

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

А.А. Четкина, канд. техн. наук

**ОСНОВЫ
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ
И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И
ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебно-методическое пособие
для студентов направления подготовки
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических
машин и комплексов»
всех форм обучения

Калининград
Издательство БГАРФ
2022

БГАРФ

УДК 744.4:62-3

Основы технологии производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения / **А.А. Четкина;** БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ». – Калининград: Издательство БГАРФ, 2022. – 61 с. Текст: непосредственный.

В пособии представлены теоретические и методические материалы для выполнения РГР по дисциплине «Основы технологии производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования» для студентов всех форм обучения и предназначены для закрепления знаний по дисциплине, приобретения навыков по проектированию процессов механической обработки деталей.

Рис. 7, табл. 9, библиогр. – 3 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота.

Рецензенты: *Абросимов Е.А.*, канд. техн. наук, доцент кафедры АТиСА БГАРФ;
Липинский М.С., канд. техн. наук, нач. сектора АО «ОКБ «Факел»»

УДК 744.4:62-3

© БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022

БГАРФ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	5
2. СОСТАВ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	5
3. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПОВ РАЗРАБОТКИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ	7
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	8
4.1. Анализ технологичности конструкции детали.....	8
4.2. Выбор исходной заготовки для изготовления детали	13
4.2.1. Определение типа производства	14
4.2.2. Выбор вида и метода получения заготовки	15
4.2.3. Определение припусков на обработку.....	21
4.3. Разработка технологического маршрута обработки детали	26
4.3.1. Последовательность операций при разработке маршрута для деталей – тел вращения	27
4.3.2. Последовательность операций при разработке маршрута для корпусных и плоских деталей.....	28
4.4. Выбор технологических баз	29
4.5. Разработка технологических операций	29
4.5.1. Разработка последовательности переходов в операции	30
4.5.2. Выбор оборудования, приспособления и инструмента	30
4.5.3. Определение межоперационных припусков	33
4.6. Установление режимов обработки	33
4.7. Определение норм времени на обработку	35
5. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ И ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ РГР	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	47
Приложение А.....	48
Приложение Б.....	50
Приложение В	51

ВВЕДЕНИЕ

Надежность транспортной техники формируется на стадии производства и во многом зависит от опережающего развития технологии ее изготовления, производства нового оборудования, станков, всемерного внедрения методов технико-экономического анализа.

Дисциплина «Основы технологии производства и ремонта транспортно-технологических машин и оборудования» ведется на третьем курсе и позволяет студентам получить навыки в технологии производства и ремонта ТТМиО (транспортно-технологические машины и оборудование), используемых при производстве транспортной техники.

Выполнение расчетно-графической работы и практических занятий закрепляют, углубляют и обобщают знания, полученные студентами во время лекционных и практических занятий.

В ходе выполнения расчетно-графических работ студент приобретает навыки использования справочной литературы, учится владеть: ГОСТами, таблицами, номограммами, нормами и расценками, сочетать справочные данные с теоретическими знаниями, полученными в процессе изучения курса.

При выполнении расчетно-графических работ и практических занятий особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студента с целью развития его инициативы в решении технических и организационных задач, а также детального и творческого анализа существующих технологических процессов.

При выполнении расчета принятие решений по выбору вариантов технологических процессов, оборудования, оснастки, методов получения заготовок производится на основании технико-экономических расчетов, что дает возможность предложить оптимальный вариант.

Работа над РГР проводится комплексно, т. е. после выполнения чертежа детали; параллельно работают над технологическим процессом и пояснительной запиской. На определенных этапах этой работы выполняются соответствующие чертежи.

Допускается выполнение РГР с помощью ПК, графической и технологической части с использованием прикладных программ САПР.

Защита РГР и ПЗ позволяет оценить умение студента кратко, в установленное время изложить сущность проделанной работы, а также аргументированно объяснить принятые решения при ответах на вопросы по работе.

Темы расчетно-графических работ: Разработка процесса изготовления детали. Вариант выдается преподавателем по приложению В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Цель проведения расчетно-графических и практических работ, как одного из этапов обучения, – научить студентов правильно применять теоретические знания, полученные ими в процессе учебы, использовать свой практический опыт работы на автотранспортных, авторемонтных, машиностроительных предприятиях для решения профессиональных технологических и конструкторских задач.

В соответствии с этим в процессе выполнения РГР по дисциплине «Основы технологии производства и ремонта транспортно-технологических машин и оборудования» решаются следующие задачи:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных при изучении курса «Основы технологии производства и ремонта транспортно-технологических машин и оборудования»;
- развитие способности оценивать конструкцию детали в отношении её технологичности и норм точности в соответствии с её служебным назначением;
- развитие навыков самостоятельной работы при разработке технологических процессов механической обработки детали с применением высокопроизводительного оборудования, техоснастки и прогрессивных методов обработки;
- закрепление знаний и навыков, полученных во время второй производственной практики.

2. СОСТАВ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа (далее РГР) по дисциплине «Основы технологии производства и ремонта транспортно-технологических машин и оборудования», выполняемая в ходе учебного процесса, очевидно, не может в полной мере соответствовать проектам, которые составляются в производственных условиях, так как студент в данном случае еще не располагает достаточным опытом. Кроме того, в учебных целях в РГР выполняется ряд работ, преимущественно расчетного характера, не всегда осуществляемых в производственных условиях. Тем не менее, учебный проект должен по возможности ориентироваться на методы проектирования и оформления, принятые на производстве.

Техническая документация должна оформляться в соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСТД.

Расчетно-графическая работа состоит из пояснительной записки, комплекта технологических документов (по ЕСТД) и графического материала на листах формата А4.

Пояснительная записка (ПЗ) является основным документом РГР, в котором приводятся расчеты и описания конструкторских и технологиче-

ских разработок, относящихся к проектированию технологических процессов. Объем ПЗ, как правило, составляет 10-15 страниц машинописного текста.

Структура пояснительной записки следующая:

- титульный лист;
- бланк задания;
- содержание;
- основная часть (анализ технологичности конструкции детали, выбор заготовки детали, разработка технологического маршрута, разработка технологических операций);
- список используемой литературы;
- приложения (технологические карты).

Графический материал включает:

- чертеж детали (формат А4);
- чертеж заготовки (формат А4);
- карты операционных эскизов (формат А4).

Содержание пояснительной записки и графической части расчетно-графической работы может быть изменено по согласованию с преподавателем.

Обязательным приложением к пояснительной записке является комплект стандартных технологических документов, на которых, в соответствии с требованиями ГОСТов, входящих в ЕСТД, записывается проектируемый технологический процесс механической обработки детали.

Темы РГР в основном должны соответствовать направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологического оборудования и комплексов» и формироваться преимущественно на основе номенклатуры изделий основного и вспомогательного производства предприятий, являющихся базами производственной технологической практики. Таким образом, темы РГР должны определяться перед прохождением практики или во время неё.

В ходе выполнения РГР обычно разрабатывается единичный технологический процесс изготовления детали, который содержит не менее 3-х различных видов технологических операций механической обработки (например: токарную, фрезерную, шлифовальную).

В приложении В приведены типовые задания на расчетно-графические работы.

Указанная тематика типовых РГР ориентирована на единичное, мелкосерийное или среднесерийное производство, которое является наиболее распространенным в автотранспортных и авторемонтных предприятиях.

Задание на расчетно-графические работы по дисциплине «Основы технологии производства и ремонта транспортно-технологических машин и оборудования» выдается студенту в начале 6 семестра (3 курс).

Задание оформляется на бланке установленной формы, с указанием даты выдачи задания и срока выполнения проекта. Задание должно быть подписано преподавателем – руководителем и исполнителем – студентом. Образец бланка задания приведен в приложении А.

За правильность всех данных и решений отвечает автор РГР – студент.

3. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПОВ РАЗРАБОТКИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Последовательность выполнения расчетно-графических работ следующая.

