

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию  
для студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая  
эксплуатация автомобилей (по направлениям)»  
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2024

УДК 629.33  
ББК 39.33  
Т77

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»  
«4» октября 2024 г., протокол № 2

Составители: канд. техн. наук, доц. А. С. Мельников;  
ст. преподаватель А. А. Мельников

Рецензент канд. техн. наук А. П. Прудников

Методические рекомендации к курсовому проектированию по дисциплине  
«Технология производства и ремонта автомобилей» предназначены для  
студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей  
(по направлениям)» дневной и заочной форм обучения.

Учебное издание

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2024

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ особенности конструкции и условий работы детали.....	5
2 Анализ возможных дефектов детали и составление дефектовочной ведомости детали.....	6
3 Выбор технологических баз и способа восстановления деталей.....	7
4 Расчет припусков на механическую обработку.....	10
5 Разработка маршрута технологического процесса восстановления детали.....	12
6 Расчет режимов обработки детали.....	17
7 Техническое нормирование работ.....	21
8 Проектирование приспособления, используемого при восстановлении детали.....	22
8.1 Выбор применяемых конструкторских решений и компоновки приспособления.....	22
8.2 Силовой расчет приспособления.....	25
8.3 Расчет привода и прочностной расчет приспособления.....	28
8.4 Результаты проектирования приспособления.....	29
9 Экономическая оценка маршрута восстановления детали.....	30
10 Графическая часть курсовой работы.....	30
10.1 Маршрутная карта.....	31
10.2 Операционные эскизы.....	31
10.3 Сборочный чертеж приспособления.....	32
Список литературы.....	34
Приложение А.....	35
Приложение Б.....	40

## Введение

В процессе эксплуатации автомобиля надежность, заложенная в нем при конструировании и производстве, снижается вследствие возникновения неисправностей и запланированных износов.

Вместе с тем около 75 % деталей, выбраковываемых при первом капитальном ремонте автомобилей, являются ремонтпригодными либо могут быть использованы без восстановления. Поэтому целесообразной альтернативой расширению производства запасных частей является вторичное использование изношенных деталей, восстанавливаемых в процессе ремонта автомобилей и его агрегатов. При этом при применении надлежащей технологии восстановления деталей используются способы нанесения покрытий и последующей обработки, позволяющие не только сохранить ресурс дефектных деталей, но и увеличить его, придать детали повышенные эксплуатационные характеристики.

Себестоимость восстанавливаемых деталей, как правило, не превышает 75 % стоимости новых, а расход материалов в 15–20 раз ниже, чем на их изготовление. Высокая экономическая эффективность предприятий, специализирующихся на восстановлении автомобильных деталей, обеспечивает им конкурентоспособность в условиях рыночного производства.

При выполнении курсовой работы студент выбирает способ восстановления (изготовления) детали, составляет технические условия на контроль и сортировку деталей, разрабатывает маршрут восстановления (изготовления) детали, рассчитывает режимы резания и подбирает необходимое технологическое оборудование, определяет норму времени и технологическую себестоимость восстановления.

Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать главы согласно заданию и быть оформлена в соответствии с ЕСКД. Межстрочный интервал текста одинарный, гарнитура Times New Roman 14 pt, выравнивание по ширине.

Во введении указывают и описывают основные задачи, достигаемые в ходе выполнения курсового проекта, а именно:

- проанализировать особенности конструкции и условий работы детали;
- определить оптимальные технологические базы для детали;
- выбрать способ восстановления детали;
- составить технические условия на контроль и сортировку детали;
- рассчитать припуски на обработку детали;
- разработать маршрут восстановления детали;
- рассчитать режимы резания и подобрать необходимое технологическое оборудование;
- определить норму времени и технологическую себестоимость восстановления;
- спроектировать приспособление для обработки детали;
- произвести силовой и проектировочный расчеты.

## 1 Анализ особенности конструкции и условий работы детали

Каждая деталь в соответствии со своим назначением должна быть работоспособной на протяжении всего предусмотренного срока службы. Нагруженность и напряженность детали зависит от ее места в кинематической цепи узла или агрегата и способа соединения с другими деталями.

В главе 1 пояснительной записки следует дать характеристику типу деталей, указанному в задании, включая отличительные особенности данного вида деталей, задачи, для выполнения которых они предназначены, механизмы, использующие указанную деталь, условия работы.

Требуется описать условия работы детали в узле или агрегате, указав вид трения, характер действующих нагрузок (постоянные, знакопеременные, ударные, вибрационные), характер деформаций (растяжение, изгиб, сжатие, кручение), характер износа (равномерный, неравномерный, односторонний и пр.), возможные структурные изменения, агрессивность среды, температурный режим и т. д.

Часто детали находятся под действием переменных нагрузок, характер изменения которых может зависеть от систематических или случайных факторов. Наиболее опасны динамические нагрузки – нагрузки, характеризующиеся быстрым изменением во времени их значения, направления или места приложения. Например, динамические нагрузки действуют на зубья звездочек, зубчатые колеса, коленчатый вал. При этом при возникновении резонансных режимов работы деталей под динамическими нагрузками, нагрузка может многократно превышать допустимую величину, что приводит к быстрому выходу детали из строя.

Следует, проанализировав чертеж детали, определить и указать особенности изображенной на нем детали, выделяющие ее из ряда деталей данного типа, рассмотреть химический состав и механические свойства материала детали, применимость различных видов обработки для данной детали, определить класс детали.

Как правило, отличительными особенностями детали, выделяющими ее из других деталей того же класса, являются:

- габаритные размеры;
- материал детали;
- сопрягаемые детали;
- требования, предъявляемые к посадкам и привалочным поверхностям детали;
- точность и качество обработки поверхностей детали;
- требования на форму и расположение поверхностей детали;
- условия работы, отличные от других деталей того же класса;
- назначение детали.

На основании химических и физических свойств материала заготовки делают предварительный вывод о применимости различных способов наращивания материала, подходящем способе сварки, гарантирующем минимальные внутренние напряжения в детали и электроде.

## **2 Анализ возможных дефектов детали и составление дефектовочной ведомости детали**

В ходе анализа возможных дефектов детали перечисляют группы дефектов, возникающих в заданной детали и дают каждой из них характеристику. В характеристике группы дефектов указывают причины их возникновения, возможные последствия при несвоевременной дефектовке детали, возможные виды ремонта данной группы дефектов и применимость различных технологических операций.

Все характерные для данной детали дефекты сводятся в дефектовочную ведомость (рисунок 2.1).

Дефекты по возможности устранения классифицируют на исправимые и неисправимые. Исправимые дефекты – это дефекты, устранение которых технически возможно и экономически целесообразно. Неисправимые дефекты – это дефекты, устранение которых технологически невозможно или экономически нецелесообразно.

В графу «Возможный дефект» записывают название возникающего дефекта, содержащее в себе указание на характер дефекта и тип дефектной поверхности. Распространенные типы дефектов включают: износ; выработку; изгиб; трещины; задиры; срывы, вмятины, обломы и др.

Дефекты характерны для поверхностей детали, входящих в подвижный или неподвижный контакт с другими деталями при работе механизма или узла. Такими поверхностями, например, являются: наружные цилиндрические поверхности; внутренние цилиндрические поверхности; отверстия; резьбы и резьбовые отверстия; пазы и шпоночные пазы; упорные шейки; ступени механических передач; привалочные и присоединительные поверхности; конус; канавки; лыски; торцы; буртики; шейки и др.

В процессе эксплуатации наибольший процент отказов возникает в результате изнашивания деталей. Изнашивание – это процесс постепенного изменения размеров и формы тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и в его остаточной деформации. При наличии у дефектной поверхности и ее дефекта устоявшегося технологического названия следует указывать его.

В третью графу записывают способ установления дефекта и средства объективного контроля.

В графу «Требования» заносят требования по геометрическим размерам, отклонения формы и расположения, условия на результаты контроля поверхностей калибрами и результаты испытаний и т. д.

Заключение начинают со слова «Браковать» или «Ремонтировать» с дальнейшим кратким описанием способа ремонта и технологических операций, подлежащих выполнению в ходе ремонта.

Пример выполнения дефектовочной ведомости детали приведен на рисунке 2.1.

Наименование детали (сборочной единицы) <u>Вал-шестерня</u>					
				Номер детали (сборочной единицы)	
				Материал: сталь 40Х ГОСТ 4543–71	
				Твердость: закаленного слоя 42...56 HRC; незакаленных поверхностей 207...241 НВ	
Позиция	Возможный дефект	Способ установления дефекта и средства контроля	Требование		Заключение
			по рабочему чертежу	допустимо без ремонта	
1	2	3	4	5	6
–	Обломы или трещины	Осмотр	–	–	Браковать
1	Износ червяка	Индикатор часового типа ИЧ10 ГОСТ 577–68	Радиальное биение меньше 0,017	Отсутствие разрушения зубьев, биение 0,017	Ремонтировать. Сточить червяк и следы износа. Изготовить ремонтную втулку, фрезеровать червяк, закалить и запрессовать ремонтную втулку, шлифовать червяк
2	Износ шпоночного паза сегментного	Штангенциркуль ШЦЦ-1-250-0,01 ГОСТ 166–89	$L = 3$ $N8 \begin{pmatrix} -0,004 \\ -0,029 \end{pmatrix}$	$L = 2,996$	Ремонтировать. Удалить следы износа, заварить, фрезеровать шпоночный паз
3	Износ цилиндрической поверхности	Калибр-скоба HE-14,5-h9 ГОСТ 18360–93	$\varnothing 14,5$ $h9 \begin{pmatrix} -0,043 \end{pmatrix}$	$\varnothing 14,457$	Ремонтировать. Удалить следы износа, наплавить, точить до размера по чертежу
...	...	...	...	...	...

Рисунок 2.1 – Дефектовочная ведомость

### 3 Выбор технологических баз и способа восстановления деталей

Технологические базы, используемые при восстановлении данной детали с указанием дефектов, указывают согласно ГОСТ 21495–76 и обозначают римскими цифрами I, II, III и т. д. Для пояснения расположения баз выполняется рисунок с указанием технологических баз. Базы выделяются линиями толщиной 1,5...2,5s.

Технологическая база – это поверхность (ось, точка) детали, посредством которой производится ее ориентация на станке или в приспособлении относи-

тельно режущего инструмента. По лишаемым степеням свободы технологические базы классифицируют на установочные, направляющие, двойные направляющие, опорные, двойные направляющие и двойные опорные.

Установочная база – база, используемая для наложения на изделие связей, лишаящих его трех степеней свободы, – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

Направляющая база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы, – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

Опорная база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их одной степени свободы, – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

Двойная направляющая база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их четырех степеней свободы, – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

Двойная опорная база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы, – перемещений вдоль двух координатных осей.

После выбора баз для обработки дефектов детали необходимо рассмотреть применяемые способы восстановления деталей с указанием их преимуществ, недостатков и отличительных особенностей.

Сравнив различные способы восстановления каждого из дефектов детали по критериям применимости, долговечности и экономичности, делают вывод о способе восстановления дефектов детали [7, с. 37].

При выборе технологических баз руководствуются следующими правилами:

- базовые поверхности должны быть наиболее точно расположены относительно обрабатываемых поверхностей;

- при обработке поверхностей детали желательно соблюдать принцип постоянства баз, т. е. за технологические базы принимать поверхности, при установке на которые можно обработать все поверхности детали;

- установку ремонтируемой детали на станке желательно производить по тем же базам, которые были приняты при изготовлении детали;

- при повреждении базовых поверхностей механическую обработку детали следует начинать с восстановления технологических баз;

- установка детали должна производиться по менее изношенным поверхностям;

- при отсутствии технологической базы, принятой при изготовлении детали, в качестве ее необходимо выбирать те поверхности, которые определяют положение детали в агрегате; при этом необходимо стремиться, чтобы технологическая база совпадала с измерительной базой, т. е. соблюдался принцип единства баз;

- при отсутствии возможности обеспечить постоянство базы, в качестве новой технологической базы следует выбирать обработанные поверхности, обеспечивающие необходимую жесткость детали при ее обработке;

– в качестве технологических баз для обработки следует выбирать поверхности, пригодные для установки и ориентации посредством их детали на данном станке или приспособлении.

Базы, отвечающие вышеперечисленным требованиям, обеспечат точность механической обработки за счет уменьшения величины погрешности базирования.

