна в горизонтальной, а другая в вертикальной плоскости симметрии.

Опорная база накладывает одну двустороннюю связь и лишает деталь типа «диск» вращения вокруг своей оси. Располагается такая база как можно дальше от оси в горизонтальной или вертикальной плоскости симметрии. Реализуется в виде паза или лыски на цилиндрической поверхности детали.

Итак, при базировании любой детали действует правило «шести точек». Сущность его такова: для определения положения детали **необходимо и достаточно** лишить ее шести степеней свободы, то есть задать координаты шести точек. При нарушении правила шести точек появляется неопределенность базирования.

Базирование необходимо на всех стадиях создания изделия. Несмотря на разнообразие задач, возникающих при этом, ГОСТом 21495 предусмотрена классификация баз по трем признакам: по решаемым задачам, по числу лишаемых степеней свободы и по конструктивному оформлению. Схематично классификация баз представлена на рис. 2.10.

Конструкторской базой называется база, которая определяет положение детали или сборочной единицы (СЕ). Различают конструкторские базы основные и вспомогательные.

Основная база – база, принадлежащая детали и используемая для определения ее положения в изделии.

Вспомогательная база – база, принадлежащая детали используемая для определения положения присоединяемой к ней детали.

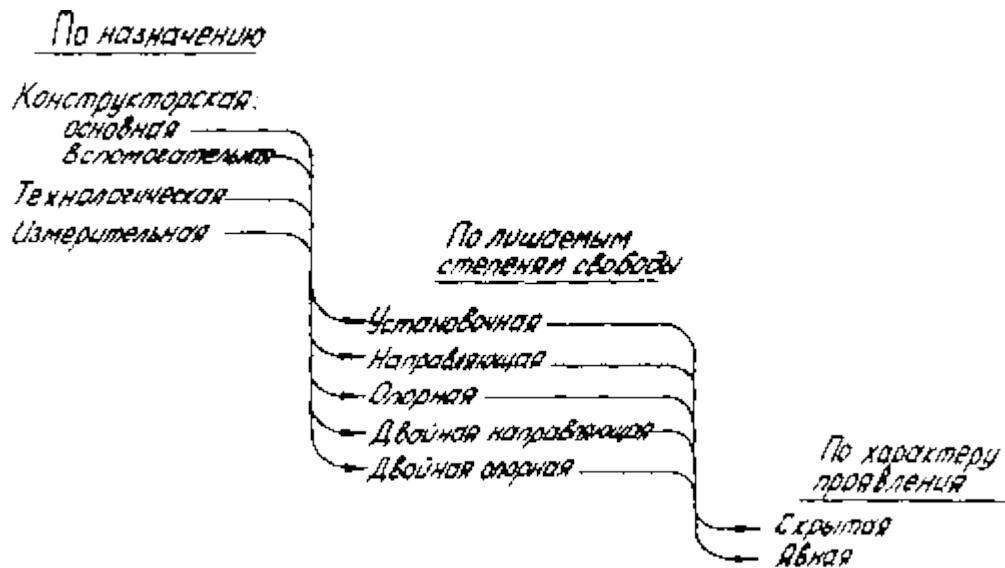


Рисунок 2.10 Классификация баз

Технологическая база называется база, которая определяет положение заготовки или изделия в процессе изготовления и ремонта.

Измерительной базой называется база, которая определяет положение заготовки или изделия и средств измерения.

По числу лишаемых степеней свободы базы различают: установочную, направляющую, опорную, двойную направляющую, двойную опорную. Характеристики этих баз были рассмотрены выше при изучении базирования различных деталей.

По конструкторскому оформлению различают базы явные и скрытые.

Явной базой называется реальная поверхность, разметочная риска или точка пересечения рисков. **Скрытой базой** называется ось, воображаемая поверхность или точка. Схемы базирования при использовании скрытых баз приведены на рис. 2.11.

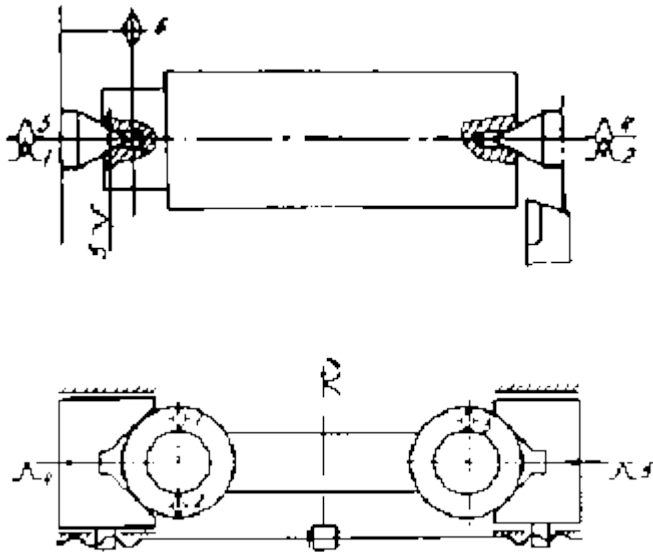


Рисунок 2.11 Базирование деталей с использованием явных и скрытых баз

Задание

1 Для указанных поверхностей на рабочем чертеже детали и технических требований к ним выбрать оборудование для обработки и спроектировать схемы базирования заготовки на станке.

2 Назвать комплекты баз для каждой схемы базирования.

Вопросы для защиты работы:

1. Раскройте понятие базирования
2. Назовите комплекты баз призматической детали
3. Назовите комплекты баз цилиндрической детали
4. Назовите комплекты баз детали типа диск.
5. Дайте классификацию баз
6. Классифицируете и дайте определения баз по назначению.

7. Классифицируете и дайте определения баз по лишению степеней свободы.
8. Раскройте понятие скрытых и явных.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1 Иванов, И. С. Технология машиностроения: учебное пособие для вузов / И.С. Иванов. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 191, [1] с. : ил.; 22. – (Высшее образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 188-189. – ISBN 978-5-16-003630-4

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Библиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6

2 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов : в 2 кн. / [Э. Л. Жуков и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 978-5-06-004367-9(Кн.1)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

Тема занятия: «Проектирование схем закрепления».

Цель: Ознакомление с основными понятиями теории закрепления, изучение основных схем, применение полученных навыков на практике путем решения типовых задач.

Методические рекомендации к практическому занятию

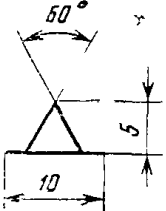
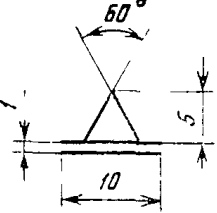
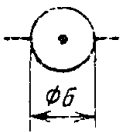
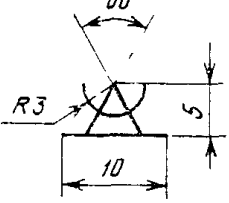
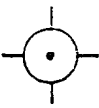
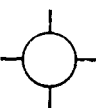
Теоретическая часть

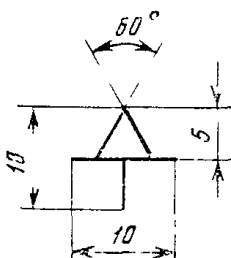
При выполнении операционных эскизов необходимо указывать схему закрепления заготовки

Для изображения обозначения опор, зажимов и установочных устройств следует применять сплошную тонкую линию по [ГОСТ 2.303-68](#).

Обозначения опор (условные) приведены в табл. 3.1

Таблица 3.1

Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1. Неподвижная			
2. Подвижная			
3. Плавающая			

Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
4. Регулируемая			

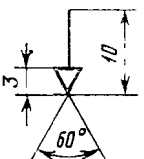
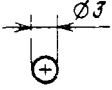
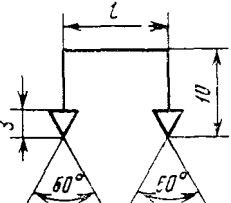
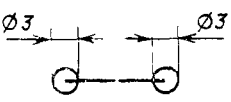
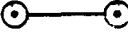
Допускается обозначение подвижной, плавающей и регулируемой опоры на видах сверху и снизу изображать, как обозначение неподвижной опоры на аналогичных видах.

Обозначения зажимов приведены в табл. [3.2](#).

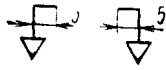
Обозначение двойного зажима на виде спереди или сзади при совпадении точек приложения силы, допускается изображать как обозначение одинарного зажима на аналогичных видах.

Обозначения установочных устройств приведены в табл. [3.2](#)

Таблица 3.2

Наименование зажима	Обозначение зажима на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1. Одинарный			
2. Двойной			

Примечание. Для двойных зажимов длина плеча устанавливается разработчиком в зависимости от расстояния между точками приложения сил. Допускается упрощенное графическое обозначение двойного зажима:



Установочно-зажимные устройства следует обозначать так сочетание обозначений установочных устройств и зажимов (справочное приложение [2](#)).

Примечание. Для цанговых оправок (патронов) следует применять

обозначение -

Допускается обозначение опор и установочных устройств, кроме центров, наносить на выносных линиях, соответствующих поверхностей (справочные приложения [1](#) и [2](#)).

Для указания формы рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств следует применять обозначения в соответствии с табл. [3.4](#).

Обозначение форм рабочих поверхностей наносят слева от обозначения опоры, зажима или установочного устройства (справочные приложения [1](#) и [2](#)).

Для указания рельефа рабочих поверхностей (рифленая, резьбовая, шлицевая и т.д.) опор, зажимов и установочных устройств следует применять обозначение в соответствии с чертежом.

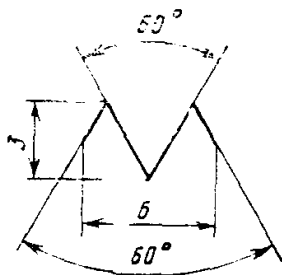
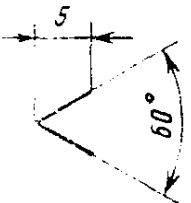
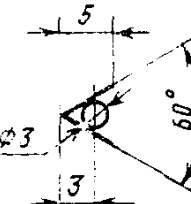
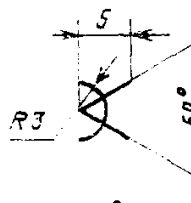
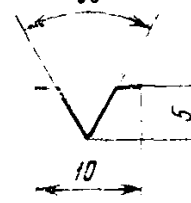
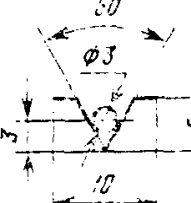
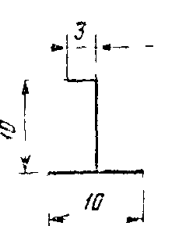


Таблица 3.3

Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху снизу	слева	справа

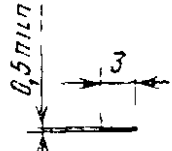
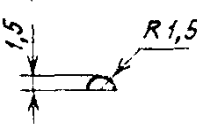
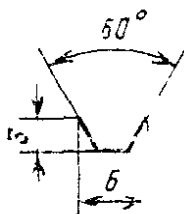
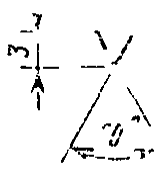
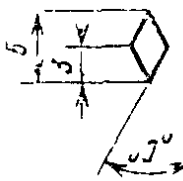
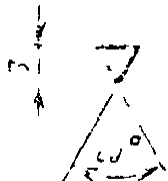
Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху снизу	слева	справа
1. Центр непо- движный		Без обо- значения	Без обо- значения
2. Центр вра- щающийся		То же	То же
3. Центр плава- ющий		»	»
4. Оправка ци- линдрическая			
5. Оправка ша- риковая (роликовая)			
6. Патрон по- водковый			

Примечания:

1. Обозначение обратных центров следует выполнять в зеркальном изображении.

2. Для базовых установочных поверхностей допускается применять обозначение - .

Таблица 3.4

Наименование формы рабочей поверхности	Обозначение формы рабочей поверхности на всех видах
1. Плоская	
2. Сферическая	
3. Цилиндрическая (шариковая)	
4. Призматическая	
5. Коническая	
6. Ромбическая	
7. Трехгранная	

Примечание. Указание прочих форм рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств следует выполнять в соответствии с требованиями, установленными отраслевыми НТД.

Обозначение рельефа рабочей поверхности наносят на обозначение соответствующей опоры зажима или установочного устройства (справочное приложение 1).

Для указания устройств зажимов следует применять обозначения в соответствии с табл. 3.5.

Таблица 3.5

Наименование устройства зажима	Обозначение устройства зажима на всех видах
1. Пневматическое	<i>P</i>
2. Гидравлическое	<i>H</i>
3. Электрическое	<i>E</i>
4. Магнитное	<i>M</i>
5. Электромагнитное	<i>EM</i>
6. Прочее	Без обозначения

Обозначение видов устройств зажимов наносят слева от обозначения зажимов (справочные приложения 1 и 2).

Примечание. Для гидропластовых оправок допускается применять

обозначение - .

Количество точек приложения силы зажима к изделию, при необходимости, следует записывать справа от обозначения зажима (справочное приложение 2, поз. 3).

На схемах, имеющих несколько проекций, допускается на отдельных проекциях не указывать обозначения опор, зажимов и установочных устройств относительно изделия, если их положение однозначно определяется на одной проекции (справочное приложение 2, поз. 2).

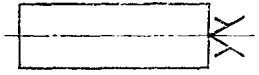
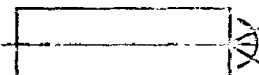
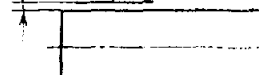
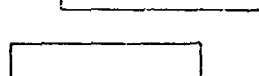
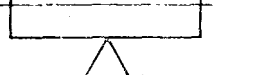
На схемах допускается несколько обозначений одноименных опор на каждом виде заменять одним, с обозначением их количества (справочное при-

ложение 2, поз. 2).

Допускаются отклонения от размеров графических обозначений, указанных в табл. 1-4 и на чертеже.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств на схемах

Наименование	Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств
1. Центр неподвижный (гладкий)	
2. Центр рифленый	
3. Центр плавающий	
4. Центр вращающийся	
5. Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью	
6. Патрон поводковый	
7. Люнет подвижный	
8. Люнет неподвижный	
9. Оправка цилиндрическая	

Наименование	Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств
10. Оправка коническая, роликовая	
11. Оправка резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой	
12. Оправка шлицевая	
13. Оправка цанговая	
14. Опора, регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью	
15. Зажим пневматический с цилиндрической рифленой рабочей поверхностью	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Примеры схем установов изделий

Описание способа установа	Схема обозначения
1. В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом	

Описание способа установа	Схема обозначения
2. В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с применением электрического устройства двойного зажима, имеющего сферические рабочие поверхности 3. В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с поджимом вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете 4. На конической оправке с гидропластовым устройством зажима, с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся центром	

Задание

1. Выполнить эскизы схем установки заготовки в приспособлениях.
2. Дать описание способов установки заготовки.
3. Спроектировать схемы закрепления заготовок на станке.

4. Привести схемы базирования для каждой схемы закрепления.

Вопросы для защиты работы:

1. Перечислите виды опор
2. Перечислите виды зажимов
3. Приведите пример установочных устройств.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1 Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учеб. пособие для вузов / В. И. Шагун. - М. : Высшая школа, 2007. - 423, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 415-417. - ISBN 978-5-06-004844-5

2 ГОСТ 3.1107-81 Обозначение формы рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств.

Дополнительная литература

1 Технология машиностроения: учеб. пособие: в 2 кн. / под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 2005. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 5-06-004367-3(Кн.1)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7

Тема занятия: «Проектирование маршрута обработки детали» (2 части)

Цель: изучение принципов проектирования маршрута обработки деталей, путем ознакомления с алгоритмом проектирования технологической обработки детали и решения типового задания.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Задача проектирования технологического процесса изготовления детали заключается в нахождении для данных производственных условий оптимального варианта перехода от полуфабриката, поставляемого на машиностроительный завод, к готовой детали. Выбранный вариант должен обеспечивать требуемое качество детали при наименьшей ее себестоимости. Технологический процесс изготовления детали рекомендуется разрабатывать в следующей последовательности:

1. изучить по чертежам служебное назначение детали и проанализировать соответствие ему технических требований и норм точности;
2. выявить число деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени и по неизменяемому чертежу, наметить вид и форму организации производственного процесса;
3. выбрать полуфабрикат, из которого должна быть изготовлена деталь;
4. выбрать технологический процесс получения заготовки, если неэкономично или физически невозможно изготавливать деталь непосредственно из полуфабриката;
5. обосновать выбор технологических баз и установить последовательность обработки поверхностей заготовки;

6. выбрать способы обработки поверхностей заготовки и установить число переходов по обработке каждой поверхности исходя из требований к качеству детали;
7. рассчитать припуски и установить межпереходные размеры и допуски на отклонения всех показателей точности детали;
8. оформить чертеж заготовки;
9. выбрать режимы обработки, обеспечивающие требуемое качество детали и производительность;
10. пронормировать технологический процесс изготовления детали;
11. сформировать операции из переходов и выбрать оборудование для их осуществления;
12. выполнить размерный анализ технологического процесса;
13. выявить необходимую технологическую оснастку для выполнения каждой операции и разработать требования, которым должен отвечать каждый вид оснастки;
14. разработать другие варианты технологического процесса изготовления детали, рассчитать их себестоимость и выбрать наиболее экономичный вариант;
15. оформить технологическую документацию;
16. разработать технические задания на конструирование нестандартного оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента.

При разработке технологического процесса изготовления детали используют чертежи сборочной единицы, в состав которой входит деталь, чертежи самой детали, сведения о количественном выпуске деталей, стандарты на полуфабрикаты и заготовки, типовые и групповые технологические процессы, технологические характеристики оборудования и инструментов, различного рода справочную литературу. Руководящие материалы, инструкции, нормативы.

Технологический процесс разрабатывают либо с привязкой к действующему, либо для создаваемого производства. В последнем случае технолог обладает большей свободой в принятии решений по построению технологического процесса и выбору средств для его осуществления.

4.1 Изучение служебного назначения детали. Анализ технических требований и норм точности

Разработка технологического процесса изготовления любой детали должна начинаться с глубокого изучения ее служебного назначения и критического анализа технических требований и норм точности, заданных чертежом.

Деталь является элементарной частью сборочной единицы. Поэтому, приступая к формулировке ее служебного назначения (СН), необходимо изучить чертеж и СН сборочной единицы, в которую входит данная деталь.

Формулируя СН детали, необходимо не только четко сформулировать задачи, для решения которых предназначена деталь, но и описать условия, в которых деталь должна выполнять свое СН в течение всего срока службы.

Выясняя служебное назначение детали и ее роль в работе сборочной единицы (СЕ), необходимо разобраться в функциях, выполняемых ее поверхностями, которые могут быть: исполнительными, основными, вспомогательными или свободными. Предположим, деталь — зубчатое колесо (рис. 26.1).

В первую очередь необходимо “отыскать” исполнительные поверхности детали. Это те поверхности, которыми деталь выполняет свое СН и ради которых она создается. У зубчатого колеса это боковые поверхности зубчатого венца (поверхность 7 рис.26.1).

Затем выявляются основные поверхности, определяющие положение детали в СЕ, ее базы. Таких поверхностей несколько, и они должны создавать координатный угол своим расположением (поверхности 1, 15, 13 на рис. 4.1).

Вспомогательные поверхности определяют положение других деталей,

присоединяемых к данной. Они служат базами присоединяемых деталей, так же, как и основные, часто объединяются в комплект баз. Комплектов вспомогательных баз бывает столько, сколько деталей присоединяется к данной. Деталь может иметь и лишь одну вспомогательную поверхность (рис. 4.1, поверхность 14).