Анализ технологичности конструкции детали происходит в следующей последовательности:

- выполнить рабочий чертеж детали;
- дать описание конструкции и назначения детали;
- произвести технологический контроль чертежа и выполнить анализ технологичности конструкции.

Выбор исходной заготовки для изготовления детали выполняется в последовательности:

- обосновать тип производства;
- определить вид и метод получения исходной заготовки;
- определить общие припуски и размеры исходной заготовки;
- оформить чертеж заготовки.

Разработка технологического маршрута обработки детали:

- разработать план обработки локальных поверхностей детали, с последующим составлением общего плана обработки поверхностей деталей;
- выбрать схему базирования заготовки;
- сформировать маршрут обработки заготовки;
- оформить предварительно маршрутную карту.

Разработка и проработка технологических операций:

- выбрать технологическое оборудование;
- выбрать технологическую оснастку;
- выбрать станочные приспособления;
- выбрать режущий инструмент;
- выбрать вспомогательный инструмент;
- выбрать средства и методы контроля;
- определить операционные припуски и размеры изменения формы заготовки в процессе её обработки;
- назначить и (или) рассчитать режимы обработки;
- оформить операционные карты;

- оформить карты эскизов;
- выполнить расчеты режимов резания по операциям технологического процесса в виде расчетных формуляров, произвести нормирование операций. Полученные данные записать в операционные карты и карты эскизов.

Окончательно оформить операционные карты и карты эскизов технологического процесса обработки заготовки; после этого внести изменения (если они были) в маршрутную карту обработки заготовки.

Окончательное оформление пояснительной записки.

Пояснительная записка над расчетно-графической работой составляется, начиная с первого дня работы в указанной выше последовательности. Нужно аккуратно выполнять расчеты с самого начала работы над РГР. Даже в черновике расчеты должны быть выполнены полно; при окончательном оформлении может быть допущено только небольшое редактирование.

Совершенно недопустимо приступать к составлению записки только в конце работы над проектом на основании отрывочных, несистематизированных предварительных записей.

Пояснительная записка должна быть краткой. Нельзя помещать в записку переписанные из учебников, справочников и пособий общие формулировки, например: что такое операция, переход, припуск на обработку и др.

Графическая часть РГР выполняется только при наличии данных, достаточных для оформления того или иного чертежа. Например, перед оформлением операционных эскизов на чертежах, служащих иллюстрационным материалом при защите, необходимо располагать технологическим процессом, полностью разработанным на картах.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

4.1 Анализ технологичности конструкции детали

В процессе выполнения РГР, так же как и в производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Технологический контроль чертежей сводится к тщательному их изучению. Рабочие чертежи обрабатываемых деталей должны содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т. е. все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию, и возможные способы получения заготовки.

На чертеже должны быть указаны все размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, массе детали и др.

Таким образом, технологический контроль – важная стадия проектирования технологических процессов, он способствует выяснению и уточнению приведенных выше факторов.

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ – один из важнейших этапов технологической разработки.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности: конструкции обрабатываемой детали сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами.

Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения. При этом в ряде случаев в конструкцию могут быть внесены целесообразные изменения.

Методически вопросом технологичности конструкции надлежит заниматься на протяжении всего периода работы над выполнением РГР, так как ряд соображений возникает непосредственно при разработке технологического процесса, выборе заготовки, проектировании оснастки и др. Тем не менее, в значительной мере эта работа может быть выполнена на основании изучения рабочих чертежей. Окончательно оформить этот раздел расчетно-пояснительной записки следует после разработки технологического процесса.

Анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности:

- на основании изучения условий работы узла изделия, а также учитывая заданную годовую программу, проанализировать возможность упрощения конструкции детали, замены сварной, армированной или сборной конструкцией, а также возможность и целесообразность замены материала;
- установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки;
- проанализировать конструктивные элементы детали в технологическом отношении, используя при этом рекомендации по технологичности конструкций, приведенные в справочной литературе. Выявить труднодоступные для обработки элементы поверхности деталей;
- определить возможность совмещения технологических и измерительных баз при выдерживании размеров, оговоренных допусками, необ-

ходимость дополнительных технологических операций для получения заданной точности и шероховатости обработанных поверхностей;

- увязать указанные на чертежах допускаемые отклонения размеров, шероховатости и пространственные отклонения геометрической формы и взаимного расположения поверхностей с геометрическими погрешностями станков;

- определить возможность непосредственного измерения заданных на чертеже размеров;

- определить поверхности, которые могут быть использованы при базировании, возможность введения искусственных баз;

- определить необходимость дополнительных технологических операций, вызванных специфическими требованиями (например, допустимыми отклонениями в массе детали), и возможность изменения этих требований;

- проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки, учитывая экономические факторы;

- предусмотреть в конструкциях деталей, подвергающихся термической обработке, конструктивные элементы, уменьшающие коробление деталей в процессе нагрева и охлаждения, и определить, правильно ли выбраны материалы с учетом термической обработки.

С целью упрощения анализа технологичности можно использовать частные рекомендации для некоторых классификационных групп деталей.

Для корпусных деталей определяют:

- допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает такому виду обработки?

- можно ли обрабатывать отверстия одновременно на многошпиндельных станках с учетом расстояний между осями этих отверстий?

- позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной или двух сторон?

- есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям?

- нужна ли подрезка торцов ступиц с внутренних сторон отливки и можно ли ее устранить?

- есть ли глухие отверстия и можно ли заменить их сквозными?

- имеются ли обрабатываемые плоскости, расположенные под тупыми и острыми углами, и можно ли заменить их плоскостями, расположенными параллельно или перпендикулярно друг к другу?

- имеются ли отверстия, расположенные не под прямым углом к плоскости входа и выхода, и возможно ли изменение этих элементов?

- достаточна ли жесткость детали, не ограничит ли она режимы резания?

– имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности, если нет, то каким образом следует выбрать вспомогательные базы?

– нет ли в конструкции внутренней резьбы большого диаметра и возможно ли заменить ее другими конструктивными элементами?

– насколько прост способ получения заготовки (отливки), правильно ли выбраны элементы конструкции, обуславливающие получение заготовки?

Для валов указывают:

– можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?

– убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала?

– можно ли уменьшить диаметры больших фланцев или буртов или исключить их вообще, и как это повлияет на коэффициент использования металла?

– можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми, которые обрабатываются гораздо производительнее дисковыми фрезами?

– имеют ли поперечные канавки форму и размеры, пригодные для обработки на гидрокопировальных станках?

– допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки (жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 6...9-го квалитетов соотношение его длины / к диаметру d свыше 10...12 для валов, изготовляемых по более низким квалитетам, это отношение может быть равно 15; при многолезвовой обработке это отношение следует уменьшить до 10)?

Следует помнить, что технология обработки гладких валов в значительной мере отличается от технологии изготовления ступенчатых валов простотой и экономичностью, поэтому необходимо проанализировать возможность замены ступенчатого вала гладким.

Зубчатые колеса – массовые детали машиностроения, поэтому вопросы технологичности приобретают для них особенно важное значение. При анализе технологичности конструкции зубчатых колес следует определить возможность высокопроизводительных методов формообразования зубчатого венца с применением пластического деформирования в горячем и холодном состоянии. Конструкция зубчатого колеса должна характеризоваться следующими признаками:

– простой формой центрального отверстия, так как сложные отверстия значительно усложняют обработку, вызывая необходимость применения револьверных станков и полуавтоматов;

– простой конфигурацией наружного контура зубчатого колеса (так как наиболее технологичными являются зубчатые колеса плоской формы без выступающих ступиц);

– расположенными с одной стороны ступицами, так как в противном случае обработка по одной детали на зубофрезерных станках вызывает увеличение количества этих станков на 25...30 %;

- симметричным расположением перемычки между ступицей и венцом для зубчатых колес, подлежащих термической обработке как по отношению к венцу, так и по отношению к ступице. Нарушение этого условия приводит к значительным односторонним искажениям при термической обработке;
- правильной формой и размерами канавок для выхода инструментов;
- возможностью многорезцовой обработки в зависимости от соотношения диаметров венцов и расстояний между ними.