Пример выбора технологических баз для обработки дефектов приведен на рисунке 3.1.

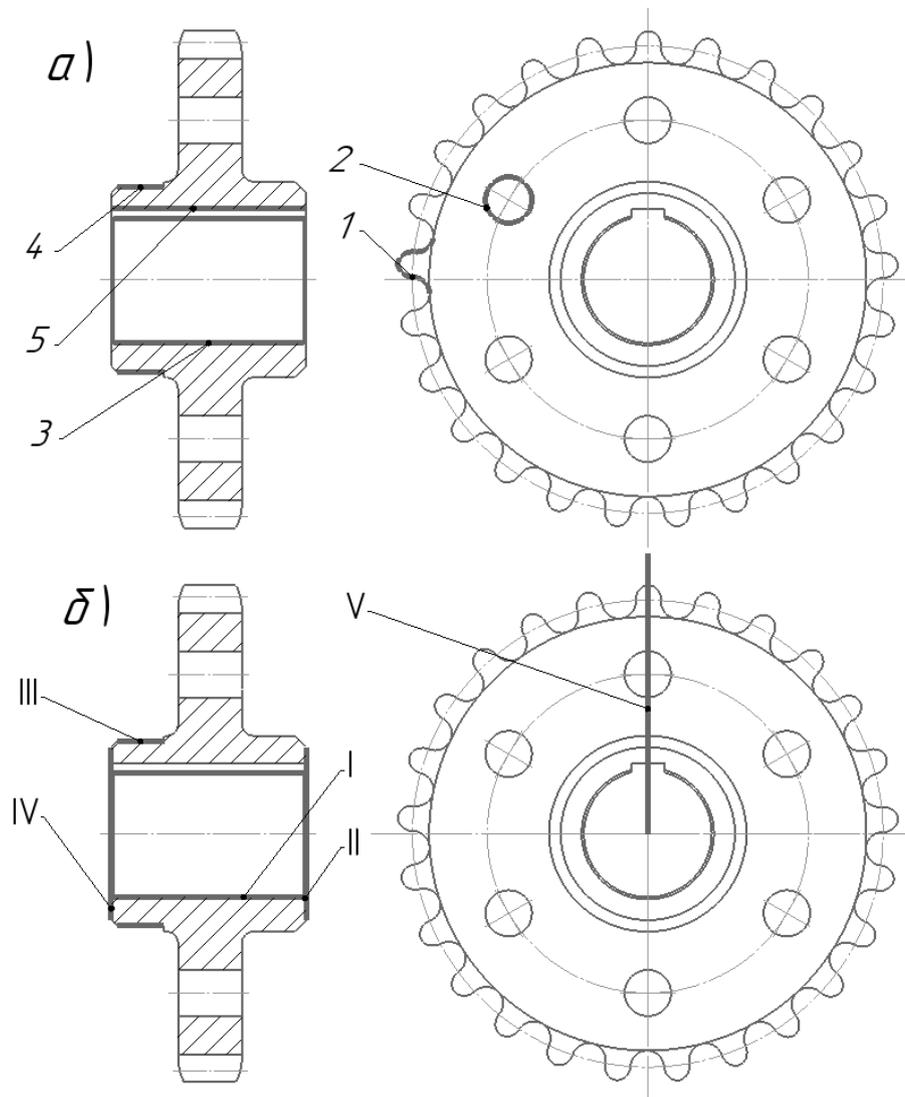


Рисунок 3.1 – Выбор технологических баз (б) для обработки дефектов ведущей шестерни (а)

Дефект № 1 – база I двойная направляющая, установка в трехкулачковый патрон, база II опорная, выставление по штангенциркулю, база V опорная скрытая, зажим патрона.

Дефект № 2 – база II установочная, установка на стол, база I двойная направляющая, выставление по центроискателю, база V опорная скрытая, зажим винтового прихвата.

Дефект № 3 – база III двойная направляющая, установка в трехкулачковый патрон, база II опорная, выставление по штангенциркулю, база V опорная скрытая, зажим патрона.

Дефект № 4 – база I двойная направляющая, установка в трехкулачковый патрон, база II опорная, упор в кулачки, база VII опорная скрытая, зажим патрона.

Дефект № 5 – база IV установочная, установка на приспособление, база III двойная направляющая, выставление по установочному пальцу, база V опорная скрытая, зажим гидравлического приспособления.

#### 4 Расчет припусков на механическую обработку

При разработке технологического процесса рассчитывают промежуточные припуски на обработку. Промежуточный припуск – слой материала, удаляемый с поверхности детали за одну операцию. Общий припуск – это слой металла, удаляемый с поверхности детали в процессе ее обработки на всех операциях. Правильное определение промежуточных припусков обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов, необходимое качество ремонтируемой детали и снижает себестоимость ремонта. Карта припусков на обработку по технологическим операциям приведена на рисунке 4.1.

Технологические операции	Элементы припуска				Расчетный припуск $z_{min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск на размер $\delta$ , мкм	Предельное отклонение размера, мм		Предельное отклонение припуска, мкм		Квалитет точности  IT
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{max}$	$d_{min}$	$z_{max}$	$z_{min}$	
Заготовка (после наплавки)												
Точение черновое												

Рисунок 4.1 – Карта припусков на обработку по технологическим операциям на поверхность

Для иллюстрации расчета выбирают внутреннюю или наружную поверхность с тремя или более технологическими операциями, выполняемыми после наращивания изношенной поверхности. Указывается размер поверхности, квалитет и предельные отклонения. Для определения припусков для наружной поверхности следует [2] выполнить следующее.

1 Записать в карту припусков технологические переходы обработки в порядке последовательности их выполнения.

2 Определить и записать значения высоты неровностей профиля  $R_z$ , глубины дефектного поверхностного слоя  $T$ , величины коробления поверхности  $\rho$ , погрешности расположения заготовки  $\varepsilon$ , поля допуска  $\delta$ .

3 Определить минимальные припуски на обработку по всем технологическим поверхностям.

4 Записать для конечного перехода наименьший предельный размер детали по чертежу.

5 Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу расчетного припуска  $z_{\min}$ .

6 Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчетному размеру расчетного припуска  $z_{\min}$ , следующего за ним смежного перехода.

7 Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением расчетных размеров.

8 Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру.

9 Записать предельные значения припусков  $z_{\max}$ , как разность наибольших предельных размеров, и  $z_{\min}$ , как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

10 Определить общие припуски  $z_{o_{\max}}$  и  $z_{o_{\min}}$ , суммируя промежуточные припуски на обработку.

11 Проверить правильность произведенных расчетов по формулам

$$z_{i_{\max}} - z_{i_{\min}} = \delta_{i-1} - \delta_i; \quad (4.1)$$

$$z_{o_{\max}} - z_{o_{\min}} = \delta_z - \delta_o, \quad (4.2)$$

где  $\delta_z$  – поле допуска заготовки, мкм;

$\delta_o$  – поле допуска готовой детали, мкм.

12 Определить толщину слоя покрытия. Величина слоя покрытия равна сумме межоперационных припусков с учётом величины износа и механической обработки, определяется по формуле

$$h = z_i + h_{\text{изн}} + z_{o_{\max}}, \quad (4.3)$$

где  $h_{\text{изн}}$  – величина износа восстанавливаемой поверхности детали, мм.

Полученные величины предельных отклонений на размеры используют при составлении маршрутной карты.

## **5 Разработка маршрута технологического процесса восстановления детали**

При составлении технологического маршрута руководствуются следующими правилами:

- последовательность выполнения операций должна исключать повторное поступление деталей на посты устранения дефектов;
- в первую очередь устраняются те дефекты поверхностей, которые являются базовыми при дальнейшей обработке детали, затем выполняются подготовительные, восстановительные операции, черновая, чистовая обработка, термическая и финишная обработка при необходимости;
- однотипные операции, выполняемые при устранении различных дефектов, следует объединять в одну операцию с учетом особенностей используемых инструментов и приспособлений.

Операции технологического маршрута нумеруются тремя знаками с интервалом через пять единиц, например: 005, 010, 015 и т. д.

Для каждой операции дефекта указывают основной размер до и после обработки с указанием предельных отклонений, а также длину обработки. При использовании нескольких установов в процессе выполнения одной операции указывают все применяемые установы, при этом различают черновое, чистовое, тонкое точение и фрезерование, предварительное и окончательное шлифование, выхаживание и другие операции.

При выборе оборудования для выполнения технологической операции следует учитывать габариты обрабатываемой заготовки и рабочей области оборудования, предельные положения рабочего органа станка, применимость используемых приспособлений к данному станку, максимальную мощность на рабочем органе.

При выборе станка для выполнения операций восстановления детали следует обратить внимание на совместимость габаритных размеров детали и рабочей области станка, технологическую возможность выполнения необходимых операций и применения выбранного оборудования на данном станке, мощность станка.

В графу «Примечание» вносят указания по проведению соответствующих операций, отличительные особенности по установке заготовки и режимам обработки, использованию смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), особенности контроля качества поверхности и измерительных работ.

Пример выполнения маршрутной карты представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Карта маршрутная

Наименование		Код	Материал	
Корпус		–	Сталь 45 ГОСТ 1050–88	
Но- мер опера- ции	Наименование и содержание операции	Оборудование	Приспособление и инструмент	Примечание
1	2	3	4	5
005	Моечная Мыть деталь	Моечная машина AM800 BC	Моющий раствор лабомид 203	Обеспечить устранение загрязнений
010	Фрезерная Фрезерование черновое Фрезеровать Дефект № 2 с $L = 3_{-0,029}^{-0,004}$ до $L = 4_{-0,2}$	Станок фрезерный 6Н80Ш	Фреза шпоночная 16x4,0-1-1-N9 ГОСТ Р 53412–2009, штангенциркуль ЩЦЦ-1-250-0,01 ГОСТ 166–89	Фрезеровать до выведения следов износа
015	Токарная Установ А Точение черновое Точить Дефект № 3 с $\varnothing 14,5_{-0,043}$ на $l = 20$ до $\varnothing 14_{-0,2}$ Дефект № 4 с $\varnothing 10,6_{-0,043}$ на $l = 40$ до $\varnothing 10_{-0,2}$ Установ Б Точение черновое Точить Дефект № 5 с $L = 32_{+0,017}^{+0,056}$ до $L = 31,7_{-0,3}$	Станок токарно- винторезный 16К20	Втулка разрезная, резец 2102-0507 ГОСТ 18868–73, резец 2112-0035 ГОСТ 18871–73	Точить до выведения следов износа
020	Токарная Дефект № 1 с $\varnothing 33,2_{-0,039}$ на $l = 33$ до $\varnothing 15,4_{-0,2}$ Точение чистовое Точить Дефект № 1 с $\varnothing 33,2_{-0,039}$ на $l = 33$ до $\varnothing 15_{+0,027}^{+0,027}$ , $Ra 1,25$	Станок токарно- винторезный 16К20	Резец 2102-0507 ГОСТ 18868–73, резец 2112-0035 ГОСТ 18871–73	Установить поворотный суппорт на $9^{\circ}20'11''$ , точить до выведения следов износа
025	Сверлильная Сверлить Дефект № 6 с $\varnothing 7,2_{+0,04}$ на $l = 10$ до $\varnothing 8_{+0,2}$ Дефект № 7 с $\varnothing 5_{+0,03}$ на $l = 10$ до $\varnothing 5,5_{+0,2}$	Станок сверлильный 2М112	Патрон 4-В10 ГОСТ 8522–79, сверла 2300–3439, 2300-0177 ГОСТ 10902–77	Сверлить до выведения следов износа