Назначение свободных поверхностей - завершить конструктивное оформление детали.

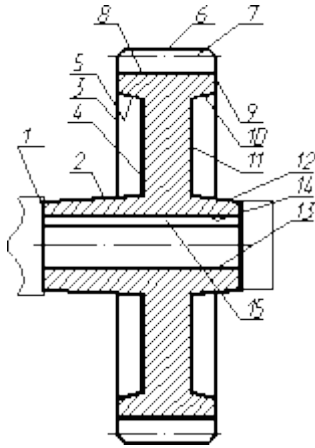


Рисунок 4.1 Функциональное назначение поверхностей детали: 1, 5, 13 – основные поверхности; 7 – исполнительные поверхности; 14 – вспомогательные поверхности; 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15 – свободные поверхности

Для того чтобы деталь могла экономично выполнять свое СН, она должна обладать необходимым качеством. Важнейшим и самым трудоемким при достижении показателем качества детали, как и СЕ, является ее точность. Характеризуется она рядом технических требований (ТТ).

Учитывая значимость ТТ, служащих основанием для принятия важнейших решений при проектировании технологического процесса изготовления детали, необходимо каждое ТТ проанализировать с учетом решений, принятых при разработке технологического процесса сборки СЕ, в которую входит данная деталь. Таким образом, при анализе ТТ на деталь необходимо учитывать: СН сборочной единицы, ТТ на СЕ, методы достижения требуемой точности по каждому ТТ на СЕ, ТП сборки СЕ.

Анализ и корректировку ТТ на деталь удобно выполнять в несколько этапов. На первом этапе анализируется и корректируется номенклатура ТТ, которая условно состоит из 2 групп. К одной группе относятся показатели, характеризующие точность каждой поверхности детали: точность размеров (длина, $\varnothing$, высота и т.п.); точность формы, шероховатость; твердость, покрытие и т.п.

Ко второй группе относятся показатели, характеризующие относительное расположение всех поверхностей детали (параллельность, симметричность, соосность и т.п.).

Выявленные неточные или неправильные формулировки ТТ корректируются, а недостающие ТТ формулируются заново.

На втором этапе анализируются и корректируются, в случае необходимости, численные значения всех ТТ.

Для сокращения затрат времени можно использовать вычислительную технику.

4.2. Выбор вида и формы организации производственного процесса изготовления детали

Вид и форма организации производственного процесса изготовления детали зависят от программы ее выпуска в год и по неизменным чертежам.

Непрерывно-поточное производство целесообразно организовывать тогда, когда технологическое оборудование можно полностью загрузить изготовлением детали одного наименования, т. е. при массовом типе производства.

При изготовлении малотрудоемких деталей в относительно небольших количествах (крупносерийное, серийное производство) целесообразно организовывать переменнo-поточное производство. При этом детали объединяют в группы по признакам близости СН, конструктивных форм, размеров, ТТ, материалов и разрабатывается групповая технология.

Изготовление незначительного числа одноименных деталей целесообразно организовывать на технологически замкнутых участках с использованием высокопроизводительного оборудования и технологической оснастки, например, участок валов, зубчатых колес и т.п.

В мелкосерийном и единичном производстве организуются участки, объединяющие оборудование со сходным СН, например, участок токарных станков, фрезерных и т.п.

4.3. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Основными факторами, влияющими на решения, принимаемые на данном этапе разработки технологического процесса изготовления детали, являются: конструкция детали, материал, служебное назначение, технические требования, программы выпуска в год (N_2) и по неизменным чертежам ($N_{н.ч.}$); тип производства, вид и форма организации производства, стоимость материала (полуфабриката), себестоимость исходной заготовки, получаемой тем или иным методом; расход материала, себестоимость изготовления детали из исходной заготовки.

Выбор исходной заготовки и метода ее получения должен обеспечивать минимальную себестоимость детали. Исходная заготовка – заготовка перед первой технологической операцией механической обработки (ГОСТ 3.1109).

Для того чтобы проще представить последовательность выбора исходной заготовки, на рис. 4.2 приведена схема.

Себестоимость самих исходных заготовок, полученных разными методами, колеблется в широких пределах. Для получения заготовок используют разнообразные технологические процессы и их сочетания: различные способы литья, пластического деформирования металлов, резка, сварка, комбинированные способы: штамповки-сварки, литья – сварки; порошковой металлургии.

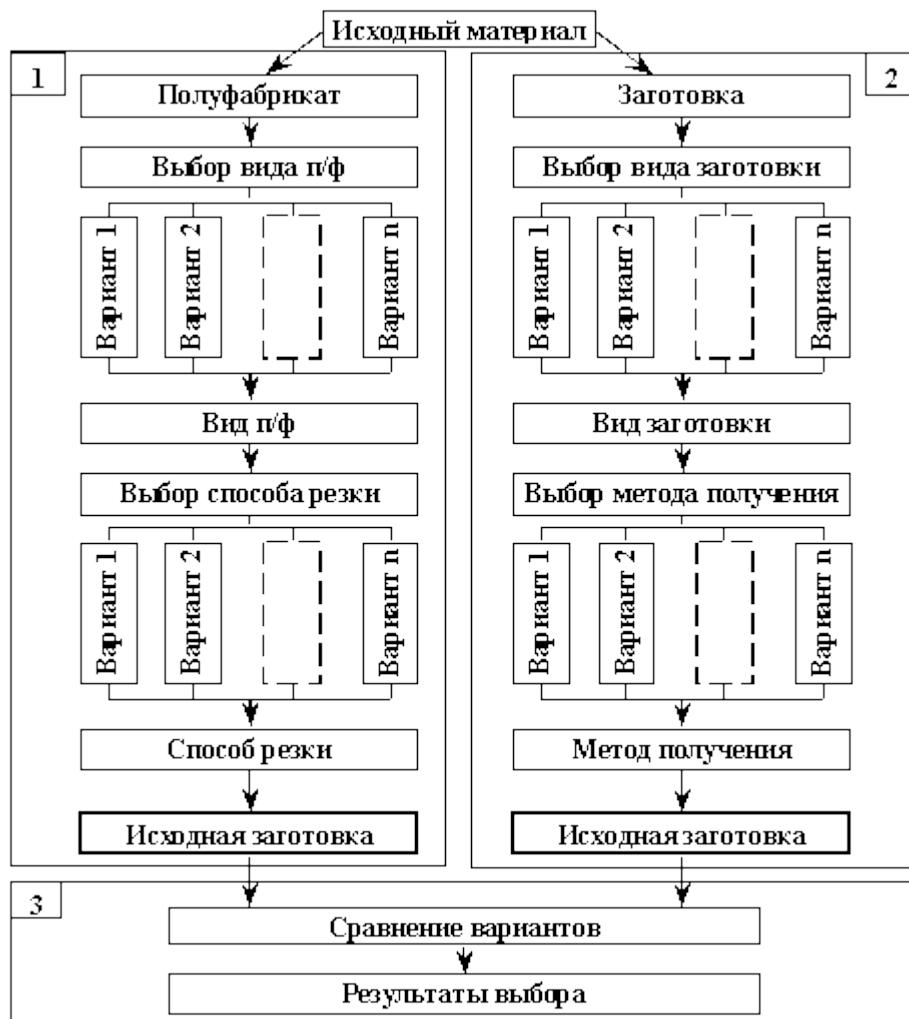


Рисунок 4.2. Схема выбора исходной заготовки

4.4. Выбор технологических баз и определение последовательности обработки заготовки

Основанием для выбора технологических баз является служебное назначение поверхностей детали и установленные между ними размерные связи.

Выбор технологических баз зависит: от ТТ, характеризующих точность размеров, расположения и макрогеометрию поверхностей детали (за исключением случаев их обработки мерным инструментом); от возможностей существующего парка оборудования и технологической оснастки.

Выбор технологических баз выполняют в два этапа:

- выбирают технологические базы, необходимые для получения наиболее ответственных показателей точности детали и используемые при обработке большинства поверхностей заготовки;
- выбирают технологические базы на первой (первых) операции технологического процесса.

Выбор технологических баз для обработки большинства поверхностей заготовки определяет те поверхности, с которых необходимо начинать ее обработку. Выбор технологических баз на первой (первых) операции связан с решением двух групп задач:

1. установлением связей между обрабатываемыми и остающимися необработанными поверхностями;
2. распределением припусков между обрабатываемыми поверхностями.

Обычно возможны несколько вариантов. Каждый вариант базирования обеспечивает прямое (кратчайшее), т.е. наилучшее решение лишь одной задачи из всей совокупности. Поэтому нужно выбрать тот вариант, который обеспечивает все Т.Т в пределах допускаемых отклонений и менее сложен в реализации схем базирования.

4.5 Определение последовательности обработки поверхностей заготовки

Выбранный вариант базирования служит основой при определении последовательности обработки поверхностей заготовки. Вместе с тем, определяя последовательность обработки, учитывают: конструктивные особенности детали; требования к ее качеству; методы получения размеров, свойства заготовки (материал, масса, размеры, припуски на обработку); возможности оборудования, необходимость в термической обработке; организацию производственного процесса и др.

Обработку заготовки начинают обычно с подготовки технологических баз. В комплекте баз в первую очередь обрабатывают поверхность (или соче-

тание поверхностей), лишаящую заготовку большего числа степеней свободы (установочная или двойная направляющая база). Базирование заготовки по необработанным поверхностям в направлении выдерживаемых размеров допустимо лишь один раз.

В начале технологического процесса обычно стремятся снять с заготовки наибольшие припуски с тем, чтобы создать лучшие условия для перераспределения остаточных напряжений в заготовке и вскрыть возможные дефекты на ранней стадии обработки.

Высокие требования к точности формы, размеров и относительного положения поверхностей детали заставляют вести обработку заготовки в несколько переходов. В отдельных случаях предварительную и окончательную обработку поверхности выполняют последовательно при одной установке заготовки. Чаще эти этапы разделяют, относя окончательную обработку поверхностей на конец технологического процесса.

В конце технологического процесса выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей (например, наружных резьб).

На последовательность обработки поверхностей заготовки влияют термическая (ТО) и химико-термическая обработка (ХТО). Неизбежное деформирование заготовки в результате такой обработки вынуждает предусматривать в технологическом процессе предварительную и окончательную обработку и начинать последнюю с “правки” технологических баз. Поверхности, исправление которых после ТО затруднительно (например, крепежные отверстия в корпусных деталях), обрабатывают после ее выполнения. Некоторые виды ХТО усложняют процесс механической обработки. Так, при цементации, если требуется науглеродить только отдельные поверхности заготовки, остальные защищают либо омеднением, либо дополнительным припуском, удаляемым после цементации, но до закалки.

Влияет на последовательность обработки поверхностей и необходимость соблюдения очередности в образовании различных конструктивных элементов

детали. Например, крепежные резьбовые отверстия нужно обрабатывать после того, как будет окончательно обработана поверхность заготовки, с которой они сопряжены. В противном случае резьбы в отверстиях будут испорчены.

Все перечисленное служит основой для разработки технологического процесса механической обработки заготовки.

4.6 Выбор способов обработки и определение количества необходимых переходов

В этом разделе после того, как установлена последовательность обработки всех поверхностей заготовки, выбираются способы и средства обработки каждой из них.

Выбор способа обработки и необходимого количества переходов зависит от технических требований на деталь, вида и качества заготовки, N_z и N_{zx} , технико-экономических показателей способов обработки.

При выборе способа обработки стремятся обеспечить кратчайший и наиболее экономичный путь превращения выбранной заготовки в деталь требуемого качества.

Видимо, самый короткий путь можно было бы обеспечить при получении каждой поверхности требуемого качества за один переход, выполнение которого должно обеспечивать определенную величину уточнения:

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_d},$$

где

T_z — допускаемое отклонение показателей точности заготовки;

T_d — допускаемое отклонение показателя точности детали.

К сожалению, существующие способы обработки чаще всего не обеспечивают требуемую величину уточнения. Поэтому обработку поверхностей приходится вести в несколько технологических переходов и уточнение при

этом определять по формуле

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i,$$

где

$\varepsilon_{\text{общ}}$ – общее уточнение, получаемое при обработке заготовок для достижения требуемой точности детали по каждой из поверхностей;

ε_i – уточнение, обеспечиваемое каждым переходом;

n – количество переходов, необходимое для достижения требуемой точности детали.

Выбор способа обработки следует начинать с поиска такой технологической системы, которая позволит экономичным путем достичь требуемого качества детали (T_d). Однако выбранная технологическая система способна обеспечить определенное качество детали (T_d) лишь при определенном качестве исходной заготовки (T'_1). Если $T'_1 \geq T_d$, то рассматриваемая система обеспечит получение поверхности требуемого качества из выбранной заготовки (T_1). Если же $T'_1 \leq T_d$, то необходимо продолжить выбор системы и найти такую, которая обеспечит на выходе T'_1 , и т.д. Схема определения необходимого количества переходов по обработке поверхностей заготовки приведена на рис. 4.3. Значения $T_1^1, T_1^2, \dots, T_1^{i-1}, T_1^i$ выбираются по справочной литературе.

В связи с тем, что требуемое качество отдельной поверхности детали может быть достигнуто при обработке ее различными способами, следует сопоставить возможные варианты по производительности и экономичности. Для этого по каждому варианту необходимо определить трудоемкость и себестоимость обработки заготовки. Однако сделать это окажется возможным после выбора режимов и проведения технического нормирования затрат времени.

Поэтому решение о способах и количестве переходов обработки поверхностей заготовки, принятое на данной стадии разработки технологического процесса, может быть скорректировано в дальнейшем.

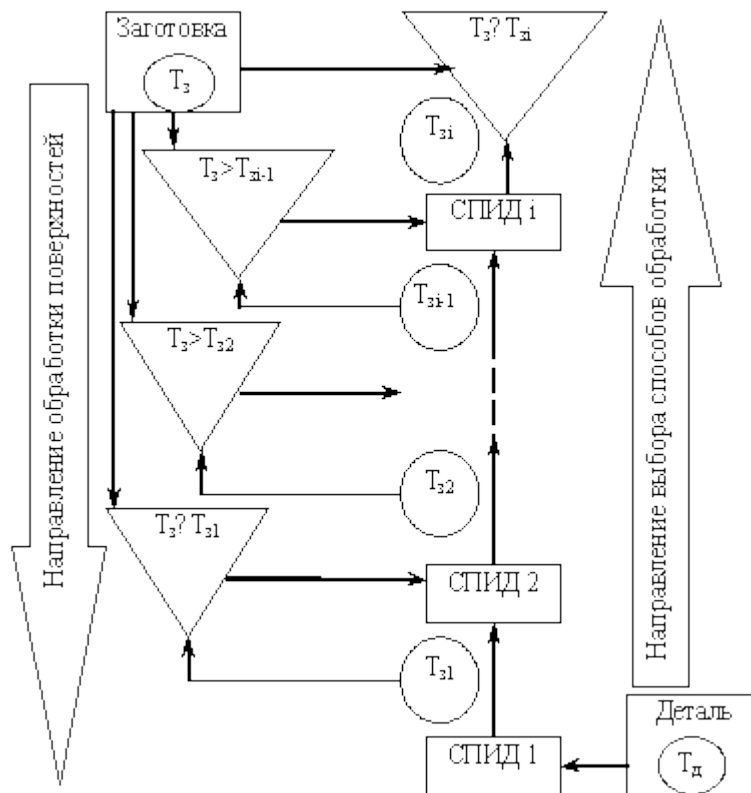


Рисунок 4.3.Схема определения необходимого количества переходов по обработке поверхности заготовки

Задание

- 1 Изучить рабочий чертеж детали и проанализировать технические требования и нормы точности;
- 2 Для заданного вида и формы организации производственного процесса выбрать полуфабрикат, из которого должна быть изготовлена деталь;
- 3 Обосновать выбор технологических баз и установить последовательность обработки поверхностей заготовки;
- 4 Выбрать способы обработки поверхностей заготовки и установить число переходов по обработке каждой поверхности исходя из требований к качеству детали;
- 5 Сформировать операции из переходов и выбрать оборудование для их осуществления.

Вопросы для защиты работы:

- 1 Изучение служебного назначения детали. Анализ технических требований и норм точности
- 2 Виды и формы организации производственного процесса изготовления детали
- 3 Принцип выбора исходной заготовки и метода ее получения
- 4 Принцип выбора технологических баз и определение последовательности обработки заготовки
- 5 Определение последовательности обработки поверхностей заготовки
- 6 Выбор способов обработки и определение количества необходимых переходов

Рекомендуемая литература

Основная литература:

- 1 Иванов, И. С. Технология машиностроения: учебное пособие для вузов / И.С. Иванов. – Москва: ИНФРА-М, 2013. – 191, [1] с.: ил.; 22. – (Высшее образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 188-189. – ISBN 978-5-16-003630-4

Дополнительная литература

- 1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Библиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6
- 2 Технология машиностроения: учеб. пособие: в 2 кн. / под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 2005. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 5-06-004367-3(Кн.1)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

Тема занятия: «Расчёт типа производства».

Цель: ознакомление с основной терминологией. Изучение принципов расчета типа производства в зависимости от необходимого выпуска партии деталей.

Актуальность: навыки расчета типа производства позволят наиболее рационально проектировать технологический процесс обработки. Знания, полученные в рамках практического занятия, будут востребованы во всей профессиональной деятельности.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

В зависимости от потребностей, машины изготавливают в разных количествах, определяемых объемом или программой выпуска.

Объем выпуска характеризует примерное количество машин, деталей, заготовок, изделий, подлежащих выпуску в течение планируемого периода времени (год, месяц). Это понятие используется на стадии проектирования завода, цеха, технологического процесса.

Программа выпуска – перечень изделий с указанием количества выпуска по каждому наименованию на планируемый период (год, месяц). Программу выпуска изделий устанавливают в соответствии с планом отрасли и выполнение ее обязательно.

Серия – общее число изделий, подлежащих изготовлению по неизменным чертежам. Размер серии зависит от совершенства конструкции и степени спроса у потребителей.

Партия – количество заготовок (изделий) одного наименования и типоразмера, одновременно (или непрерывно) поступающих для обработки на одно рабочее место в течение определенного времени.

Различие объемов выпуска приводит к делению производства на три ти-

па: единичное, серийное, массовое.

Под **единичным** производством понимают изготовление машин (изделий), характеризующееся малым объемом выпуска. При этом считают, что выпуск таких же машин (изделий), не повторяется по неизменным чертежам. Продукция единичного производства – опытные образцы, тяжелые прессы, уникальные станки и т.п.

Под **серийным** производством понимают периодическое изготовление повторяющимися партиями по неизменным чертежам в течение продолжительного промежутка календарного времени. Возможна партия из одного изделия. Различают:

- мелкосерийное;
- среднесерийное;
- крупносерийное.

Продукция серийного производства – станки, компрессоры, судовые двигатели и т.п. выполняется периодически повторяющимися партиями.

Под **массовым** производством понимают непрерывное изготовление в больших объемах по неизменным чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция. Характерно:

- узкая номенклатура;
- большой объем выпуска.

Продукция массового производства – автомобили, холодильники, часы, телевизоры, и т.п.

Отнесение производства к какому-то типу условно. На одном и том же предприятии можно встретить все типы, поэтому определяют тип по преобладающему типу.

По организации производственные процессы делят на два вида:

- поточный;
- непоточный.