Подобным образом проводится анализ технологичности и для других деталей, имеющих аналогичные элементы конструкции.

В пояснительной записке после анализа дается оценка технологичности конструкции детали словами «хорошо – плохо», «допустимо – недопустимо» и т. д., а затем проводят количественную оценку.

После проведенного анализа технологичности все предложения по изменению конструкции детали должны быть систематизированы в расчетно-пояснительной записке, ряд этих предложений по согласованию с руководителем проекта может быть внесен в конструкцию детали.

Количественная оценка технологичности конструкции выполняется при условии внесения изменений в конструкцию детали после анализа технологичности. В этом случае производят сравнительную оценку по некоторым показателям технологичности до и после внесения изменений.

Так как в задании на выполнение РГР используется одна деталь, то в качестве количественных показателей технологичности могут рассматриваться: масса детали; коэффициент использования материала; коэффициент точности обработки; коэффициент шероховатости поверхностей; уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости.

В расчетно-графической работе количественную оценку технологичности конструкции детали можно производить по следующим коэффициентам:

1. Рассчитаем коэффициент унификации конструктивных элементов детали по формуле

$$K_{yэ} = \frac{Q_{yэ}}{Q_э}, \quad (1)$$

где $Q_{yэ}$ – число унифицированных элементов детали, шт.;

$Q_э$ – общее число конструктивных элементов детали, шт.

Если коэффициент унификации приближается к единице, то конструкция по данному коэффициенту технологична.

2. Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{m_д}{m_з}, \quad (2)$$

где m_d – масса детали по чертежу, кг;

m_3 – масса материала заготовки с неизбежными технологическими потерями, кг.

В случае, если коэффициент использования материала приближается к единице, то технологичность конструкции высокая.

3. Коэффициент точности обработки детали рассчитаем по формуле

$$K_{кт} = \frac{Q_{тчн}}{Q_{тчо}}, \quad (3)$$

где $Q_{тчн}$ – число размеров не обоснованной степени точности обработки;

$Q_{тчо}$ – общее число размеров, подлежащих обработке.

Коэффициент точности технологичной детали должен приближаться к нулю.

4. Коэффициент шероховатости поверхностей детали определим по формуле

$$K_{ш} = \frac{Q_{шн}}{Q_{шо}}, \quad (4)$$

где $Q_{шн}$ – число поверхностей детали не обоснованной шероховатости, шт.;

$Q_{шо}$ – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

Если коэффициент шероховатости поверхностей детали приближается к нулю, то поверхность качественная.

Все замечания, выявленные при контроле чертежа, качественном анализе технологичности и определении показателей, а также предложения по улучшению конструкций, следует систематизировать и изложить в пояснительной записке.

После проведенного анализа технологичности все предложения по изменению конструкции детали должны быть систематизированы в расчетно-пояснительной записке, ряд этих предложений по согласованию с руководителем проекта может быть внесен в конструкцию детали.

4.2. Выбор исходной заготовки для изготовления детали

Выбор заготовки – это трехступенчатый процесс, который рассматривают в определенной последовательности:

- определение типа производства;
- выбор вида и метода получения заготовок;
- определение общего припуска.

4.2.1. Определение типа производства

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования.

Коэффициент закрепления операций рассчитывается по формуле:

$$K_{zo} = \frac{N_o}{P_m}, \quad (5)$$

где N_o – число различных операций, выполняемых в течение месяца;

P_m – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Коэффициент закрепления операций, имеющий значение 1, характеризует массовое производство; от 1...10 – крупносерийное; от 11...20 – среднесерийное; от 21..40 – мелкосерийное; свыше 40 – единичное.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий в одном или нескольких экземплярах. Единичное производство универсально, т. е. охватывает разнообразные типы изделий, поэтому оно должно быть гибким, с применением универсального оборудования, а также стандартного режущего и измерительного инструмента.

Технологический процесс изготовления детали при этом типе производства имеет уплотненный характер, т. е. на одном станке выполняются несколько операций или полная обработка всей детали. Применение специальных приспособлений в единичном производстве экономически нецелесообразно, их используют только в исключительных случаях. Себестоимость выпускаемого изделия при единичном производстве наиболее высокая.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и достаточно большим объемом выпуска. При серийном производстве используются универсальные станки, чаще станки с ЧПУ, а также станки-полуавтоматы, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, часто с механизированным приводом зажима, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия. В серийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимущественно дифференцирован, т. е. расчленен на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определенных станках.

При серийном производстве обычно применяют универсальные, специализированные, агрегатные и другие металлорежущие станки. При выборе технологического оборудования, специального или специализированного станочного приспособления или вспомогательного инструмента, необходимо производить расчет затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемый экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного периода времени. При массовом производстве технологические процессы разрабатываются подробно и хорошо оснащаются, что позволяет обеспечить высокую точность и взаимозаменяемость деталей, малую трудоемкость и, следовательно, более низкую, чем при серийном производстве, себестоимость изделий.

При массовом производстве более широко применяется механизация и автоматизация производственных процессов, используется дифференцирование технологического процесса на элементарные операции, применяются быстродействующие специальные приспособления, специальный режущий и измерительный инструмент.

В ходе выполнения расчетно-графической работы тип производства можно определить исходя из годового объема выпуска и массы детали по табл. 1.

Таблица 1

**Зависимость типа производства от объема выпуска (шт)
и массы детали**

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелко-серийное	средне-серийное	крупносерийное	массовое
< 1,0	< 10	10-2 000	1500-100 000	75 000-200 000	200 000
1,0-2,5	< 10	10-1 000	1000-50 000	50 000-100 000	100 000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35 000	35 000-75 000	75 000
5,0-10	< 10	10-300	300-25 000	25 000-50 000	50 000
> 10	< 10	10-200	200-10 000	10 000-25 000	25 000

4.2.2. Выбор вида и метода получения заготовки

Способ получения заготовки должен быть наиболее экономичным при заданном объеме выпуска деталей. На выбор формы, размеров и способа получения заготовки большое влияние оказывают конструкция и материал детали. Вид заготовки оказывает значительное влияние на характер технологического процесса, трудоемкость и экономичность ее обработки.

При выборе вида заготовки необходимо учитывать не только эксплуатационные условия работы детали, ее размеры и форму, но и экономичность ее производства. Если при выборе заготовок возникают затруднения,

какой метод изготовления принять для той или другой детали, тогда производят технико-экономический расчет двух или нескольких выбранных вариантов. После обоснования способа получения заготовки необходимо дать краткое описание технологического процесса ее получения и обосновать выбор плоскости разъема формы или штампа, величину принятых радиусов скруглений и формовочных уклонов.

Оптимальный метод получения заготовки выбирают, анализируя ряд факторов: материал детали, технические требования на ее изготовление, объем и серийность выпуска, форму поверхностей и размеры деталей. Метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность и минимальную себестоимость, считается оптимальным.

Максимально приблизить геометрические формы и размеры заготовки к размерам и форме готовой детали – одна из главных задач в заготовительном производстве. Оптимизируя выбор метода и способа получения заготовки, можно не только снизить затраты на ее изготовление, но и значительно сократить трудоемкость механической обработки.

В машиностроении для получения заготовок наиболее широко применяют следующие методы:

- литье;
- обработку металлов давлением;
- сварку;
- комбинации этих методов.

Каждый метод содержит большое число способов получения заготовок. Вид заготовок и способ их изготовления для конкретной детали определяются такими показателями, как: материал, конструктивная форма, серийность производства, масса заготовки.

В учебных целях для выбора вида и метода получения заготовки можно воспользоваться следующим алгоритмом (рис. 1).

Материал является одним из важных признаков, определяющих метод получения заготовок. Наиболее широко используемые материалы объединены в 7 групп. Код группы определяется по таблице 2 на основе данных чертежа детали.

Конструктивные формы деталей общего машиностроения делятся на 14 видов. Соответствующий код выбирается на основе сравнения реальной детали с описанием типовых деталей, представленных в табл. 4.

