

29/13/1

**Одобрено кафедрой
«Железнодорожный путь, машины
и оборудование»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К РАЗРАБОТКЕ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ
(Технологический раздел)
для студентов VI курса**

**специальности
170900 ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ,
ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ (СМ)**



Москва — 2005

Составитель — канд. техн. наук, проф. В.С. Соколов

Рецензент — канд. техн. наук, проф. В.С. МАЛЯР

ВВЕДЕНИЕ

В процессе работы над дипломным проектом студенты выполняют технологический раздел, приобретая навыки в разработке технологических процессов восстановления изношенных деталей путевых, строительных и дорожных машин. Технологический раздел включает исходные данные, анализ поставленной задачи, выбор наиболее эффективного варианта и другие вопросы. Раздел должен быть оформлен в соответствии с требованиями ЕСКД и содержать необходимые расчетные, пояснительные и графические материалы. По разделу выполняется лист формата А1, на котором даются чертеж восстанавливаемой детали и эскизы к технологической схеме восстановления детали.

ЗАДАНИЕ

Разработать технологический процесс восстановления детали строительной машины и составить маршрутно-технологическую карту.

Исходные данные примеров восстанавливаемых деталей приведены в табл. 1.

Каждый студент из узлов разрабатываемой машины выбирает деталь и для неё выполняет технологический раздел.

Технологический раздел включает:

1. Выполнение эскиза детали с указанием мест возможного износа (помещается в технологической карте).
2. Установление типа производства.
3. Анализ возможных способов восстановления детали и выбор оптимального способа.
4. Выбор установочных баз.
5. Установление маршрута восстановления изношенной поверхности детали.
6. Разработку операций восстановления деталей.
7. Разработку операций механической обработки деталей после ее восстановления.
8. Составление маршрутно-технологической карты.
9. Расчет экономической эффективности восстановления детали.

Таблица 1. Исходные данные

Номер варианта	Деталь	Номер рисунка	Материал детали	Масса детали, кг	Лодовая программа, шт.	Восстанавливаемый дефект	Размеры, мм		
							номинальный	предельный	фактический
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	Вал	6	Сталь 45	0,9	9000	Износ резьбы М60×2	60	59,5	58,5
1	Шкив	7	Сталь 35	21,0	8500	Износ отверстия Ø 45	45	45,5	46,2
2	Колесо храповое	3	Сталь 20	0,76	7000	Износ зубьев по вы- соте	1,8	1,7	1,6
3	Крышка	8	Сталь 35	3,6	2200	Износ поверхности Ø 80	80	79,6	70,2
4	Колесо зубчатое	2	Сталь 40X	7,1	3300	Износ шпоночного паза по ширине	10	10,2	10,4
5	Вал	5	Сталь 45	1,0	10000	Износ шлицев	5	4,9	4,5
6	Проушина	4	Сталь 35	21,3	4200	Износ отверстия Ø 80	80	80,7	81,3
7	Колесо зубчатое	9	Сталь 40X	1,3	6000	Износ зубьев по дели- тельной окружности	77,5	77,0	76,0
8	Вал-шестерня	1	Сталь 40X	0,5	1500	Износ зубьев шестер- ни по делительной окружности	27	26,5	24,0
9	Втулка	10	Сталь 45	0,85	9500	Износ размера 33,3	33,3	33,6	34,2
10	Колесо храповое	3	Сталь 20	0,76	7500	Износ шпоночного па- за по ширине	8	8,2	8,4
11	Вал	5	Сталь 45	1,0	8000	Износ шейки Ø30	30	29,4	28,8
12	Колесо зубчатое	2	Сталь 40X	7,1	3500	Износ отверстия Ø 36	36	36,5	37,2

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	Втулка конусная	11	Сталь 45	0,8	9500	Износ резьбы 36×3	36	35,5	35,1
14	Вал	6	Сталь 45	0,9	10000	Износ шпоночного паза	10	10,2	10,4
15	Ось	12	Сталь 40X	1,7	9300	Износ шейки Ø 40	40	39,5	38,8
16	Вал-шестерня	1	Сталь 40X	0,5	2000	Износ шейки Ø 30	30	29,6	29
17	Колесо зубчатое	2	Сталь 40X	7,1	3000	Износ зубьев по дели- тельной окружности	197,5	198,5	200
18	Ось	12	Сталь 40X	1,7	9700	Износ шпоночного паза	6	6,5	7,2

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭСКИЗА ДЕТАЛИ

В процессе работы любой машины происходит износ ее деталей. Это естественное изнашивание носит закономерный характер и происходит в результате трения сопрягаемых поверхностей деталей, тепловых и химических воздействий среды, изменения физико-механических свойств материала деталей вследствие старения и усталости

Износ деталей является главной причиной, по которой машины теряют работоспособность.

К основным свойствам деталей, изменение которых при эксплуатации машин приводит к отказам, относятся: линейные размеры и форма, относительное расположение поверхностей, физико-механические свойства материала поверхностного слоя.

Для разработки технологического процесса восстановления деталей студент выполняет эскиз детали на технологической карте (форма карты приведена в табл. 7). При этом необходимо выявить и указать в карте все возможные дефекты, которые могут возникнуть при работе детали, и отметить их на эскизе.

Разработка технологического процесса выполняется только для одного из возможных дефектов (указан в табл. 1).

2. УСТАНОВЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Тип производства является организационно-технологической характеристикой производственного процесса. Он оказывает существенное влияние на разработку технологического процесса, выбор способа восстановления, выбор оборудования и инструмента.

В машиностроении и ремонтном производстве различают три основные типа производства: единичное, серийное и массовое. В свою очередь серийный тип производства подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Их характеристика приведена в [7; 8].

Студент предварительно выбирает тип производства исходя из заданной годовой программы. Окончательно тип производства устанавливается по коэффициенту серийности $K_{сер}$ после определения штучного времени.

$$K_{сер} = \frac{60 F_d m}{N t_{шт}}, \quad (2.1)$$

где F_d — действительный годовой фонд работы оборудования при одной смене, ч;

m — число рабочих смен в сутки;

N — годовая программа, шт;

$t_{шт}$ — штучное время восстановления, мин [7].

Значение $K_{сер}$ приведены ниже.

Значение $K_{сер}$	Тип производства
<2.....	массовое
2?10.....	крупносерийное
11?20.....	среднесерийное
21?40.....	мелкосерийное
>40.....	единичное

3. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА

Целью восстановления деталей является возвращение им свойств, утраченных в процессе работы: характера посадки, размеров, формы, свойств поверхностного слоя.

Для этого существует различные технологические способы восстановления [7; 8; 4].

При выборе способа восстановления необходимо учитывать: материал детали, ее термическую обработку, поверхностную твердость, условия работы детали (характер нагрузки, посадку, величину удельного давления), вид изнашивания и величину износа, допустимые величины деформации, производительность процесса восстановления, его экономичность.

Студент, пользуясь литературными источниками, должен провести анализ возможных способов восстановления и определить, какие из них (выбрать два способа) могут быть использованы для восстановления детали по дефекту, указанному в табл. 1. При этом должны учитываться конструкция детали, ее материал, характер и величина дефекта. Основные способы восстановления следует выбрать из табл. 2.

Для двух выбранных способов восстановления детали следует по технико-экономическому критерию C_z выбрать оптимальный вариант.

Критерий C_z , предложенный проф. А.В. Каракулевым, представляет относительную стоимость:

$$C_z = \frac{C_{\text{вз}} (1 + a_z)}{P_z} \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

где $z = 1, 2, \dots, 14$ — номера, присвоенные способам восстановления (см. табл. 2);

$C_{\text{вз}}$ — стоимость восстановления z -м способом, руб.;

a_z — коэффициент, учитывающий возможные потери от неожиданного отказа детали, восстановленной z -м способом;

P_z — показатель относительной долговечности детали, восстановленной z -м способом.

Соответственно, для правильного выбора способа восстановления необходимо определить стоимость $C_{\text{вз}}$, показатель относительной долговечности P_z и значение коэффициента a_z .

Стоимость восстановления детали определяется по формуле

$$C_{\text{вз}} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (3.2)$$

где C_1 — заработная плата на выполнение всех технологических операций восстановления детали, руб.;

C_2 — стоимость материалов, руб.;

C_3 — стоимость электроэнергии, руб.;

C_4 — накладные расходы (затраты на содержание оборудования, оснастку, общецеховые расходы и т.д.), руб.