Поточный вид характеризуется непрерывностью и равномерностью. Заготовки без задержек передаются с одной операции на другую, а деталь сразу на сборку. Деталь и сборка находятся в постоянном движении со скоростью, подчиненной такту выпуска. Все необходимое оборудование расставляется по ходу технологического процесса

Непоточный вид – движение заготовок на разных стадиях изготовления прерывается пролеживанием на рабочих местах или на складах. Не соблюдается такт выпуска. Поточный вид организации применяется в массовом типе производства. Непоточный вид – в единичном и мелкосерийном типах производства. Принцип организации поточного производства используется и в крупносерийном производстве при изготовлении изделий близких по-своему служебному назначению, которые объединяют в группы. Изготовление ведут поточным методом в пределах одного изделия, со сменой изделия меняется поток и такт выпуска. Такой вид организации называется **переменно-поточным**.

Для предварительной (грубой) оценки типа производства можно пользоваться таблицей 1.

Таблица 5.1 – Определение типа производства

Тип производства	Число обрабатываемых деталей одного наименования и типоразмера, в год.		
	Детали крупных размеров; большой трудоемкости массой >30 кг	Детали средних размеров и трудоемкости массой от 8 до 30 кг	Детали небольших размеров и трудоемкости массой < 8 кг
Единичное	< 5	< 10	< 100
Мелкосерийное	5...100	10...200	100...500
Среднесерийное	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийное	300...1000	500...5000	5000...50000
Массовое	> 1000	> 5000	> 50000

Для более точного определения типа производства используют коэффициент закрепления операции (КЗО) по ГОСТ 3.1108 (ЕСТД), который показы-

вает отношение всех технологических операций, подлежащих выполнению (на стадии проектирования) подразделения в течение месяца к числу рабочих мест.

$$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi}{P},$$

$\sum \Pi$ - суммарное число различных операций, выполненных в цехе или на участке;

P – число рабочих мест.

Эти показатели определяются на одну смену.

ГОСТ 14.004 (ЕСТПП) → $K_{з.о.} \leq 1$ - массовое производство, т.е. 1 операция – 1 рабочее место.

$K_{з.о.} \leq 10$ - крупносерийное производство, т.е. в течение месяца на 1 рабочем месте можно выполнять до 10 операций.

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ - среднесерийное производство.

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ - мелкосерийное производство.

$K_{з.о.} > 40$ – единичное производство.

ЕСТПП – единая система технологической подготовки производства.

Для того, чтобы вычислить $K_{з.о.}$ необходимо знать годовую программу выпуска (обычно в шт.) N , шт., штучное или штучно-калькуляционное время (мин.) $T_{шт}$, мин., действительный годовой фонд времени в часах, $F_{д}$ (час), нормативный коэффициент загрузки оборудования K .

Годовая программа обычно задается либо: заказчиком, либо руководителем.

$T_{шт}$ рассчитывается. На начальной стадии проекта $T_{шт}$ определяется приблизительно по укрупненным нормативам, далее оно определяется либо аналитическим путем, либо выбирается общемашиностроительных нормативов.

Действительный годовой фонд времени $F_{д}$

$$365-104-8-(1ч).8 \text{ дней}$$

итого номинально получаем 4154 ч.

Для металлорежущих общемашиностроительных работ $F_{д}$ уменьшаем на 3%, итого:

$$F_{д} = 4029 \text{ ч} - \text{потери на ремонт, наладку};$$

Нормативный КЗО нельзя однозначно определить:

для единичного и мелкосерийного $K_H = 0,8...0,9$;

для среднесерийного $K_H = 0,75...0,85$;

для крупносерийного и массового $K_H = 0,65...0,75$;

Поэтому на стадии проектирования можно приблизительно принять:

$$K_H = 0,75...0,8$$

Определим необходимое количество станков для выполнения операции:

$$m = \frac{N \cdot T_{um}}{60 F_{д} K_H},$$

Если $m < 1$, его значение представляет собой фактический коэффициент загрузки оборудования K_{ϕ} .

В этом случае число рабочих мест принимается равным:

$$P=1,$$

Если $m=1$, то $P=1$;

Если $m > 1$, мы его округляем до ближайшего большего целого и считаем это число равным P .

Если фактический КЗО больше нормативного, то для данной операции количество станков увеличивают на единицу.

Например, $m=0,95$; $m > 1$, но $K_{\phi} = 0,95 < K_H = 0,75...0,8$.

Принимаем 2 станка.

Если $K_{\phi} < K_H$, то количество операций $П$. выполненных на 1 станок

определяется:

$$П = \frac{K_H}{K_\phi},$$

Такт выпуска:

$$t_{\text{с}} = \frac{60F_{\text{д}}}{N} \text{ [мин.]}$$

Для серийного детали запускаются партиями. Размер партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

где N – годовая программа; а – периодичность запуска детали в днях;
254 – количество рабочих дней в году.

A=3; 6; 12; 24.

Задание

1. Провести укрупненный расчёт штучного времени на каждую операцию;
2. Определить необходимое количество станков для выполнения операций.
3. Расчитать число рабочих мест для каждой операции;
4. Расчитать коэффициент закрепления операций;
5. Расчитать такт выпуска и размер партии запуска.

Вопросы для защиты работы:

1. Понятие объема, партии, такта.
2. Типы производств
3. Алгоритм определения типа производства.
4. Виды организации производственных процессов.
5. Методика укрепленного расчета штучного времени.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

- 1 Горбачев, Александр Феликсович. Курсовое проектирование по

технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред . - Изд. 4-е., перераб. и доп. - Минск: Высшая школа, 1983. - 256 с. - Прил.: с. 146-254. - Библиогр.

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Библиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6

2 Иванов, И. С. Технология машиностроения: учебное пособие для вузов / И.С. Иванов. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 191, [1] с. : ил.; 22. – (Высшее образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 188-189. – ISBN 978-5-16-003630-4

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9

Тема занятия: «Расчёт припусков на операции механической обработки».

(2 части)

Цель: изучение методики расчета припусков на операции механической обработки.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Общепринято припуском считать слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Однако современный взгляд на припуск предполагает припуском считать слой материала, **подлежащий удалению** с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Такое понятие припуска в большей мере соответствует его назначению. Различие заключается в разном понимании максимального припуска Z_{max} (рис. 6.1).

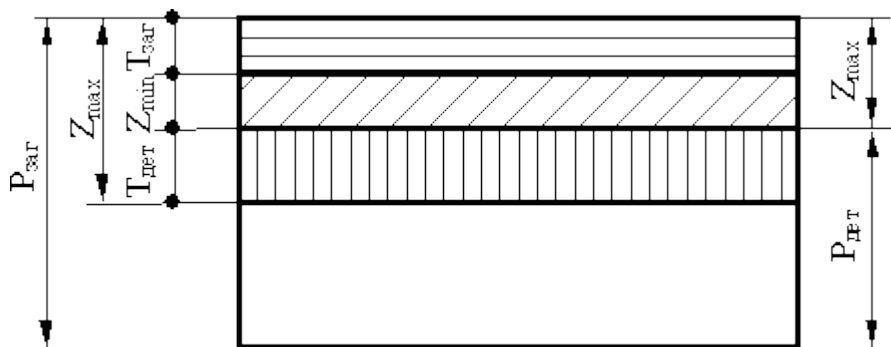


Рисунок 6.1. Схематичное отображение различия в толковании понятия “припуск”

Таким образом, прежнее понимание –; новое понимание – $Z_{\text{max}} = Z_{\text{min}} + T_{\text{заг}}$,

где

Z_{max} – максимальный припуск;

Z_{min} – минимальный припуск;

$T_{дет}$ – поле допуска на выдерживаемый размер детали $P_{дет}$;

$T_{заг}$ – поле допуска, ограничивающее отклонение размера заготовки.

Припуски различают по ряду признаков, которые приведены на схеме (рис. 6.2).

Определение припуска является важной технико-экономической задачей.

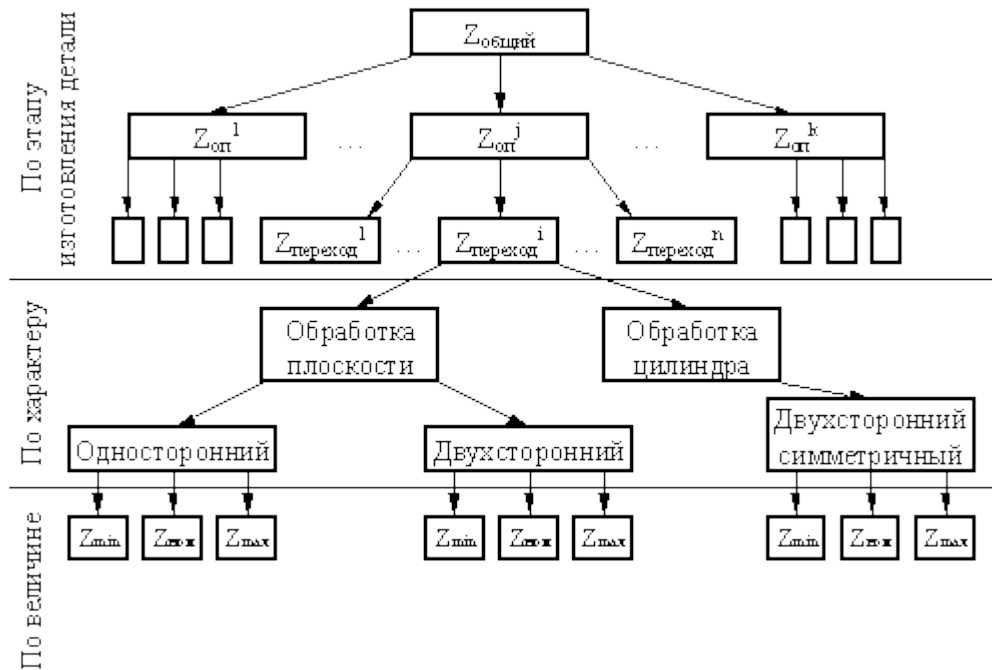


Рисунок 6.2. Классификация припусков

Таблицы и ГОСТы позволяют определять припуски независимо от технологического процесса обработки заготовки и условий его осуществления. Величина припуска, как правило, в этом случае является завышенной.

Колебание размера обрабатываемой поверхности заготовки в пределах допуска на ее изготовление вызывает колебание величины припуска. Поэтому и различают припуск минимальный ($Z_{мин}$), номинальный ($Z_{нон}$), максимальный ($Z_{макс}$).

$$Z_{нон} = Z_{мин} + T_{i-1}; \quad Z_{макс} = Z_{нон} + T_{i-1},$$

На рисунке индекс Z относится к заготовке;

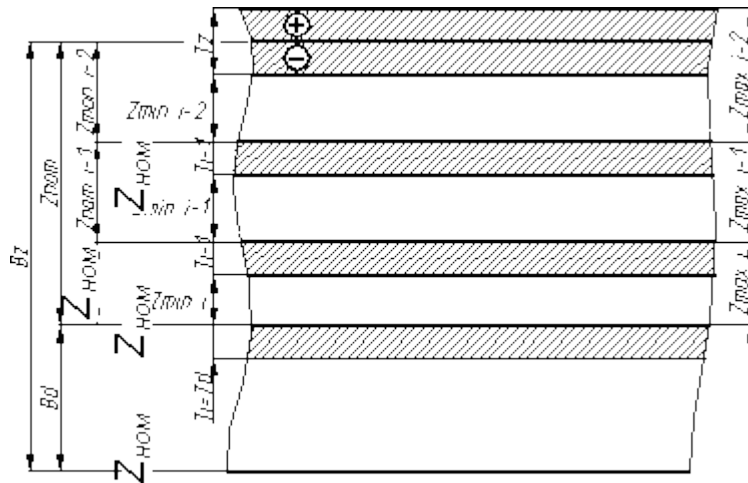


Рисунок 6.3. Схема припусков и допусков размеров

$$Z_{\text{нр},i-2} = Z_{\text{мин},i-2} + |eI_{\text{заз}}|; \quad Z_{\text{м},i-2} = Z_{\text{мин},i-2}$$

d – к детали

Из схемы (рис. 6.3) видно, следующее:

$Z_{\text{нр},i}$ – разность номинальных размеров заготовки до и после обработки;

$Z_{\text{м},i}$ – максимальный слой материала, подлежащий удалению. В ряде случаев на некоторых переходах $Z_{\text{м},i}$ и $Z_{\text{эф},i}$ могут совпадать;

$Z_{\text{мин},i}$ – минимальный слой материала, необходимый для устранения дефектов заготовки и обеспечения возможности перехода от заготовки к детали при наличии погрешности установки заготовки и того распределения припусков на поверхностях, подлежащих обработке, которое произошло в результате выбора технологических баз для первой операции.

В зависимости от того, какая поверхность обрабатывается а) наружная (рис. 6.4); б) внутренняя (рис. 6.5); как располагается поле допуска на выдерживаемый размер а) “в тело” (рис. 6.4, а), (рис. 6.5, а); б) симметрично (рис. 6.4 б), (рис. 6.5 б); – номинальный и максимальный припуски определяются по-разному.

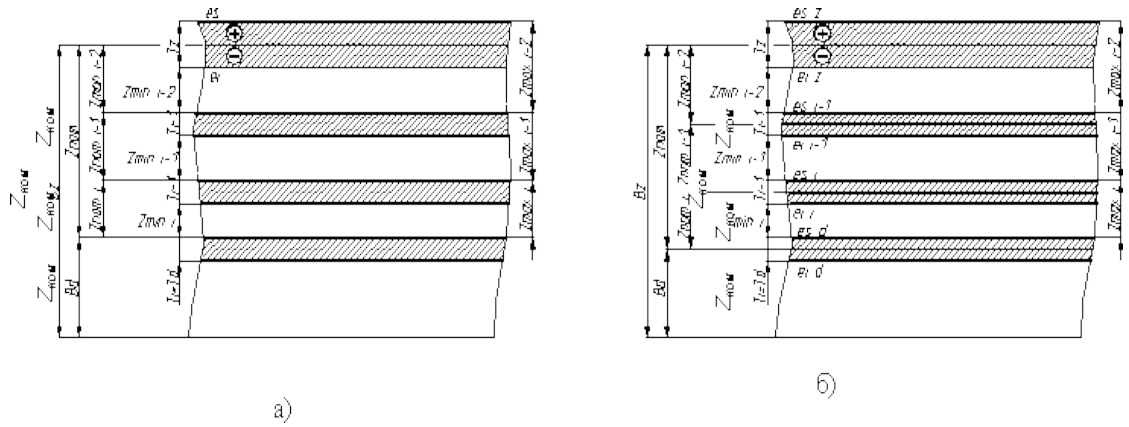


Рисунок 6.4 Схема определения припусков при обработке наружной поверхности:

$$\begin{aligned}
 & Z_{ном i} = Z_{мин i} + T_i; & Z_{макс i} &= Z_{ном i}; \\
 \text{а) } & Z_{ном i-1} = Z_{мин i-1} + T_{i-1}; & Z_{макс i-1} &= Z_{ном i-1}; \\
 & Z_{ном i-2} = Z_{мин i-2} + |eI_{за2}|; & Z_{макс i-2} &= Z_{мин i-2} + T_{за2}; \\
 & Z_{ном i} = Z_{мин i} + eS_{деж} + |eI_i|; & Z_{макс i} &= Z_{мин i} + T_i; \\
 \text{б) } & Z_{ном i-1} = Z_{мин i-1} + eS_i + |eI_{i-1}|; & Z_{макс i-1} &= Z_{мин i-1} + T_{i-1}; \\
 & Z_{ном i-2} = Z_{мин i-2} + eS_{i-1} + |eI_{за2}|; & Z_{макс i-2} &= Z_{мин i-2} + T_{за2};
 \end{aligned}$$

Следует отметить, что основу и $Z_{ном}$, и $Z_{макс}$ составляет $Z_{мин}$. Поэтому расчетной величиной является минимальный припуск.

В настоящее время считается, что для определения минимального припуска необходимо пользоваться формулой, более полно учитывающей факторы, действующие при обработке поверхности детали:

$$Z_{мин} = R_x + T + \Pi + \Phi + V + P,$$

где

R_x – высота микронеровностей поверхности заготовки после ее обработки на предшествующем переходе;

T – глубина дефектного поверхностного слоя, полученная на предшествующем переходе;

Π – погрешность смещения и поворота поверхности заготовки относительно ее технологических баз;

Φ – погрешность формы поверхности заготовки, допущенная при ее обработке на предшествующем переходе;

Y – погрешность установки заготовки на данном переходе;

P – отклонение положения поверхности заготовки, подлежащей обработке, относительно ее технологических баз, возникшее в результате распределения припусков при подготовке технологических баз на первых операциях.

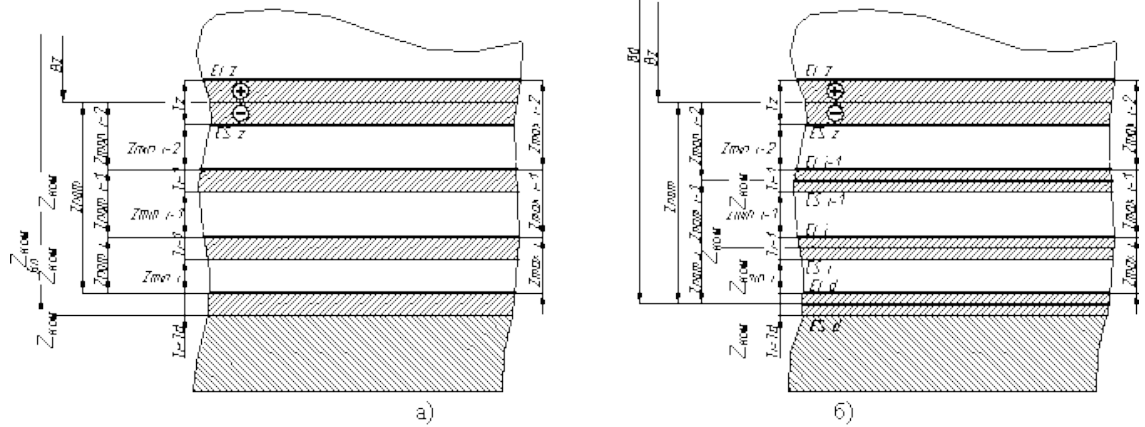


Рисунок 6.5. Схема определения припусков при обработке внутренней поверхности:

$$\begin{aligned}
 & Z_{\text{ноад}} = Z_{\text{мин}i} + T_i; \quad Z_{\text{макс}i} = Z_{\text{ноад}}; \\
 \text{а) } & Z_{\text{ноад}-1} = Z_{\text{мин}i-1} + T_{i-1}; \quad Z_{\text{макс}i-1} = Z_{\text{ноад}-1}; \\
 & Z_{\text{ноад}-2} = Z_{\text{мин}i-2} + |ES_{\text{заз}}|; \quad Z_{\text{макс}i-2} = Z_{\text{мин}i-2} + T_{\text{заз}}; \\
 & Z_{\text{ноад}} = Z_{\text{мин}i} + ES_i + |EI_{\text{деж}}|; \quad Z_{\text{макс}i} = Z_{\text{мин}i} + T_i; \\
 \text{б) } & Z_{\text{ноад}-1} = Z_{\text{мин}i-1} + ES_{i-1} + |EI_i|; \quad Z_{\text{макс}i-1} = Z_{\text{мин}i-1} + T_{i-1}; \\
 & Z_{\text{ноад}-2} = Z_{\text{мин}i-2} + ES_{\text{заз}} + |EI_{i-1}|; \quad Z_{\text{макс}i-2} = Z_{\text{мин}i-2} + T_{\text{заз}};
 \end{aligned}$$

Метод и необходимые данные для расчета $Z_{\text{мин}}$ достаточно подробно представлены в справочной литературе, при этом введены следующие обозначения:

$$T = h_{i-1}; \quad \Pi + \Phi = \Delta_{\Sigma, i-1}; \quad Y = \varepsilon_i.$$

Формулы, рекомендуемые для расчета $Z_{\text{мин}}$, имеют следующий вид:

- при обработке отдельной поверхности (односторонний припуск) на i -м переходе:

$$Z_{\text{мин}i} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma, i-1} + \varepsilon_i;$$

- при параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{\text{max}i} = 2 \left((R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\sum_{i-1}} + \varepsilon_i \right);$$

- при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения:

$$2Z_{\text{max}i} = 2 \left((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\sum_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right); .$$

Знание величины Z_{max} необходимо при определении режимов резания, так как именно этот припуск принимают в качестве глубины резания.