Чтобы найти серийность производства, необходимо знать массу детали (согласно чертежу) и задаться конкретной программой выпуска (исходные данные к РГР). Код серийности определяется по табл. 3.

Для удобства использования в работе по выбору возможных вариантов наиболее часто применяемые способы получения заготовок в машиностроении закодированы в интервале от 1 до 11 и представлены в табл. 5.

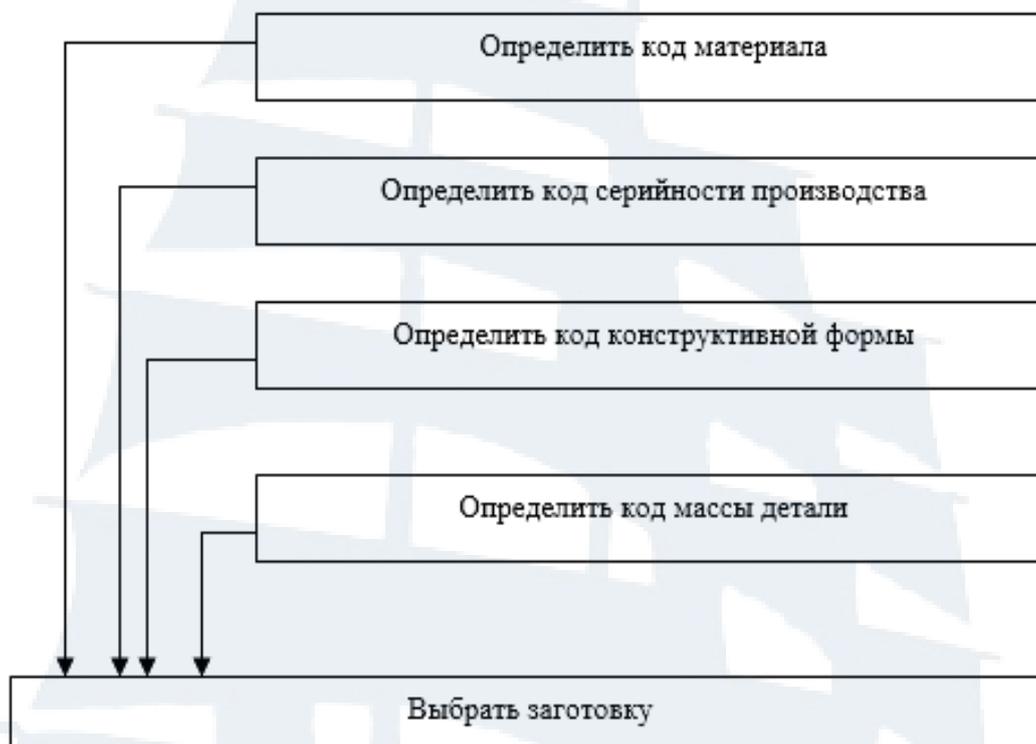


Рис. 1. Алгоритм выбора заготовки

Таким образом, определив коды по каждому из четырех факторов, составляется перечень возможных видов и способов получения заготовок для данной детали, согласно табл. 6.

Таблица 2

Классификация материалов на группы

Вид материала	Код группы
Стали углеродистые	1
Чугуны	2
Литейные сплавы	3
Высоколегированные стали и сплавы	4
Низкоуглеродистые стали	5
Легированные стали	6
Прокатанные материалы	7

Таблица 3

Определение серийности производства заготовок

Вид заготовки	Программа выпуска при массе детали, кг			Код серийности
	500 1 000 2 500 3 500	250 400 1 000 1 000	60 300 600 600	
Штамповка, поковка	500	250	60	1
	1 000	400	300	2
	2 500	1 000	600	3
	3 500	1 000	600	4
Прокат	500	250	60	1
	1 000	400	300	2
	3 500	1 000	600	3,4
Отливка	2 000	600	300	1
	12 000	4 000	1 500	2
	30 000	8 000	7 000	3,4

Таблица 4

Конструктивная форма детали

Основные признаки детали	Код
Валы гладкие круглого или квадратного сечения	1
Валы круглого сечения с одним уступом или фланцем, с буртом или выемкой без центрального отверстия	2
Детали с цилиндрической, конической, криволинейной и комбинированными формами поверхностей без центрального отверстия и с отверстием, длиной $L < 0,5D$	3
То же, $0,5 < L < 2D$	4
То же, $L > 2D$	5
Детали с цилиндрической, конусной, криволинейными поверхностями, с гладкой или ступенчатой наружной поверхностью со сквозным или глухим гладким или ступенчатым отверстием	6
Детали круглые в плане или близкие к этой форме, имеющие гладкую или ступенчатую наружную цилиндрическую поверхность	7
Детали круглые в плане или близкие к этой форме, имеющие гладкую или ступенчатую наружную цилиндрическую поверхность с одно- или двусторонними уступами и ступицами, с центральным отверстием или без него, длиной $0,5D_0 < L < 2D_0$	7
Детали сложной пространственной формы	8
Детали с удлиненной, прямолинейной, изогнутой осью и пересекающимися главными осями	9

Основные признаки детали	Код
Корпусные детали, имеющие сочетания призматической, цилиндрической и других форм наружной поверхности с наличием базовых отверстий и установочных плоскостей, с полостью и без нее, имеющие на поверхности ребра, углубления, выступы, бобышки и отверстия	10
Детали с призматической, цилиндрической или с сочетанием криволинейной или призматической форм наружных поверхностей с привалочной поверхностью в виде прямоугольных, круглых фланцев, имеющие ребра, углубления, выступы	11
Коробчатые разъемные корпуса с установочной поверхностью 11 и 1 относительно плоскости разъема, имеющие одну и более базовых поверхностей, а также ребра, углубления, выступы	12
Детали простой конфигурации, ограниченные гладкими и ступенчатыми, плоскими, цилиндрическими и комбинированными поверхностями с наличием ребер, буртов, бобышек, фланцев и отверстий	13
Тонкостенные полые детали с цилиндрической, конической и комбинированными формами наружной поверхности и детали типа дисков и крышек	14

Таблица 5

Виды заготовок и способы их изготовления

Способ производства заготовок	Код	Коэффициент
Литье в песчано-глинистые формы	1	0,7
Центробежное литье	2	0,85
Литье под давлением	3	0,91
Литье в кокиль	4	0,8
Литье в оболочковые формы	5	0,9
Литье по выплавляемым моделям	6	0,91
Штамповка на молотах и прессах	7	0,8
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах	8	0,85
Свободная ковка	9	0,6
Прокат	10	0,4
Сварные заготовки	11	0,95

Таблица 6

Выбор возможных видов и способов изготовления заготовок

Код признака				
Материал	Серийность	Конструктивная форма	Масса детали	Вид заготовки (способ изготовления)
1...3	2...4	1	1...6	1, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1, 4, 5
		2	1...6	1, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1,4
		3,4	1...6	1, 2, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1, 2, 4
		5	1...6	1...6
			7	1,2,4,5
			8	1,2,4
		6	1...6	1, 2, 4...6
			7	1, 2, 4, 5
8	1, 2, 4			
7	1...6	1...6		
	7	1, 2, 4		
	8	1, 4...6		
8,9	1...6	1, 4...6		
	7	1, 4, 5		
	8	1, 4		
10	1...6	1, 3...6		
	7	1, 4, 5		
	8	1, 4		
11, 12	1...6	1, 3...6, 11		
	7	1, 4, 5, 11		
	8	1, 4, 11		
13	1...6	1...6		
	7	1, 2, 4, 5		
	8	1, 2, 4		
14	1...8	1, 2, 11		
4...7 1 1...7	8	9, 10		
	9	9		
	10...12	9		
	13, 14	9, 10		
	11	11		
1...8	9, 11			

Код признака				
Материал	Серийность	Конструктивная форма	Масса детали	Вид заготовки (способ изготовления)
4...7	2...4	1	1...8	9,10
		2...7		7...11
		8		7,9
		9		7...9
		10...12		11
		13,14		7,11

4.2.3. Определение припусков на обработку

Припуском называют слой материала, удаляемый в процессе механической обработки заготовки для достижения заданной точности и качества обрабатываемой поверхности. Различают припуски промежуточные и общие.