Таблица 2. Относительная долговечность детали при восстановлении различными способами

Номер способа	Способы восстановления	Коэффициент относительной долговечности восстановленной детали $K_{\text{вн}}$			
		По износоустойчивости K_{z1}	По прочности K_{z2}	По устойчивости прочности K_{z3}	По сцеплению с основным металлом K_{z4}
1. Ручная сварка и наплавка					
1	Электродуговая	0,70	0,95	0,60	1,00
2	Газовая	0,70	0,90	0,70	1,00
3	Аргондуговая	0,70	0,95	0,70	1,00
2. Механизированная сварка и наплавка					
4	В среде углекислого газа	0,72	0,95	0,90	1,00
5	Под слоем флюса	0,91	0,95	0,87	1,00
6	Вибродуговая	1,00	0,90	0,52	0,98
7	В среде пара	0,90	0,95	0,75	1,00
3. Другие способы					
8	Хромирование	1,67	0,95	0,97	0,82
9	Осталивание	0,91	0,95	0,82	0,65
10	Никелирование	0,87	0,95	0,74	0,70
11	Металлизация напылением	0,55	0,85	0,60	0,10
12	Пластическая деформация	1,00	0,90	1,00	1,00
13	Постановка дополнительной детали	0,90	0,75	0,90	1,00
14	Механическая обработка	0,95	0,80	0,90	1,00

Заработная плата в руб. на выполнение технологических операций восстановления вычисляется по формуле

$$C_1 = \sum_{k=1}^n t_k R_k, \quad (3.3)$$

где n — число операций;

t_k — трудоемкость выполнения k -й операции, чел.ч (см. табл. 4)

R_k — тарифная ставка производителя, выполняющего k -ю

Операцию, руб/ч (см. табл. 4)(принять равной на день расчета) (принять равной на день расчета).

Стоимость материалов

$$C_2 = \sum_{k=1}^n g_k a_k, \quad (3.4)$$

где g_k — приведенное количество материалов, идущих на операцию под номером k , кг (табл. 3);

a_k — средняя стоимость 1 кг материалов, идущих на операцию, руб. (табл. 3).

Стоимость электроэнергии

$$C_3 = \sum_{k=1}^n \mathcal{E}_k a_3, \quad (3.5)$$

где \mathcal{E}_k — энергоёмкость операции k -го вида, кВт·ч (табл. 3)

a_3 — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб; принимается по действующим тарифам.

Накладные расходы определяют в зависимости от суммы заработной платы за выполнение операций восстановления C_1 :

$$C_4 = \beta C_1,$$

где β — коэффициент, который принимаемый для ремонтных предприятий равным 2,0–2,5.

Показатель относительной долговечности восстановленной детали P_z определяют, исходя из следующих основных положений. В общем случае отказ наугад выбранной сложной детали, восстановленной произвольно взятым способом (например, из числа способов, указанных в табл. 2), может явиться следствием износа от трения или перегрузки, или усталости материала, или отслоения от детали нанесенного на нее металла.

Таблица 3. Средние расходы ресурсов на 1 м² поверхности детали при различных способах ее восстановления

Порядковый номер способа z	Способ восстановления ¹	Толщина покрытия или обработки, H_k	Трудоемкость $t_{ко}$, чел·ч	Энергоемкость ² $\mathcal{E}_{ко}$, кВт·ч	Приведенный расход материалов, $g_{ко}$, кг	Средняя стоимость 1 кг материалов a_k , руб.
1	2	3	4	5	6	7
1	Ручная дуговая сварка и наплавка	5	60	580	48	0,46
2	Ручная газовая сварка и наплавка	3	72	80	38	0,51
3	Ручная аргодуговая сварка и наплавка	4	56	520	36	0,62
4	Механизированная сварка и наплавка в углекислом газе	2	28	256	30	0,49
5	Механизированная сварка под слоем флюса	3	30	286	38	0,68
6	Вибродуговая наплавка	3	32	235	31	0,54
7	Сварка и наплавка в среде пара	3	28	235	31	0,56
8	Хромирование	0,3	55	324	21	4,16
9	Осталивание	0,5	19	121	23	0,92
10	Никелирование	0,05	25	68	4,5	5,34
11	Металлизация пылением	0,5	25	250	25	0,52
12	Пластическая деформация	2,0	36	126	3,5	0,35
13	Постановка дополнительной детали	5,0	148	129	78	0,48
14	Механическая обработка	0,2	17	97	2,5	0,74

¹ Если по выбранному способу восстановления покрытие или обработка имеет другую толщину, то следует сделать соответствующий пересчет показателей трудоемкости, энергоёмкости и произведенного расхода материала пропорционально изменению толщины покрытия.

² Стоимость электроэнергии C_3 принять равной на день выполнения работы руб/кВт·ч.

Таблица 4. Часовые тарифные ставки рабочих на заводах, коп.

Отрасли	Разряды					
	I	II	III	IV	V	VI
Машиностроение и металлообработка:						
а) на холодных работах:						
для повременщиков	41,8	45,5	50,3	55,7	62,7	71,7
для сдельщиков	44,7	48,7	53,9	59,6	67,0	76,7
б) для станочников:						
повременщиков	47,1	51,2	56,6	62,7	70,5	80,7
сдельщиков	50,3	54,8	60,6	67,0	75,4	86,3
в) на горячих работах:						
для повременщиков	47,1	51,2	56,6	62,7	70,5	80,7
для сдельщиков	50,3	54,8	60,6	67,0	75,4	86,3

Таблица 5. Статистические значения вероятности отказа деталей f_{zn}

Вариант	Деталь	Номер рисунка	Значения коэффициентов			
			f_1	f_2	f_3	f_4
0	Вал	6	0,1	0,79	0,06	0,05
1	Шкив	7	0,7	0,1	0,1	0,1
2	Колесо храповое	3	0,3	0,12	0,5	0,08
3	Крышка	8	0,45	0,35	0,05	0,15
4	Колесо зубчатое	2	0,15	0,55	0,20	0,1
5	Вал	5	0,5	0,25	0,15	0,1
6	Проушина	4	0,75	0,15	0,05	0,05
7	Колесо зубчатое	9	0,2	0,3	0,47	0,03
8	Вал-шестерня	1	0,18	0,22	0,55	0,05
9	Втулка	10	0,4	0,2	0,3	0,1
10	Колесо храповое	3	0,17	0,53	0,2	0,1
11	Вал	5	0,68	0,12	0,1	0,1
12	Колесо зубчатое	2	0,65	0,15	0,15	0,05
13	Втулка конусная	11	0,1	0,75	0,05	0,1
14	Вал	6	0,12	0,58	0,2	0,1
15	Ось	12	0,65	0,1	0,15	0,1
16	Вал-шестерня	1	0,63	0,1	0,17	0,1
17	Колесо зубчатое	2	0,22	0,28	0,45	0,05
18	Ось	12	0,11	0,59	0,2	0,1

Нельзя наперед точно предсказать, по какой причине наступит отказ детали. Поэтому для наугад выбранного отказа рассматриваемой детали будет справедливо соотношение

$$f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = 1, \quad (3.7)$$

где f_1, f_2, f_3, f_4 — статистическая вероятность того, что отказ восстановленной детали является следствием соответственно:

- f_1 — износа при трении;
- f_2 — недостаточной статической прочности материала;
- f_3 — недостаточной усталостной прочности материала;
- f_4 — отслоения материала покрытия от материала детали.

Для того, чтобы получить значение относительной долговечности восстановленной детали P_z , необходимо кроме f_{zn} знать еще значение коэффициента относительной долговечности K_{zn} (см. табл. 2). Этот показатель характеризует сопротивляемость детали, восстановленной z-м способом, тому или иному причинному фактору появления отказа (по отношению к новой детали).

Поскольку наперед нельзя точно предсказать, следствием какого причинного фактора будет отказ восстановленной детали, то для оценки долговечности удобнее всего использовать математическое ожидание, определяемое по формуле

$$P_z = \sum_{n=1}^a f_{zn} k_{zn}, \quad (3.8)$$

где f_{zn} — статистическая вероятность того, что отказ обусловлен n-й причиной (табл. 5);

K_{zn} — коэффициент относительной долговечности восстановленной z-м способом детали в отношении n-го причинного фактора отказа (см. табл. 2).

Пример № 1. Вероятность появления отказа детали по износу, прочности, усталостной прочности и отслаиванию покрытия соответственно равна: $f_1 = 0,68$; $f_2 = 0,12$; $f_3 = 0,10$; $f_4 = 0,10$. При восстановлении ее хромированием коэффициент долговеч-

ности по отношению к названным причинным факторам составит: $K_{z1} = 0,95$; $K_{z2} = 0,95$; $K_{z3} = 0,97$; $K_{z4} = 0,82$.

Пользуясь формулой (3.8), находим

$$P_z = 0,68 \cdot 1,67 + 0,12 \cdot 0,95 + 0,10 \cdot 0,97 + 0,10 \cdot 0,82 = 1,42.$$

Следовательно, относительная долговечность восстановленной детали оказалась в среднем в 1,4 раза больше долговечности новой детали, для которой $P_z = 1$.

Если при выборе способа восстановления в формуле (3.1) переменную a_z принять равной нулю, т.е. пренебречь возможными потерями от неожиданного отказа по факторам прочности, усталостной прочности и отслаивания хрома восстановленной детали, для которой $K_{zn} < 1$, то способ хромирования в данном случае будет, по-видимому, наиболее эффективным.

Однако пренебрежение возможными потерями, которые могут возникнуть в результате преждевременного отказа детали не от износа, а по другим причинам, во многих случаях является недопустимым. Возможность отбрасывания потерь, учитываемых коэффициентом a_z , зависит от характера последствий отказа. Если отказ произойдет из-за усталости восстановленной детали, то такой отказ может привести не только к поломке узла, но даже к катастрофе. Это значит, что риск возможности появления отказа от усталости может на практике обойтись во много раз дороже выгоды, полученной от применения способа, обеспечивающего большой срок службы детали в условиях естественного изнашивания при трении.