В том случае, когда поверхность обрабатывается (в соответствии с планом обработки) за несколько переходов, припуски определяются в направлении “от детали к заготовке”. В первую очередь определяют припуск на отделочный переход, затем чистовой и, наконец, черновой.

Зная количество переходов и припуски, необходимые для выполнения каждого перехода по обработке поверхности заготовки, можно определить межпереходные размеры, размер исходной заготовки и значение общего припуска на обработку. Выполнить это проще с помощью схем (рис. 6.6, 6.7).

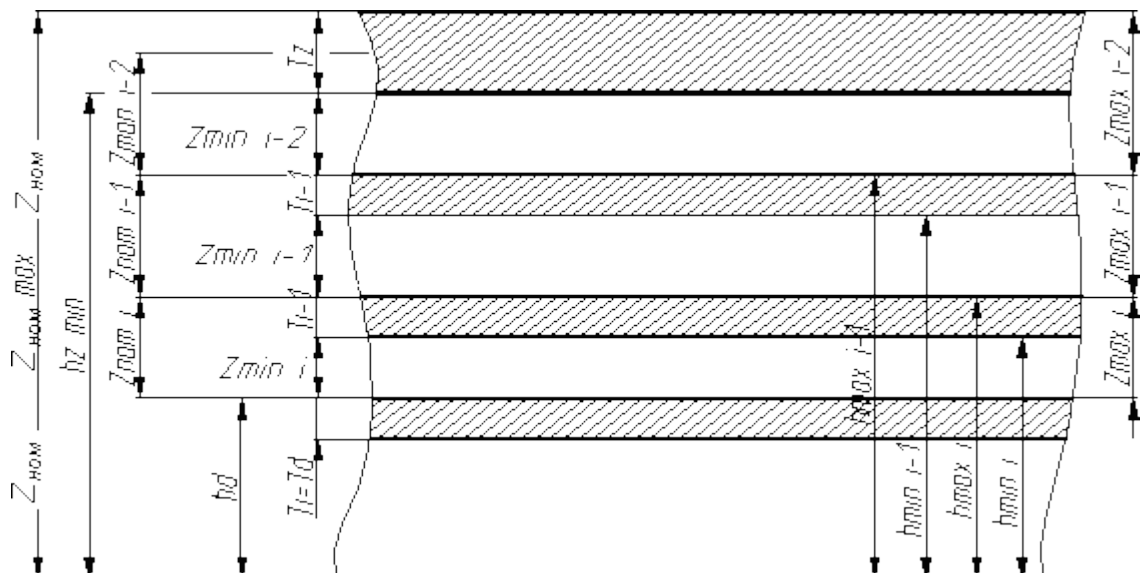


Рисунок 6.6.Схема связей между межпереходными размерами, припус-

Например, предельные значения диаметра отверстия исходной заготовки равны:

$$D_{\text{min.з.д.з.}} = D_{\delta} - 2Z_{\text{м.х.к.}}^{\text{общ.}},$$

$$D_{\text{м.х.к.з.д.з.}} = D_{\delta} - 2Z_{\text{м.х.к.}}^{\text{общ.}} + T_{\text{з.д.з.}}.$$

Наряду с рассмотренным расчетно-аналитическим методом определения припусков существует так называемый “табличный” метод. В этом случае расчеты ведутся с использованием табличных значений общего припуска и припусков на отдельные виды обработки поверхности, приводимых в соответствующих ГОСТах и справочной литературе.

Задание

Для заданной поверхности заготовки и переходов её обработки определить:

1. Шероховатость поверхности и глубину дефектного слоя;
2. Пространственные отклонения и погрешность установки заготовки на каждом переходе;
3. Определить межпереходные размеры;
4. Расчитать размер исходной заготовки и значение общего припуска на обработку
5. Построить схему межпереходных размеров и допусков

Вопросы для защиты работы:

1. Алгоритм расчёта общего припуска
2. Классификация припусков
3. Определение межпереходных размеров

Рекомендуемая литература

Основная литература:

- 1 Горбачев, Александр Феликсович. Курсовое проектирование по

технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Изд. 4-е., перераб. и доп. - Минск: Высшая школа, 1983. - 256 с. - Прил.: с. 146-254. - Библиогр.

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Библиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6

2 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, Т. 1 . - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. - 656 с. - Предм. указ.: с. 648

3 Технология машиностроения : учеб. пособие : в 2 кн. / под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 2-е изд., доп. – М. : Высшая школа, 2005. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 5-06-004367-3(Кн.1)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10

Тема занятия: Разработка плана обработки детали

Цель – приобретение навыка разработки плана обработки детали.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

План обработки – информация о технологическом маршруте обработки детали, представленная в наглядной графической форме.

План обработки представляет таблицу из 3-х граф.

Графа 1: № и наименование операции

Графа содержит:

- 1) № операции по техпроцессу;
- 2) № установка в операции;
- 3) Наименование операции, установка;
- 4) Предполагаемый тип станка, его точность. Позднее здесь же указывают модель станка.

Графа 2: Схема обработки.

Графа содержит:

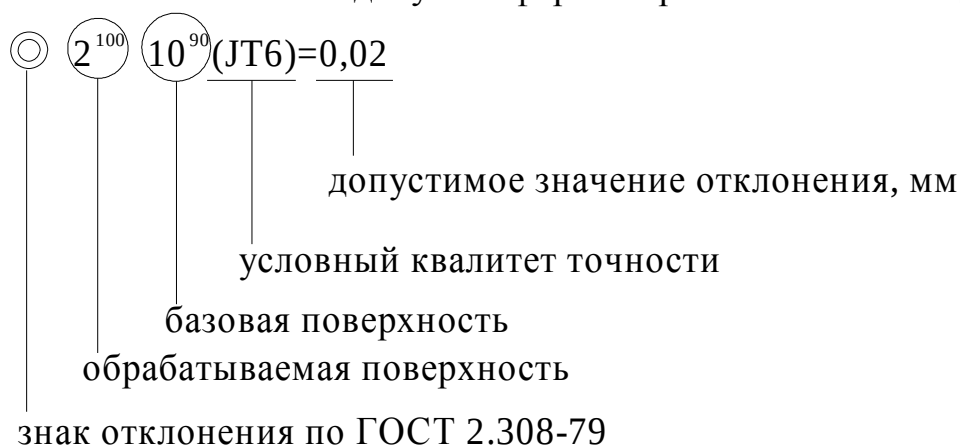
- 1) Изображение заготовки в положении обработки на момент окончания обработки с выделением обрабатываемых поверхностей красным цветом (или жирной линией);
- 2) Опорные точки схемы базирования, показанные условными обозначениями по ГОСТ 3.1107 -81;
- 3) Обозначение обработанных поверхностей, измерительных и технологических баз в виде цифры (той же, что на эскизе детали) в кружке на выноске с индексом – номером операции, на которой получена данная поверхность;
- 4) Размеры обработки, получаемые на данной операции, и расстояния от обработанных поверхностей до технологических баз, обозначенные буквами русского алфавита с индексом операции, на которой они получены; при этом перед буквой, обозначающей диаметр, ставят цифру 2.
- 5) Шероховатость поверхности – в правом верхнем углу по ГОСТ 2.309-73.

Графа 3: Технические требования.

Графа содержит:

- 1) Условные обозначения допусков на размер в виде:

Условные обозначения допусков формы и расположения в виде:



При назначении технических требований точность обработки определяется следующими факторами:

- 1) точностью технологической системы станок-приспособление (так называемая среднестатистическая точность);
- 2) точностью формы и расположения технологических баз;
- 3) погрешностью базирования вследствие нарушения принципа единства баз;
- 4) точностью настройки инструментов в блоке при многоинструментальной обработке;
- 5) точностью инструментов, работающих по методу копирования.

При назначении предельных значений погрешностей формы и расположения принимаем их равными в сумме 60% допуска на размер (так называемая нормальная относительная точность).

Задание

Для разработанного технологического маршрута обработки детали разработать план обработки.

Пример выполнения работы №10

Разработать план обработки детали «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001 на базе технологического маршрута, разработанного в работе №8

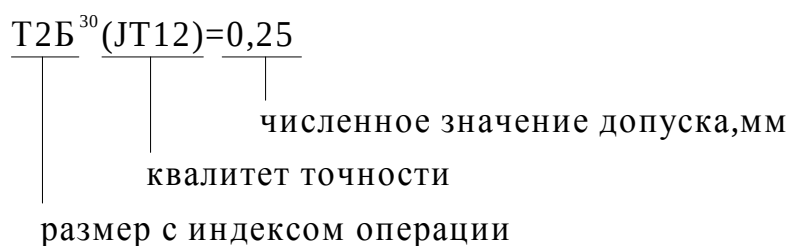
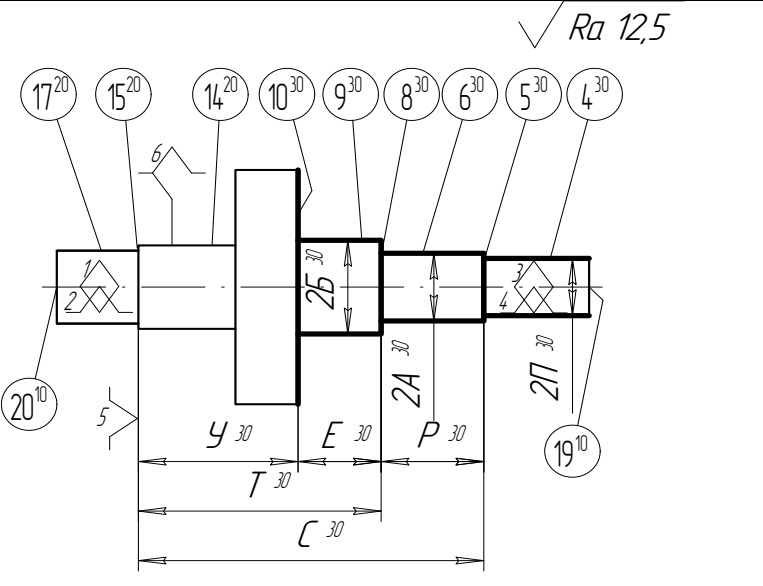
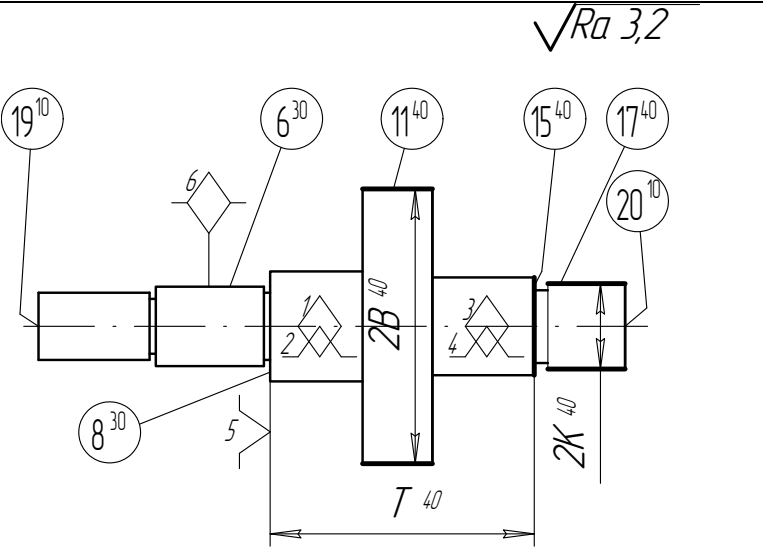
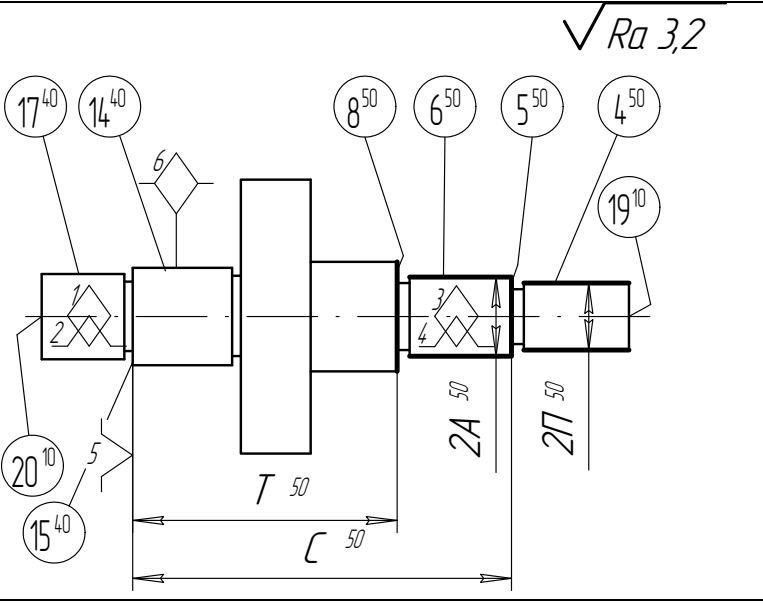


Таблица 10.1

Операция	Схема обработки	Технические требо- вания
1	2	3
000 – заготовительная горячая штамповка (JT 16)		$T2A^{00}(JT\ 16)=1,9$ $T2B^{00}(JT\ 16)=1,9$ $T2B^{00}(JT\ 16)=2,5$ $TГ^{00}(JT\ 16)=1,9$ $TД^{00}(JT\ 16)=2,5$ $TЕ^{00}(JT\ 16)=1,9$ $TЖ^{00}(JT\ 16)=1,9$ $TЗ^{00}(JT\ 16)=4$ $◎\ 6^{20}\ 14^{00}$ $(JT\ 16)=0,8$ $↗\ 8^{10}(JT\ 16)=0,4$
010 фрезерно – центровая фрезерно – центровой МР-76АМ(JT 14/9)		$TД^{10}(JT\ 16)=2,5$ $TЗ^{10}(JT\ 14)=1,55$ $T2И^{10}(JT\ 9)=0,043$ $↗\ 1^{10}(JT\ 14)=0,69$ $↗\ 18^{10}(JT\ 14)=0,69$
020 – токарная токарно – винторезный 16Б16(JT 12)		$T2B^{20}(JT\ 12)=0,4$ $T2Г^{20}(JT\ 12)=0,3$ $T2К^{20}(JT\ 12)=0,3$ $TЛ^{20}(JT\ 14)=1,3$ $TM^{20}(JT\ 14)=1,4$ $TH^{20}(JT\ 12)=0,3$ $↗\ 13^{20}(JT\ 12)=0,16$ $↗\ 15^{20}(JT\ 12)=0,2$

Продолжение табл. 10.1

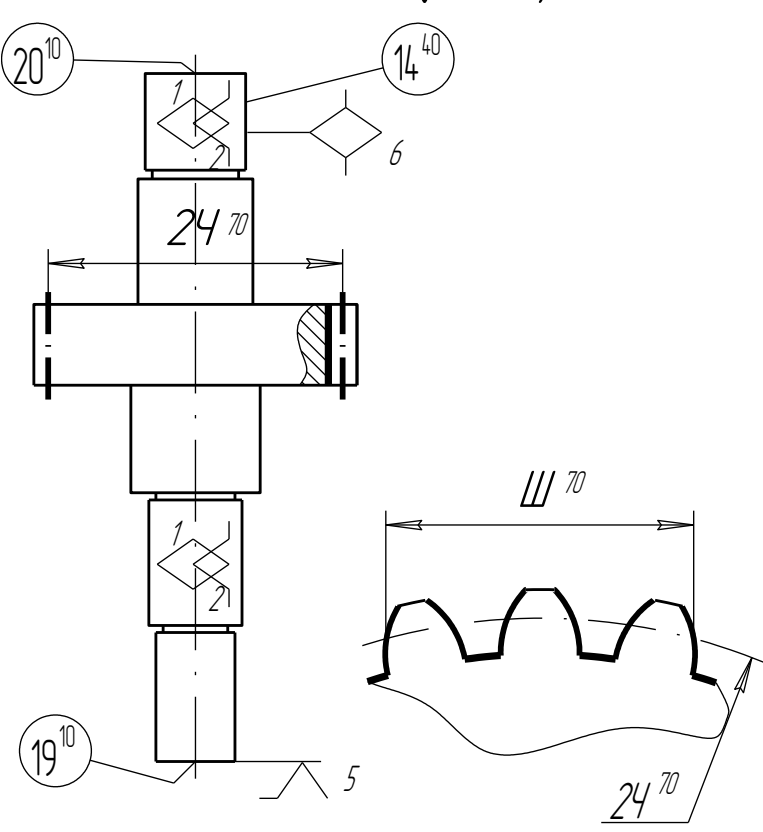
030 – токарная токарно – винторезный 16Б16(ЖТ 12)		$T2\Pi^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,25$ $T2A^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,25$ $T2B^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,3$ $TE^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,30$ $TY^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,35$ $TP^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,3$ $TT^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,4$ $TC^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,46$ $\nearrow 5^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,12$ $\nearrow 8^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,12$ $\nearrow 10^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,1$ $\odot 6^{30} 14^{20}(\text{ЖТ } 12)=0,16$
040 – токарная чистовая токарно – винторезный с ЧПУ 16Б16ПТ1 (ЖТ 8)		$T2B^{40}(\text{ЖТ } 8)=0,063$ $T2K^{40}(\text{ЖТ } 8)=0,039$ $TT^{40}(\text{ЖТ } 12)=0,4$ $\nearrow 15^{40}(\text{ЖТ } 8)=0,03$
050 – токарная чистовая токарно – винторезный с ЧПУ 16Б16ПТ1 (ЖТ 8)		$T2\Pi^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,039$ $T2A^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,046$ $TT^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,063$ $TC^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,072$ $\nearrow 5^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,02$ $\nearrow 8^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,016$ $\odot 4^{50} 6^{40}(\text{ЖТ } 8)=0,016$

Продолжение табл. 10.1

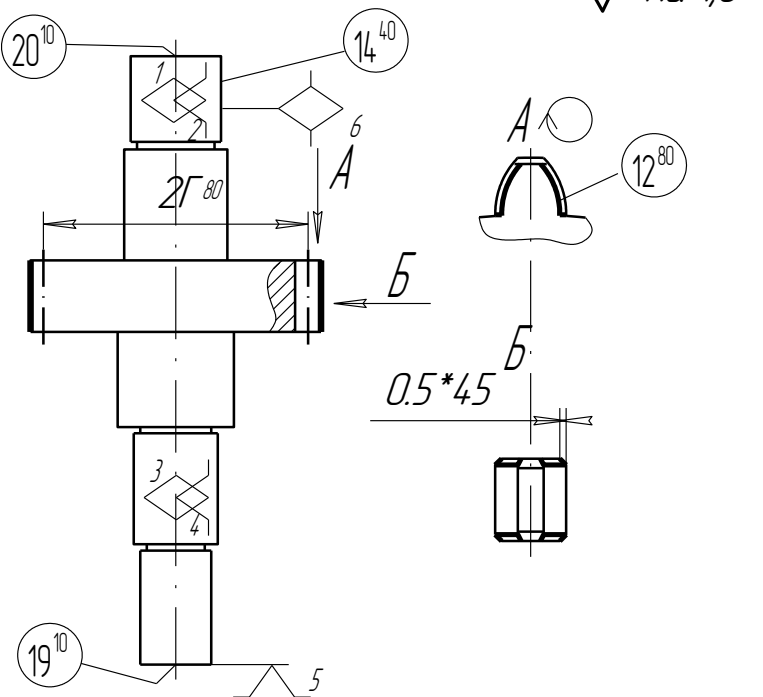
060 – фрезерная
горизонтальный шпоночно-фрезерный станок 692Р
(JT 9)