Промежуточным припуском называют слой, снимаемый при выполнении данного технологического перехода механической обработки и определяют как разность размеров и заготовки, полученных на смежном предшествующем и выполняемом технологических переходах.

Общим припуском называют сумму промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки.

Общий припуск определяют как разность размеров заготовки и готовой детали.

Общий припуск на обработку может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или рассчитан аналитически.

Расчетно-аналитический метод определения припусков основан на положении, что промежуточный припуск должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующих технологических переходах, а также погрешности установки обрабатываемой заготовки, возникающие на выполняемом переходе и рассчитываются по формулам:

– при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск):

$$Z_I = (R_Z + h)_{I-1} + \Delta_{\sum I-1} + \varepsilon_I ; \quad (6)$$

– при параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_I = 2 \cdot [(R_Z + h)_{I-1} + \Delta_{\sum I-1} + \varepsilon_I] ; \quad (7)$$

– при обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_i = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (8)$$

где R_z – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

h_i – глубина дефектного слоя на предшествующем переходе;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – суммарные отклонения расположения поверхности относительно базовых поверхностей (отклонения от параллельности, перпендикулярности, пересечения осей) и в некоторых случаях отклонения форм поверхности (отклонения от плоскости, прямолинейности) на предшествующем переходе;

ε_i – погрешности установки заготовки на выполняемом переходе.

Расчет припусков переходов сводится к определению значений параметров R_z , h_i , $\Delta_{\Sigma i-1}$, ε_i . Значения этих параметров нормированы и зависят от вида заготовки, метода обработки, обрабатываемого материала, линейных размеров детали и т. д., и выбираются из соответствующих таблиц [7/ т.1. стр. 322-345].

При расчете припусков на обработку расчетно-аналитическим методом необходимо разбить общий припуск на межоперационные и межпереходные в соответствии с планом операций. Разрабатывается расчетная карта (образец, табл. 7). В расчетную карту заносят размеры обрабатываемой поверхности (из рабочего чертежа) и технологические переходы в порядке их выполнения при обработке (см. план операций); для каждого перехода записываются табличные данные R_z , h_i , $\Delta_{\Sigma i-1}$, ε_i и табличные значения T – допуска на заготовки по переходам [7/ т.1. стр. 327-338].

Значения параметров R_z , h_i , $\Delta_{\Sigma i-1}$, ε_i финишного перехода принимаются по чертежу детали.

Для серого и ковкого чугуна, а также цветных металлов и сплавов, после первого слагаемого h_i из формул 6, 7, 8 исключают, так как $h_i = 0$.

На стадиях чистовой и отделочной операции (перехода) значение параметра $\Delta_{\Sigma i-1}$ незначительно и при расчете не учитывается ($\Delta_{\Sigma i-1} = 0$).

При определении припусков не учитываются те отклонения, расположения которые не превышают допуски на размеры (особенно на завершающих переходах), если они не оговорены особо (не указаны на чертеже).

Значение погрешности установки на первый переход (для заготовки) всегда принимается равное нулю.

При соблюдении принципов совмещения и постоянства баз, значение параметра погрешности установки ε_i для всех переходов равно нулю.

При обтачивании и шлифовании цилиндрических поверхностей заготовки, в цилиндрических установочных приспособлениях $\varepsilon_i = 0$.

При разворачивании плавающей разверткой и протачивании отверстий $\varepsilon_1 = 0$.

Рассмотрим пример.

Рассчитать припуски на обработку и определить промежуточные припуски исходя из условия обработки заготовки для получения шейки вала $\varnothing 50h6 (-0,05)$; шероховатость 0,32; материал сталь 45. Заготовка – штамповка.

Чтобы получить шейку вала, точность размеров которого будет соответствовать шестому качеству точности, необходимо предусмотреть следующие переходы:

- предварительное точение;
- чистовое точение;
- предварительное шлифование;
- чистовое шлифование.

Для расчета припусков воспользуемся формулой 8. С учетом выше изложенных правил примем значение погрешности установки для всех переходов $\varepsilon_1 = 0$, тогда формула примет вид

$$2Z_i = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} \right]. \quad (9)$$

По справочнику [7/ т.1. табл.1 стр. 10, табл. 24 стр. 335; табл. 25 стр. 335; табл. 21 стр. 245] определим значение элементов перехода в R_z , h_1 $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$, и заполним табл. 9.

Определяем расчетный припуск на диаметр путем суммирования и удваивания элементов припуска (графа 6).

Заполняем графу 7 снизу вверх путем суммирования к наименьшему диаметру вала (49,95 мм) значения межпереходных припусков (графа 6).

Заполняем графу 8 (допуски на промежуточные размеры). Допуск на финишную операцию принимаем по чертежу 50 мкм. А допуски для предшествующих переходов принимаем по [7/ т.1. табл. 4 стр. 13].

Допуски на размер заготовки в зависимости от массы поковки составляют 0,6÷ 6,5 мм. [7/ т.1. табл. 32 стр. 342]. Принимаем 2,5.

Заполняем графу 9 путем округления данных графы 7 до знака, соответствующего допуску на выполняемом переходе, а графу 10 – путем суммирования значения граф 7 и 8.

В ходе учебного проектирования на первом этапе определим общие припуски по опытно-статистическим данным.

При этом методе общие и промежуточные припуски берутся по таблицам, которые составляют на основе обобщения и систематизации производственных данных передовых заводов. Опытные-статистические припуски в основном завышены, так как они ориентированы на условия обработки, при которых припуск должен быть наибольшим во избежание брака.

Таблица 7

**Карта расчета припусков на обработку и предельных размеров
по технологическим переходам**

Маршрут обработки поверхностей	Элементы припуска				Расчетный		Допуск на изготовление, мкм	Принятые размеры по технологи- ческим перехо- дам, мм	
	R _Z	h _T	ΔΣI-1	ε _I	припуск, мкм	размер заготовки, мм			
Штамповка	–	–	–	–	–	52,120	2 000	52,12	54,12
Точение черновое	250	240	400	–	1780	50,340	500	50,34	50,84
Точение чистовое	40	40	90	–	260	50,080	150	50,08	50,23
Шлифование предварительное	15	15	20	–	100	49,980	100	49,98	50,08
Шлифование чистовое	5	5	5	–	30	49,950	50	49,95	50

В табл. 8 приведены ориентировочные значения припусков на наиболее распространенные виды заготовок и материалов, для деталей с размерами 10...120 мм.

Таблица 8

Ориентировочные значения припусков на основные виды заготовок

Вид заготовки	Материал	Толщина дефектного слоя	Общий припуск
Прокат	сталь	0,5	1...2
Поковка	сталь углеродистая	1.5...3	2...4
	сталь легированная	2...3	3...5
Штамповка	сталь углеродистая	0,5...1,0	1...3
	сталь легированная	до 0,5	1...2
Литье	СЧ	1...4	2...5
	КЧ	1...2	2...4
	сталь	2...4	3...6
	бронза	1...3	2...4

В табл. 9 приведены значения припусков на чистовые и станочные обработки.

Практически нормативными данными пользуются с учетом массы и габаритных размеров, конструктивных форм и размеров обрабатываемой поверхности, точности и класса чистоты обработки.

Таблица 9

Технологические способы обработки поверхности детали и припуски на обработку

Технологические способы	Материал детали		
	чугун	сталь	цвет. металлы
Токарная черновая	0,7...2,0	0,5...2,5	0,5...1,0
Токарная чистовая	0,3...0,6	0,2...0,6	0,2...0,5
Токарная отделочная	0,15...0,25	0,1...0,2	0,05...0,1
Шлифование черновое	0,1...0,5	0,1...0,5	0,1...0,5
Шлифование чистовое	0,05...0,15	0,05...0,15	0,05...0,15
Строгание	1...3	1...3	1...2
Фрезерование	0,4...0,8	0,4...1,0	0,4...0,6
Сверление	1	1	1
Развертывание	0,05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1

Пример. Требуется обработать шейки вала Ø50h6, R - 0,63. Заготовка – штамповка. Сталь 45.