Поскольку отказы детали происходят по мгновенной схеме, значение показателя a_z определяется по формуле

$$a_z = a_1 f_1 K_{z1} + a_2 (f_2 K_{z2} + f_3 K_{z3} + f_4 K_{z4}), \quad (3.9)$$

где a_1 — коэффициент, учитывающий потери от естественного износа при трении; $a_1 = 1$;

a_2 — коэффициент, учитывающий потери, обусловленные появлением мгновенных отказов из-за недостаточной прочности, недостаточной усталостной прочности и отслоения материала покрытия от основного материала детали; в ремонтной практике $a_2 = 10$;

K_{z1} ; K_{z2} ; K_{z3} ; K_{z4} — вероятность того, что деталь, восстановленная z -м способом откажет соответственно из-за износа, недостаточной прочности, недостаточной усталостной прочности и недостаточной прочности сцепления слоя покрытия с основным материалом детали; $K_{z1} = 1 - K_{z1}$; $K_{z2} = 1 - K_{z2}$; $K_{z3} = 1 - K_{z3}$; $K_{z4} = 1 - K_{z4}$ (значения K_{zn} — табл. 2); если по расчету K_{zn} получается отрицательным, то его значение нужно брать равным нулю ($0 \leq K_{zn} \leq 1$).

Пользуясь результатами приема, найдем по формуле (3.9) значение α_z для детали, восстановленной хромированием,

$$\alpha_z = 1 \cdot 0,68 \cdot 0 + 10(0,12 \cdot 0,05 + 0,10 \cdot 0,03 + 0,1 \cdot 0,18) = 0,27$$

Пример № 2. Рассчитать стоимость восстановления C_{pz} изношенной шейки вала диаметром 100 мм (при номинальном диаметре 102 мм) и длиной 88 мм. Выбранный способ включает три операции: 1) предварительную механическую обработку до $\varnothing 98$ мм; 2) виброугловую наплавку до $\varnothing 105$ мм; 3) окончательную механическую обработку до $\varnothing 102$ мм. Сначала необходимо определить трудоемкость, энергоемкость и материалоемкость каждой операции, т.е. значения показателей g_k , \mathcal{E}_k (см. формулы (3.3–3.5)). В табл. 3 эти показатели указаны применительно к обработке 1 м^2 поверхности детали (t_{k0} , g_{k0} , \mathcal{E}_{k0}).

Затем нужно определить площадь обрабатываемой поверхности шейки вала S , м^2 . В нашем примере

$$S = \frac{\pi DL}{10^6}, \quad (3.10)$$

где D — диаметр шейки, мм;

L — длина шейки, мм,

$$S = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 80}{10^6} = 0,025 \text{ м}^2.$$

Трудоемкость k -й операции определяется по формуле

$$t_k = t_{k0} \frac{Sh_k}{H_k}, \quad (3.11)$$

где t_{k0} — трудоемкость обработки 1 м² поверхности детали z -м способом на глубину (толщину) H_k (табл. 3), чел.·ч;

h_k — толщина фактически наращиваемого слоя, или глубина обработки (на сторону), мм;

Hk — рациональная толщина покрытия z -м способом, мм (табл. 3)

В нашем примере глубина предварительной механической обработки

$$h_1 = \frac{100 - 98}{2} = 1 \text{ мм.}$$

Тогда толщина вибродуговой наплавки

$$h_2 = \frac{105 - 98}{2} = 3,5 \text{ мм.}$$

Глубина окончательной механической обработки

$$h_3 = \frac{105 - 102}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Трудоемкость окончательной механической обработки

$$t_1 = \frac{17 \cdot 0,025 \cdot 1}{0,2} = 2,12 \text{ чел.·ч.}$$

Трудоемкость вибродуговой наплавки

$$t_2 = \frac{32 \cdot 0,025 \cdot 3,5}{3} = 0,93 \text{ чел.·ч.}$$

Трудоемкость предварительной механической обработки

$$t_3 = \frac{17 \cdot 0,025 \cdot 1,5}{0,2} = 3,18 \text{ чел.·ч.}$$

Расход материалов определяется по формуле

$$g_k = g_{k0} \frac{Sh_k}{H_k}, \quad (3.12)$$

где g_{k0} — приведенный расход материалов на обработку 1 м² поверхности детали z -м способом на глубину (толщину) H_k , кг (табл. 3);

$$g_1 = \frac{2,5 \cdot 0,025 \cdot 1}{0,2} = 0,312 \text{ кг;}$$

$$g_2 = \frac{31 \cdot 0,025 \cdot 3,5}{3} = 0,904 \text{ кг;}$$

$$g_3 = \frac{2,5 \cdot 0,025 \cdot 1,5}{0,2} = 0,46 \text{ кг.}$$

Расход электроэнергии определяется по формуле

$$\mathcal{E}_k = \mathcal{E}_{k0} \frac{Sh_k}{H_k}. \quad (3.13)$$

Учитывая, что механическая обработка ведется по четвертому разряду (тарифные ставки указаны в табл. 4), определим стоимость C_1 , C_2 и C_3 по формулам (3.3–3.5):

$$C_1 = 2,12 \cdot 0,451 + 0,93 \cdot 0,451 + 3,18 \cdot 0,451 = 2,8 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 0,312 \cdot 0,74 + 0,904 \cdot 0,54 + 0,46 \cdot 0,74 = 1,07 \text{ руб.}$$

$$C_3 = (12,2 + 6,8 + 18,2) \cdot 0,02 = 0,7 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

$$C_4 = \beta C_1 = 2,0 \cdot 2,8 = 5,6 \text{ руб.}$$

Общая стоимость восстановления

$$C_{bz} = 10,17 \text{ руб.}$$

Следовательно, для выбора способа восстановления по экономическому критерию определяют \bar{C}_z по формуле (3.1) и выбирают тот способ, который будет характеризоваться минимумом этой величины.

Для выбранного способа проводится вся дальнейшая разработка.

4. ВЫБОР УСТАНОВОЧНЫХ БАЗ

При восстановлении деталей в качестве установочных баз следует принимать чистовые базы, которые служили для обработки детали при ее изготовлении.

Если этого сделать невозможно, то при выборе баз следует руководствоваться рекомендациями, изложенными в [7].

При выполнении работы надо назначать базы для каждой операции.

5. УСТАНОВЛЕНИЕ МАРШРУТА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Маршрут восстановления изношенной поверхности включает общий план восстановления, содержание операций технологического процесса с указанием оборудования, приспособлений и инструмента, а также режимы обработки.

Технологический процесс восстановления должен включать подготовку детали для восстановления (очистка, дефектация, предварительная механическая обработка), восстановительные операции (наплавка гальванические покрытия и др.), операции механической и термической обработки после восстановительных операций, контрольные операции.

После подготовительных и восстановительных операций обрабатывают восстановленные поверхности путем механической обработки. Чем точнее должна быть обработана поверхность, тем позже она обрабатывается. В конце маршрута обрабатывают легко повреждаемые поверхности (наружные резьбы, тонкостенные поверхности и т.п.). Если деталь должна подвергаться термичес-

кой обработке, то процесс механической обработки разделяют на две части: процесс до термической обработки и после нее.

6. РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

6.1. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Способы восстановления деталей машин подразделяют на три основные группы:

1. Нарращивание металла в местах износа детали.
2. Удаление дефектного слоя металла.
3. Замена изношенных элементов детали новыми.

Нарращивание металла может производиться за счет присадочного материала: наплавкой, электролитическим осаждением, металлизацией. При наращивании металла детали обычно восстанавливают до их номинальных (чертежных) размеров и сохраняют соответствующую посадку.

Удаление дефектного слоя металла может быть осуществлено одним из слесарно-механических способов, например механической обработкой детали под ремонтный размер.

К третьей группе способов относят такие виды слесарно-механической обработки, как восстановление с помощью дополнительных ремонтных деталей и путем замены изношенной части детали новой.

При способах, относящихся ко второй и третьей группам, сопряжению возвращается требуемая посадка, но размеры детали не доводятся до первоначальных.

Припуски на восстановление должны обеспечивать устранение восстанавливаемого дефекта и последующую механическую обработку.

Важным этапом разработки операций восстановления является расчет режимов выполнения этих операций.

6.2. НАПЛАВКА

Рекомендуется последовательность расчета режимов наплавки:

определяют толщину наплавляемого слоя в зависимости от величины износа и припуска на механическую обработку. Он колеблется при наплавке под слоем флюса в пределах 1,6–2,0 мм на сторону, при вибродуговом способе — в пределах 0,6–1,2 мм на сторону;

выбирают марку и диаметр электродной проволоки применительно к материалу детали и твердости ее поверхности;

выбирают рассчитывают электрические параметры наплавки, выбирают род сварочного тока, напряжение тока при наплавке, рассчитывают силу сварочного тока;

выбирают и рассчитывают кинематические параметры наплавки: скорость подачи проволоки, скорость наплавки, частоту вращения детали.

Все данные могут быть выбраны студентом по литературным источникам [8; 4] или рассчитаны по формулам.

6.2.1. Расчет частоты вращения детали в об/мин

$$n = \frac{1000 v_n}{60\pi D}, \quad (6.1)$$

где v_n — скорость наплавки, м/ч;

D — диаметр наплавляемой поверхности, мм.