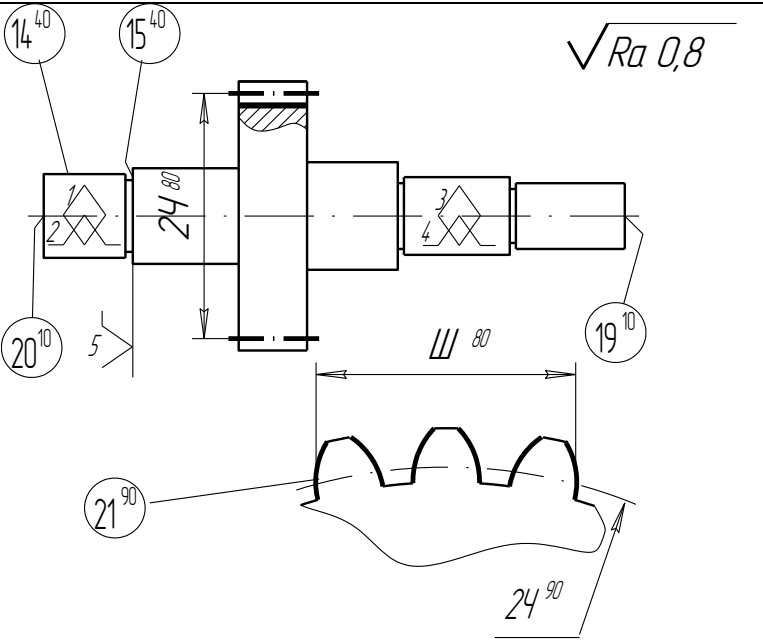
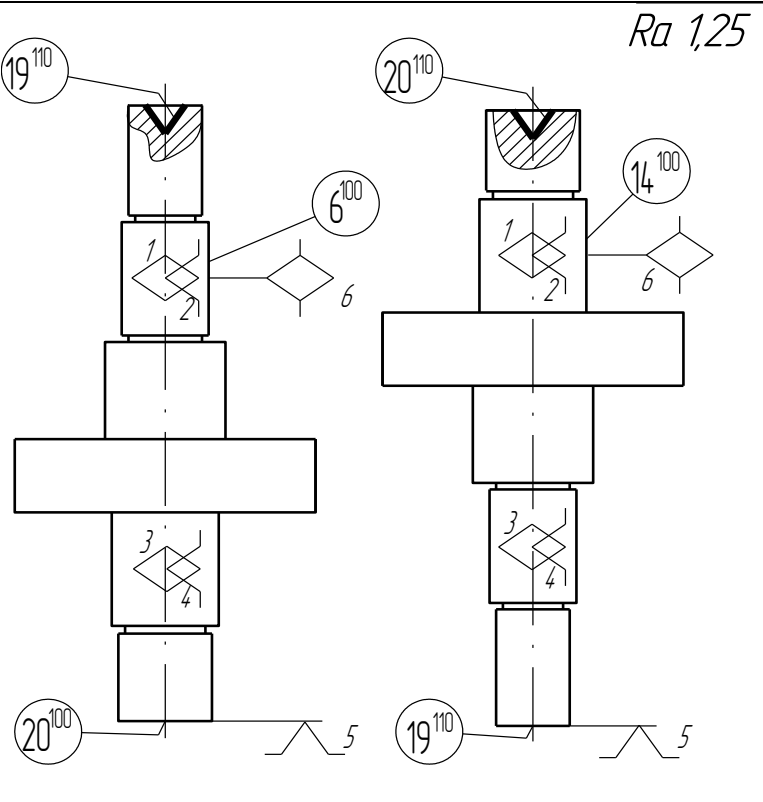
$\sqrt{Ra\ 12,5}$

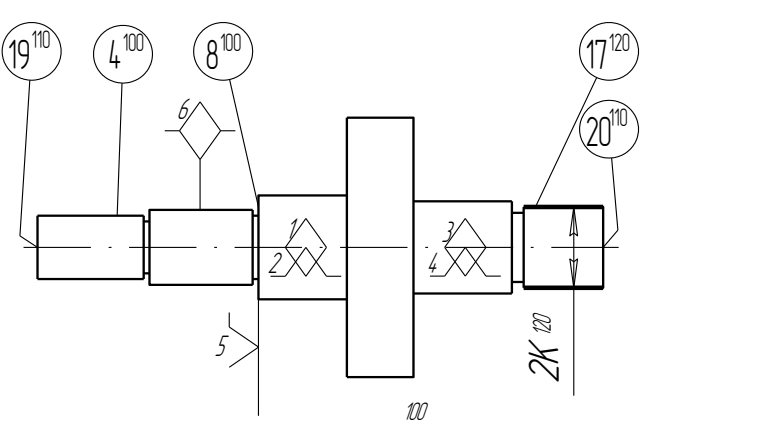
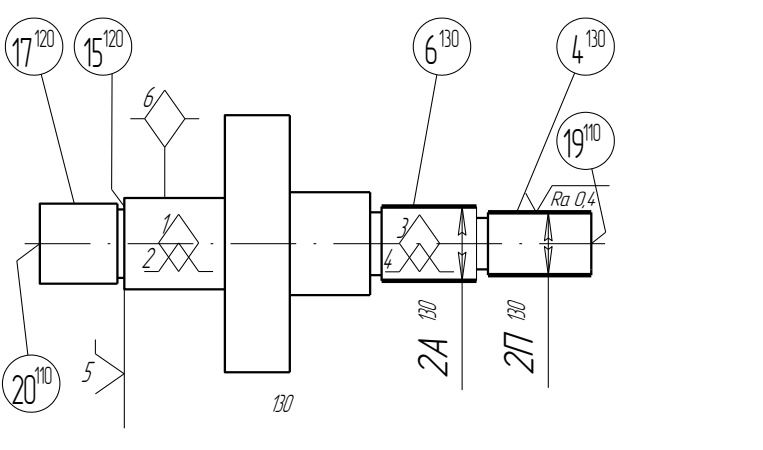
TФ⁶⁰(JT 15)=0,58
TX⁶⁰(JT 9)=0,036
TЦ⁶⁰(JT 11)=0,16
 $\equiv 3^{60}$ (JT 9)=0,02

070 – зубофрезерная вертикальный зубофрезерный станок 53A20	$\sqrt{Ra\ 3,2}$ 	8 степень точности
--	---	---------------------------

Продолжение табл. 10.1

080 – снятие фасок зубофасочный ВС-320А (ЛТ 6)	$\sqrt{Ra\ 1,6}$ 	
---	--	--

090 шевинговальная зубошевинговальный 5702В (JT 6)		6 степень точности
100 термообработка	Закалка и отпуск	
110 – центрошлифовальная центрошлифовальный 3922E (JT 7)		

120 – шлифовальная круглошлифовальный ЗА151(JT 6)	 Technical drawing of a shaft with various features and surface roughness specifications. The drawing includes a central shaft with a diameter of 100. Features are labeled with circled numbers: 19¹¹⁰, 4¹⁰⁰, 8¹⁰⁰, 17¹²⁰, and 20¹¹⁰. Surface roughness is specified as $\sqrt{Ra} 3,2$. A cross-section is shown with a diameter of 100. A detail view of a hole is shown with a diameter of 2K¹²⁰.	$T2K^{50}(JT 6)=0,016$
130 – шлифовальная круглошлифовальный ЗА151(JT 6)	 Technical drawing of a shaft with various features and surface roughness specifications. The drawing includes a central shaft with a diameter of 130. Features are labeled with circled numbers: 17¹²⁰, 15¹²⁰, 6¹³⁰, 4¹³⁰, and 19¹¹⁰. Surface roughness is specified as $\sqrt{Ra} 0,8 (\sqrt{ })$. A detail view of a hole is shown with a diameter of 2A¹³⁰ and 2H¹³⁰. A detail view of a hole is shown with a diameter of 19¹¹⁰ and a surface roughness of $Ra 0,4$.	$T2\Pi^{130}(JT 6)=0,016$ $T2A^{130}(JT 6)=0,016$

Продолжение табл. 10.1

разование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 188-189. – ISBN 978-5-16-003630-4

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Библиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6

2 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов : в 2 кн. / [Э. Л. Жуков и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 978-5-06-004367-9(Кн.1)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11

Тема занятия: «Выбор средств технологического оснащения»

Цель – выбрать для каждой операции ТП такие оборудование, приспособление, режущий инструмент (РИ) и средства контроля, которые бы обеспечили заданный выпуск деталей заданного качества с минимальными затратами.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

При выборе типа и модели металлорежущих станков будем руководствоваться следующими правилами:

1) Производительность, точность, габариты, мощность станка должны быть минимальными достаточными для того, чтобы обеспечить выполнение требований предъявленных к операции.

2) Станок должен обеспечить максимальную концентрацию переходов на операции в целях уменьшения числа операций, количества оборудования, повышения производительности и точности за счет уменьшения числа перестановок заготовки.

3) В случае недостаточной загрузки станка его технические характеристики должны позволять обрабатывать другие детали, выпускаемые данным цехом, участком.

4) Оборудование не должно быть дефицитным, следует отдавать предпочтение отечественным станкам.

5) В мелкосерийном производстве следует применять преимущественно универсальные станки, revolverные станки, станки с ЧПУ, многоцелевые станки (обрабатывающие центры). На каждом станке в месяц должно выполняться не более 40 операций при смене деталей по определенной закономерности.

6) Оборудование должно отвечать требованиям безопасности, эргономики и экологии.

Если для какой-то операции этим требованиям удовлетворяет несколько моделей станков, то для окончательного выбора будем проводить сравнительный экономический анализ.

Выбор оборудования проводим в следующей последовательности:

1) Исходя из формы обрабатываемой поверхности и метода обработки, выбираем группу станков.

2) Исходя из положения обрабатываемой поверхности, выбираем тип станка.

3) Исходя из габаритных размеров заготовки, размеров обработанных поверхностей и точности обработки выбираем типоразмер (модель) станка. Данные по выбору оборудования заносим в табл. 11.1.

Выбор приспособлений

При выборе приспособлений будем руководствоваться следующими правилами:

1) Приспособление должно обеспечивать материализацию теоретической схемы базирования на каждой операции с помощью опорных и установочных элементов.

2) Приспособление должно обеспечивать надежное закрепление заготовки обработке.

3) Приспособление должно быть быстродействующим.

4) Зажим заготовки должен осуществляться, как правило, автоматически.

5) Следует отдавать предпочтение стандартным, нормализованным, универсально-сборным приспособлениям, и только при их отсутствии проектировать специальные приспособления.

Исходя из типа и модели станка и метода обработки, выбираем тип приспособления.

Выбор приспособления будем производить в следующем порядке:

1) Исходя из теоретической схемы базирования и формы базовых поверхностей, выбираем вид и форму опорных, зажимных и установочных элементов.

2) Исходя из расположения базовых поверхностей и их состояния (точность, шероховатость), формы заготовки и расположения обрабатываемых поверхностей выбираем конструкцию приспособлений.

3) Исходя из габаритов заготовки и размеров базовых поверхностей, выбираем типоразмер приспособления.

После расчета режима резания (разд. 12) определим силы резания, по значению которых рассчитываем силу зажима, достаточную для обеспечения надежного закрепления.

Учитывая передаточный коэффициент усиления, определим усилие и мощность привода. Сравним эти значения с характеристиками приспособления. Если силы зажима или мощность превосходят допустимые значения, то выбираем более мощное приспособление.

Данные по выбору приспособлений заносим в табл. 11.2.

Таблица 11.1.

Выбор технологического оборудования

№ операции	№ Поверхности	Форма пов.	Метод обработки	Расположение поверхностей	Габариты заготовки, мм×мм	Размеры обработ. поверхн.	Квалитет точности	Тип, модель оборудования	Место изготовления
1	2	3	4	5	5	7	8	9	10
10	1,18, 19,20	П Ф	Фрезерование, сверление	Гориз. Вертик.	412,5× ×138	400 Ø13,2×14	14, 9	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-76АМ	г. Москва
20	10 11 13 14 15 16 17	П Ц П Ц П Ф Ц	Точение	Вертик. Гориз. Вертик. Гориз. Вертик. Гориз. Гориз.	400×128	60 Ø128×50 110 Ø60×70 180 3 Ø50×60	12	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	г. Самара
30	4 5 6 7 8 9 21	Ц П Ц Ф П Ц Ф	Точение	Гориз. Вертик. Гориз. Гориз. Вертик. Гориз. Гориз.	400×128	Ø40×80 80 Ø50×80 3 0 Ø70×60 3	12	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	г. Самара
40	11 15 17	Ц П Ц	Точение	Гориз. Вертик. Гориз.	400×128	Ø128×50 180 Ø50×60	8 12 8	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	г. Самара

Продолжение табл. 11.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	4	Ц	Точение	Гориз.	400×128	Ø40×80	8	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	г. Самара
	5	П		Вертик.		80	8		
	6	Ц		Гориз.		Ø50×80	8		
	8	П		Вертик.		180	8		
60	2	П	Фрезерование	Гориз.	400×128	70	9	Горизонтальный шпоночно-фрезерный станок 692Р	г. Димитров
	3	П		Вертик.		12			
70	12	Ф	Зубофрезерование	Гориз.	400×128	50	8 ст.	Вертикальный зубофрезерный станок 53А20	г. Вильнюс
80	12	Ф	Снятие фасок	Гориз.	400×128	3		Зубофасочный станок ВС-320А	г. Витебск
90	12	Ф	Шевингование	Гориз.	400×128	50	6ст.	Горизонтальный зубошевинговальный станок 5702В	г. Витебск
110	19, 20	К	Шлифование	Вертик.	400×128	Ø13,2×14	8	Центрошлифовальный станок 3922Е	г. Москва
120	17	Ц	Шлифование	Гориз.	400×128	Ø50×60	6	Круглошлифовальный станок 3А151	г. Харьков
130	4	Ц	Шлифование	Гориз.	400×128	Ø40×80	6	Круглошлифовальный станок 3А151	г. Харьков
	6	Ц		Гориз.		Ø50×40			
140	12	Ф	Зубошлифование	Вертик.	400×128	50	6	Зубошлифовальный станок 5851	

Продолжение табл. 11.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150	6	Ц	Полирование	Гориз.	400×128	Ø50×40	6	Полировально-шлифовальный станок 3А352	

Таблица 11.2.

Выбор приспособлений

№ операции	Тип, модель станка	Метод обработки	Базовая поверхность.					Установочные элементы	Зажимные элементы	Габариты заготовки	Типоразмер приспособления
			№	Форма	Расположение	Размеры, мм	Вид базы				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Фрезерно-центральный МР-76АМ	Фрезерование, сверление	8 ⁰⁰	П	В	Ø74,5	Опорная	Призма установочная		Ø138××412,5	Тиски самоцентрирующиеся с призматическими губками Ø50 ГОСТ 12195-66
			6 ⁰⁰	Ц	Г	Ø54,5××160	Двойная направл.				
			14 ⁰⁰	Ц	Г	Ø64,5××140					
20	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Точение	19 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2××14	Двойная направл.	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø138××400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2××14					
			1 ¹⁰	П	В	Ø40	Опорная				

Продолжение табл. 11.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Точечение	19 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128× ×400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			15 ²⁰	П	В	Ø60	Опорная				
40	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	Точечение	19 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128× ×400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			8 ²⁰	П	В	Ø70	Опорная				
50	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	Точечение	19 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128× ×400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			15 ⁴⁰	П	В	Ø60	Опорная				

Продолжение табл.11.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	Вертикаль-но шпо-ночно-фрезерный станок 692Р	Фре-зеро-ва-ние	5 ⁴⁰	П	В	Ø30	Опор-ная	Установочная приз-ма		Ø128××400	Тиски само-центрирую-щиеся с приз-матическими губками Ø50 ГОСТ 12195-66
			6 ⁵⁰	Ц	Г	Ø50	Двойная направл.				
			17 ⁴⁰	Ц	Г	Ø50					
70	Вертикаль-ный зу-бофрезер-ный станок 52А20	Зу-бофр езеро-рова-ние	19 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр вращаю-щийся ГОСТ 8742-75	Лепестки цанги	Ø128×400	Патрон цанго-вый. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			1 ¹⁰	П	В	Ø60	Опор-ная				
80	Зубофасоч-ный станок ВС-320А	Сня-тие фа-сок	19 ¹⁰	Ф	В	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр вращаю-щийся ГОСТ 8742-75	Лепестки цанги	Ø128××400	Патрон цанго-вый. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 ¹⁰	Ф	В	Ø13,2×14					
			19 ¹⁰	П	Г	Ø60	Опор-ная				
90	Зубоше-винговаль-ный станок 5702В	Зу-боше вин-гова-ние	19 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр вращаю-щийся ГОСТ 8742-75	Лепестки цанги	Ø128××400	Патрон цанго-вый. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 ¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			15 ⁴⁰	П	В	Ø60	Опор-ная				

Продолжение табл. 11.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
110	Центро-шлифовальный станок 3К225В	Шлифовование	20 ¹⁰⁰	Ф	В	Ø13,2×14	Тройная опорная	Торец кулачков	Кулачки	Ø128××400	Патрон мембранный ГОСТ 16157-70
			19 ¹¹⁰	Ф	В	Ø13,2×14					
120	Круглошлифовальный станок 3А151	Шлифовование	19 ¹¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойн направл	Центр неподвижный ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128××400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр подвижный ГОСТ 8740-75
			20 ¹¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			8 ¹⁰⁰	П	В	Ø70	Опорная				
130	Круглошлифовальный станок 3А151	Шлифовование	19 ¹¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойн направл	Центр неподвижный ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128××400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр подвижный ГОСТ 8740-75
			20 ¹¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			15 ¹²⁰	П	В	Ø60	Опорная				

Продолжение табл. 11.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
140	Зубошлифовальный станок 5851	Шлифование	19 ¹¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр неподвижный-ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128××400	Патрон цанговый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 ¹¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			8 ¹⁵⁰	П	В	Ø70	Опорная				
150	Полировально-шлифовальный станок 3А352	Полирование	19 ¹¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр неподвижный-ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128××400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр подвижный ГОСТ 8740-75
			20 ¹¹⁰	Ф	Г	Ø13,2×14					
			8 ¹⁵⁰	П	В	Ø70	Опорная				

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12

ТЕМА ЗАНЯТИЯ: Выбор режущего инструмента. Выбор средств контроля

Цель: Ознакомиться методикой выбора режущего инструмента и средств контроля

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

При выборе РИ будем руководствоваться следующими правилами:

- 1) Выбор инструментального материала определяется требованиями, с одной стороны, максимальной стойкости, а с другой минимальной стоимости.
- 2) Следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным инструментам. Специальный инструмент следует проектировать в крупносерийном и массовом производстве, выполнив предварительно сравнительный экономический анализ.
- 3) При проектировании специального РИ следует руководствоваться рекомендациями по совершенствованию РИ.