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5
030	Сварочная Заварить Дефект № 2 с $L = 4_{-0,2}$ Дефект № 6 с $\varnothing 8^{+0,2}$ на $l = 10$ Дефект № 7 с $\varnothing 5,5^{+0,2}$ на $l = 10$ Установ А Наплавить Дефект № 3 с $\varnothing 14_{-0,2}$ на $l = 20$ до $\varnothing 18^{+1,18}_{+0,08}$	Полуавтомат сварочный «Варио-Стар» 240	Приспособление для наплавки, стол сварочный D 1002	Обеспечить равномерную наплавку
035	Хромирование Хромировать Дефект № 4 с $\varnothing 10_{-0,2}$ на $l = 40$ до $\varnothing 10,8^{+0,1}$ , $I = 7,7$ А, $U = 17...18$ В	Ванна гальваническая, источник питания YINUA PS 305D	Оправка, электролит $\text{CrO}_3$ 250 г/л, $\text{H}_2\text{SO}_4$ 2,5 г/л	Колебания тока не более 0,2 А, $p = 1,12...1,14$
040	Железнение Железнить Дефект № 5 с $L = 31,7_{-0,3}$ до $L = 32,3^{+0,08}$ , $I = 4,7$ А, $U = 12...14$ В	Ванна гальваническая, источник питания YINUA PS 305D	Оправка, электролит $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 300 г/л	Колебания тока не более 0,2 А, pH в пределах 1,0...1,2, $p = 1,23...1,26$
045	Фрезерная Установ А Фрезеровать шпоночный паз Дефект № 2 $L = 3_{-0,029}^{-0,004}$ , $L = 3,8^{+0,2}$	Станок фрезерный 6Н80Ш	Фреза шпоночная 13x3,0-1-1-N8 ГОСТ Р 53412-2009 штангенциркуль ЩЦ-1-250-0,01 ГОСТ 166-89	Фрезеровать до размеров по чертежу
050	Токарная Установ А Точение черновое Точить Дефект № 3 с $\varnothing 18^{+1,18}_{+0,08}$ на $l = 20$ до $\varnothing 15_{-0,12}^{-0,01}$ Точение чистовое Точить Дефект № 3 с $\varnothing 15_{-0,12}^{-0,01}$ на $l = 20$ до $\varnothing 14,5_{-0,043}$	Станок токарно- винторезный 16К20	Резец 2102-0507 ГОСТ 18868-73, резец 2112-0035 ГОСТ 18871-73	Точить до размеров по чертежу
055	Сверлильная Сверлить Дефект № 6 на $l = 10$ до $\varnothing 7,2^{+0,04}$ Дефект № 7 на $l = 10$ до $\varnothing 5^{+0,03}$ Нарезать резьбу Дефект № 6 М8x0,75ЛН-6Н на $l = 10$	Станок сверлильный 2М112	Патрон 4-В10 ГОСТ 8522-79, сверла 2300-3425, 2300- 0174 ГОСТ 10902-77, метчик 2621-1205 ГОСТ 3266-81	Сверлить до размеров по чертежу

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5
060	Токарная Сверлить Дефект № 1 (венец) на $l = 35$ до $\varnothing 14^{+0,15}$ Точение черновое Точить Дефект № 1 (венец) с $\varnothing 38_{-2}$ на $l = 35$ до $\varnothing 33,8_{-0,2}$ Точение чистовое Точить Дефект № 1 (венец) с $\varnothing 33,8_{-0,2}$ на $l = 35$ до $\varnothing 33,2_{-0,039}$ Расточить Дефект № 1 (венец) с $\varnothing 14^{+0,15}$ на $l = 35$ до $\varnothing 15^{+0,087}_{+0,060}$ Отрезать Дефект № 1 (венец) $L = 33_{-0,05}$	Станок токарно- винторезный 16К20	Резец 2102-0507 ГОСТ 18868-73, резец 2112-0035 ГОСТ 18871-73	Точить до размеров по чертежу
065	Резьбофрезерная Фрезеровать червяк четырёхзаходный Дефект № 1 (венец) с $\varnothing 33,2_{-0,039}$ на $l = 33$ до $m = 2$ , $z = 4, h = 4,4, s = 2,917_{-0,21}^{-0,14}$ , $\gamma = 21^\circ 48' 05''$	Станок резьбофрезер- ный 561	Фреза дисковая 2240-0351 ГОСТ 28527-90, оправка для фрезерования	Фрезеровать с припуском на финиш- ную обра- ботку 0,15
070	Закалка Закалить Дефект № 1 (венец) до HRC 50...56	Печь ТВЧ ИНС 20-60	Приспособле- ние для закалки	Коробление не более 0,01
075	Слесарная Запрессовать ремонтную втулку Дефект № 1 прессовать посадку $\varnothing 15 \frac{H8}{z6} \left( \frac{+0,027}{+0,087} \right)_{+0,060}$	Пресс гидрав- лический АЕ&Т Т61204М	Оправка для запрессовки, Loctite 638	Не допус- кать пере- коса втулки
080	Резьбошлифовальная Шлифовать червяк четырёхза- ходный Дефект № 1 (венец) с $\varnothing 33,2_{-0,039}$ на $l = 33$ до $m = 2$ , $z = 4, h = 4,4, s = 2,917_{-0,21}^{-0,14}$ , $\gamma = 21^\circ 48' 05''$	Станок резьбошли- фовальный	Круг шлифовальный 1 250x25x140 25А С2 ГОСТ 2424-83	Фрезеровать до размера по чертежу

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5
085	<p>Круглошлифовальная Установ А Шлифование предварительное Шлифовать Дефект № 4 с <math>\varnothing 10,8^{+0.1}</math> на <math>l = 40</math> до <math>\varnothing 10,7^{+0.05}</math>, <math>Ra 0,8</math> Шлифование окончательное Шлифовать Дефект № 4 с <math>\varnothing 10,7^{+0.05}</math> на <math>l = 40</math> до <math>\varnothing 10,6^{+0.05}_{+0,01}</math>, <math>Ra 0,63</math> Выхаживание Шлифовать Дефект № 4 с <math>\varnothing 10,6^{+0.05}_{+0,01}</math> на <math>l = 40</math> до <math>\varnothing 10,6_{-0,043}</math>, <math>Ra 0,32</math> Установ Б Шлифование предварительное Шлифовать Дефект № 5 с <math>L = 32,3^{+0.08}</math> до <math>L = 32,1^{+0.04}</math>, <math>Ra 0,8</math> Шлифование окончательное Шлифовать Дефект № 5 с <math>L = 32,1^{+0.04}</math> до <math>L = 32^{+0,095}_{+0,055}</math>, <math>Ra 0,63</math> Выхаживание Шлифовать Дефект № 5 с <math>L = 32^{+0,095}_{+0,055}</math> до <math>L = 32^{+0,056}_{+0,017}</math>, <math>Ra 0,32</math></p>	<p>Станок круглошли- фовальный 3М151</p>	<p>Круг шлифовальный 1 300x80x48 14А ГОСТ Р 52781–2007, штангенцикуль ШЦЦ-1-250-0,01 ГОСТ 166–89, микрометр МК Ц25, МК Ц50 ГОСТ 6507–90</p>	<p>Шлифовать до размеров по чертежу, подавать СОЖ Zubora THS</p>
090	<p>Контрольная Контролировать дефекты № 1–7</p>	<p>Стол контролера</p>	<p>Калибр-пробка HE-5-N9, ГОСТ 14823–69, калибр резьбовой HE-M8x0,75LN-6H ГОСТ 24997–81, штангенцикуль ШЦЦ-1-250-0,01 ГОСТ 166–89, индикатор часового типа ИЧ10, ГОСТ 577–68, калибр-скоба HE-14,5-h9 ГОСТ 18360–93</p>	<p>Контроль производить в хорошо освещенном помещении</p>

## 6 Расчет режимов обработки детали

Расчет режимов обработки детали приводится для шести различных операций. Для расчета выбирают технологически связанные операции, следующие одна за одной и выполняемые на разрабатываемом приспособлении, при необходимости добавляют иные операции. Перед расчетом каждой операции пишут ее наименование, например:

«035 Токарная, точение черновое, дефект № 3»;

«045 Сверлильная, рассверливание, дефект № 6».

При расчете режимов токарной обработки [1] определяют исходя из маршрутной карты глубину резания  $t$ . При этом следует учитывать рекомендуемое количество проходов для данной технологической операции и рекомендуемую глубину резания. Затем, на основании материала заготовки, типа и характеристик используемого инструмента и оборудования, глубины резания и т. д., определяется подача резания  $S$ .

Теоретическая скорость резания  $v_m$ , м/мин, при точении рассчитывается по формуле

$$v_m = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (6.1)$$

где  $C_v$  – коэффициент, зависящий от метода обработки;

$K_v$  – коэффициент, учитывающий условия обработки;

$T$  – стойкость резца, мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$m, y, x$  – показатели степени, учитывающие характер обработки, характеристики инструмента, параметры обработки.

По полученному значению скорости находится частота вращения шпинделя по формуле

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}. \quad (6.2)$$

Затем требуется скорректировать частоту вращения шпинделя по паспорту станка и определить действительное значение скорости резания

$$v = \frac{n_p \cdot \pi \cdot D}{1000}. \quad (6.3)$$

Расчет операций, выполняемых на станках, завершается определением усилия (момента) резания, требуемой мощности станка для выполнения данной операции и заключением о целесообразности выбранных режимов обработки [1]. Силы, действующие на заготовку при ее обработке, а также их направление, приведены в таблице А.1.

Тангенциальная сила резания при точении  $P_z$ , Н, определяется по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (6.4)$$

где  $C_p$  – коэффициент для данных условий резания;

$y, x, n$  – показатели степени;

$K_p$  – поправочный коэффициент.

Эффективную мощность резания  $N_{эф}$ , кВт, находят по формуле

$$N_{эф} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}. \quad (6.5)$$

Для определения степени нагруженности оборудования при принятых режимах резания следует определить коэффициент использования оборудования по мощности

$$\eta = N_{эф} / N_{см}, \quad (6.6)$$

где  $N_{см}$  – максимальная мощность на задействованном рабочем органе используемого оборудования, кВт.

При расчете режимов сварки и наплавки автоматической сваркой следует [6] рассчитать силу сварочного тока, скорость подачи электродной проволоки, скорость сварки, частоту вращения заготовки при обработке цилиндрических поверхностей.

Силу сварочного тока определяют по формуле

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2 \cdot a}{4}, \quad (6.7)$$

где  $a$  – плотность тока в электродной проволоке, А/мм<sup>2</sup>;

$d_э$  – диаметр электродной проволоки, мм.

Скорость подачи электродной проволоки  $V_{np}$ , м/с, рассчитывается по формуле

$$V_{np} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_э^2 \cdot \rho}, \quad (6.8)$$

где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>;

$\alpha_p$  – коэффициент расплавления проволоки, г · А/ч;

$I_{св}$  – ток сварочный, А.

При этом коэффициент расплавления определяется по формуле

$$\alpha_p = 3 + 0,08 \cdot \frac{I_{св}}{d_э}. \quad (6.9)$$

Скорость сварки  $V_{св}$ , м/ч, вычисляется по формуле

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{100 \cdot F_B \cdot \rho}, \quad (6.10)$$

где  $F_B$  – площадь поперечного сечения одного валика, см<sup>2</sup>;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч).

При расчете режимов гальванических операций [3] изображают схему применяемой гальванической ванны как минимум в двух видах с указанием необходимых размеров анода, катода (детали), ванны. Форма и размеры анода должны обеспечивать равномерное нанесение металла в частях детали, где это предусмотрено техпроцессом. Для предотвращения осаждения металла в нежелательных местах используют заглушки из поливинилхлорида и других нечувствительных к электролитам пластмасс. Для большинства гальванических процессов площадь анода должна превышать площадь катода в 2–4 раза.

Затем рассчитывают площадь анода  $S_a$  и катода  $S_k$ . Исходя из графиков зависимости сопротивления усталости от плотности тока определяют оптимальную температуру ванны, состав электролита, требуемую катодную плотность тока, выход по току.

Величина анодного тока  $I$ , А, рассчитывается по формуле

$$I = j_k \cdot S_k. \quad (6.11)$$

Затем определяется удельная электропроводимость электролита  $\sigma$ , См/м, на основании его концентрации [3, 4]. Электропроводимость электролита определяют по формуле

$$g = \sigma \cdot l_1, \quad (6.12)$$

где  $l_1$  – среднее расстояние между катодом и анодом, м.

Исходя из электропроводимости  $g$ , См, находят сопротивление ванны  $R$ , Ом, по формуле

$$R = \frac{1}{g}. \quad (6.13)$$

Напряжение, необходимое для протекания гальванического процесса определяют по формуле

$$U = I \cdot R. \quad (6.14)$$

Затем следует указать режимы декапации (анодной активации), толчка тока или плавного повышения тока и других вспомогательных гальванических процессов. Также указывают величину параметра, позволяющего контролировать состав электролита, рекомендации по процессу контроля состава

электролита: для железнения – кислотность рН электролита и плотность  $\rho$ , для хромирования – плотность электролита  $\rho$ .