По табл. 8 определяем общий припуск (штамповка, сталь углеродистая) I...3 мм. Принимаем для Ø50 припуск – 2,0 мм.

Маршрут обработки:

1. Точение черновое.
2. Точение чистовое.
3. Шлифование предварительное.
4. Шлифование чистовое.

По табл. 9 назначаем следующие припуски:

– точение чистовое – 0,4 мм, шлифование предварительное – 0,2 мм, шлифование чистовое – 0,1 мм.

Припуск на черновое растачивание составит:

$$Z_{\text{ЧЕРН.ТОК}} = Z_{\text{ОБЩ}} - Z_{\text{ЧИСТ.ТОК}} - Z_{\text{ЧЕРН.ШЛИФ.}} - Z_{\text{ЧИСТ.ШЛИФ.}} = 2 - 0,4 - 0,2 - 0,1 = 1,3 \text{ мм.}$$

После определения общего припуска оформляется чертеж заготовки детали – пример приведен в приложении В.

4.3. Разработка технологического маршрута обработки детали

Разработка технологического процесса состоит из двух этапов:

- составление плана (маршрута);
- разработка (проработка) операций процесса.

Разработка технологического процесса изготовления детали представляет собой сложную задачу с большим числом возможных решений.

Общая схема технологического процесса изготовления детали может быть представлена в виде последовательных приближений к параметрам детали в соответствии с требованиями чертежа.

Этапы приближения:

- операции 1-го приближения (заготовительные);
- операции 2-го приближения (черновая обработка);
- операции 3-го приближения (чистовая обработка);
- операции 4-го приближения (отделочные работы).

Маршрут обработки детали представляет собой последовательность выполнения совокупности операций плана. Общая методика составления маршрута состоит в следующем:

- в первую очередь обрабатываются базовые поверхности;
- обработка поверхности черновой обработки;
- выполнение промежуточных операций;
- обработка локальных элементов (фаски, галтели, проточки);
- выполнение операций, связанных с термообработкой;
- выполнение отделочных операций.

Расчленение однотипных операций на черновые, чистовые и отделочные операции зависит от материала детали, припуска на обработку, чистоты поверхности и точности обработки согласно требованиям рабочего чертежа.

При установлении общей последовательности обработки сначала обрабатывают поверхности, принятые за технологические базы. Затем обрабатывают остальные поверхности в последовательности, обратной степени их точности.

Если деталь подвергают термической обработке, то технологический процесс изготовления детали расчленяют на две части: до термообработки и после нее. Для устранения возможных деформаций часто приходится предусматривать правку деталей или обработку отдельных поверхностей после термообработки.

Последовательность обработки зависит от назначенных конструкторских баз. После операции механообработки, как правило, назначают контрольную операцию.

Последовательность операций также может измениться, если деталь обрабатывается по типовому или групповому процессу.

Составление технологического маршрута обработки детали предшествует оформлению технологического процесса на картах. При разработке двух или нескольких вариантов маршрутов (изготовление детали из разных заготовок, на разном оборудовании и т. п.) выбирается наиболее экономичный в данных производственных условиях. Если его определить затруднительно, проводится соответствующий экономический расчет.

Технологический маршрут изготовления детали служит основанием для разработки технологического процесса на операционных картах. Маршрутную карту рекомендуется оформлять после завершения работы над операционными картами, так как в процессе проектирования первоначально выбранный маршрут нередко подвергается вынужденной корректировке.

4.3.1. Последовательность операций при разработке маршрута для деталей – тел вращения

Детали типа тела вращения подразделяются на валы, втулки, зубчатые колеса, фланцы и т. п. Все эти детали имеют много общего в технологическом процессе.

Полюе детали типа втулок, колец и т. п. небольших размеров с отношением $L/D < 5$ (длины отверстия к его диаметру меньше 5) обрабатываются из прутка на токарно-револьверных станках и автоматах.

Обработка таких деталей на токарно-револьверных автоматах при разработке единичных технологических процессов целесообразна только при операционных партиях не менее 3-5 тыс. штук. При разработке групповых технологических процессов и подборе группы деталей с общим для всех деталей этой группы кулачком групповая наладка автомата целесообразна и в мелкосерийном производстве.

Детали типа валиков с отношением $L/D > 5$ (длины валика к его наибольшему диаметру больше 5) целесообразно, в большинстве случаев, обрабатывать из штучных, предварительно нарезаемых из сортового материала и центрируемых заготовок на токарных станках (в центрах или непосредственно из прутка на автоматах продольного точения).

На револьверных станках при одностороннем расположении уступов наружной поверхности и отверстия нужно стремиться к обработке максимального количества поверхностей с одного установа.

Поверхности, которые нельзя обработать в первой операции, выносятся на следующую операцию. Если остается только подрезание второго торца (отрезание обеспечивает шероховатость $Rz80 - Rz40$, что обычно не удовлетворяет требованиям чертежа) и незначительные доработки (обточка фаски и т. п.), то вторую операцию лучше проводить на простом токарном станке. Если уступы носят двусторонний характер или по каким-либо другим причинам на вторую операцию остается более трех-четырёх переходов, то для ее выполнения также следует назначать токарно-револьверный станок.

Последующие операции определяются конфигурацией детали и заданными параметрами точности и шероховатости (фрезерование пазов, лысок и т. п., сверление отверстий, шлифование и т. д.). При необходимости достижения высокой твердости поверхности, после термообработки следует назначать шлифование этой поверхности, а иногда и другие виды обработки абразивным инструментом в соответствии с заданными точностью и шероховатостью.

На всех деталях при обработке, как правило, после каждой операции должны притупляться острые кромки и сниматься остающиеся от обработки заусенцы. На станках токарной группы при вращающейся детали притупление выполняется напильником. После сверления заусенцы снимаются дополнительным назначением перехода сверлом большего, чем у отверстия, диаметра. После фрезерования и некоторых других операций требуется назначение слесарной операции или операции обработки в вибробарабанах (виброочистка). Эти операции часто назначаются между очередными операциями, поскольку наличие заусенцев может быть причиной погрешности установки заготовки на следующей операции, что приведет к браку при изготовлении деталей.

В общем виде примерный технологический процесс изготовления деталей типа тел вращения можно представить в следующем порядке выполнения операций: отрезная, токарная, фрезерная, сверлильная, шлифовальная, отделочная.

4.3.2. Последовательность операций при разработке маршрута для корпусных и плоских деталей

В целях создания чистой базы (обработанной поверхности) для последующей обработки детали в качестве первой операции (первых операций), как правило, назначается фрезерование наиболее протяженной плоской поверхности (одной или нескольких).

Второй операцией обычно является расточка точных отверстий, если таковые имеются, от обработанной на первой операции чистой установочной базы. Такие операции для деталей небольших габаритов типа корпусов, кронштейнов и т. п. выполняются при сравнительно небольших производственных партиях на станках токарной группы (токарном, токарно-револьверном и т. п.); для плоских деталей – на сверлильных станках.

В последнюю очередь ведутся операции, заключающиеся в обработке крепежных отверстий (сверление, зенкерование и т. п.).

Обработка отверстий производится на вертикально-сверлильных станках, иногда с использованием многопозиционных головок, или на агрегатных станках. Если нарезание резьбы на этих станках не может быть осуществлено, то его выполняют на резьбонарезных станках как самостоятельную операцию.

В общем виде примерный технологический процесс изготовления корпусных и плоских деталей можно представить в следующем виде: заготовительная (отрезная, штамповочная или литейная), фрезерная, токарная, расточная, сверлильная, шлифовальная, резбонарезная, отделочная.