6.2.2. Расчет скорости наплавки

а) под слоем флюса:

$$v_n = \frac{i}{F_n \gamma \cdot 100} a_n,$$

$$v_n = (0,4 \div 0,8) v_n, \quad (6.2)$$

где i — сила сварочного тока, А;

F_n — площадь поперечного сечения наплавляемого шва, см²;

γ — плотность металла шва, г/см³ (для стали $\gamma = 7,85$);

a_n — коэффициент наплавки, г/А·ч;

v_n — скорость подачи проволоки, м/ч;

$$a_n = a_p (1 - \psi); \quad (6.3)$$

a_p — коэффициент расплавления электродной проволоки сплошного сечения при наплавке под слоем флюса, г/А·ч; $a_p = 10 \div 12$ г/А·ч;

ψ — коэффициент потерь металла сварочной проволоки на угар и разбрызгивание; $\psi = 0,02 \div 0,03$;

б) вибродуговым способом:

$$v_n = \frac{0,785 d_3^2 v_n \eta_n}{hS}, \quad (6.4)$$

где d_3 — диаметр электродной проволоки, мм;

η_n — коэффициент перехода электродной проволоки в наплавленный металл; $\eta_n = 0,8 \div 0,9$;

h — толщина наплавляемого слоя, мм;

S — шаг наплавки, мм/об.

6.2.3. Расчет скорости подачи проволоки

а) под слоем флюса:

$$\vartheta_n = \frac{4ia_n}{\pi d_3^2 \gamma}, \quad (6.5)$$

б) вибродуговым способом:

$$\vartheta_n = \frac{0,1iU}{d_3^2}, \quad (6.5')$$

где U — напряжение, В;

d_3 — диаметр электродной проволоки, мм.

6.2.4. Расчет силы сварочного тока

а) под слоем флюса:

$$i = 110d_3 + 10d_3^2; \quad (6.6)$$

б) вибродуговым способом:

$$i = 100v_n + 60d_3 - 85. \quad (6.6')$$

6.2.5. Расчет полного времени наплавки

$$T = \frac{t}{K_n}, \quad (6.7)$$

где t — время горения дуги, ч;
 K_n — коэффициент использования сварочного оборудования; $K_n = 0,6-0,7$;

$$t = \frac{G_n}{a_n v}, \quad (6.8)$$

где G_n — масса наплавленного металла, г,

$$G_n = F_n h \gamma; \quad (6.9)$$

F_n — площадь наплавленной поверхности, см²;
 h — требуемая высота наплавленного слоя, см.

6.2.6. Расчет расхода электроэнергии в кВт·ч

$$\mathcal{E} = \frac{U_i}{\eta \cdot 1000} t + W_0 (T - t), \quad (6.10)$$

где U_i — напряжение дуги, В;
 η — КПД источника тока; $\eta = 0,6-0,7$;
 W — мощность, расходуемая при холостом ходе, кВт;
 $W = 2-3$ кВт.

6.3. МЕТАЛЛИЗАЦИЯ

При разработке технологического процесса восстановления детали металлизацией определяют толщину покрытия, частоту

вращения детали, величину тока, время на металлизацию. Эти параметры могут быть рассчитаны или подобраны по литературным источникам.

6.3.1. Толщина покрытия цилиндрических поверхностей

$$h = \frac{D-d}{2} + \delta' + \delta'', \quad (6.11)$$

где D — номинальный размер детали;
 d — наружный диаметр подготовленной поверхности, мм;
 δ' — припуск на механическую обработку;
 δ'' — дополнительная толщина покрытия, перекрывающая углубления, возникающие при подготовке поверхности детали («рваная» резка др.); $\delta'' = 1/2$ глубины «рваной» резки.

6.3.2. Толщина слоя, наносимого за один проход металлатора, мм

$$h' = \frac{10^3}{6} \cdot \frac{Q K_m}{v_n S \gamma}, \quad (6.12)$$

где Q — производительность металлатора, кг/ч;
 K_m — коэффициент использования металла;
 v_n — окружная скорость детали, см/мин;
 S — подача металлатора, см/об.;
 γ — плотность напыленного металла, г/см³.

6.3.3. Величина тока

$$i = \frac{d_n^k \sqrt{v_n}}{C}, \quad (6.13)$$

где d_n — диаметр проволоки, мм;
 v_n — скорость подачи проволоки, см/мин (принимают из паспорта металлатора);
 h, C — опытные коэффициенты, для стали: $h = 3,5$; $C = 0,1$;
 для латуни: $h = 1,5$; $C = 0,48$.

6.3.4. Время на металлизацию, ч

$$T = \frac{0,06\pi Dlh\gamma}{QK_m}, \quad (6.14)$$

где D — номинальный диаметр детали, мм;
 l — длина восстанавливаемой поверхности, см.

6.4. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

6.4.1. Время электролиза, ч

$$T = \frac{10h\gamma}{Ej_k\eta}, \quad (6.15)$$

где h — толщина осаждаемого слоя, мм; определяется в зависимости от величины износа поверхности детали;
 γ — плотность осаждающегося металла, г/см³;
 E — электрохимический эквивалент, г/А·ч (см. табл. 6);
 j_k — плотность тока на катоде, А/дм² (см. табл. 6);
 η — коэффициент выхода металла по току (КПД ванны) (см. табл. 6).

Таблица 6. Значения показателей для различных видов покрытия

Показатели	Виды покрытий	
	хромирование	осталивание
E	0,323	1,042
η	0,12÷0,18	0,8 ÷ 0,9
j_k	20 ÷ 50	20 ÷ 50
γ	6,9 ÷ 7,1	7,8

6.4.2. Количество ангидрида, г

$$Q = F(P + q), \quad (6.16)$$

где F — поверхность детали, подлежащая покрытию, м²;
 P — расход ангидрида в граммах на 1 м² поверхности при $h = 1$ мкм; при хромировании $P = 14$ г/м²;
 q — потери осаждаемого металла, г; при хромировании $q = 300 \div 320$ г.

7. РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

В качестве установочной базы принимают чистую базу, которая служила для обработки восстановленной поверхности при изготовлении детали.

Припуск на обработку следует устанавливать расчетно-аналитическим методом [6]. При определении промежуточного припуска необходимо учитывать, что его величина не должна быть меньше той глубины резания, при которой работа нормально заточенной режущей кромки инструмента становится неустойчивой. Так, например остро заточенный резец может снимать стружку толщиной около 5 мкм. При затуплении в процессе резания резец может снимать стружку минимальной толщиной уже только 10–20 мкм.

При разработке операций механической обработки восстановленной детали следует начать с установления последовательности операций, переходов и уставов. Затем для каждой операции выбирается оборудование исходя из типа производства, а также инструмент и приспособления. Для этого пользуются соответствующими справочниками [2; 3; 6].

Выбранный станок должен обеспечивать заданную точность обработки, наименьшую жесткость и максимальную производительность. Предпочтителен станок с большей автоматизацией рабочего цикла.

При выборе режимов резания (глубины, подачи и скорости резания) вначале устанавливается глубина резания из условия

расчета припусков. При этом глубина резания черновой механической операции складывается из суммы припуска на эту операцию и припуска от неточности изготовления заготовки. Затем определяют подачу, скорость резания, частоту вращения шпинделя, усилие и мощность резания [6].

Подачу назначают максимально допустимую. При черновой обработке подача ограничивается прочностью самого слабого звена технологической системы СПИД (станок — приспособление — инструмент — деталь). При чистовой обработке и отделке подачу определяют в зависимости от заданных точности и шероховатости поверхности. Обычно подачу определяют по нормативам [2; 3; 6].

Скорость резания рассчитывают по формулам резания, руководствуясь при этом экономической стойкостью режущего инструмента. По скорости резания находят частоту вращения шпинделя (или число двойных ходов стола, ползуна). Значение частоты вращения шпинделя и подачу согласовывают с паспортными данными станка, принимая ближайшие наименьшие значения.

В данной работе следует произвести расчет всех перечисленных режимов резания для одной операции механической обработки; для остальных операций режимы должны быть подобраны по справочным таблицам [2; 3; 6].

Если в наличии нет справочников, то можно рассчитать остальные операции.

Затем рассчитывают нормы времени на обработку детали

$$t_{\text{шт}} = (t_o + t_{\text{всп}}) + \frac{T_{\text{из}}}{n'}, \quad (7.1)$$

где t_o — основное (машинное) время, мин;

$t_{\text{всп}}$ — вспомогательное время, мин;

$T_{\text{из}}$ — подготовительно-заключительное время, мин;

n' — число деталей в партии.

Основное время при станочной обработке определяют расчетом для каждого технологического перехода

$$t_o = \frac{L}{nS} i = \frac{L}{S_m} i, \quad (7.2)$$

где L — расчетная длина обработки, мм;

i — число проходов в данном переходе;

S_m — минутная подача инструмента, мм, равная произведению частоты вращения шпинделя n , об/мин, на подачу за один оборот S .

При работе инструмента значение L определяется по формуле

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{сх}}, \quad (7.3)$$

где l — основная длина обработки, мм;

$l_{\text{вр}}$ — путь врезания, мм;

$l_{\text{сх}}$ — путь схода режущего инструмента, мм.