При ремонте методом постановки дополнительной ремонтной детали минимальную толщину ремонтной детали [4] определяют по формуле

$$\delta = \frac{pnd}{2[\sigma]}, \quad (6.15)$$

где  $p$  – контактное давление между деталями, Па;

$n$  – запас прочности втулки;

$d$  – диаметр контактирующих поверхностей, мм;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение материала втулки, Па.

При использовании тепловых методов сборки температура нагрева охватываемой детали  $t_n$  и температура охлаждения охватываемой детали  $t_o$  определяются по следующим формулам:

$$t_n = k/k_a (0,015/d_1 + 0,001), \quad (6.16)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий частичное охлаждение при сборке;

$k_a$  – коэффициент линейного расширения материала охватываемой детали, мм/(м·град);

$d_1$  – диаметр отверстия охватываемой детали, мм;

$$t_o = 10^{-3} \cdot k(\Delta + s)/(k_a d_2), \quad (6.17)$$

где  $s$  – минимальный гарантированный зазор при сборке, мкм;

$d_2$  – диаметр охватываемой детали, мм;

$\Delta$  – максимальный расчетный натяг после сборки, мкм.

Усилие запрессовки

$$F = 10^{-6} \cdot f\pi dLp, \quad (6.18)$$

где  $f$  – коэффициент трения при запрессовке;

$L$  – длина запрессовки, мм.

При установке ремонтных размеров пользуются формулами для наружных  $d_{p1}$  и внутренних  $D_{p1}$  цилиндрических поверхностей:

$$d_{p1} = d_n - 2(\beta I + Z); \quad (6.19)$$

$$D_{p1} = D_n - 2(\beta I + Z), \quad (6.20)$$

где  $I$  – максимальный износ на диаметр, наблюдаемый на дефектной поверхности, мм;

$\beta$  – коэффициент неравномерности износа;

$Z$  – припуск на механическую обработку дефектной поверхности, мм;

$d_n$  – номинальный диаметр наружной дефектной поверхности, мм;

$D_n$  – номинальный диаметр внутренней дефектной поверхности, мм.

Дополнительная информация для расчетов параметров режимов резания представлена в таблицах А.1 и А.2.

## 7 Техническое нормирование работ

При техническом нормировании работ определяют основное время  $t_o$  на выполнение операции, штучно-калькуляционное время  $t_{шк}$  и др. Штучно-калькуляционное время при механической обработке определяется [2] по формуле

$$t_{шк} = t_o + t_g + t_{обс} + t_{ом} + \frac{T_{пз}}{m}, \quad (7.1)$$

где  $t_o$  – основное время, мин;

$t_g$  – вспомогательное время, мин;

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин;

$t_{обс}$  – время организационного и технологического обслуживания рабочего места, мин;

$t_{ом}$  – время на отдых и личные потребности рабочего, мин;

$m$  – число деталей в партии.

Формулы для нахождения основного времени для различных методов обработки поверхностей указаны в таблице А.2.

Техническое нормирование работ гальванических операций следует начать с определения скорости осаждения металла  $B$ , мкм/ч, из соответствующей таблицы, исходя из параметров гальванического процесса [3]. Затем рассчитывают основное время на гальваническую операцию  $t_o$ , мин, исходя из требуемой толщины покрытия и скорости осаждения по формуле

$$t_o = \frac{h \cdot 100}{B \cdot \eta}, \quad (7.2)$$

где  $h$  – толщина покрытия, мкм;

$\eta$  – выход по току (анодный выход), %.

В случае отсутствия данных по скорости осаждения металла используют [3, 4] электрохимический эквивалент для данного химического элемента  $c$ , г/(А·ч), и определяют основное время по формуле

$$t_o = \frac{1000 \cdot h\gamma}{60 \cdot D_k c\eta}, \quad (7.3)$$

где  $h$  – толщина покрытия, мм;

$\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;

$D_k$  – рекомендованная катодная плотность тока, А/дм<sup>2</sup>;

$\eta$  – выход по току, %.

## 8 Проектирование приспособления, используемого при восстановлении детали

### 8.1 Выбор применяемых конструкторских решений и компоновки приспособления

Исходные данные для проектирования приспособления заносятся в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Исходные данные для проектирования приспособления

Параметр	Значение
1 Привод приспособления	
2 Применяемые дополнительные узлы	
3 Модель станка	
4 Габариты рабочего пространства станка	
4.1 Расстояние от шпинделя до стола, мм	
4.2 Габариты стола, мм	
4.3 Расстояние между пазами стола $t$ , мм	
4.4 Ширина пазов $a$ , мм	
5 Обрабатываемая деталь	
5.1 Габариты обрабатываемой детали, мм	
6 Выполняемая операция (согласно маршрутной карте)	
6.1 Силы резания, Н	
6.2 Момент резания, Н·м	

При использовании станочных приспособлений должны решаться следующие задачи: исключение разметки и выверки заготовок, повышение производительности труда, расширение технологических возможностей оборудования, автоматическая ориентация заготовок.

При проектировании станочных приспособлений [10, 11] применяют следующие виды зажимных устройств:

- винтовой;
- клиновой;

- рычажный;
- эксцентриковый;
- байонетный;
- цанговый;
- магнитный;
- электромагнитный;
- пружинно-тарельчатый;
- с шайбами (втулками);
- вакуумный;
- шестеренчатый;
- прихватный и др.

На станочных приспособлениях применяют следующие типы приводов:

- механический;
- пневматический (поршневой, диафрагменный);
- гидравлический;
- вакуумный (поршневой, диафрагменный, прямого действия);
- пневмогидравлический;
- электрический и др.

Вследствие низкой производительности труда не используются винтовые зажимные устройства с механическим ручным приводом при проектировании станочных приспособлений в курсовом проекте. Также не допускается проектирование широко распространенных стандартных изделий, например, трехкулачкового патрона, поводкового патрона, мембранного патрона и т. д. В зависимости от технологических особенностей операций, выполняемых на разработанном приспособлении, оно может содержать следующие дополнительные узлы:

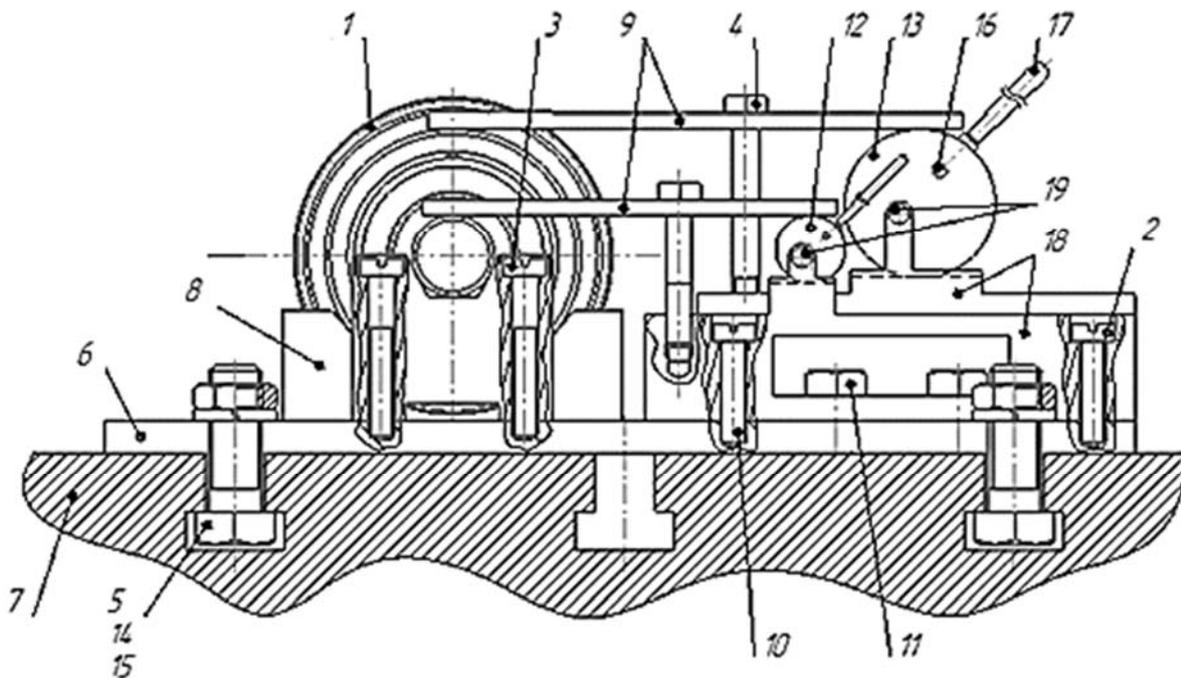
- кондукторный узел;
- распределительный кран;
- делительный узел;
- наладочный узел и др.

Спроектированное приспособление должно отвечать следующим требованиям: надежность, износостойкость и жесткость; постоянная по величине сила закрепления и минимальное время закрепления-открепления заготовки или детали; отсутствие деформации заготовки и ее смещения в процессе закрепления; автоматизация процесса закрепления; технологичность производства приспособления; оптимальное базирование заготовки; обеспечение точности обработки заготовки; совместимость со станками, используемыми для обработки заготовки.

После выбора компоновки приспособления и конструкторских решений, применяемых в приспособлении, изображается схема спроектированного приспособления. В подрисуночной надписи перечисляются позиции, указанные на схеме, с их расшифровкой через точку с запятой и другие обозначения, облегчающие описание приспособления, например, камеры цилиндров, пазы, поверхности (а, б, в и т. д.), характерные точки (А, Б, В и т. д.). Пример схемы приспособления приведен на рисунке 8.1.

Далее подробно описывается устройство приспособления с указанием всех позиций и пояснением способа установки и выполняемой функции каждой из них. Например, часть описания приспособления может выглядеть так:

«Шток 20 с зубчатой рейкой проходит в отверстие в крышке 2 и корпусе 1. На штоке 20 закреплена шайба 19 с манжетами 21 и 22. В радиальную проточку на штоке 20 установлен сухарь 18, соединенный болтами 23 и 24 с плечом 17. Шток 20 располагается в горизонтальном пазу в столе 16. К штоку 20 посредством болтов 25 и 26 присоединены направляющие 15 и 14, перемещающиеся по пазу в столе 16. В столе 16 в горизонтальных отверстиях расположена ось 12 с закрепленной на ней зубчатой шестерней 11. Шестерня 11 входит в зацепление со штоком 20 и нижней частью плеча 10».



1 – вал; 2, 3 – винт; 4, 5 – болт; 6 – основание; 7 – фрезерный стол; 8 – призма; 9 – тяга; 10 – винт; 11 – болт; 12, 13 – эксцентрик; 14 – гайка; 15 – пружинная шайба; 16 – шпилька; 17 – рукоятка

Рисунок 8.1 – Приспособление эксцентриковое

Описание использования приспособления включает следующие пункты.

1 Порядок первоначального монтажа приспособления на станок.

Например: «Приспособление устанавливают на стол фрезерного станка так, чтобы поверхность Б приспособления была параллельна продольной оси стола с допуском 0,005. Для этого рычажный индикатор часового типа закрепляют на ...».

2 Описание установки обрабатываемой детали.

Например: «Установка вала промежуточного производится на призмы 4 и 5. Для этого требуется предварительно повернуть шайбу 18 против часовой стрелки на 180°. При этом поверхность Г вала промежуточного должна быть

установлена на призму 4 с двумя точками контакта. После установки заготовки не допускается перемещение заготовки в осевом направлении. В случае, если заготовка располагается на призмах 4 и 5 неустойчиво следует повернуть поджимную гайку 11.

Для закрепления заготовки в приспособлении воздух под давлением через штуцер 8 подается в камеру *a*. Шток 2, проходя через отверстие в кронштейне *b*, передвигается горизонтально. Шайба 12, закрепленная на конце штока 2, также перемещается горизонтально и воздействует на обод 13. Обод 13, упираясь во фланец штока 2, оказывает усилие на внутреннюю поверхность заготовки, закрепляя ее. После чего ...».

3 Описание операций, выполняемых в процессе обработки детали.

Например: «Для использования делительного узла требуется подать рабочую жидкость в камеру *b*, чтобы пластина 11 отошла от лимба *b*. Затем при помощи ручки 17 лимб *b* вращается. При этом требуется преодолеть усилие пружины 21 в 55 Н, удерживающей лимб *b* в одном из положений. Вращение лимба *b* производится до захода штифта 7 в один из пазов в кольце 8. После этого ...».