4.4. Выбор технологических баз

Правильный выбор технологических баз является основой построения технологического процесса изготовления детали и имеет решающее значение для обеспечения требуемой точности обработки. Назначая технологические базы для первой и последующих операций обработки следует руководствоваться следующими общими соображениями:

- установочная и вспомогательная базы должны иметь необходимую протяженность для обеспечения устойчивого положения заготовки при ее обработке;
- обрабатываемая заготовка должна иметь минимальные деформации от действия силы резания, зажимной силы и от действия собственной массы;
- по возможности соблюдать принципы постоянства и совмещения баз.

На первой операции должны быть обработаны те поверхности, которые будут приняты за технологическую базу для последующих операций. В качестве технологической базы первой операции принимается поверхность заготовки, имеющая правильную геометрическую форму и наименьшую шероховатость.

На второй и последующих операциях технологические базы должны быть возможно точными по геометрической форме и по шероховатости поверхности.

Рекомендуется, если возможно, соблюдать принцип совмещения баз, т. е. в качестве технологической базы принимать поверхности, которые будут одновременно измерительной базой.

Необходимо придерживаться принципа постоянства база на основных операциях обработки, то есть использовать в качестве технологической базы одни и те же поверхности. С целью соблюдения принципа постоянства базы в ряде случаев на деталях создают искусственные технологические базы, не имеющие конструктивного назначения (центральные гнезда валов, отверстия в корпусных деталях и т. д.).

4.5. Разработка технологических операций

Установленный план (маршрут) операции уточняют и подробно разрабатывают осуществление отдельных операций процесса: выбирают станок, определяют операционные размеры и допуски, выбирают приспособление и инструмент, определяют межоперационные припуски, режимы обработки и производят нормирование операции.

4.5.1. Разработка последовательности переходов в операции

Каждая технологическая операция может быть описана в отдельном документе – операционной карте. В РГР механо-обрабатывающие операции обязательно следует оформлять на операционных картах. Операционная карта разрабатывается для серийного и массового производства и является дополнением к маршрутной карте.

В операционной карте указываются последовательность выполнения переходов, данные о технологическом оснащении, технологических режимах и трудовых затратах.

Разработка технологической операции начинается с выявления элементарных поверхностей, обработка которых должна осуществляться определенным инструментом, т. е. с разделения операции на переходы.

Полную запись переходов следует применять, если нет операционного эскиза. При наличии операционного эскиза применяют сокращенную запись. Операционный эскиз служит графической иллюстрацией к обработке заготовки. На эскизе изображается заготовка в той стадии обработки, которая достигается после данной операции. Эскиз выполняется по операционной карте. В тех случаях, когда эскиз очень сложен, он может выполняться и на отдельном листе, в виде приложения к операционной карте.

Переходы содержат указания: какими инструментами можно получить каждую элементарную поверхность в зависимости от требуемой точности и шероховатости. Одновременно с этим определяется количество проходов с расчетом глубины резания для каждого прохода.

После определения содержания переходов рассматривают возможность сокращения количества инструментов, возможность применения нескольких инструментов в одной наладке и в связи с этим – сокращения количества проходов и переходов.

В процессе разработки переходов следует учесть, что одновременная обработка нескольких поверхностей обеспечивает соосность данных поверхностей с более высокой точностью.

Операция может содержать один и более установов, а также один и более переход. Сначала рассматривают и определяют количество и последовательность установов, а потом – переходов. Для каждого установа выполняется отдельный эскиз с указанием номера установа.

4.5.2. Выбор оборудования, приспособления и инструмента

Выбор станочного оборудования является одной из важнейших задач при разработке технологического процесса механической обработки. От правильного его выбора зависит производительность изготовления детали, экономное использование производственных площадей, механизации и автоматизации ручного труда, электроэнергии и в итоге себестоимость изделия.

В зависимости от объема выпуска изделий выбирают станки по степени специализации и высокой производительности, а также станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Выбор каждого вида станка должен быть экономически обоснованным. Производится расчет технико-экономического сравнения обработки данной операции на разных станках. При заданном объеме выпуска изделий необходимо принимать ту модель станка, которая обеспечит наименьшие трудовые и материальные затраты, а также себестоимость обработки заготовки. При выборе необходимо дать краткое описание моделей станков, применяемых в технологическом процессе, указать предпочтение выбранной модели станка по сравнению с другими аналогичными.

Характеризуя выбранные модели станка, можно ограничиться краткой их технической характеристикой. Если выбраны станки специальные, агрегатные и специализированные, то следует описать их принципиальную схему.

При выборе станочного оборудования необходимо учитывать:

- характер производства;
- методы достижения заданной точности при обработке;
- необходимую сменную (или часовую) производительность;
- соответствие станка размерам детали;
- мощность станка;
- удобство управления и обслуживания станка;
- габаритные размеры и стоимость станка;
- возможность оснащения станка высокопроизводительными приспособлениями и средствами механизации и автоматизации;
- кинематические данные станка (подачи, частота вращения и т. д.)

При выборе станочного оборудования необходимо учитывать современные достижения станкостроения.

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки необходимо правильно выбрать приспособления, которые должны способствовать повышению производительности труда, точности обработки, улучшения условий труда, ликвидации предварительной разметки заготовки и выверки их при установке на станке.

Применение станочных приспособлений и вспомогательных инструментов при обработке заготовки дает ряд преимуществ:

- повышает качество и точность обработки деталей;
- сокращает трудоемкость обработки заготовок за счет резкого уменьшения времени, затрачиваемого на установку, выверку и закрепление;
- расширяет технологические возможности станков;
- создает возможность одновременной обработки нескольких заготовок, закрепленных в многоместном приспособлении.

Выбор станочного приспособления должен быть основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса в установленный проме-

жуток времени при заданном числе заготовок. Правила выбора технологической оснастки предусматривают шесть систем технологической оснастки, которые предназначены для выполнения различных видов работ в зависимости от типа производства.

К системам технологической оснастки относятся:

- неразборной специальной оснастки (НСО);
- универсально-наладочной оснастки (УНО);
- универсально-сборной оснастки (УСО);
- сборно-разборной оснастки (СРО);
- универсально-безналадочной оснастки (УБО);
- специализированной наладочной оснастки (СНО).

Принадлежность конструкции технологической оснастки к системе технологической оснастки определяют правилами ее проектирования и эксплуатации применительно к заданным условиям производственного процесса изготовления изделия.

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Правильный выбор режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки. Для обработки стали рекомендуется применять инструмент, режущая часть которого изготовлена из титановольфрамовых твердых сплавов (Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т15К6Т, Т30К4), быстрорежущих инструментальных сталей (Р18, Р9, Р9Ф4, Р14Ф4) и др. Для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов используют инструмент из вольфрамокобальтовых твердых сплавов (ВК2, ВК3М, ВК6, ВК8) и быстрорежущих инструментальных сталей. Выбор материала для режущего инструмента зависит от формы и размеров инструмента, материала обрабатываемой заготовки, режимов резания и типа производства.

Режущий инструмент необходимо выбирать по соответствующим стандартам и справочной литературе в зависимости от методов обработки.

Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно, это распространя-

ется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твердым сплавом.

В картах технологического процесса обработки заготовки необходимо правильно указать условные обозначения режущего и вспомогательного инструмента в соответствии с присвоенным ему в стандарте обозначением, например:

– сверло спиральное $\varnothing 20$ мм из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком с конусом Морзе 2:

Сверло 2301-0439 ГОСТ 2092-77;

– сверло диаметром 6 мм, общего назначения, правого исполнения I из твердого сплава ВК8:

Сверло 2309-0067 ВК8 ГОСТ 17275-71;

– фреза цилиндрическая тип I, диаметром $D = 80$ мм, $L = 125$ мм, правая:

Фреза 2200-0157 ГОСТ 3752-71;

– фреза торцовая $D = 200$ мм со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава ВК8, праворежущая:

Фреза 2214-0159 ГОСТ 9473-80;

– фреза червячная для чистовой обработки, однозаходная для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем, правая с модулем 6 мм, длина $L = 112$ мм, тип II, класса А:

Фреза червячная правая Т6×112А – II ГОСТ 9324-2015.