Длину l берут из чертежа заготовки. Значения $l_{\text{вр}}$ и $l_{\text{сх}}$ находят из геометрических соотношений инструмента и детали.

Вспомогательное время включает время на установку, закрепление и снятие обрабатываемой заготовки, на управление механизмами оборудования, на подвод и отвод рабочего инструмента, а также на измерение обрабатываемой заготовки [10]. Сумма основного и вспомогательного времени дает оперативное время $t_{\text{оп}}$.

Особенностью механической обработки после восстановления является выбор материалов инструмента и режимов обработки. Так, при токарной обработке наплавленного слоя рекомендуется применять резцы с пластинками твердого сплава, например Т5 К10. Для этих резцов можно рекомендовать следующую геометрию резца: $\varphi = 45^\circ$, $\alpha = 8 - 10^\circ$, $\gamma = -5^\circ - 10^\circ$, $r = 1$ мм. Особые затруднения вызывает резание последнего направленного витка, имеющего твердость на 12–15% выше средней твердости остальной части наплавленного слоя. Обработку этого витка надо выполнять за несколько проходов с $t = 0,5$ мм, $S = 0,15$ мм/об, $v = 12 \div 15$ м/мин. Основную часть наплавки можно вести на более высоких режимах (например, $t = 0,6 \div 0,7$ мм, $S = 0,3$ мм/об, $v = 50$ м/мин).

8. СОСТАВЛЕНИЕ МАРШРУТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Карта содержит эскиз детали, возможные дефекты детали, выбранный способ восстановления заданного дефекта, перечень всех операций, переходов, установов в технологической последовательности с указанием соответствующих данных по оборудованию, приспособлениям, инструменту, норме времени, разряду работы (табл. 7).

9. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Эффективность восстановления деталей определяется системой показателей: годовой экономический эффект, срок окупаемости капитальных вложений, коэффициент эффективности капитальных вложений, снижение расхода металла.

Эффективность восстановления деталей оценивается путем сопоставления показателей эталон — базового варианта (БТ) и способа восстановления, выбранного в данной работе (НТ)

В качестве БТ принимается способ с большим \bar{C}_z (см. п. 3).
Годовой экономический эффект, руб.,

$$\mathcal{E}_r = (Z_{\text{БТ}} - Z_{\text{НТ}}) A_{\text{НТ}}, \quad (9.1)$$

где $Z_{\text{БТ}}$, $Z_{\text{НТ}}$ — приведенные затраты по базовому и новому варианту, руб;

$A_{\text{НТ}}$ — годовая программа восстановления по новому варианту (табл. 1)

$$Z_{(\text{БТ}, \text{НТ})} = C_{\text{вз}} + E_{\text{н}} K_{\text{уд}}, \quad (9.2)$$

где $C_{\text{вз}}$ — себестоимость восстановления одной детали, руб.;

$E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, принимается равным 0,15;

$K_{\text{уд}}$ — удельные капитальные вложения, руб./деталь.

Т а б л и ц а 7. Маршрутно-технологическая карта восстановления детали

Эскиз детали	Наименование операции	Оборудование	Приспособление	Инструмент режущий	Измерительный	Выбранный способ восстановления, технические условия		
						Разряд работы	Расценка	
Материал детали, технические условия	Дефекты детали	Оборудование	Приспособление	Инструмент режущий	Измерительный	Нормы времени		
						t_o	$t_{\text{всп}}$	$t_{\text{шт}}$

$$K_{уд} = \frac{K}{A}, \quad (9.3)$$

где K — капитальные вложения (в данном расчете это затраты на оборудование, его транспортирование и монтаж), руб., $K = K_M \Pi$;

Π — оптовая цена единицы оборудования (см. табл. 8);

K_M — коэффициент, учитывающий затраты на транспортирование и монтаж, принимается равным 1,07.

Срок окупаемости капитальных вложений в годах при условии $K_{HT} > K_{BT}$ рассчитывается по формуле

$$T = \frac{K_{HT} - K_{BT}}{(C'_{BZ} - C''_{BZ})A_{HT}}, \quad (9.4)$$

где C'_{BZ} , C''_{BZ} — себестоимость восстановления одной детали соответственно базовым (БТ) и новым (НТ) способом.

При $K_{HT} < K_{BT}$

$$T = \frac{K_{HT}}{(C'_{BZ} - C''_{BZ})A_{HT}}. \quad (9.4)$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений

$$E = \frac{1}{T}. \quad (9.5)$$

При $E \geq E_n = 0,15$ капитальные вложения используются эффективно. Снижение расхода металла, %

$$M = \frac{M_{BT} - M_{HT}}{M_{BT}} \cdot 100, \quad (9.6)$$

где M_{BT} , M_{HT} — соответственно расход металла для вариантов БТ и НТ, кг.

Для расчета капитальных вложений можно использовать оптовые цены, приведенные в табл. 8, а для расчета стоимости материалов — в табл. 9.

Таблица 8. Оптовые цены на некоторые виды оборудования (для учебных целей)

№ п/п	Наименование и назначение оборудования	Марка	Оптовая цена,
			руб.
1	Токарно-винторезный станок	1A616	1650
2	Токарно-винторезный станок	1K62	2200
3	Полуавтомат для сварки и наплавки открытой дугой без дополнительной защиты проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой; источник тока: на постоянном токе ПСГ-500-1; на переменном — ТС-500	A-765	640*
4	Полуавтомат для сварки и наплавки под слоем флюса проволокой сплошного сечения; источник тока: на постоянном токе — ПСО-500, на переменном токе — ТСД-500	ПШ-54	300*
5	Универсальный автомат для сварки и наплавки под слоем флюса; источник тока — ПС-1000	A-874	4800*
6	Сварочный преобразователь	ПСО-500	550
7	Сварочный преобразователь	ПСГ-500-1	495
8	Сварочный преобразователь	ПС-1000	1430
9	Сварочный трансформатор	ТС-500	170
10	Сварочный трансформатор	ТСД-500	340

* Цена без источника тока.

Таблица 9. Оптовая цена на некоторые сварочные материалы (для учебных целей)

Сварочная проволока сплошного сечения										
Марка проволоки	Оптовая цена (руб.) 1 т проволоки диаметром, мм									
	0,3	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	более 5,0
Св-08	311	211	196	182	167	158	155	152	151	151
Св-08 А	315	216	200	187	172	163	160	157	156	155
Св-08 ГА	327	224	208	194	169	169	166	163	162	161
Св-08Г2С	647	363	318	280	240	215	205	200	196	193

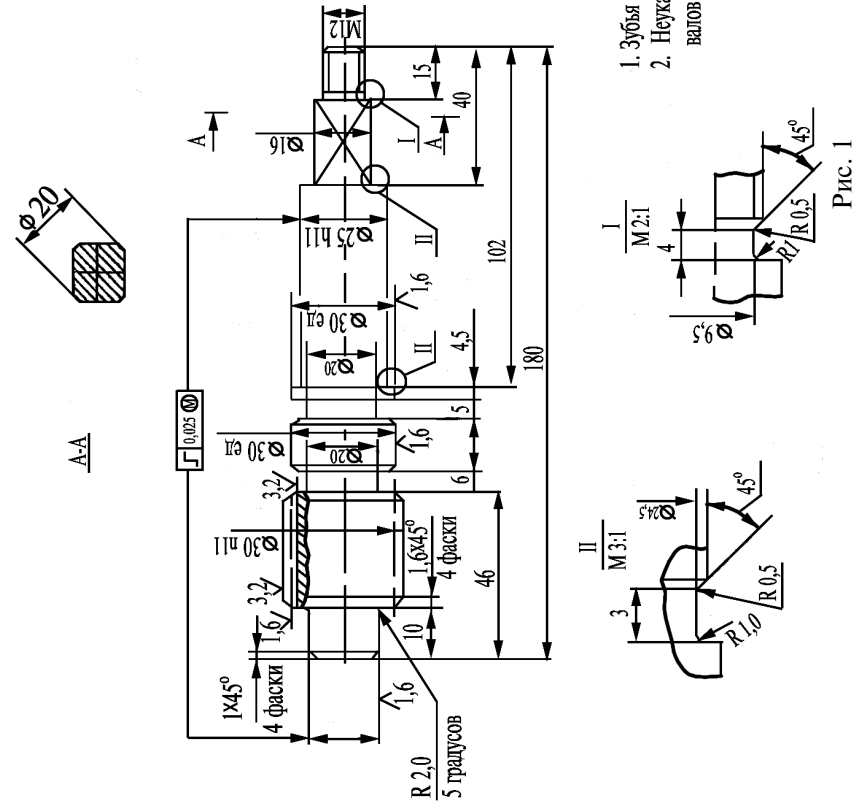
Электроды для ручной наплавки					
Тип электрода	Марка электрода	Коэффициент наплавки	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Оптовая цена (руб.) 1 т электродов диаметром, мм	
				4	5
Э-10Г2	ОЗН-250У	8,5-9	1,7	285	280
Э-11Г3	ОЗН-300У			287	282
Э-12Г4	ОЗН-350У			289	283
Э-15Г5	ОЗН-400У			296	290

Флюсы для сварки и наплавки сталей	
Марка флюса	Оптовая цена 1 т, руб
АН-348А	87
ОСЦ-45	110