Задание

Выбор режущего инструмента (РИ) будем производить в следующем порядке:

- 1) Исходя из типа и модели станка, расположения обрабатываемых поверхностей и метода обработки, определяем вид РИ.
 - 2) Исходя из марки обрабатываемого материала, его состояния и состояния поверхности, выбираем марку инструментального материала.
 - 3) Исходя из формы обрабатываемой поверхности, назначаем геометрические параметры режущей части (форма передней поверхности, углы заточки: γ , α , ϕ , ϕ_1 , λ ; радиус при вершине).
 - 4) Исходя из размеров обрабатываемой поверхности, выбираем конструкцию инструмента, его типоразмер и назначаем период стойкости T .
- Данные по выбору РИ заносим в табл. 12.3.

Выбор средств контроля

При выборе средств контроля будем руководствоваться следующими правилами:

- 1) Точность измерительных инструментов и приспособлений должна быть существенно выше точности измеряемого размера, однако неоправданное повышение точности ведет к резкому удорожанию.
- 2) В единичном и мелкосерийном производстве следует применять инструменты общего назначения: штангенциркули, микрометры, длинномеры и т.д.
- 3) В крупносерийном – специальные инструменты.

4) Следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным средствам контроля.

Данные по выбору средств контроля заносим в табл. 12.4.

Результаты выбора средств технологического оснащения заносим в табл. 11.5.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1 Иванов, И. С. Технология машиностроения: учебное пособие для вузов / И.С. Иванов. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 191, [1] с. : ил.; 22. – (Высшее образование). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 188-189. – ISBN 978-5-16-003630-4

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Библиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6

2 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов : в 2 кн. / [Э. Л. Жуков и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 978-5-06-004367-9(Кн.1)

Таблица 12.3.

Выбор режущего инструмента

№ операции	Тип и модель станка	Метод обработки	Рас- пол. обр. пов.	Обра- батываемый мате- риал	Состо- яние по- верхности	Форма обраб. пов.	Разме- ры обра- ботанной поверхно- сти	Ин- струм. ма- териал	Геомет- рия режу- щей части	Вид и кон- струкция РИ	Типоразмер РИ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Фрезерно- центровальный станок МР76АМ	Фрезе- рование,	В	Сталь 40ХГНМ, 241 НВ	С кор- кой	П	Ø40 Ø50	ТТ20К9	$\omega=27^\circ$	Фреза Торцовая	Фреза торцовая ГОСТ 1695-80, Ø70
		Сверле- ние	Г			Ф	Ø13,2×14	Р6М5	$\psi=50^\circ$ $\alpha=12^\circ$	Сверло цен- тровочное	Сверло центровочное, А 6,3 , ГОСТ 14952-80
20	Токарно- винторезный станок 16Б16Т1	Точение	Г,В		С кор- кой	П,Ц	Ø128×50 Ø60×80 Ø50×80	Т5.К10	$\gamma=10^\circ, \alpha=10^\circ$, $\phi=90^\circ$, r=1 мм	Резец подрезной	Резец подрезной ГОСТ 18877-73
30	Токарно- винторезный станок 16Б16Т1	Точение	Г,В		С кор- кой	П,Ц	Ø40×80 Ø50×80 Ø70×60	Т5.К10	$\gamma=10^\circ, \alpha=10^\circ$, $\phi=90^\circ$, r=1 мм	Резец подрезной	Резец подрезной ГОСТ 18877-73
40	Токарно- винторезный станок 16Б16ПТ1	Точение	Г,В		Обрабо- танная	П,Ц, Ф	Ø128×50 Ø50×80	Т15К10	$\gamma=10^\circ$, $\alpha=10^\circ, \phi=90^\circ$ r=0,5 мм	Резец подрезной	Резец подрезной ГОСТ 18877-73
50	Токарно- винторезный станок 16Б16ПТ1	Точение	Г,В		Обрабо- танная	П,Ц, Ф	Ø40×80 Ø50×80	Т15К10	$\gamma=10^\circ$, $\alpha=10^\circ, \phi=90^\circ$ r=0,5 мм	Резец подрезной	Резец подрезной ГОСТ 18877-73
60	Вертикальный шпоночно- фрезерный ста- нок 692Р	Фрезеро- вание	Г,В		Обрабо- танная	П	70×12	Р6М5	$\omega=20^\circ$	Фреза шпоночная	Фреза шпоночная Ø=12 ГОСТ 9308-69

70	Вертикальный зубофрезерный станок 53A20	Зубофре- бофре- зерова- ние	В		Обра- ботан- ная	Ф	Ø128×50	P9K10	$\gamma=0^\circ$ $\alpha=12^\circ$	Фреза чер- вячная двух- заходная	Фреза червячная Ø100 ГОСТ 9324-80
----	---	--------------------------------------	---	--	------------------------	---	---------	-------	---------------------------------------	--	--------------------------------------

Продолжение табл. 12.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
80	Зубофасочный станок ВС-320А	Снятие фасок	В		Обрабо- танная	Ф	$(3 \times 45^0) \times 2$	Элек- троко- рунд бе- лый		Фреза чер- вячная од- новитковая	Фреза червячная одно- витковая Ø50 ГОСТ 9324-80
90	Зубошевинго- вальный станок 5702В	Шевинго- вание	Г		Обрабо- танная	Ф	Ø172×40	P9Ф5	$\beta_0=5^\circ$	Шевер дисковый	Шевер дисковый А Ø180 ГОСТ 8570-80
110	Центрошлифо- вальный станок 3К225В	Шлифо- вание	В	Сталь 40ХГНМ, закаленная	Зака- ленная	К	Ø13.2×14	Элек- тро- корунд белый		Головка шлифо- вальная	Головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ 2447-82
120	Круглошлифо- вальный станок 3А151	Шлифо- вание	Г, В		Зака- ленная	Ц,П	Ø50×60	Элек- троко- рунд бе- лый		Круг шли- фовальный ПП	Круг шлифовальный ПП 500*203*80 25А25СМ17К
130	Круглошлифо- вальный станок 3А151	Шлифо- вание	Г, В		Зака- ленная	Ц,П	Ø40×80 Ø50×80	Элек- троко- рунд бе- лый		Круг шли- фовальный ПП	Круг шлифовальный ПП 500*203*80 25А25СМ17К
140	Зубошлифо- вальный станок 5851	Шлифо- вание	Г		Зака- ленная	Ф	Ø128×50	Элек- троко- рунд бе- лый		Круг шли- фовальный Т	Круг шлифовальный Т 225*50*20 25А25СМ17К
150	Полировально- шлифовальный станок 3А352	Полиро- вание	Г		Шлифо- ванная	Ц	Ø50×40	Элек- троко- рунд		Круг поли- ровальный	Круг полировальный ПП 500*203*40 Зернистость 6

Таблица 12.4.

Выбор средств контроля

№ операции	Контролируемый размер	Допуск, мм	Квалитет точности	Мерительный инструмент	Измерительное, контрольное устройство
1	2	3	4	5	6
10	З=400	1,55	14	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80	
	2И=13,2	0,043	9	Шаблон	
20	2К=50	0,3	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80	
30	2П=40	0,25	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80	
	2А=50				
40	2К=50	0,039	8	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78	
50	2П=40	0,039	8	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78	
	2А=50	0,046			
60	Х=8	0,036	9	Калибр-пробка	
	Ф=10	0,58	15	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80	
70	2Ч=164		8 ст.		Прибор БВ-5061 цехового типа
80	0,5×45 ⁰	0,25	14	Шаблон	
90	2Ч=164		6ст.		Прибор БВ-5061 цехового типа

Продолжение табл. 12.4

1	2	3	4	5	6
110	2И=13,2	0,043	9	Шаблон	
120	2П=40	0,016	6	Скоба рычажная СР	
	2А=50				
130	2К=50	0,016	6	Скоба рычажная СР	
140	2Ч=164		6ст.		Прибор БВ- 5061 цехо- вого типа
150	2Щ=50	0,016	6	Скоба рычажная СР	

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 13

Тема занятия: «Проектирование операционной технологии».

Цель: спроектировать операционную технологию обработки детали, используя ранее полученные навыки.

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Последовательность обработки поверхностей детали устанавливается с целью обеспечения её заданного качества. Сопоставление различных вариантов последовательности выполнения операций проводится по важнейшим параметрам (размерам и относительным поворотам), от точности которых непосредственно зависит выполнение детали её служебного назначения. Эти важнейшие параметры (размеры и относительные повороты) наносятся на эскиз детали (в пояснительной записке) с указанием номинальной величины и допустимых отклонений каждого параметра, второстепенные размеры и относительные повороты не анализируются.

Сравнение вариантов обработки и их последовательности производится на основании анализа технических требований, указанных в рабочей чертеже детали.

Выбор технологических баз производят одновременно с анализом последовательности обработки. На операционных эскизах в технологическом процессе схемы закрепления заготовок показывают условными знаками по ГОСТ 3.1107 – 81.

Выбор оборудования зависит: от конструктивных особенностей деталей; технических условий, определяющих необходимые параметры качества обработки; программы выпуска, экономической целесообразности применения специального оборудования. Значительное внимание должно быть уделено рациональному использованию оборудования во времени, т.е. выбрать станки

по производительности соответственно поставленной задаче. Приспособления следует по возможности применять наиболее быстродействующие, автоматизированные и многоместные.

Конструкция и марка материала режущего инструмента выбирается в зависимости от метода обработки и материала обрабатываемой детали. Применение специального режущего инструмента и мерительного инструмента обосновывается.

Задание

По индивидуальному заданию (рабочий чертёж детали) и годовой программы выпуска необходимо:

1. Спроектировать маршрут обработки детали;
2. Для каждой операции указать схему базирования и закрепления заготовки;
3. Выбрать оборудование;
4. Выбрать технологическое оснащение для одной из операций.

Вопросы для защиты работы:

1. Принцип выбора технологического оборудования.
2. Последовательность обработки.
3. Выбор материала и формы заготовки.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

- 1 Технология машиностроения: учеб. пособие для вузов : в 2 кн. / [Э. Л. Жуков и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 3-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 978-5-06-004367-9(Кн.1)

Дополнительная литература

- 1 Обработка металлов резанием: Справочник технолога / [А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.]; под общ. ред. А. А. Панова. - М. : Машино-

строение, 1988. - 736с. - Предм. указ.: с. 731-736. - ISBN 5-217-00032-5

2 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, Т. 1 . - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. - 656 с. - Предм. указ.: с. 648

3 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, Т. 2 . - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. - 496 с. - Предм. указ.: с. 486

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 14

Тема занятия: «Нормирование операций механической обработки».

Цель: изучение принципов нормирования операций механической обработки

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Временные связи — это соотношение между фондами времени, которыми располагают технологическое оборудование, рабочие, производственное подразделение (участок, цех и т.п.) и затратами времени на выполнение технологического процесса изготовления изделий и отдельных операций.

Временные связи образуются также в результате членения затрат времени на составляющие.

Исходным, в определении фонда времени, служит календарное время за вычетом нерабочих дней в избранном периоде.

Для единицы оборудования номинальный фонд времени составляет:

$$\Phi_H = (D_P \cdot T_{\text{сут}} - D_{P.C.} \cdot t_C) (1 - t_{\text{пр}} / 100),$$

где D_P — число рабочих дней в планируемом периоде, $T_{\text{сут}}$ — число рабочих часов в сутки,

$D_{P.C.}$ — число рабочих дней сокращенной продолжительности,

t_C — число часов, на которое сокращены рабочие сутки,

$t_{\text{пр}}$ — планируемое время простоя оборудования (3—6% — для универсального, 10-12% — для уникального оборудования).

Действительный фонд времени Φ_D отличается от номинального Φ_H на величину потерь Π_{Φ} фонда времени из-за случайных событий, сопровождающих любой производственный процесс. Потери фонда времени можно опреде-

ЛИТЬ:

$$\Phi_{\mathcal{A}} = \Phi_{\mathcal{H}} - \Pi_{\Phi}$$

Потери фонда времени можно определить:

$$\Pi_{\Phi} = \Pi_{\Phi \text{ ТЕХ}} + \Pi_{\Phi \text{ ОРГ}} + \Pi_{\Phi \text{ Р}},$$

где $\Pi_{\Phi \text{ ТЕХ}}$ – потери фонда времени по техническим причинам;

$\Pi_{\Phi \text{ ОРГ}}$ – потери фонда времени по организационным причинам;

$\Pi_{\Phi \text{ Р}}$ – потери фонда времени по виде рабочего.

Затраты времени на выполнение операций технологического процесса, называется штучно-калькуляционным:

$$t = \frac{t_{\mathcal{M}}}{n} + t_{\text{шм}},$$

где $t_{\mathcal{M}}$ – подготовительно-заключительное время затрачивается на подготовку к изготовлению партии деталей (получение задания, ознакомление с ним, изучение чертежей и технической документации, подготовка рабочего места, настройка оборудования, сдача изготовленных изделий и другое);

n – число изделий, составляющих партию.

Штучное время представляет собой сумму четырех слагаемых:

$$t_{\text{шм}} = t_{\text{ОР}} + t_{\mathcal{B}} + t_{\text{ОБС}} + t_{\mathcal{A}}.$$

В формуле $t_{\text{ОР}}$ – основное технологическое время – это время непосредственного воздействия на объект производства (изменения формы, размеров, структуры материала и т. д).

Вспомогательное время ($t_{\mathcal{B}}$) – время, затрачиваемое на переходы, сопутствующие процессу непосредственного воздействия на объект производства (установка, отвод, подвод инструмента, включение, выключение оборудования).

Сумму основного технологического и вспомогательного времени называют оперативным:

$$t_{\text{О.П}} = t_{\text{ОР}} + t_{\mathcal{B}}$$

Время обслуживания рабочего места (t_{OBC}) – время, которое затрачивается рабочим на уход за рабочим местом и поддержанием его в рабочем состоянии. Его подразделяют на две части: время технического обслуживания ($t_{TEH.OBC}$) время организационного обслуживания ($t_{ORG.OBC}$).

$$t_{OBC} = t_{TEH.OBC} + t_{ORG.OBC}.$$

Время на техническое обслуживание затрачивается на поднастройку технической системы, смену затупившегося инструмента, удаление стружки с рабочих органов станка, приспособлений.

Время на организационное обслуживание затрачивается на смазку и чистку оборудования, удаление стружки с рабочего места и приведение его в порядок.

Время дополнительное (t_d) выделяется на отдых, регламентируется условиями работы (тяжестью и интенсивностью труда), на личные надобности.

Время на обслуживание и дополнительное определяются процентом от операционного.

Время, затрачиваемое на выполнение операций, может быть номинальным, действительным и измеренным.

Задание

Для заданных операций выполнить:

1. Составить расчётную схему перехода;
2. Рассчитать основное технологическое время;
3. Рассчитать штучное и штучно-калькуляционное время на операцию.

Вопросы для защиты работы:

1. Раскройте понятие основного, вспомогательного и технологического времени.
2. Назовите основные потери фонда времени

3. Понятие штучного времени.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1 Горбачевич, Александр Феликсович. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред . - Изд. 4-е., перераб. и доп. - Минск : Вышэйшая школа, 1983. - 256 с. - Прил.: с. 146-254. - Библиогр.

Дополнительная литература

1 Обработка металлов резанием: Справочник технолога / [А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.]; под общ. ред. А. А. Панова. - М. : Машиностроение, 1988. - 736с. - Предм. указ.: с. 731-736. - ISBN 5-217-00032-5

2 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, Т. 1 . - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. - 656 с. - Предм. указ.: с. 648

3 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, Т. 2 . - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. - 496 с. - Предм. указ.: с. 486

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 15

Тема занятия: «Статистические методы оценки точности технологических процессов» (2 части)

Цель: Освоить на практике методику статистического исследования точности операций механической обработки при распределении погрешностей параметров качества детали по нормальному закону

Методические рекомендации к практическому занятию

Теоретическая часть

Основные понятия

Случайная величина, которая в зависимости от случая принимает те или иные значения с определенной вероятностью. Случайные величины могут иметь различный характер. Случайная величина может быть, например:

- скалярной величиной;
- вектором;
- функцией;
- и др.

С каждой случайной величиной можно связать определенное событие.

Событие, которое может произойти или не произойти в результате данного опыта, называется случайным. Количественной оценкой возможности появления случайного события A служит вероятность $P(A)$.

Вероятностью события A называют отношение числа случаев m , благоприятствующих этому событию, к числу n всех возможных случаев в данном опыте:

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

При этом все случаи должны быть равно возможны, несовместимы и независимы.

Вероятность события является объективной мерой его возможности и

определяется в предположении проведения очень большого числа опытов, в результате которых появляется данное событие, поэтому эта величина имеет теоретический характер.

Практической **характеристикой возможности** случайного события A служит частота события $m(A)$, представляющая собой отношение частоты f появления события A к общему числу N проведенных опытов:

$$m(A) = \frac{f}{N}.$$

Между вероятностью и частотой какого-либо события существует приближенное равенство:

$$P(A) \approx m(A) \approx \frac{m}{n} \approx \frac{f}{N},$$

которое будет тем точнее, чем больше число опытов.

Характеристикой случайной величины служит **закон ее распределения**.

Под распределением случайной величины понимают совокупность ее значений, расположенных в возрастающем порядке, с указанием либо их вероятностей в теоретическом, либо частостей в практическом распределении.

Практическое распределение случайных величин дискретного характера можно представить в виде таблицы (табл.2.1) или графика 2.1, составленного на основании таблицы 2.1.

Таблица 9.1. Практическое распределение дискретной случайной величины

X	1	2	3	4	5	
$m(x_i)$	1/20	3/20	8/20	5/20	3/20	$\sum_{i=0}^5 m(x_i) = 1$

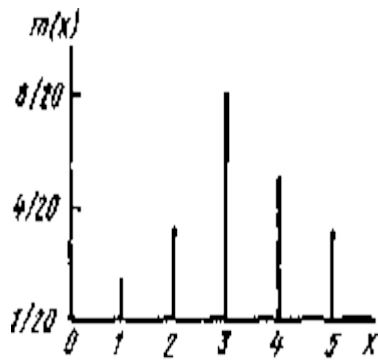


Рисунок 9.1. Распределение случайной дискретной величины

Распределение случайной величины непрерывного типа может быть также представлено в виде таблицы или графика. Для составления таблицы практического распределения непрерывной случайной величины в совокупности ее значений находят $\max$ и $\min$ и определяют разность между ними. Разность эта называется **полем рассеивания** φ случайной величины:

$$\varphi = x_{\max} - x_{\min}.$$

Значения случайной величины, составляющие совокупность, делят на равные интервалы. Их число « k » определяют из отношения значения φ к избранному значению « α » интервала:

$$k = \frac{\varphi}{\alpha}.$$

Относя каждое значение случайной величины к тому или иному интервалу, подсчитывают частоты ее значений в границах интервалов и определяют частоты значений x_i . Например. Пусть в партии валов из 100 штук диаметр одной из шеек $d_{\min} = 32,13$ мм, а другой $d_{\max} = 32,36$ мм. Тогда $\varphi = 0,23$ мм.

При избранном значении интервала $\alpha = 0,04$ мм число k будет равно:

$$k = \frac{\varphi}{\alpha} = \frac{0,23}{0,04} = 6.$$

Установив границы и подсчитав частоты, получают таблицу распределения значений d вала:

1)	32,13 – 32,16	3	0,03
2)	32,17 – 32,20	11	0,11

3)	32,21 – 32,24	36	0,36
4)	32,25 – 32,28	40	0,40
5)	32,29 – 32,32	6	0,6
6)	32,33 – 32,36	4	0,04

Графически практическое распределение непрерывной случайной величины может быть представлено либо гистограммой, либо практической кривой (полигоном) распределения (рис. 9.2).

Общей формой закона распределения случайной величины является ее функция распределения. Функцией распределения или интегральным законом распределения скалярной случайной величины X называют вероятность выполнения неравенства $X < x$:

$$F(x) = P(X < x),$$

где X – случайная величина,

x – возможные значения случайной величины.