4 Описание процесса удаления заготовки из приспособления.

Например: «Для удаления заготовки из приспособления ручка 7 нажимается «от себя» с усилием в 160 Н. В результате эксцентриковый кулачок 3 разблокируется и перестает воздействовать на прихват 8. Затем прихват 8 поворачивается на 90° таким образом, что ...».

## 8.2 Силовой расчет приспособления

Силовой расчет приспособления заключается в определении всех сил и моментов пар сил, приложенных к звеньям приспособления и рабочему органу привода приспособления при обработке детали.

При выполнении силового и других расчетов применяются следующие обозначения:

- $P$  – сила резания либо на рабочем органе станка, воздействующая на заготовку;
- $M_{рез}$  – момент на рабочем органе станка, воздействующий на заготовку;
- $F$  – сила закрепления, прикладываемая зажимным элементом приспособления к заготовке;
- $F_{mp}$  – сила трения в точке приложения усилия зажимным элементом;
- $F_{mp.y}$  – сила трения в точке контакта заготовки с установочным элементом;
- $R_x^i, R_y^i, R_z^i$  – силы реакции опоры  $i$  в виде проекций на оси системы координат;
- $W$  – сила на рабочем органе привода приспособления;
- $Q$  – другие силы, участвующие в расчете;
- $f$  – коэффициент трения;
- $l_i$  – плечи рычагов и другие расстояния;
- $G$  – сила тяжести заготовки.

Расчетная схема приспособления включает изображение заготовки, установленной в разработанное приспособление, оси координат, силы и моменты резания, силы реакций опор, закрепления, трения и т. д., характерные точки и расстояния, необходимые для выполнения расчета. Расчетная схема имеет столько видов, сколько необходимо, чтобы дать представление о составе и направлении всех сил, действующих на заготовку и звенья приспособления при обработке заготовки в приспособлении.

Результатом силового расчета является необходимая сила зажима  $F$ , сила на рабочем органе привода приспособления  $W$  и другие силы, действующие на детали приспособления.

Примеры силовых расчетов наиболее типичных конструкций станочных приспособлений приведены в [10, с. 121–129, 155–161; 11].

Пример выполнения схемы для силового расчета приведен на рисунке 8.2.

Заготовка опирается на призматические опоры 3 и 5. При сверлении отверстия в заготовке на нее воздействуют осевая сила  $P_o$ , расположенная по оси  $Oz$ , и момент резания  $M_{рез}$ , стремящийся повернуть заготовку вокруг оси  $z$ . Повороту заготовки в плоскости  $xOz$  под действием осевой силы  $P_o$  препятствуют сила зажима  $F$  и силы реакции опор  $R_z^1$  и  $R_z^2$ . Повороту заготовки под действием момента резания  $M_{рез}$  в плоскости  $xOy$  препятствуют силы трения  $F_{тр}$ ,  $F_{тр.y}^1$ ,  $F_{тр.y}^2$ .

Определим необходимую силу прижима  $F$  для компенсации момента резания  $M_{рез}$  при сверлении. Для этого составим уравнение равновесия моментов в плоскости  $xOy$  вокруг точки  $A$ :

$$\sum M_A^{xz} = 0;$$

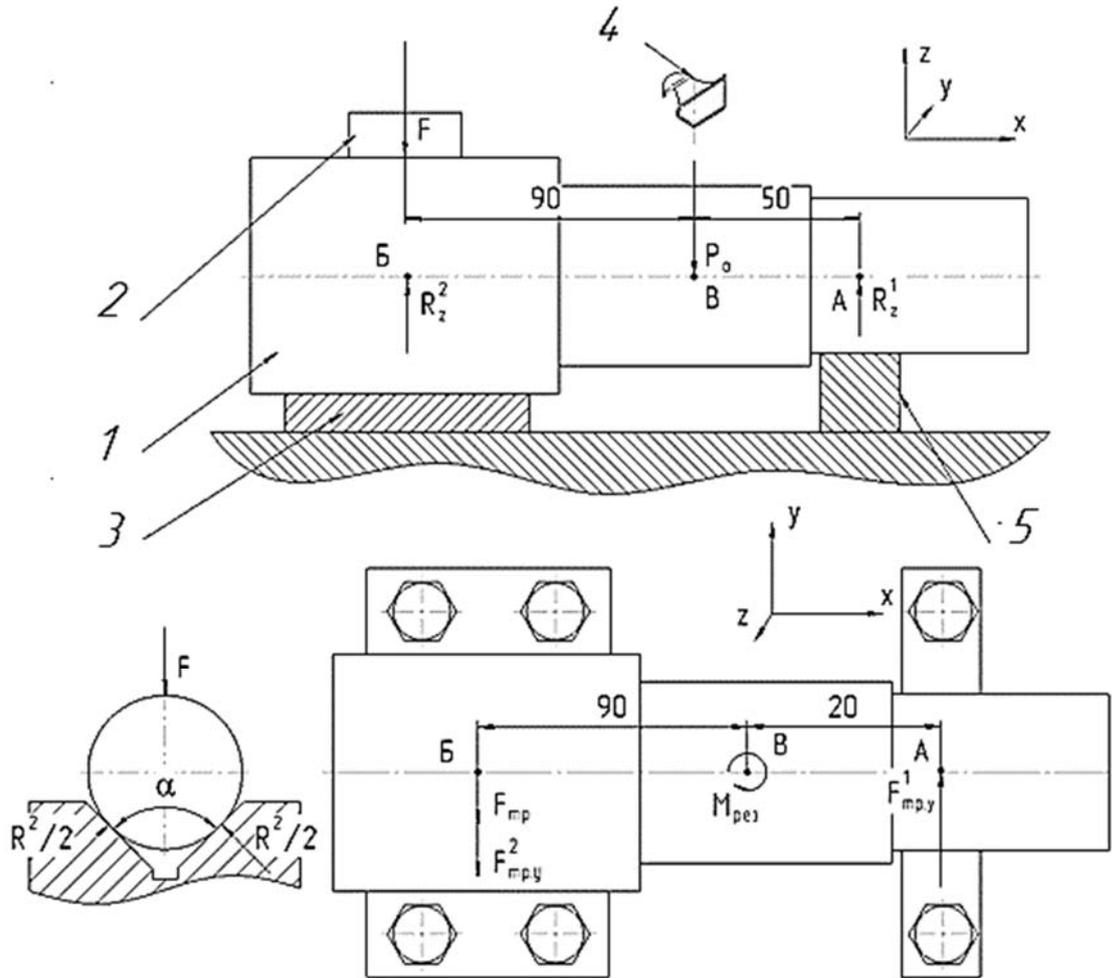
$$M_{рез} - F_{тр} \cdot 0,110 - F_{тр.y}^2 \cdot 0,110 = 0. \quad (8.1)$$

Разложим силы трения, удерживающие заготовку, на составляющие:

$$M_{рез} - F \cdot f_{тр} \cdot 0,110 - R_2 \cdot f_{тр} \cdot 0,110 = 0;$$

$$M_{рез} - F \cdot f_{тр} \cdot 0,110 - F \cdot f_{тр.пр} \cdot 0,110 = 0.$$

При этом приведенный коэффициент трения  $f_{тр.пр}$  определяется исходя из коэффициента трения и угла наклона призмы [10]. Из данного уравнения найдем минимально необходимую силу зажима  $F$ . В случае, когда закреплению заготовки препятствует несколько сил/моментов, определяется сила зажима, необходимая для компенсации каждой из сил/моментов, при этом для дальнейших расчетов принимается наибольшая из сил зажима. При дальнейшем расчете сила  $F$  корректируется на основании коэффициента запаса [10].



1 – заготовка; 2 – зажимное устройство; 3 – опора призматическая левая; 4 – сверло; 5 – опора призматическая правая;  $F$  – усилие зажима;  $F_{тр}$  – сила трения в точке контакта заготовки и зажимного устройства;  $F_{тр.y}^{1,2}$  – сила трения в точках контакта заготовки и опор;  $R_z^{1,2}$  – реакция призматических опор по оси  $z$ ;  $P_o$  – осевая сила при сверлении;  $M_{рез}$  – момент резания при сверлении;  $A, B, C$  – характерные точки

Рисунок 8.2 – Схема приспособления для силового расчета

Определим силу реакции призмы 1. Для этого составим уравнение равновесия моментов в плоскости  $xOy$  вокруг точки  $B$ :

$$\sum M_B^{xz} = 0;$$

$$M_{рез} - F_{тр.y}^1 \cdot 0,110 = 0. \quad (8.2)$$

Из приведенной схемы видно, что осевая сила резания при сверлении полностью компенсируется силами реакции призм по оси  $y$ . Найдем силы реакции призм 1 и 2, возникающие для компенсации осевой силы  $P_o$ .

Для этого составим уравнения равновесия моментов в плоскости  $xOz$  вокруг точек  $B$  и  $A$ :

$$\sum M_B^{xz} = 0;$$

$$P_o \cdot 0,090 - R_z^1 \cdot 0,110 = 0; \quad (8.3)$$

$$\sum M_A^{xz} = 0;$$

$$P_o \cdot 0,020 - R_z^2 \cdot 0,110 = 0. \quad (8.4)$$

Силы реакции опор при дальнейшем расчете могут быть использованы для прочностного расчета приспособления.

### 8.3 Расчет привода и прочностной расчет приспособления

#### 8.3.1 Расчет привода приспособления.

Исходными данными для расчета привода приспособления является сила  $W$  на рабочем органе привода приспособления. Для расчета изображается схема привода приспособления с указанием сил  $W$ ,  $F$ , параметров привода (диаметр цилиндра, длина рычага, эксцентриситет, толщина сердечника электромагнита и т. д.).

Величины, являющиеся результатом проектного расчета привода для различных типов приводов, приведены в таблице 8.2 [10, с. 141–155].

Таблица 8.2 – Искомые величины при расчете различных типов приводов

Тип привода	Искомая величина
Механический эксцентриковый	Эксцентриситет $e$ , мм Диаметр эксцентрикового кулачка $D$ , мм Ширина эксцентрикового кулачка $B$ , мм
Гидравлический	Диаметр гидроцилиндра $D$ , мм Давление рабочей жидкости $p$ , МПа
Пневматический	Диаметр пневмоцилиндра $D$ , мм Рабочее давление $p$ , МПа
Магнитный	Магнитный поток $\Phi$ , Вб Габаритные размеры магнита, мм Материал и маркировка магнита
Электромагнитный	Магнитный поток $\Phi$ , Вб Количество витков катушки $n$ , шт. Материал и диаметр магнитосердечника
Вакуумный	Рабочее давление в камере $p$ , МПа Остаточное давление в камере после разряжения $p_o$ , МПа Активная площадь $F_a$ , мм <sup>2</sup>
При наличии цангового механизма	Дополнительно угол конуса цанги $\alpha$ , град

#### 8.3.2 Прочностной расчет приспособления.

Для выполнения прочностного расчета приспособления выбирают один или несколько элементов приспособления, подверженных наибольшим усилиям и

имеющих наибольшую вероятность отказа.

Наиболее часто целесообразно произвести расчет элементов на прочность по условиям предельно допустимых напряжений сжатия, растяжения, сдвига, изгиба, кручения. Выбирается одно либо несколько условий по результатам анализа работы механизма и сил, воздействующих на деталь.

Рекомендуется производить расчет на прочность при помощи САД- и САЕ-программ.

#### 8.4 Результаты проектирования приспособления

Спроектированному приспособлению дается краткая характеристика. Указываются возможные направления и способы дальнейшей модернизации и улучшения свойств и показателей приспособления.

Описываются операции по обслуживанию приспособления, выполнение которых необходимо для стабильной работы приспособления. К таким операциям могут относиться операции смазки пар трения и подшипников приспособления, операции по замене изношенных втулок, колец, манжет, подшипников и т. п., операции по проверке работоспособности привода приспособления, исправности наиболее подверженных отказу частей приспособления.

Характеристики спроектированного приспособления сводятся в таблицу 8.3.