Углекислый газ		
Газ	Оптовая цена 1 т, руб	Примечание
Углекислый сварочный I сорт	110	Коэффициент расхода газа (отношение массы израсходованного газа к массе сварочной проволоки) составляет 0,2+0,4 дм ³ /г
II сорт	105	

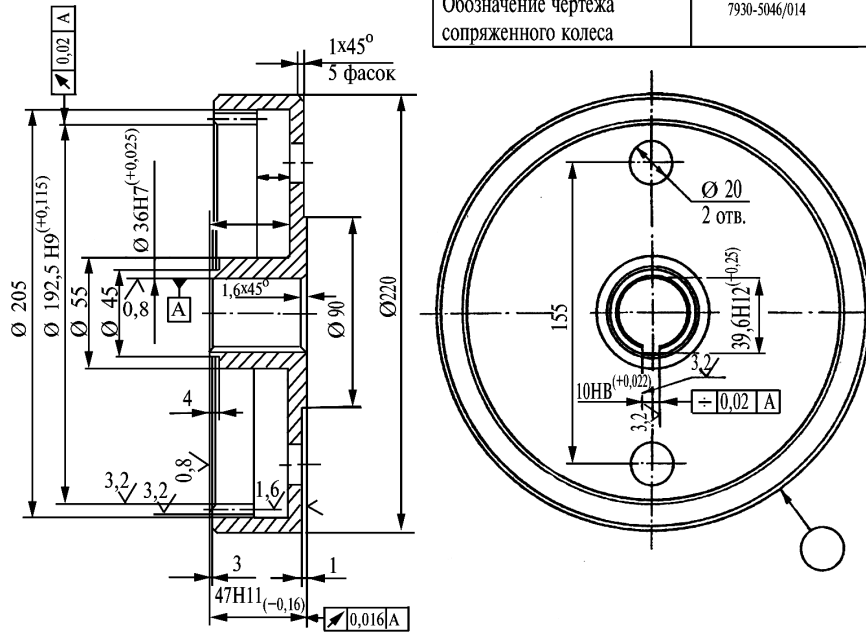
6,3
√(M)

Модуль	m	1,5
Число зубьев	z	18
Исходный контур	ξ	ГОСТ 13755-68
Коэффициент смещения исходного контура	ξ	0
Степень точности по ГОСТ 1643-72	—	8-С
Диаметр делительной окружности	d _н	27
Длина обшей нормы	w	11,45



6,3 (✓)

Модуль	<i>m</i>	2,5
Число зубьев	<i>z</i>	79
Исходный контур	—	ГОСТ 13755-68
Коэффициент смещения	<i>x</i>	0
Степень точности по ГОСТ 1643-72	—	8-B
Делительный диаметр	<i>d_o</i>	197,5
Диаметр ролика	<i>d_p</i>	3,666
Размер по роликам	<i>M</i>	193,854 ^{+0,72} _{+0,49}
Обозначение чертежа сопряженного колеса		7930-5046/014



1. HRC 28...32.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий Н14, валов h14, остальных ±IT14/2.

Рис. 2

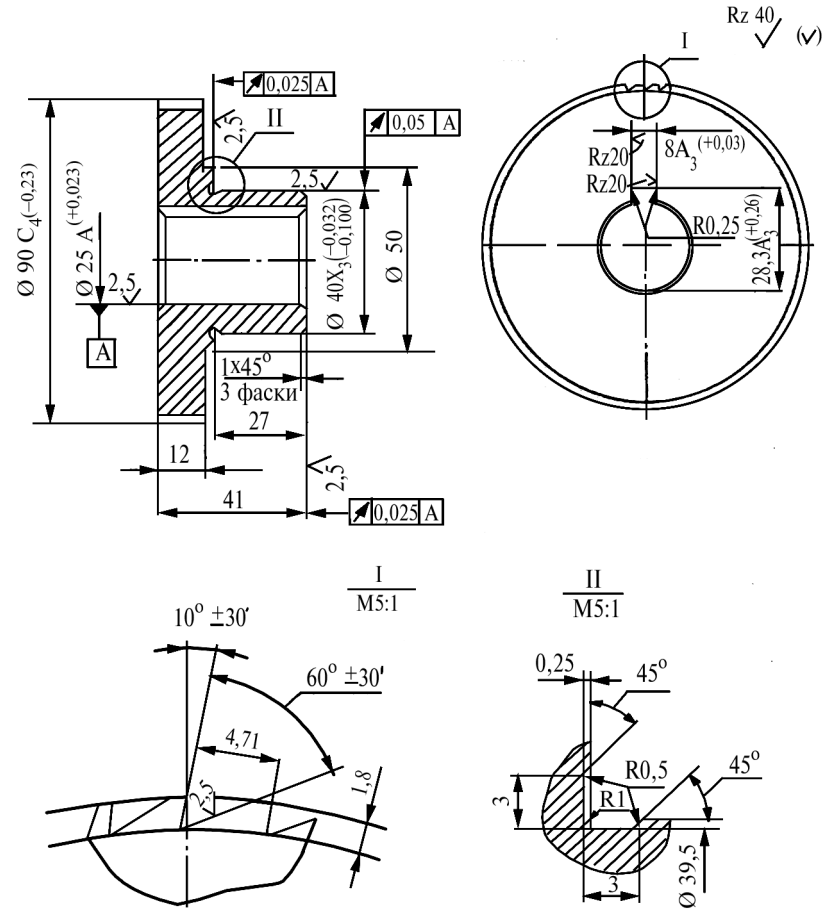
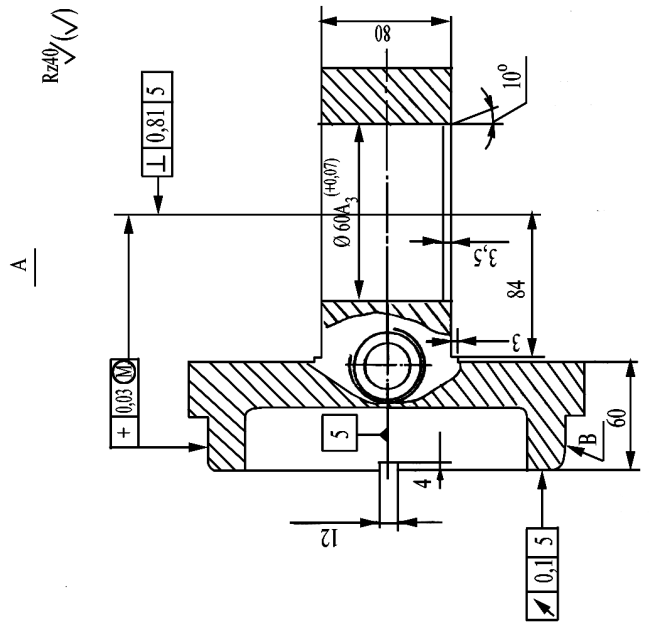


Рис. 3



1. Неуказанные пред. откл. размеров диаметров — Н14 остальных +IT14/2
2. Овальность и конусообразность поверхности в не более 0,03 мм