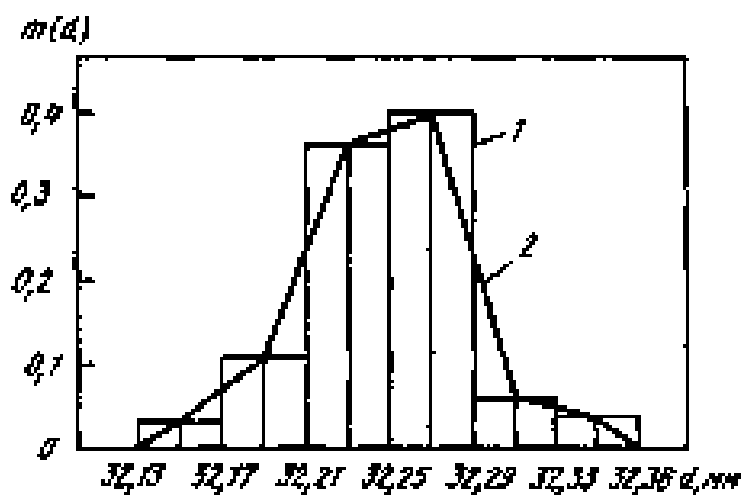


Рисунок 9.2. Гистограмма и практическая кривая распределения непрерывной случайной величины

Для дискретной случайной величины $F(x)$ может быть найдено по таблице или графику распределения для любого значения x , как сумма вероятностей тех значений X , которые лежат влево от точки с координатой x . В рас-

смотренном выше примере распределения случайной величины для $X < 4$.

$$F(x) = P(X < 4) = P(x=1) + P(x=2) + P(x=3) = \frac{1}{20} + \frac{3}{20} + \frac{8}{20} = \frac{12}{20}.$$

Интегральный закон распределения можно представить в виде графика $F(x)$. Для дискретной случайной величины график будет иметь вид ступенчатой кривой.

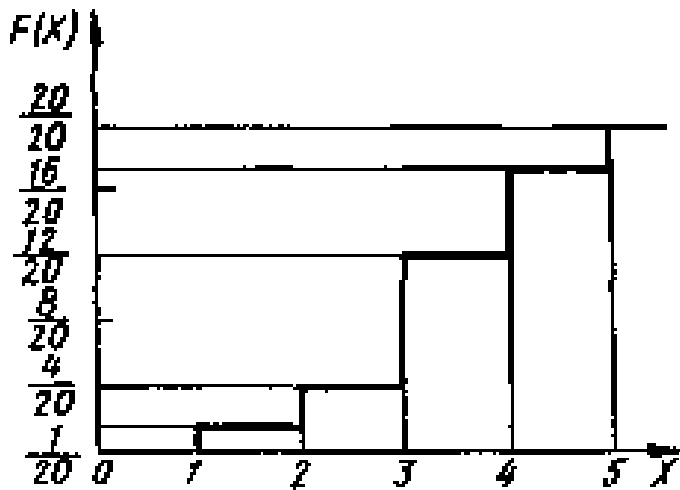


Рисунок 9.3. Интегральный закон распределения дискретной случайной величины

Имея функцию распределения дискретной случайной величины можно вычислить вероятность ее нахождения в границах от x_1 до x_2 :

$$P(x_1 \leq X < x_2) = F(x_2) - F(x_1).$$

Для **непрерывной случайной** величины график функции распределения будет иметь вид монотонно возрастающей кривой, а сама функция будет дифференцируемой.

Производную $f(x) = F'(x)$ функции распределения $F(x)$ непрерывной случайной величины X называют **плотностью вероятности** или дифференциальным законом распределения этой случайной величины.

Графически этот закон распределения может быть представлен кривой линией, построенной в координатах $x, f(x)$ (рис.2.4).

Зная плотность вероятности, можно определить вероятность того, что значение случайной величины X окажется в интервале от a до b ,

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x) dx.$$

В данном случае вероятность равна площади участка с основанием « ab », ограниченного сверху кривой плотности вероятности. При $a = -\infty$ и $b = +\infty$:

$$P(-\infty < X < +\infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1.$$

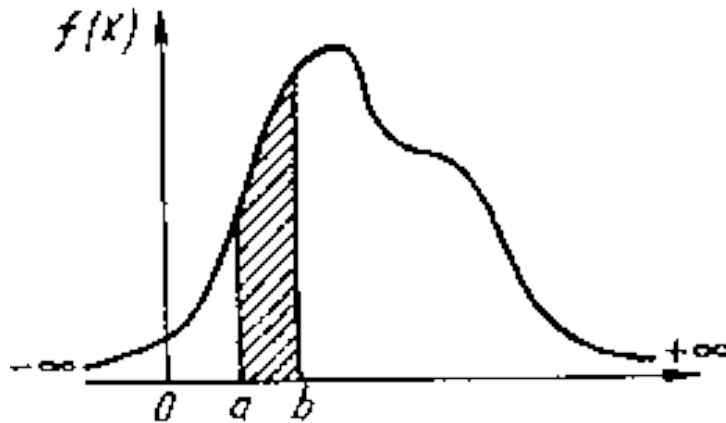


Рисунок 9.4. Дифференциальный закон распределения непрерывной случайной величины

Дифференциальный закон или плотность вероятности дает полную картину распределения случайной величины. Однако такая полная характеристика не всегда необходима. В ряде теоретических и практических задач бывает достаточным знание отдельных числовых характеристик:

- определяющих положение центра группирования случайной величины $M(x)$;
- ее рассеяние около этого центра.

Для характеристики положения центра группирования используют **математическое ожидание** и **среднее арифметическое значение** случайной величины:

- а) для дискретной случайной величины:

$$m_x = \sum_{i=1}^n x_i P(x_i),$$

где n – число возможных значений случайной величины x ;

б) для непрерывной случайной величины:

$$m_x = M[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx,$$

где $M(x)$ – характеристика теоретического распределения случайной величины.

На практике положение центра группирования $M(x)$ характеризует среднее арифметическое значение случайной величины:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m x_i f_i,$$

где f_i – частота отдельных значений x_i ,

m – число отдельных значений x_i ,

n – общее количество значений x_i .

Характеристикой рассеяния значений случайной величины около центра группирования $M(x)$ является дисперсия. Однако чаще используют не саму дисперсию, а положительный квадратный корень из нее, называемый **средним квадратичным отклонением**:

а) дисперсия и среднее квадратичное отклонение **дискретной случайной величины**

$$D_x = \sum_{i=1}^n (x_i - m_i)^2 P(x_i),$$

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n [x_i - M(x)]^2 P(x_i)};$$

б) дисперсия и среднее квадратичное отклонение **непрерывной случайной величины**

$$D_x = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)^2 f(x) dx$$

$$\sigma_x = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} [x - M(x)]^2 f(x) dx}.$$

Для практических распределений среднее квадратическое отклонение определяется по формуле:

$$\sigma_x = + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{X})^2 f_i}{n}}.$$

Размерность σ_x совпадает с размерностью самой случайной величины.

Таким образом, чтобы охарактеризовать распределение случайной величины надо иметь как минимум две числовые характеристики:

1. m_x или $\bar{X}$ — определяют положение центра группирования;
2. D_x или σ_x — разброс значений случайной величины около центра группирования.

Комплектом характеристик распределения следует считать также:

- поле рассеяния случайной величины:

$$\Phi_x = x_{\max} - x_{\min};$$

- — координату середины поля рассеяния:

$$\Delta_{\omega X} = 0,5(x_{\max} - x_{\min}) + x_{\min}.$$

В симметричных распределениях центр группирования $M(x)$ оказывается совмещенным с $\Delta_{\omega X}$.

9.2. Законы распределения

Распределение случайных величин в зависимости от условий могут подчиняться вполне определенным законам: Гаусса, равной вероятности, Симпсона. Наибольшее практическое значение в технологии машиностроения имеет дифференциальная функция закона нормального распределения (закон

Гаусса), для которого плотность вероятности или дифференциальная функция распределения:

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}}}{\sigma_x \sqrt{2\pi}},$$

где x – переменная случайная величина;

σ_x – среднее квадратичное отклонение x от m_x ;

m_x – математическое ожидание величины x .

Дифференциальная функция **закона нормального распределения** графически изображается холмообразной кривой, симметричной относительно центра группирования, представленной величинами m_x и $\bar{X}$ (рис.2.5). Координата центра группирования определяет положение кривой относительно начала отсчета, а параметр σ_x (среднее квадратичное отклонение) – ее форму и размах.

Функция или интегральный **закон нормального распределения** в общем виде можно записать:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx.$$

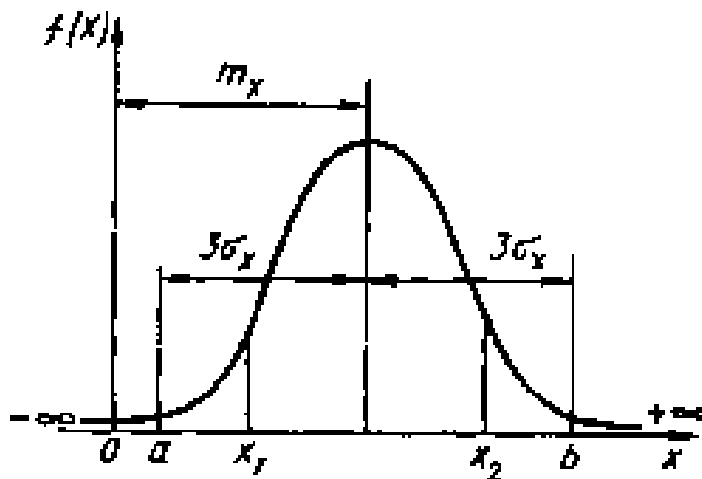


Рисунок 9.5. Дифференциальный закон нормального распределения случайной величины

Закон **равной вероятности** встречается, когда наряду со случайными

факторами, вызывающими рассеяние, действует доминирующий систематический фактор непрерывно или равномерно изменяющий во времени положение центра группирования $M(x)$. Графически такое распределение случайной величины отображается прямоугольником (рис. 9.6).

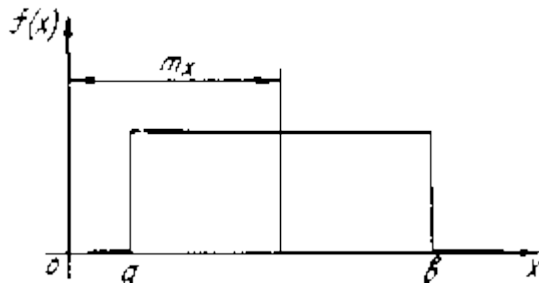


Рис.2.6. Распределение случайной величины по закону равной вероятности

Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратичное отклонение соответственно равны:

$$m_x = \frac{(b+a)}{2};$$

$$D_x = \frac{(b-a)^2}{12};$$

$$\sigma_x = \frac{(b-a)}{2\sqrt{3}}.$$

К распределению по **закону Симпсона (закон треугольника)** приводит сложение двух случайных величин, подчиненных закону равной вероятности при одинаковых параметрах рассеяния. Графически кривая рассеяния имеет вид равнобедренного треугольника (рис. 9.7).

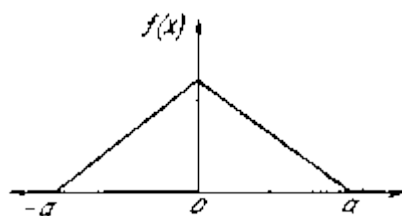


Рисунок 9.7. Распределение случайной величины по закону Симпсона

Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратичное отклоне-

ние соответственно равны:

$$m_x = 0;$$

$$D_x = \frac{a^2}{6};$$

$$\sigma_x = \frac{a}{\sqrt{6}}.$$

Если рассматривать распределение по законам Симпсона и равной вероятности как отклонение от закона нормального распределения, то можно отразить и количественную сторону этих отклонений с помощью коэффициента λ , который называется относительным средним квадратичным отклонением:

$$\lambda = \frac{2\sigma_x}{\omega_x}.$$

Значения коэффициента λ для рассмотренных законов распределения приведены в табл.9.3. На практике чаще пользуются значением коэффициента возведенного в квадрат.

Таблица 9.3. Значения относительного среднего квадратичного отклонения

Закон распределения	σ_x	ω_x	λ	$\lambda'(\lambda^2)$
Нормальный (Гаусса)	σ_x	$6\sigma_x$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$
Симпсона	$\frac{a}{\sqrt{6}}$	$2a$	$\frac{1}{\sqrt{6}}$	$\frac{1}{6}$
Равной вероятности	$\frac{b-a}{2\sqrt{3}}$	$b-a$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{3}$

Задание

Для заданных значений действительных размеров деталей, полученных на автоматическом оборудовании определить:

1. Размах варьирования случайной величины и определить для него ко-

личество интервалов;

2. Рассчитать ширину интервалов и найти границы интервалов;
3. Определить количество измерений, размеры которых попали в каждый интервал (частоту);
4. Рассчитать среднее арифметическое и среднее квадратическое значения результатов измерений;
5. Построить совмещенный график эмпирического и теоретического распределений;
6. Для заданного поля допуска определить коэффициент запаса точности исследуемого технологического процесса

Вопросы для защиты работы:

1. Распределение каких параметров качества детали подчиняется нормальному закону и почему?
2. Как определяются среднее арифметическое значение и среднее квадратическое отклонение исследуемого параметра качества?
3. Как определяются основные показатели точности и надежности исследуемого технологического процесса?
4. Как и по каким критериям определяется соответствие опытного и теоретического распределения погрешностей?

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1 Технология машиностроения : учеб. пособие : в 2 кн. / под ред. С. Л. Мурашкина, Кн. 1, Основы технологии машиностроения. – 2-е изд., доп. – М. : Высшая школа, 2005. – 278 с. – Библиогр.: с. 275-276. – ISBN 5-06-004367-3(Кн.1)

Дополнительная литература

1 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И. М. Колесов . - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 591 с. - Биб-

лиогр.: с. 587-588. - ISBN 5-06-003662-6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
«ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

для студентов направления подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Содержание

Введение	3
Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Основы технологии машиностроения»	4
Методические рекомендации по изучению теоретического материала	5
Методические указания по подготовке к экзамену	10
Список рекомендуемой литературы	13

Введение

В соответствии с программой дисциплины «Основы технологии машиностроения» студенту необходимо изучить основные типы производств, теорию базирования и закрепления, уметь рассчитывать припуск на обработку, рационально планировать технологический процесс механической обработки изделий, изучить современные средства и методы проведения мех. обработки, а также перспективы развития отрасли.

Эффективность предприятий машиностроительной отрасли в значительной мере определяется высокой производительностью без потери качества и экономичность её технологических процессов.

При работе над курсом студент должен одновременно руководствоваться программой курса, методическими указаниями, а также рекомендациями, излагаемыми на лекциях.

Основным методом освоения курса является самостоятельное изучение материала, подготовка расчетно-графической работы, отработка практических навыков в обслуживании, ремонте оборудования на занятиях и производственной практике.

.

Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Основы технологии машиностроения»

В соответствии с рабочей программой, основными видами самостоятельной работы студентов по дисциплине **«Основы технологии машиностроения»** является подготовка к практическим и лекционным занятиям, самостоятельное изучение литературы, подготовка расчетно-графической работы.

В связи с этим задачами самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины **«Основы технологии машиностроения»** является:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины **«Основы технологии машиностроения»** является внеаудиторной. В связи с этим основными формами её является:

- изучение программного материала дисциплины (работа с учебником и конспектом лекции);
- изучение рекомендуемых литературных источников;
- конспектирование источников;
- работа со словарями и справочниками;
- работа с электронными информационными ресурсами и ресурсами Internet;
- выполнение тестовых заданий;
- ответы на контрольные вопросы;
- работа с компьютерными программами;
- подготовка к экзамену.

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой. Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Рекомендуемыми методами работы с литературой в рамках изучения дисциплины «Основы технологии машиностроения» являются:

- Выписки — небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отделы абзацы, а также дословные и близкие к дословной записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного. Выписки представляют собой более сложную форму записи содержания исходного источника информации. По сути, выписки – не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном (чаще последовательном) порядке наиболее важные мысли автора.

- Тезисы – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме. Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. Во-первых, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. Во-вторых, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. В-третьих, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т.е. без использования прямого цитирования.

- Аннотация – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация.

- Конспект – сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом

источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему, в более краткой форме. Ценность конспекта значительно повышается, если обучающийся излагает мысли своими словами, в лаконичной форме. Конспект должен начинаться с указания реквизитов источника (фамилии автора, полного наименования работы, места и года издания). Особо значимые места, примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамку, пометками на полях, чтобы акцентировать на них внимание и прочнее запомнить.

- Глоссарий — это вид самостоятельной работы обучающихся, выражающейся в подборе и систематизации терминов, непонятных слов и выражений, встречающихся при изучении темы, развивает у обучающихся способность выделять главные понятия темы и формулировать их. Оформляется письменно, включает название и значение терминов, слов и понятий в алфавитном порядке.

Критерии оценки работы с литературой:

- содержательность;
- отражение основных положений, результатов работы, выводов;
- ясность, лаконичность изложения мыслей обучающегося;
- наличие схем, графическое выделение особо значимой информации;
- соответствие оформления требованиям;
- грамотность изложения.

Грамотная работа с литературой позволит лучше систематизировать изучаемый материал, выполнить расчетно-графическую работу, подготовиться экзамену по дисциплине.

Технологическая карта самостоятельной работы обучающегося

Очная форма обучения

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
5 семестр					
ИД-3 _{ОПК-1} , ИД-2 _{ОПК-3} , ИД-3 _{ОПК-3} , ИД-2 _{ОПК-5} , ИД-3 _{ОПК-5} , ИД-1 _{ОПК-7} , ИД-2 _{ОПК-7} , ИД-3 _{ОПК-7} , ИД-3 _{ОПК-8}	Подготовка к практическим занятиям	собеседование	6,4	0,8	7,2
	Подготовка к лекционным занятиям	собеседование	3,2	0,4	3,6
	Самостоятельное изучение литературы	собеседование	79,3	8,9	88,2
	Подготовка к экзамену	собеседование	7,5	1,5	9
	Итого		96,4	11,6	108

2 План-график выполнения самостоятельной работы

№п/п	Наименование темы	Сроки выполнения
1	Основные положения и понятия технологии машиностроения. Понятие машины, изделия, детали, сборочной единицы. Качество машины. Надежность. Производственный цикл. Технологическая сборочная единица. Технологическая операция.	1-2 неделя
2	Характеристики технологического процесса. Единичный ТП. Типовой ТП. Групповой ТП. Рабочий ТП. Стандартный ТП. Временный ТП	3-4 неделя
3	Закономерности и связи, проявляющиеся в процессе проектирования и создания машины. Общие характеристики строения (морфологии) рассматриваемых технических систем: элементы и характеристики их состояний, связи отношения между элементами, структура.	5-6 неделя
4	Достижение требуемой точности параметров детали в процессе её изготовления Категории показателей точности: требуемая, действительная, ожидаемая. Методы достижения требуемой точности при изготовлении деталей и сборке машин. Методы расчета допуска и погрешностей.	7-8 неделя
5	Факторы влияющие на точность обработки Геометрические погрешности изготовления станка и изнашивание его элементов. Неточность изготовления и изнашивание инструмента. Деформации обрабатываемой заготовки. Погрешность установки заготовки. Жесткость технологической системы. Погрешность настройки станка. Погрешности, вызываемые тепловыми деформациями системы. Остаточные напряжения в материале заготовки.	9-10 неделя
6	Основы теории базирования. Базирование и позиционные связи. Определенность и неопределенность базирования. Объект базирования в задачах проектирования технологических процессов изготовления детали и сборки машин. Классификация баз.	11-12 неделя
7	Базирование и качество изделия Количество баз, необходимых для базирования, и их обозначения в технологической документации. Назначение баз при проектировании технологических процессов изготовления машины. Основные правила базирования.	13-14 неделя
8	Временные и экономические связи в производственном процессе. Исходные материалы, заготовки, детали, сборочные единицы. Вспомогательные материалы. Режущие инструменты, приспособления, технологическая оснастка. Отходы производства.	15-16 неделя
9	Технология сборки. Технологическая схема сборки. Точность сборки и надежность машин. Методы сборки. Основы проектирования техпроцесса сборки. Разработка технологического процесса сборки	17-18 неделя

Методические указания (по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины)

В соответствии с рабочей программой дисциплины в рамках изучения дисциплины «Основы технологии машиностроения» запланирован ряд практических и лабораторных занятий на целенных на знакомство студентов с возможными возникающими при мех. обработке погрешностями, с теорией базирования и закрепления деталей, с методиками расчета припуска на мех. обработку.