Таблица 8.3 – Характеристика разработанного приспособления

Параметр	Значение
Назначение приспособления	Станочное сверлильное
Степень специализации	Специализированное безналадочное
Привод	Механический эксцентриковый
Параметры привода: эксцентриситет $e$ , мм диаметр кулачка $D$ , мм ширина кулачка $B$ , мм	1,95 44 12
Тип зажимного элемента	Рычаг
Специальные узлы	Кондукторный узел
Диапазон размеров закрепляемых заготовок, мм	40...42
Усилие закрепления $F$ , Н	1220

Пример выполнения чертежей графической части представлен на рисунках Б.1–Б.4.

## 9 Экономическая оценка маршрута восстановления детали

Экономическая оценка маршрута восстановления детали выполняется исходя из условия выявления в детали одного либо нескольких характерных дефектов. В качестве дефекта для проведения экономической оценки выбирают дефект с рассчитанными режимами обработки.

Стоимость восстановления детали определяется по формуле

$$C_B = Q \cdot S \cdot a + t_{об} \cdot l \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right), \quad (9.1)$$

где  $Q$  – расход материалов при восстановлении детали, отнесенный к единице поверхности, г/см<sup>2</sup>;

$S$  – площадь детали, подлежащая восстановлению, см<sup>2</sup>;

$a$  – стоимость единицы массы материалов при восстановлении, р./г;

$H$  – процент накладных расходов;

$l$  – тарифная ставка рабочего в зависимости от разряда выполняемой работы, р./мин;

$t_{об}$  – общее время на восстановление детали, мин.

Общее время на восстановление детали с данным видом дефекта находится по формуле

$$t_{об} = \sum_1^n T_{ум_i}, \quad (9.2)$$

где  $T_{ум_i}$  – штучно-калькуляционное время на выполнение операции обработки  $i$  выбранного дефекта, мин;

$n$  – количество технологических операций восстановления детали при наличии данного дефекта, включая мойку, удаление следов износа и нанесение материала, механическую обработку, контроль.

При этом данные о величине  $T_{ум_i}$  принимают на основании главы 7 пояснительной записки либо на основании справочных данных [2].

## 10 Графическая часть курсовой работы

Графическая часть курсовой работы включает три листа формата А1:

1) маршрутная карта;

2) операционные эскизы;

3) сборочный чертеж приспособления, используемого при обработке.

Примеры выполненной графической части курсовой работы приведены на рисунках Б.1–Б.4.

### 10.1 Маршрутная карта

К маршрутной карте, изображаемой в графической части курсовой работы, предъявляются требования, указанные в главе 3 пояснительной записки.

Карта маршрутная изображена на рисунке 10.1.

200		120		180		
<i>Карта маршрутная</i>						25
<i>Наименование</i>		<i>Код</i>		<i>Материал</i>		25
<i>№</i>		<i>Наименование операции</i>		<i>Оборудование</i>	<i>Приспособление</i>	<i>Примечание</i>
30	150	110	110	100		25 min

Рисунок 10.1 – Карта маршрутная

### 10.2 Операционные эскизы

На операционных эскизах изображают шесть эскизов для операций с указанием их режимов, рассчитанных в главе 6 пояснительной записки.

На каждом эскизе изображается:

- обрабатываемая заготовка в приспособлении для зажима, применяемом для данной операции; изображаются все виды, разрезы, сечения, которые необходимы для создания представления о выполняемой операции;

- режущий инструмент либо другое рабочее оборудование, применяемое при операции (сопло сварочного аппарата, гальваническая ванна, моечная ванна и т. д.);

- основной размер обработки с указанием предельных отклонений, длина обработки;

- измерительные базы, отклонения, подлежащие контролю, инструмент, используемый для контроля отклонений;

- шероховатость поверхности после обработки;

- направления подач, используемых при обработке, обозначение частоты вращения рядом с деталью (инструментом), приводимой в движение и другие виды подвода энергии;

- опоры и зажимы согласно ГОСТ 3.1107–81;

- таблица режимов обработки.

Операции располагаются по возрастанию номера операции по часовой стрелке начиная с левого верхнего края. Обрабатываемые поверхности выделяют сплошной линией толщиной 2...3s. Снимаемый либо наносимый слой металла выделяют штриховкой.

На эскизах указывают только те размеры, предельные отклонения, посадки и другие данные, которые должны быть выполнены и проконтролированы при выполнении операции. При ремонте изделия наплавкой, заливкой (при помощи сварки, пайки и т. п.) на эскизе указывают наименование, марку, размеры материала, используемого при ремонте, а также обозначение стандарта на материал.

Таблица режимов обработки для операций обработки резанием приведена на рисунке 10.2.

Наименование и модель станка	$V_c$	$n$	$f$	$S_{0.}$	$S_{M.}$	$T_{M.}$	$T_{шт.}$	15 20
	М/МИН	МИН <sup>-1</sup>	ММ	ММ/ОБ	ММ/МИН	МИН	МИН	
	18	18	18	18	18	18	18	
185								

Рисунок 10.2 – Таблица режимов обработки

Для операций, не выполняемых на станках, указывают семь основных составляющих режима обработки, в том числе  $T_M$  ( $t_0$ ) и  $T_{шт.}$

### 10.3 Сборочный чертеж приспособления

Сборочный чертеж спроектированного приспособления должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи всех составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;

- размеры, предельные отклонения, шероховатости и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;

- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

- номера позиций составных частей, входящих в изделие;

- габаритные размеры изделия;

- установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;

- изображение обрабатываемой детали штриховой линией;

- техническую характеристику изделия;

– технические требования.

В технической характеристике изделия указывают класс приспособления по степени специализации, привод приспособления, тип зажимного элемента, требования к закрепляемым заготовкам, требования к станкам, на которых применяется данное приспособление, усилие зажима и другие отличительные характеристики разработанного приспособления [10, 11].

Технические требования на приспособление включают:

- размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, массы и т. п.;
- требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;
- зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;
- требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;
- другие требования к качеству изделий, например: бесшумность, виброустойчивость, самоторможение и т. д.;
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировании и клеймении;
- правила транспортирования и хранения;
- особые условия эксплуатации;
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

На сборочном чертеже указываются наименования или обозначения изделий, составляющих обстановку, или их элементов. Эти указания помещают непосредственно на изображении обстановки или на полке линии-выноски, проведенной от соответствующего изображения.

При достаточной читаемости и ясности сборочного чертежа не применяются упрощенные способы изображения деталей.

На сборочном чертеже приспособления, в случае использования приспособления совместно со станком, на одном из видов или разрезов изображается стол станка в местном разрезе с изображением пазов стола и указанием их размеров, в т. ч. размеров между пазами. Также изображаются болты крепления приспособления к столу либо другие элементы, выполняющие ту же функцию.

Все чертежи должны быть выполнены согласно требованиям ЕСКД и ЕСТД.

## Список литературы

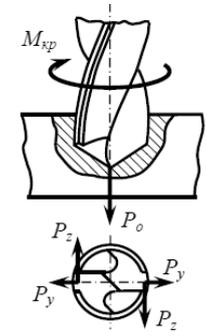
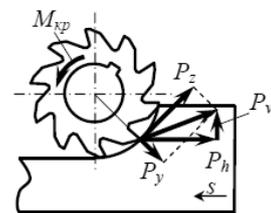
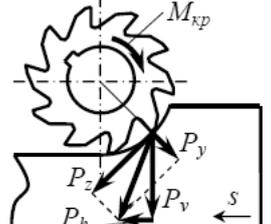
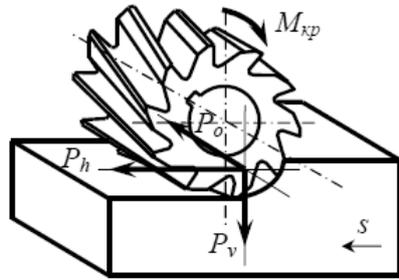
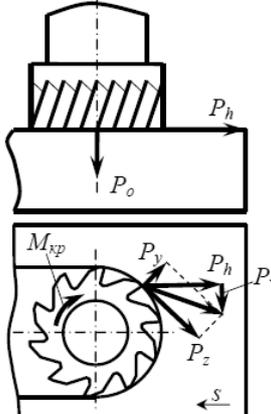
- 1 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой [и др.]. – М. : Машиностроение, 1981. – Т. 1–2.
- 2 **Горбачевич, В. А.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие / В. А. Горбачевич, В. А. Шкред. – М. : Альянс, 2007. – 256 с.
- 3 Гальванические покрытия в машиностроении: в 2 т. / Под ред. М. А. Шлугер [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1–2.
- 4 Восстановление автомобильных деталей: технология и оборудование / Под ред. В. Е. Канарчука. – М. : Транспорт, 1995. – 303 с.
- 5 Справочник технолога авторемонтного производства / Под ред. Г. А. Малышева [и др.]. – М. : Транспорт, 1977. – 432 с.
- 6 **Бабенко, Э. Г.** Расчет режимов электрической сварки и наплавки : метод. пособие / Э. Г. Бабенко, Н. П. Казанова. – Хабаровск : Дальневосточ. гос. ун-т путей сообщения, 1999. – 54 с.
- 7 **Скепьян, С. А.** Ремонт автомобилей. Курсовое проектирование: учеб. пособие / С. А. Скепьян. – Минск: Новое знание, 2011. – 235 с.
- 8 Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств / В. Е. Канарчук [и др.]. – К. : Вища шк., 1991. – 359 с.
- 9 Технология машиностроения. Практикум : учебное пособие / Под ред. А. А. Жолобова. – Минск : Выш. шк., 2015. – 335 с. : ил.
- 10 **Горохов, В. А.** Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. – Минск : Выш. шк., 1986. – 238 с.
- 11 **Белоусов, А. П.** Проектирование станочных приспособлений / А. П. Белоусов. – М.: Высш. шк., 1980. – 240 с.

## Приложение А (обязательное)

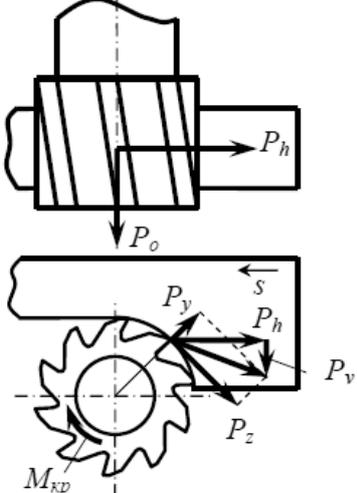
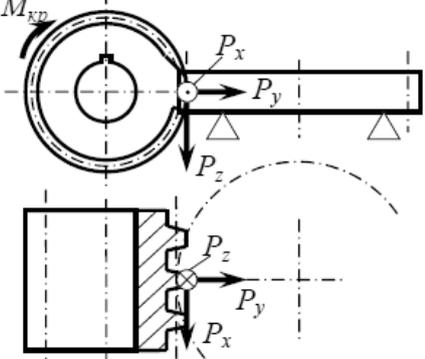
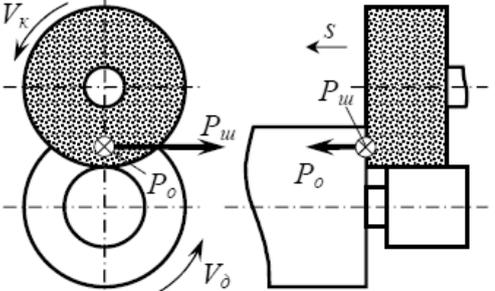
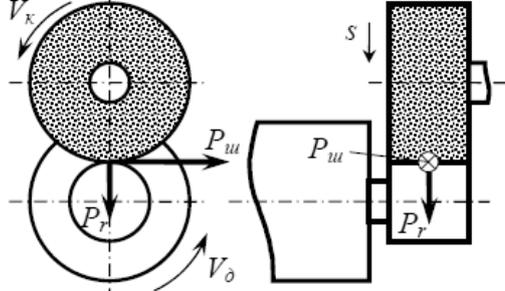
Таблица А.1 – Силы, действующие на заготовку в процессе обработки