Рис. 4

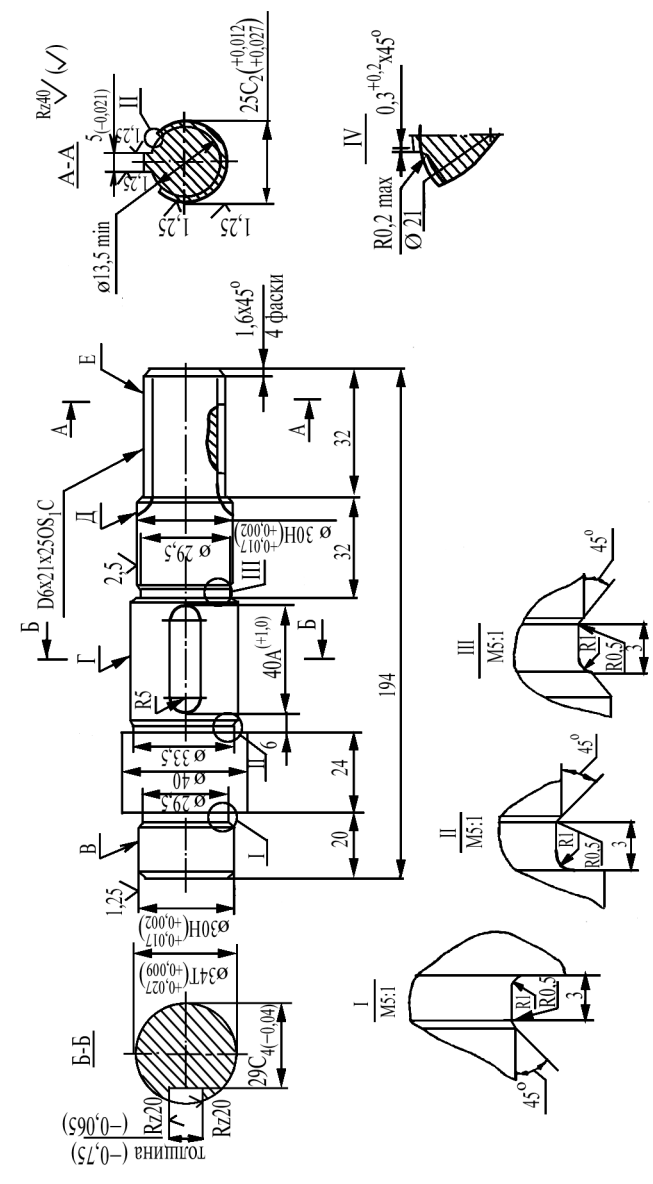
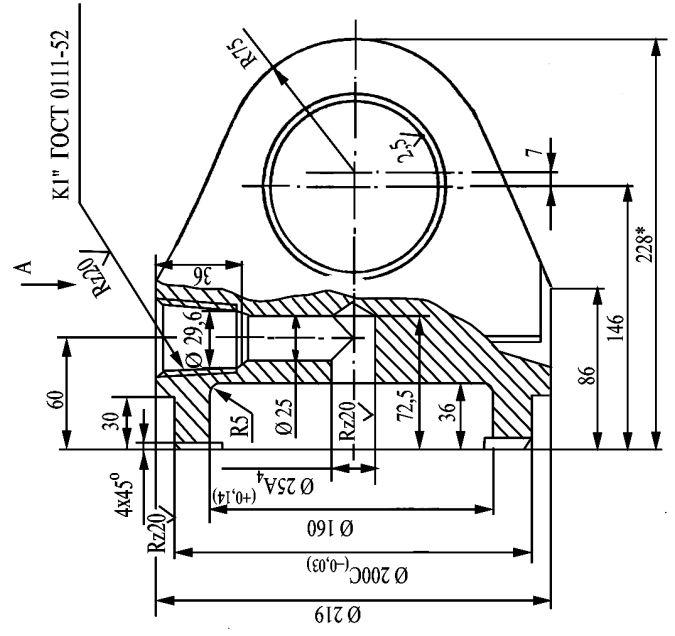
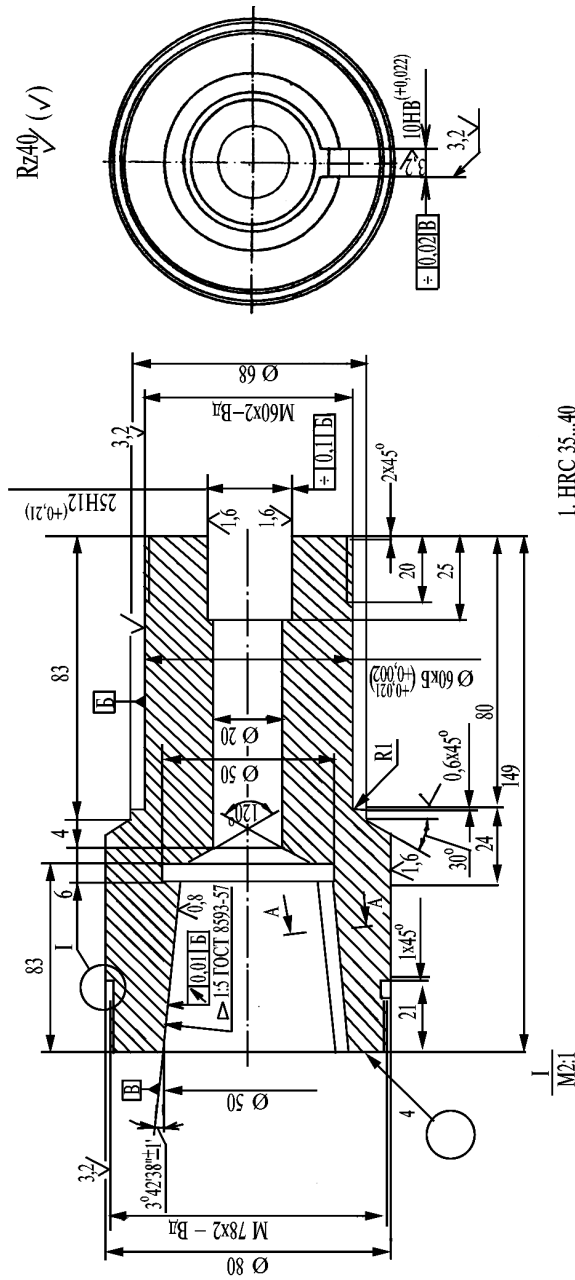


Рис. 5



1. HRC 35...40
2. * Размеры для справок
3. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных +IT14/2
4. Покрытие — Хим. Окс. прм. ГОСТ 9.073-77.

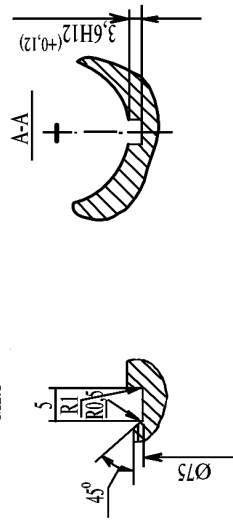
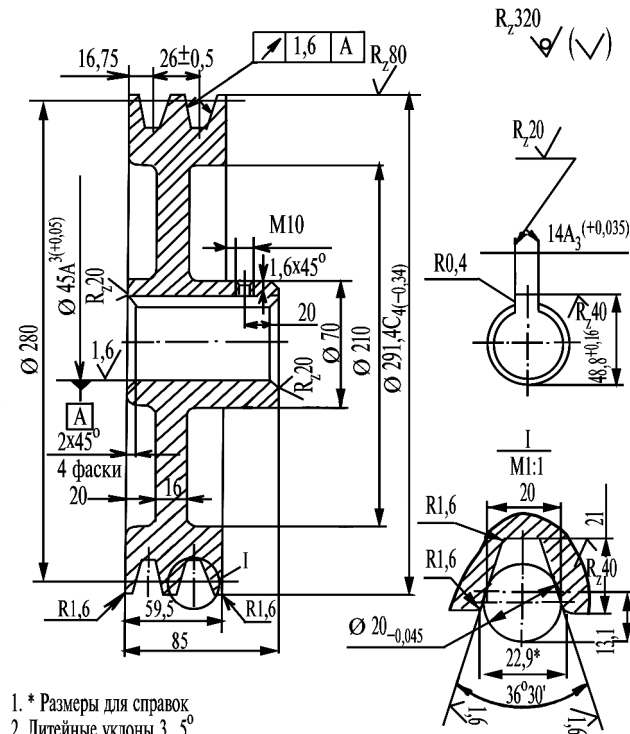
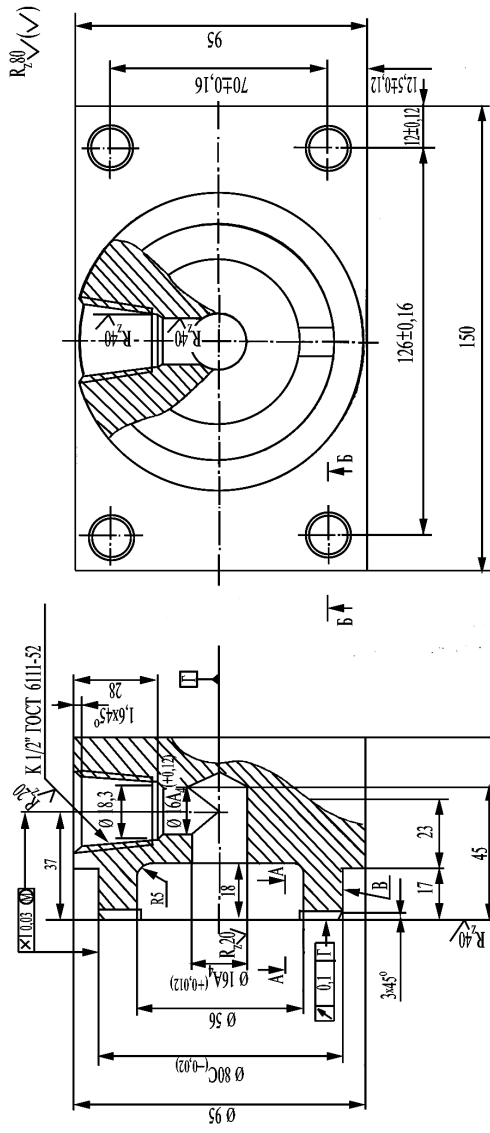


Рис. 6



1. * Размеры для справок
2. Литейные уклоны 3...5°
3. Литейные радиусы 10 мм
4. Покрытие необработанных поверхностей
Лак БТ-123 черный IVA ГОСТ2347-69
5. Остальные технические требования по ГОСТ 20898-75