Примерный перечень тематик практических и лабораторных занятий.

- Элементы технологического процесса
- Определение суммарной погрешности операций механической обработки заготовок на автоматическом оборудовании
- Проектирование маршрута обработки вала
- Определение погрешности установки размера по лимбу станка.
- Расчёт припусков на операции механической обработки
- Определение осевой погрешности закрепления при установке заготовки в самоцентрирующем трехкулачковом и цанговом патроне.
- Определение зависимости размерного износа резца от пути резания
Исследование зависимости относительного износа резца от скорости резания. Проектирование схем базирования
- Нормирование операций механической обработки

Полный текст практических работ представлен в МУ по практическим и лабораторным занятиям по дисциплине «Основы технологии машиностроения».

Методические указания по подготовке к экзамену

В процессе подготовки к экзамену студент обязан ознакомиться со всеми видами предлагаемой литературы (основной; дополнительной; электронными ресурсами). С целью проработки тем предложенных на самостоятельное изучение.

Ниже представлен примерный перечень вопросов к экзамену.

- 1 История технологии машиностроения. Вклад отечественных ученых в развитие технологии машиностроения.
- 2 Качество и экономичность машины.
- 3 Изделия машиностроительного производства. Виды изделий.
- 4 Производственный и технологический процессы изготовления машины.
- 5 Понятие о машине и её служебном назначении.
- 6 Основные этапы разработки технологических процессов (ГОСТ 14.301).
- 7 Элементы технологического процесса: операция, переход, вспомогательный переход.
- 8 Элементы технологического процесса: установ, позиция, рабочий и вспомогательный ход, приём.
- 9 Типы машиностроительных производств их технологическая характеристика.
- 10 Определение единичного, серийного, массового производства.
- 11 Особенности различных видов производств
- 12 Определение коэффициента закрепления операций.
- 13 Такт выпуска. Поточная форма производства, её технологическая и экономическая эффективность.
- 14 Характеристика единичного производства.
- 15 Характеристика серийного производства.
- 16 Характеристика массового производства.
- 17 Поточное производство при серийном и массовом выпуске деталей.
- 18 Построение технологических процессов по методу концентрации операций (параллельная, последовательная, многоместная и д. р.).
- 19 Построение технологических процессов по методу дифференциации операций. Преимущества, недостатки область применения
- 20 Общие понятия о базировании. Базирование. База. Конструкторские, технологические и измерительные базы.
- 21 Правила шести точек; схемы базирования призматических, длинных и коротких цилиндрических деталей.
- 22 Черновые и чистовые технологические базы. Назначение баз для черновой обработки. Основы выбора технологических баз.
- 23 Основные и вспомогательные (искусственные) технологические базы.
- 24 Принципы постоянства и совмещения баз.
- 25 Установочная, опорная, направляющая, двойная направляющая, двойная опорная базы. Комплект баз.
- 26 Погрешность установки заготовки. Погрешность базирования. Расчёт погрешности базирования.

- 27 Расчётно-аналитический метод определения точности обработки.
- 28 Влияние геометрической и кинематической погрешностей станка на точность обработки заготовки.
- 29 Понятие жёсткости и податливости станка.
- 30 Влияние жёсткости станка на точность обработки.
- 31 Способы определения жесткости станков.
- 32 Влияние жёсткости инструмента и детали на точность обработки.
- 33 Износ режущего инструмента и его влияние на точность обработки.
- 34 Размерный и относительный износ режущего инструмента. Точность режущего и вспомогательного инструмента.
- 35 Влияние погрешности установки заготовки в приспособлении на точность обработки.
- 36 Способы настройки станков и их влияние на точность обработки.
- 37 Влияние тепловых деформаций станков, инструментов и заготовок на точность размера и формы обрабатываемой поверхности.
- 38 Погрешности от деформаций, вызванных перераспределением внутренних напряжений. Погрешность измерения.
- 39 Вибрации при механической обработке. Причины возникновения вибраций. Способы уменьшения вибраций.
- 40 Классификация погрешностей при механической обработке. Систематические и случайные погрешности.
- 41 Исследование точности обработки методами математической статистики.
- 42 Оценка точности технологического процесса методом кривых распределения.
- 43 Оценка точности технологических процессов точечными и точностными диаграммами.
- 44 Таблицы точности. Экономическая и достижимая точность обработки.
- 45 Понятие о качестве обработанной поверхности. Параметры оценки качества детали.
- 46 Влияние технологических факторов на параметры качества детали.
- 47 Шероховатость поверхности. Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей машин.
- 48 Техническая норма и её составляющие элементы. Норма выработки.
- 49 Смысл и направление решения прямой и обратной задачи. Свойства связей.
- 50 Определение понятия "связь". Аналитическое выражение связей.
- 51 Причины отклонений в размерных связях, возникающих при сборке машины.
- 52 Компоненты временных связей. Виды и формы организации производственных процессов.
- 53 Основы технического нормирования. Техническая норма времени и её значение.
- 54 Структура нормы времени; методы нормирования; структура операции и состав операционного времени.
- 55 Сокращение расходов на материалы и заработную плату.

56 Сокращение расходов на содержание, амортизацию и эксплуатацию средств труда. Сокращение накладных расходов.

57 Типизация технологических процессов. Метод групповой обработки заготовок деталей.

58 Технология сборки. Причины отклонений в размерных связях, возникающих при сборке машины.

59 Технология сборки. Проявление отклонений формы, относительного поворота поверхностей деталей и расстояний между ними.

60 Деформация деталей в процессе сборки машины.

61 Разработка технологического процесса изготовления деталей.

Разработка технологического процесса сборки машины

Процедура проведения **экзамена** осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры - в СКФУ.

В экзаменационный билет включаются 2 вопроса для проверки знаний студента. Вопросы повышенного уровня предполагают углубленное знание предмета и работу студента с основной, а также дополнительной технической и научной литературой. Вопросы и задания базового уровня предполагают твердое знание предмета и работу студента с основной литературой.

Для подготовки по билету отводится 30 минут.

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность ответов на вопросы;
- рациональность выполнения задания;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации;
- правильность и четкость ответов.

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы:

1. Мнацаканян, В. У. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / В. У. Мнацаканян. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2018. — 222 с. — ISBN 978-5-906846-90-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/84416.html>

2. Белов, П. С. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : пособие по выполнению курсовой работы / П. С. Белов, А. Е. Афанасьев. — Электрон. текстовые данные. — Егорьевск : Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», 2015. — 117 с. — 978-5-904330-11-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31952.html>

Дополнительная литература

1. Борисов, В. М. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. М. Борисов. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. — 137 с. — 978-5-7882-1159-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62531.html>

2. Тимирязев, В. А. Основы технологии машиностроительного производства : учебник для вузов / В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе ; под ред. В. А. Тимирязева. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2012. — 442 с. : ил., табл. ; 24. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Гриф: Доп. УМО. — Библиогр.: с. 436-438. — ISBN 978-5-8114-1150-4; 621_Т 41

3. Мычко, В. С. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. С. Мычко. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Вышэйшая школа, 2011. — 382 с. — 978-985-06-2014-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20244.html>

Справочная литература

1. - Горбачевич, Александр Феликсович. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред . - Изд. 4-е., перераб. и доп. - Минск : Высшая школа, 1983. - 256 с. - Прил.: с. 146-254. - Библиогр.
2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, Т. 1 . - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. - 656 с. - Предм. указ.: с. 648
3. - Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, Т. 2 . - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1985. - 496 с. - Предм. указ.: с. 486
4. - Обработка металлов резанием: Справочник технолога / [А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.]; под общ. ред. А. А. Панова. - М. : Машиностроение, 1988. - 736с. - Предм. указ.: с. 731-736. - ISBN 5-217-00032-5

Методическая литература

1. Рукопись методических указаний к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Основы технологии машиностроения" для студентов направления подготовки 15.03.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"
2. Рукопись методических указаний к выполнению практических работ по дисциплине "Основы технологии машиностроения" для студентов направления подготовки 15.03.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"
3. Рукопись методических указаний к выполнению расчетно-графических работ по дисциплине "Основы технологии машиностроения" для студентов направления подготовки 15.03.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"

Интернет-ресурсы:

- <http://www.i-mash.ru> - машиностроительный портал.

1. Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

Вопросы для собеседования

	Базовый уровень
Тема 1.	Основные положения и понятия технологии машиностроения
1	Задачи современной технологии машиностроения.
2	Понятие о машине и её служебном назначении.
3	Изделия машиностроительного производства.
4	Основные этапы разработки технологических процессов
Тема 2.	Характеристики технологического процесса
1	Типы машиностроительных производств их технологическая характеристика
2	Особенности различных видов производств.
Тема 3.	Закономерности и связи, проявляющиеся в процессе проектирования и создания машины
1	Аналитическое выражение связей.
2	Смысл и направление решения прямой и обратной задачи.
Тема 4.	Достижение требуемой точности параметров детали в процессе её изготовления
1	Расчётно-аналитический метод определения точности обработки.
2	Основные факторы вызывающие погрешность при механической обработке.
Тема 5.	Факторы влияющие на точность обработки
1	Износ режущих инструментов.
2	Влияние погрешности установки заготовок и настройки станка, на точность обработки
3	Влияние тепловых деформаций технологической системы на точность обработки.
4	Вибрации при механической обработке. Причины возникновения вибраций.
Тема 6.	Основы теории базирования
1	Базы и базирование.
2	Классификация поверхностей детали; общие понятия о базировании; конструкторские, измерительные и технологические базы, их определение.
3	Основные виды поверхностей, используемых в качестве установочных баз.
Тема 7.	Базирование и качество изделия
1	Скрытые и явные базы.

2	Принципы постоянства и совмещения баз.
3	Основные и искусственные базы.
4	Назначение баз для черновой обработки.
5	Основы выбора чистовых технологических баз.
Тема 8.	Временные и экономические связи в производственном процессе
1	Виды и формы организации производственных процессов.
2	Основы технического нормирования.
3	Техническая норма времени и её значение.
4	Структура нормы времени; методы нормирования; структура операции и состав операционного времени.
5	Сокращение расходов на материалы и заработную плату.
Тема 9.	Технология сборки
1	Причины отклонений в размерных связях, возникающих при сборке машины.
2	Проявление отклонений формы, относительного поворота поверхностей деталей и расстояний между ними.
	Повышенный уровень
Тема 1.	Основные положения и понятия технологии машиностроения
1	Элементы технологического процесса: операция, установ, позиция, рабочий и вспомогательный переходы,
2	Элементы технологического процесса: рабочий и вспомогательный ходы, рабочий приём.
Тема 2.	Характеристики технологического процесса
1	Поточная форма производства, её технологическая и экономическая эффективность.
2	Построение технологических процессов по методу концентрации и дифференциации операций.
Тема 3.	Закономерности и связи, проявляющиеся в процессе проектирования и создания машины
1	Положения теории вероятностей и математической статистики используемые в технологии машиностроения.
Тема 4.	Достижение требуемой точности параметров детали в процессе её изготовления
1	Влияние упругих деформаций технологической системы СПИД на точность обработки.
2	Жёсткость станка и методы её определения.
Тема 5.	Факторы влияющие на точность обработки
1	Способы уменьшения вибраций.
Тема 6.	Основы теории базирования
1	Правила шести точек; схемы базирования призматических, длинных и коротких цилиндрических поверхностей.
2	Комплект баз: установочная, направляющая, опорная, двойная направляющая, двойная опорная.

Тема 7.	Базирование и качество изделия
1	Обозначение установочных поверхностей в технической документации.
2	Погрешность базирования. Расчёт погрешности базирования.
Тема 8.	Временные и экономические связи в производственном процессе
1	Сокращение расходов на содержание, амортизацию и эксплуатацию средств труда.
2	Сокращение накладных расходов.
3	Типизация технологических процессов.
4	Метод групповой обработки заготовок деталей.
Тема 9.	Технология сборки
1	Разработка технологического процесса изготовления деталей.
2	Разработка технологического процесса сборки машины.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Компетенции ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-7, ОПК-8 освоены на повышенном уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Компетенции ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-7, ОПК-8 полностью освоены на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения

при выполнении практических работ. Компетенции ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-7, ОПК-8 частично освоены на базовом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным

55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед собеседованием по теме студент должен выполнить и защитить лабораторные работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-2_{ОПК-5}, ИД-3_{ОПК-5}, ИД-1_{ОПК-7}, ИД-2_{ОПК-7}, ИД-3_{ОПК-7}, ИД-3_{ОПК-8}. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;

- правильность и четкость ответов;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-3 _{ОПК-1} ,	степень усвоения программного материала	
ИД-2 _{ОПК-3} ,	способность рассуждать и сопоставлять материал из	
ИД-3 _{ОПК-3} ,	разных источников	
ИД-2 _{ОПК-5} ,	способность связывать теорию с практикой, другими	
ИД-3 _{ОПК-5} ,	темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
ИД-1 _{ОПК-7} ,	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
ИД-2 _{ОПК-7} ,	умение использовать методическую, научную и	
ИД-3 _{ОПК-7} ,	техническую литературу	
ИД-3 _{ОПК-8}	инициативность в поиске информации	

Вопросы к экзамену*

Вопросы (задача, задание) для проверки уровня обученности

1. Современное состояние и перспективы развития отечественного машиностроения.
2. Понятие о машине и её служебном назначении.
3. Качество и экономичность машины.
4. Изделия машиностроительного производства.
5. Производственный и технологический процессы изготовления машины.
6. Типы машиностроительных производств их технологическая характеристика.
7. Особенности различных видов производств.
8. Поточная форма производства, её технологическая и экономическая эффективность.
9. Определение понятия "связь".
10. Аналитическое выражение связей
11. Смысл и направление решения прямой и обратной задачи.
12. Основные факторы вызывающие погрешность при механической обработке.
13. Влияние упругих деформаций технологической системы СПИД на точность обработки.
14. Изменение жёсткости технологической системы в зависимости от координат обработки.
15. Способы повышение жесткости технологической системы.
16. Износ режущих инструментов и его влияние на качество обработки.

17. Влияние погрешности установки заготовок, настройки станка, геометрических погрешностей станка на точность обработки.
18. Влияние тепловых деформаций технологической системы на точность обработки.
19. Вибрации при механической обработке.
20. Элементы изделий.
21. Элементы технологического процесса: операция, установ, позиция, рабочий и вспомогательный переходы,.
22. Элементы технологического процесса: рабочий и вспомогательный ходы, рабочий приём.
23. Определение индивидуального, серийного, массового производства.
24. Расчёт коэффициента закрепления операций.
25. Построение технологических процессов по методу концентрации и дифференциации операций
26. Свойства связей.
27. Положения теории вероятностей и математической статистики используемые в технологии машиностроения.
28. Расчётно-аналитический метод определения точности обработки.
29. Жёсткость станка и методы её определения.
30. Расчет погрешности обработки от износа инструмента.
31. Влияние внутренних напряжений в материале заготовки и точности измерительных приборов на точность обработки.
32. Причины возникновения вибраций. Способы уменьшения вибраций.
33. Правила шести точек; схемы базирования призматических, длинных и коротких цилиндрических поверхностей.

34. Комплект баз: установочная, направляющая, опорная, двойная направляющая, двойная опорная.
35. Назначение баз для черновой обработки.
36. Основы выбора чистовых технологических баз.
37. Обозначение установочных поверхностей в технической документации.
38. Базы и базирование. Классификация поверхностей детали.
39. Общие понятия о базировании; конструкторские, измерительные и технологические базы, их определение.
40. основные виды поверхностей, используемых в качестве установочных баз.
41. Скрытые и явные базы.
42. Принципы постоянства и совмещения баз.
43. Основные и искусственные базы.
44. Дополнительные опорные поверхности. Организованная и неорганизованная смены баз.
45. Компоненты временных связей. Виды и формы организации производственных процессов.
46. Основы технического нормирования.
47. Структура нормы времени; методы нормирования; структура операции и состав операционного времени.
48. Типизация технологических процессов.
49. Метод групповой обработки заготовок деталей.
50. Причины отклонений в размерных связях, возникающих при сборке машины.
51. Проявление отклонений формы, относительного поворота поверхностей деталей и расстояний между ними.
52. Погрешность базирования. Расчёт погрешности базирования.

- 53. Расчёт технической нормы времени.
- 54. Сокращение расходов на материалы и заработную плату.
- 55. Сокращение расходов на содержание, амортизацию и эксплуатацию средств труда.
- 56. Сокращение накладных расходов.
- 57. Деформации деталей в процессе сборки машины и способы их уменьшения.
- 58. Метод разработки технологического процесса изготовления деталей.
- 59. Метод разработки технологического процесса сборки машины.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Компетенции ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-7, ОПК-8 освоены на повышенном уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Компетенции ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-7, ОПК-8 полностью освоены на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ. Компетенции ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-7, ОПК-8 частично освоены на базовом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

2. Описание шкалы оценивания

Промежуточная аттестация в форме экзамена предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры и оценивается 40 баллами из 100. В случае если рейтинговый балл студента по дисциплине по итогам семестра равен 60, то программой автоматически добавляется

32 премиальных балла и выставляется оценка «отлично». Положительный ответ студента на экзамене оценивается рейтинговыми баллами в диапазоне от 20 до 40 ($20 \leq S_{\text{экз}} \leq 40$), оценка меньше 20 баллов считается неудовлетворительной.

Шкала соответствия рейтингового балла экзамена 5-балльной системе

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
35 – 40	Отлично
28 – 34	Хорошо
20 – 27	Удовлетворительно

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры - в СКФУ.

В экзаменационный билет включаются 3 вопроса: 2 вопроса базового уровня, 1 – повышенного. Ответ повышенного уровня отличается от ответа базового уровня многовариантностью рассматриваемых ситуаций и необходимостью выполнить качественный и количественный анализ при обосновании принятых решений. При ответе повышенного уровня, как правило, должна быть использована информация из специальной и научной литературы.

Для подготовки по билету отводится 30 минут.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования, справочными таблицами, плакатами.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-3 _{ОПК-1} ,	степень усвоения программного материала	
ИД-2 _{ОПК-3} ,	способность рассуждать и сопоставлять материал	
ИД-3 _{ОПК-3} ,	из разных источников	
ИД-2 _{ОПК-5} ,	способность связывать теорию с практикой,	
ИД-3 _{ОПК-5} ,	другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
ИД-1 _{ОПК-7} ,	правильность речи в быстром или умеренном	
ИД-2 _{ОПК-7} ,	темпе	
ИД-3 _{ОПК-7} ,	умение использовать методическую, научную и	
ИД-3 _{ОПК-8}	техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	