Метод обработки и силы, по которым следует проводить расчет	Схема резания
1	2
<b>Обработка резцами</b>	
<p>Свободное точение  <math>P_z</math> – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания  <math>P_x</math> – сила подачи, действующая параллельно оси заготовки  <math>P_y</math> – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки</p>	
<p>Разрезание, отрезание, точение канавки резцом  <math>P_z</math> – сила подачи, действующая параллельно оси заготовки  <math>P_y</math> – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки</p>	
<p>Точение трубы, подрезка торца резцом  <math>P_z</math> – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания  <math>P_x</math> – сила подачи, действующая параллельно оси заготовки</p>	
<p>Строгание  <math>P_z</math> – составляющая, параллельная направлению резания  <math>P_x</math> – составляющая силы резания, действующая в горизонтальном направлении и сдвигающая заготовку  <math>P_y</math> – составляющая силы резания, действующая в вертикальном направлении и прижимающая заготовку к столу</p>	
<p>Долбление  <math>P_z</math> – составляющая, параллельная направлению резания  <math>P_y</math> – радиальная сила, перпендикулярная направлению резания</p>	

Продолжение таблицы А.1

1	2
<b>Обработка осевым мерным инструментом</b>	
<p>Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание</p> <p><math>P_o</math> – сила, действующая в направлении оси вращения сверла</p> <p><math>M_{кр}</math> – момент кручения, действующий вокруг оси сверла</p> <p><math>P_z</math> – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания</p> <p><math>P_y</math> – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси отверстия обрабатываемой заготовки</p>	 <p>The diagram illustrates the forces during drilling. The top part shows a side view of a drill bit cutting into a workpiece, with a vertical force <math>P_o</math> acting downwards and a torque <math>M_{кр}</math> around the axis. The bottom part shows a top view of the drill bit, with a radial force <math>P_y</math> acting outwards and a tangential force <math>P_z</math> acting along the cutting edge.</p>
<b>Фрезерование</b>	
<p>Фрезерование (встречное) дисковой или цилиндрической прямозубой фрезой</p> <p><math>P_h</math> – горизонтальная составляющая, направлена навстречу подаче</p> <p><math>P_v</math> – вертикальная составляющая, обращена вверх, отрывает заготовку</p>	 <p>The diagram shows an end mill cutting a workpiece. The cutting force <math>P_h</math> is directed opposite to the feed direction <math>s</math>. The vertical force <math>P_v</math> is directed upwards, lifting the chip. The torque <math>M_{кр}</math> is shown around the axis.</p>
<p>Фрезерование (попутное) дисковой или цилиндрической прямозубой фрезой</p> <p><math>P_h</math> – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи</p> <p><math>P_v</math> – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку</p>	 <p>The diagram shows an end mill cutting a workpiece. The cutting force <math>P_h</math> is directed in the same direction as the feed <math>s</math>. The vertical force <math>P_v</math> is directed downwards, clamping the workpiece. The torque <math>M_{кр}</math> is shown around the axis.</p>
<p>Фрезерование (попутное) цилиндрической фрезой с винтовым зубом</p> <p><math>P_h</math> – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи</p> <p><math>P_v</math> – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку</p> <p><math>P_o</math> – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы</p>	 <p>The diagram shows a helical-toothed end mill cutting a workpiece. The cutting force <math>P_h</math> is in the direction of feed <math>s</math>. The vertical force <math>P_v</math> is downwards. The axial force <math>P_o</math> is along the axis. The torque <math>M_{кр}</math> is shown around the axis.</p>
<p>Торцевое фрезерование (встречное) торцевой фрезой или торцевыми зубьями концевой фрезы, фрезерование шпоночной канавки по схеме спуска</p> <p><math>P_h</math> – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи</p> <p><math>P_v</math> – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку</p> <p><math>P_o</math> – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы</p>	 <p>The diagram shows a chamfering end mill cutting a chamfer on a workpiece. The cutting force <math>P_h</math> is in the direction of feed <math>s</math>. The vertical force <math>P_v</math> is downwards. The axial force <math>P_o</math> is along the axis. The torque <math>M_{кр}</math> is shown around the axis.</p>

## Продолжение таблицы А.1

1	2
<p>Фрезерование (встречное) боковыми зубьями концевой фрезы, фрезерование шпоночной канавки по предварительно просверленному отверстию</p> <p><math>P_h</math> – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи</p> <p><math>P_v</math> – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку</p> <p><math>P_o</math> – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы</p>	
<p>Фрезерование зубьев червячной фрезой</p> <p><math>P_z</math> – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания</p> <p><math>P_x</math> – сила подачи, действующая в направлении оси фрезы</p> <p><math>P_y</math> – радиальная сила, направленная перпендикулярно оси обрабатываемой заготовки</p>	
<b>Шлифование</b>	
<p>Шлифование торцов валов торцом шлифовального круга</p> <p><math>P_{ш}</math> – сила шлифования</p> <p><math>P_o</math> – сила, действующая в направлении оси шлифовального круга</p>	
<p>Врезное шлифование периферией круга цилиндрических поверхностей заготовки</p> <p><math>P_{ш}</math> – сила шлифования</p> <p><math>P_r</math> – радиальная составляющая силы шлифования</p>	

Окончание таблицы А.1

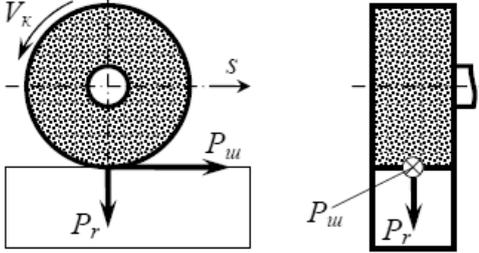
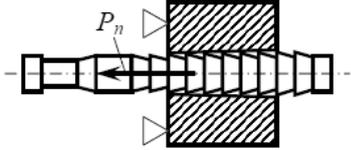
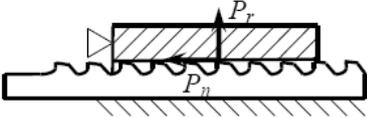
1	2
Шлифование периферией круга плоских поверхностей заготовки $P_{ш}$ – сила шлифования $P_r$ – радиальная составляющая силы шлифования	
Протягивание	
Протягивание отверстия круглой протяжкой $P_n$ – сила протягивания	
Протягивание пазов шпоночной протяжкой $P_n$ – сила протягивания $P_r$ – радиальная сила протягивания	

Таблица А.2 – Формулы для расчета основного времени при различных методах обработки поверхностей

Вид обработки	Формула для определения основного времени $t_o$ , мин
1	2
Точение, сверление, зенкерование, растачивание, развертывание	$t_o = \frac{l}{n \cdot S_o} \cdot i$
Фрезерование цилиндрическими и торцовыми фрезами	$t_o = \frac{l}{v_s} \text{ или } t_o = \frac{l}{S_z \cdot z \cdot n_\phi} \cdot i$
Протягивание	$t_o = \frac{L_{np} + l_g}{1000} \cdot \left( \frac{1}{v_p} + \frac{1}{v_{e.x.}} \right)$
Протягивание шлицев	$t_o = \frac{L_{np} + l_g + (10...30)}{1000 \cdot v_p} \cdot i$
Нарезание резьбы профильным резцом	$t_o = \frac{l_o + l_{ep} + l_n}{P \cdot n} \cdot i \cdot q$
Нарезание резьбы плашками	$t_o = \frac{l_o + l_{ep} + l_n}{P \cdot n} + \frac{l_o + l_{ep} + l_n}{P \cdot n_6}$
Зубонарезание цилиндрических колес дисковой модульной фрезой	$t_o = \frac{B \cdot l_{ep} + l_n}{v_s} \cdot z \cdot i$
Зубонарезание червячной фрезой	$t_o = \frac{l_z \cdot m_g + l_{ep} + l_n}{S_o \cdot n_\phi \cdot m_g \cdot z_\phi} \cdot z \cdot i$

## Окончание таблицы А.2

1	2
Шлифование с продольным движением подачи	$t_o = \frac{L_{cm}}{n \cdot S_{np}} \cdot \frac{z_i}{S_{non}} \cdot K$
Шлифование врезное плоское, периферией круга	$t_o = \frac{B \cdot z_i}{S_{non} \cdot n_{де.х} \cdot S_{\epsilon} \cdot m} \cdot K$
Хонингование	$t_o = \frac{z_i}{S_p \cdot n}$
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Обозначения в таблице: <math>l</math> – расчетная длина рабочего хода инструмента, мм; <math>l_{np}</math> – расчетная длина рабочего хода для продольного суппорта, мм; <math>l_{non}</math> – расчетная длина рабочего хода для поперечного суппорта, мм; <math>l_g</math> – длина протягиваемой поверхности, мм; <math>l_o</math> – длина нарезаемой резьбы, мм; <math>l_{ep}</math> – глубина врезания режущего инструмента, мм; <math>l_n</math> – перебег режущего инструмента, мм; <math>l_z</math> – длина нарезаемого зуба, мм; <math>L_{np}</math> – длина рабочей части протяжки, мм; <math>L_{cm}</math> – длина хода стола станка, мм; <math>P</math> – шаг нарезаемой резьбы, мм; <math>i</math> – число рабочих ходов; <math>n</math> – частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>; <math>n_{\phi}</math> – частота вращения фрезы, мин<sup>-1</sup>; <math>n_{\epsilon}</math> – частота вращения при вспомогательном ходе, мин<sup>-1</sup>; <math>n_{де.х}</math> – частота двойных ходов в 1 мин; <math>n_z</math> – частота вращения заготовки за время нарезания резьбы, мин<sup>-1</sup>; <math>S_{2x}</math> – подача на один двойной ход стола, мм/дв. ход; <math>S_o</math> – подача на оборот, мм/об; <math>v_s</math> – скорость движения подачи, мм/мин; <math>S_z</math> – подача на зуб фрезы, мм/зуб; <math>S_{np}</math> – продольная подача, мм/об; <math>S_{non}</math> – поперечная подача круга за один рабочий ход, мм/раб. ход; <math>S_{\epsilon}</math> – вертикальная подача, мм/об; <math>S_p</math> – радиальная подача на двойной ход, мм/дв. ход; <math>v_{sob}</math> – скорость движения подачи в обратном направлении, мм/мин; <math>b_1</math> – врезание резца, мм; <math>b_2</math> – перебег резца, мм; <math>B</math> – ширина цилиндрического зубчатого венца, мм; <math>z</math> – число зубьев фрезы; <math>z_{\phi}</math> – число заходов фрезы; <math>z_p</math> – расчетное число зубьев колес; <math>z_i</math> – припуск на сторону обрабатываемой поверхности, мм; <math>h</math> – глубина шпоночной канавки нарезаемой впадины, мм; <math>h_z</math> – высота зуба, мм; <math>D_{\phi}</math> – диаметр фрезы, мм; <math>d</math> – наружный диаметр нарезаемой заготовки, мм; <math>v_p</math> – скорость резания (рабочего хода), м/мин; <math>v_{в.х}</math> – скорость вспомогательного хода, м/мин; <math>v_z</math> – скорость врезания заготовки, м/мин; <math>q</math> – число заходов резьбы; <math>\tau</math> – время на переключение и деление; <math>\alpha</math> – угол падения винтовой линии, град; <math>\alpha_{\delta}</math> – коэффициент, учитывающий время деления, т. е. поворота колеса на один зуб, <math>\alpha_{\delta} = 1,3 \dots 1,5</math>; <math>m</math> – модуль; <math>m_g</math> – число одновременно нарезаемых колес; <math>K</math> – поправочный коэффициент на выхаживание (понимается съем металла в конце цикла при выключенной подаче на глубину).</p> <p>2 Длина продольного хода стола при шлифовании на проход <math>L_{cm} = l_{\delta} (0,2 \dots 0,4) B_k</math> и при шлифовании в упор <math>L_{cm} = l_{\delta} - (0,4 \dots 0,6) B_k</math>, где <math>B_k</math> – высота круга, мм; <math>l_{\delta}</math> – длина шлифуемой поверхности заготовки, мм.</p> <p>3 Коэффициент <math>K</math> имеет следующие значения: <math>K = 1,1</math> при отклонении размеров <math>0,1 \dots 0,15</math> мм; <math>K = 1,7</math> при отклонении размеров <math>0,02 \dots 0,03</math> мм; <math>K = 1,1 \dots 1,2</math> при шевинговании</p>	