Рис. 7

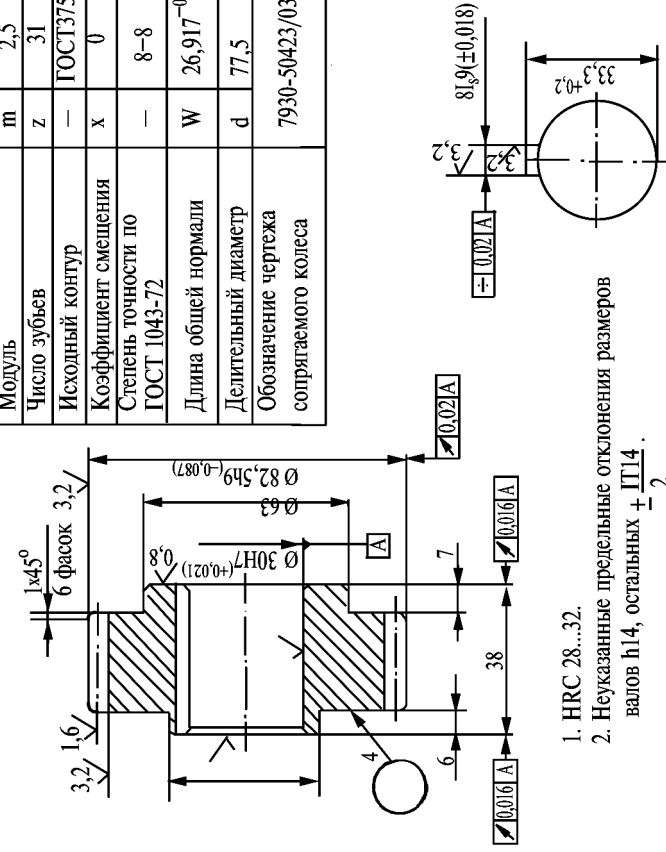


1. Неуказанные пред. откл. размеров: диаметров — Н14 остальных + IT 14/2
2. Овальность и конусообразность поверхности не более 0,01 мм

Рис. 8

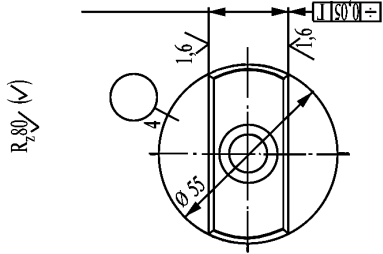
6,3 (✓)

Модуль	m	2,5
Число зубьев	z	31
Исходный контур	—	ГОСТ 3755-68
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности по ГОСТ 1043-72	—	8-8
Длина общей нормали	W	26,917 ^{-0,106}
Делительный диаметр	d	77,5
Обозначение чертёжа сопрягаемого колеса	7930-50423/030	



1. HRC 28...32.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров валов h14, остальных + IT14.

Рис. 9



- HRC 35...40
- Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных ±IT14/2

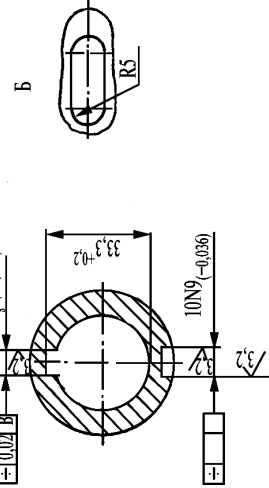
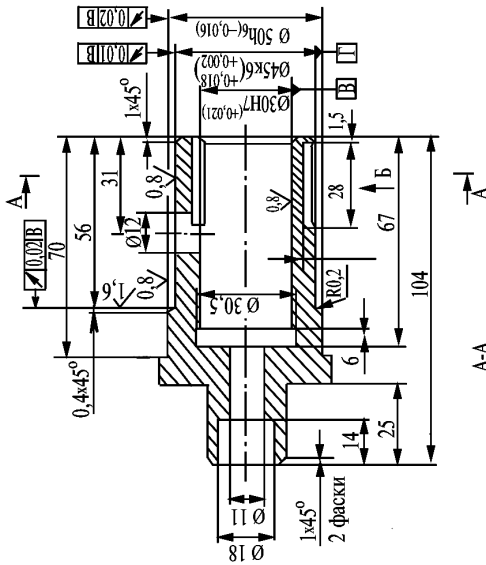
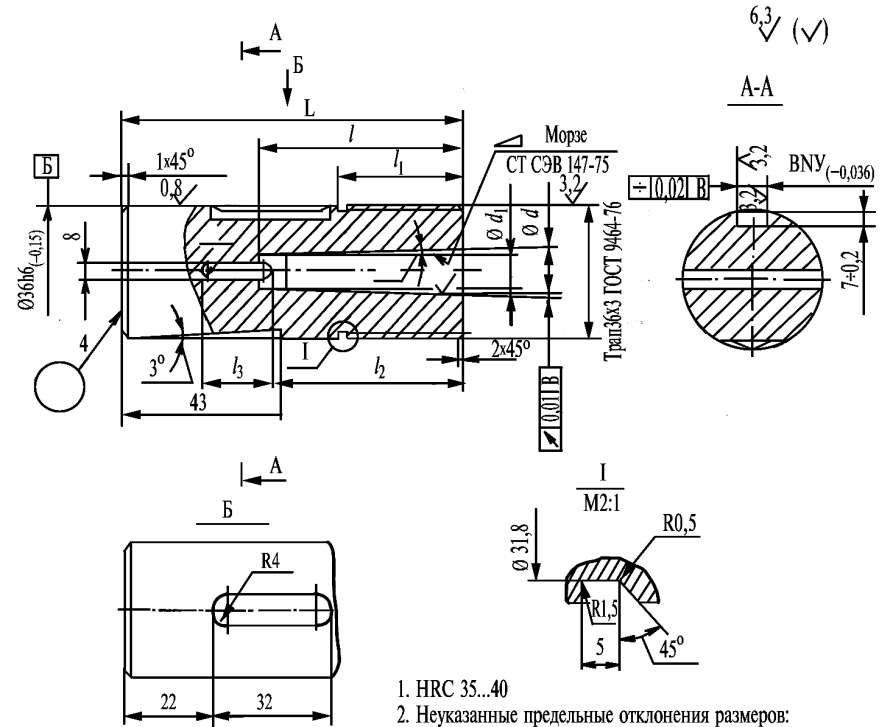


Рис. 10



- HRC 35...40
- Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h16, остальных +IT14/2.
- Покрытие — хим. окс. прм. ГОСТ 9073-77.

Размеры в мм

L	l	l ₁	l ₂	l ₃	d	d ₁	B	α°	R1	Конус Морзе
110	84	54	78	27	23,625	20,2	7,9	1°26'16"	3,95	3

Рис. 11

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные машины. Справочник / Под ред. Э.Н. Кузина. Т. 1. — М.: Машиностроение, 1991, 496 с.
2. Дехтеринский Л. В. и др. Ремонт автомобилей. — М.: Транспорт, 1992. 295 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Панов, В.В. Аникин и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. — М.: Машиностроение. 1988. — 736 с.
4. Каракулев А. В. и др. Ремонт строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин. — М.: Транспорт, 1988. 330 с.
5. Требования ЕСКД к текстовым документам, схемам и чертежам. Ч. I и II. — М.: ВЗИИТ, 1985, 71 с.
6. Справочник технолога- машиностроителя. Т. 1 и 2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1986. 656 с.
7. Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонт машин. — М.: Высшая школа, 1981, 344 с.
8. Ровках С.Е., Фейгин Л.А. Техническая эксплуатация и ремонт машин транспортного строительства. — М.: Транспорт, 1985. 355 с.

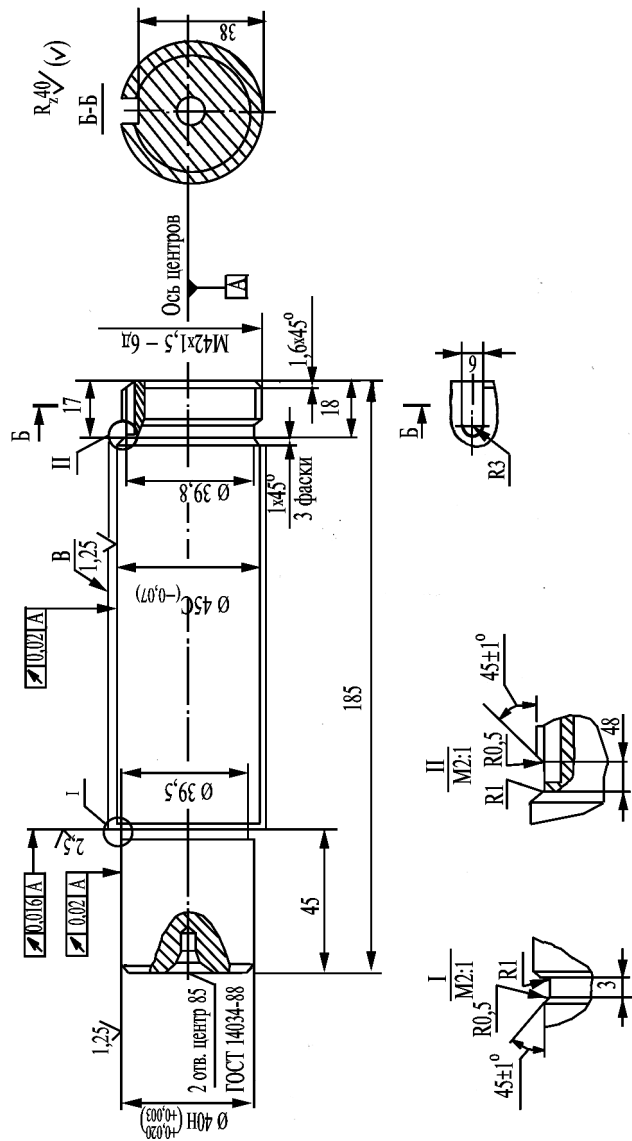


Рис. 12