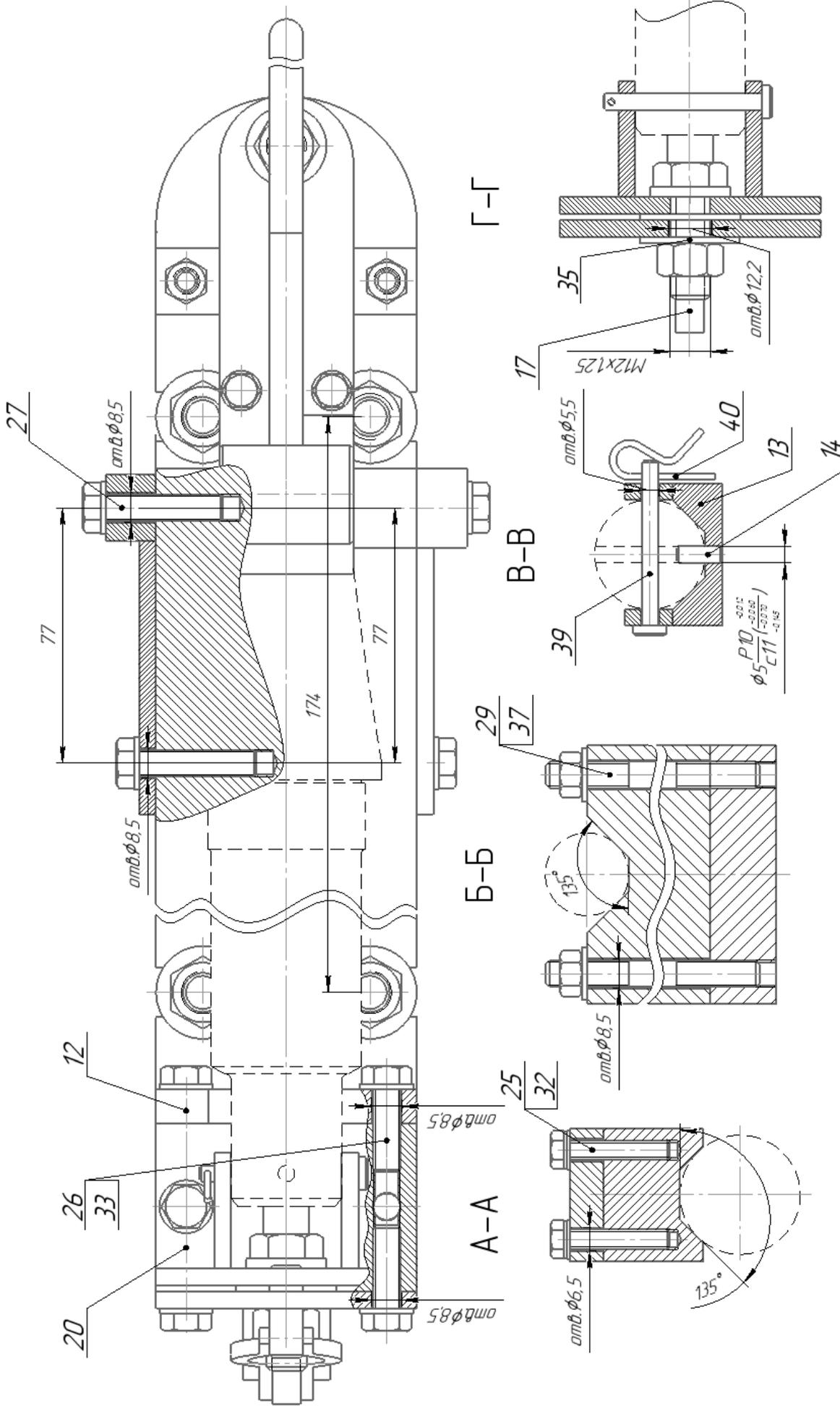
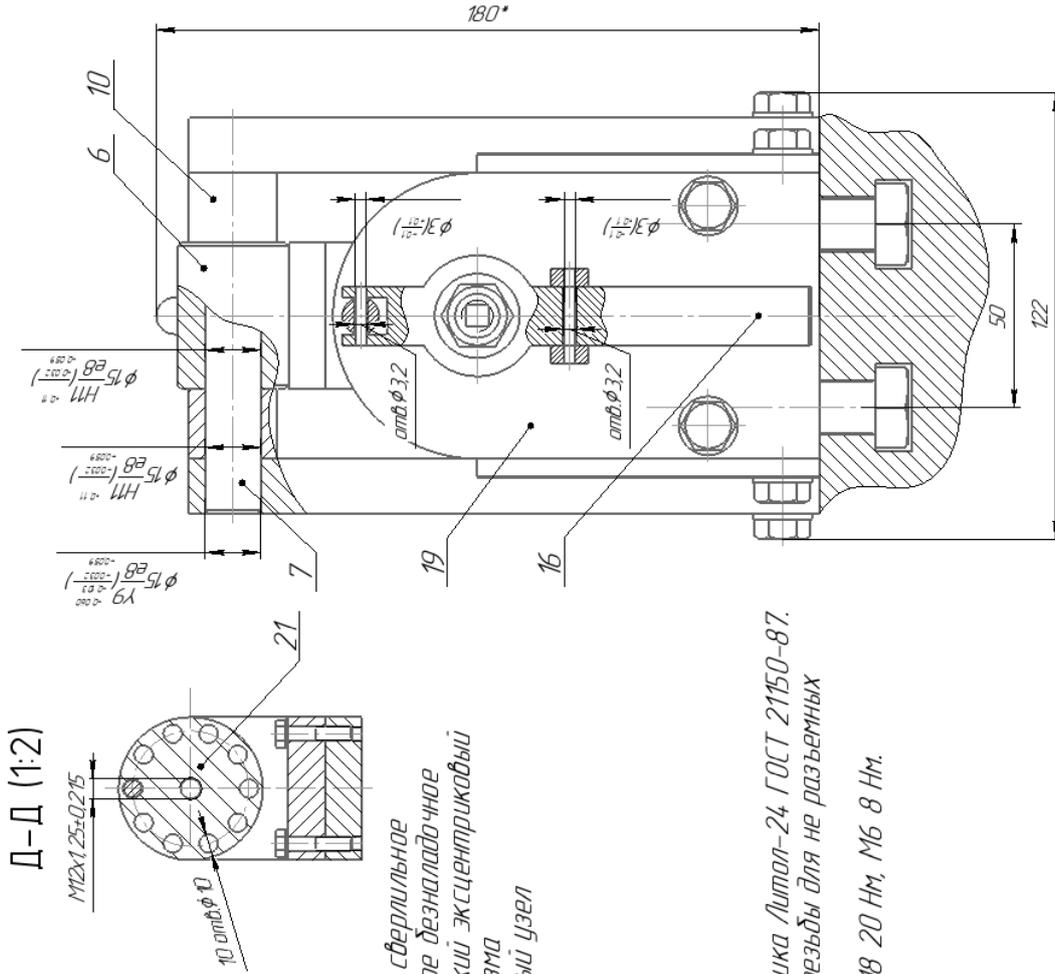


Рисунок Б.2 – Сборочный чертеж приспособления (часть 2)



*Техническая характеристика:*

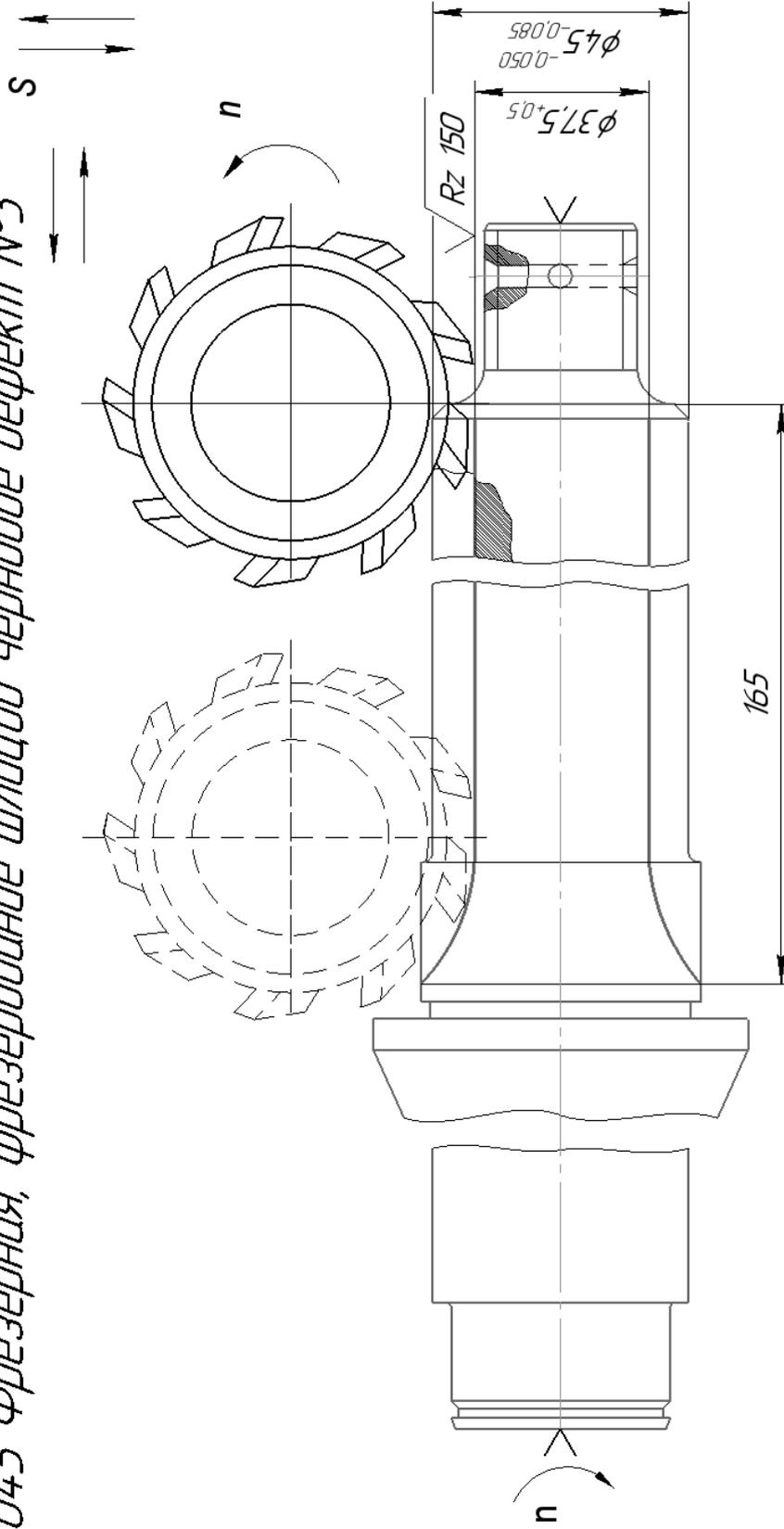
- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1 Назначение приспособления                    | - станочное сверлильное       |
| 2 Степень специализации                        | - специальное дезадаптное     |
| 3 Привод                                       | - механический эксцентриковый |
| 4 Тип зажимного элемента                       | - рычаг, призма               |
| 5 Специальные узлы                             | - делительный узел            |
| 6 Диапазон размеров закрепляемых заготовок, мм | - 40 - 42                     |
| 7 Усилие зажима, кН                            | - 4,4                         |
| 8 Сила нажатия вилки механизма поворота, Н     | - 10                          |
| 9 Сила нажатия на рычаг эксцентрика, Н         | - 150                         |

*Технические требования:*

- 1\* Размеры для справок.
- 2 Смазать вращающиеся элементы механизм поворота и эксцентрика Литол-24 ГОСТ 21150-87.
- 4 Шпильки перед вкручиванием в основание покрыть фиксатором резьбы для не разъемных соединений ГОСТ 9640-85.
- 5 Моменты затяжки резьбовых соединений: М4, 100 Нм, М12 80 Нм, М8 20 Нм, М6 8 Нм.
- 6 Остальные технические требования по СТБ-1022-96.
- 7 Призмы опорные по ГОСТ 12195-78
- 8 Трущиеся детали приспособления регулярно смазывать.

Рисунок Б.3 – Сборочный чертеж приспособления (часть 3)

045 Фрезерная, фрезерование шлицов черновое дефект №3



Станок фрезерный 675-ПФ-1	24	$V$ , м/мин	190	$n$ , мин <sup>-1</sup>	3,5	$S_z$ , мм/зуд	23	$S_M$ , мм/мин	2,89	$T_M$ , мин	4,38	$T_{шт.}$ , мин
Наименование и модель станка					$t$ , мм							

Рисунок Б.4 – Эскиз операционный