4.5.3. Определение межоперационных припусков

Определение межоперационных припусков проводится по методам, рассмотренным в п.п. 4.2.3 по заданию преподавателя расчетно-аналитическим или опытно-статистическим методом.

4.6. Установление режимов обработки

Установление режимов обработки заключается в определении оптимальных величин:

– глубины резания – t , мм;

– подачи – S , мм/об;

– скорости резанья – V , м/мин.

Прежде чем приступить к расчету режимов резания, необходимо определить расчетные размеры обрабатываемых поверхностей детали.

Исходные данные для выбора режима резания определяются:

– данными об обрабатываемой детали (материал, форма, размеры, допуски, твердость, шероховатость);

– сведениями о заготовке;

– паспортом станка.

Элементы режимов резания выбирают таким образом, чтобы была достигнута наибольшая производительность труда при наименьшей себестоимости данной технологической операции.

Выбор режима элементов резания ведется в следующей последовательности:

$$t \rightarrow S \rightarrow V (n) \rightarrow PZ \rightarrow N.$$

Выбирается глубина резанья, устанавливаемая в зависимости от припуска на обработку и числа проходов. Припуск разбивается на черновой, чистовой и отделочный. Необходимо стремиться к уменьшению числа проходов. Припуск на черновую обработку обычно снимается за 1..2 хода, т. е. $t = \Delta$ или $t = \Delta/i$. Количество чистовых и отделочных ходов зависит от требуемой точности обработки, класса шероховатости и состояния поверхностного слоя.

Выбирается режущий инструмент – тип, размер, материал.

Определяется подача в зависимости от: вида детали и характеристики обрабатываемых поверхностей (жесткость, прочность, виброустойчивость, состояния поверхностного слоя, микрогеометрии поверхности; режущего инструмента; характеристики станка (точность, жесткость, виброустойчивость, кинематика). Принимается наибольшая подача, достигаемая вышеуказанными ограничениями. Действительную подачу принимают по паспорту станка, ближайшую к расчетной.

Выбирается период стойкости режущего инструмента в зависимости от типа и размера инструмента; характера обрабатываемой детали; условий работы – период нормальной работы до затупления. Для практических расчетов стойкость резца при одноинструментальной обработке принимается – 60, 90, 120 минут.

Определяется скорость резания и число оборотов шпинделя. Скорость резанья рассчитывается по формуле

$$V = \frac{C_v}{t^{X_v} \cdot S^{Y_v}} \cdot K, \text{ м/мин}, \quad (10)$$

где C_v – коэффициент, зависящий от условий работы и механических свойств обрабатываемого материала детали и металла инструмента;

X_v и Y_v – эмпирические коэффициенты, характеризующие степень соответствия глубины резания и подачи;

K – поправочный коэффициент, характеризующий конкретные условия работы.

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (11)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий материал детали;

K_2 – коэффициент, учитывающий стойкость резца;

K_3 – коэффициент, учитывающий вид обработки;
 K_4 – коэффициент, учитывающий геометрию режущего инструмента.
Определяем частоту вращения шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин,} \quad (12)$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Расчетная частота вращения корректируется по паспортным данным станка, после корректировки пересчитывается скорость резания – V_ϕ .

Определяется скорость резания:

$$P_z = P_{ЗТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ Н,} \quad (13)$$

где $P_{ЗТАБЛ}$ – сила резанья по нормативу, Н;

K_1 – коэффициент, учитывающий материал детали;

K_2 – коэффициент, учитывающий стойкость и геометрию реза.

Определяется мощность, затрачиваемая на резание:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_\phi}{6120}, \text{ кВт.} \quad (14)$$

Расчетная мощность резанья сравнивается с мощностью станка (с учетом КПД – 0,8...0,95).

Режим резанья возможен, если: $N_\phi \geq N_p$.

Для сверления порядок расчета следующий: назначение подачи, диаметр сверла, определение скорости резания.

Для фрезерования (цилиндрические, хвостовые, дисковые фрезы) – глубина резания, подача на зуб, минутная подача, скорость резания, частота вращения.

Для шлифования: установление характеристики инструмента; скорость вращения детали; глубина шлифования; продольная подача; поперечная подача и т. п.

4.7. Определение норм времени на обработку

Под технической нормой времени понимают время, устанавливаемое на выполнение данной операции при определенных организационно-технических условиях и наиболее эффективном использовании всех средств производства, с учетом передового производственного опыта.

Техническая норма времени, определяющая затрату времени на обработку (сборку или другие работы) служит основой для оплаты работы, калькуляции себестоимости детали и изделия.

При установлении нормы времени необходимо обеспечить следующие условия:

- работы должны выполняться рабочим соответствующей квалификации;
- должны быть применены эффективные для данной работы приспособления и инструмент;
- должны быть установлены оптимальные режимы резания;
- припуски на обработку должны быть оптимальными;
- доставка инструмента должна быть централизована;
- в норму времени не должны входить потери рабочего времени из-за каких либо организационных неполадок: отключение эл/энергии;
- норма времени должна устанавливаться в расчете на нормальные условия работы.

Структура нормы времени на обработку:

Норма штучного времени при выполнении станочных работ состоит из следующих основных частей:

- основного или технологического времени;
- вспомогательного времени;
- времени обслуживания рабочего места;
- время на перерывы, отдых и естественные потребности.

$$t_{шт} = t_0 + t_B + t_{ОРМ} + t_{П}, \text{ мин}, \quad (15)$$

где t_0 – основное время, мин;

t_B – вспомогательное время, мин;

$t_{ОРМ}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

$t_{П}$ – время на перерывы, отдых и естественные потребности, мин.

Основное время – это время, затрачиваемое на врезание и снятие стружки, т. е. происходит изменение формы, размеров и внешнего вида деталей. Сюда входит время и на обратные ходы режущего инструмента; поэтому его необходимо учитывать при подсчете основного времени.

Вспомогательное время – это время, затрачиваемое на управление станком, время на перемещение инструмента; время на установку и снятие детали; время на измерение детали.

Время обслуживания рабочего места подразделяется на техническое и организационное обслуживание рабочего места.

Время технического обслуживания рабочего места затрачивается рабочим по уходу за рабочим местом в процессе данной работы, а именно:

- время на подналадку и регулировку станка в процессе работы;
- время на замену затупившегося инструмента;
- время на правку инструмента (алмазные шлифовальные круги);
- время на удаление стружки (1...3 % от основного времени).

Время организационного обслуживания рабочего места – затрачивается рабочим по уходу за станком в течение смены (0,8...2,5 % – от оперативного):

- время на раскладку инструмента в начале смены и его уборка в конце смены;
- время на чистку и смазку станка;
- время на осмотр и опробование станка (2...4 %, для шлиф. работ – 3,5...7,0 %).

Время на перерывы, отдых и естественные потребности: в основном зависит от условий производства и условий работы на данном станке (и определяется – 4...6 % или 5...8 % – для шлиф. работ) к оперативному времени.

Норма общего калькуляционного времени на 1 штуку изделия определяется:

$$t_{шк} = t_{шт} + \frac{T_{пз}}{Z}, \text{ мин,} \quad (16)$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

Методика расчета станочных работ

Порядок расчета:

- глубина резания: $t = Z$ или $t = 0,5Z_{\text{обrab.}}$ – при черновой обработке; $t = Z$ – при чистовой (точность и шероховатость);
- определяется подача из условий жесткости системы СПИД;
- назначается стойкость инструмента;
- скорость резанья рассчитывается по формуле

$$V = \frac{C_v}{t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K, \text{ м/мин;}$$

- определяем частоту вращения шпинделя

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин;}$$

- основное время

$$t_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{l_B + l_O + l_{п}}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин,}$$

- где L – расчетная длина, мм;
 l_B – длина врезания;
 l_O – длина обработки, мм;
 $l_{п}$ – длина прохода;
 i – количество проходов.

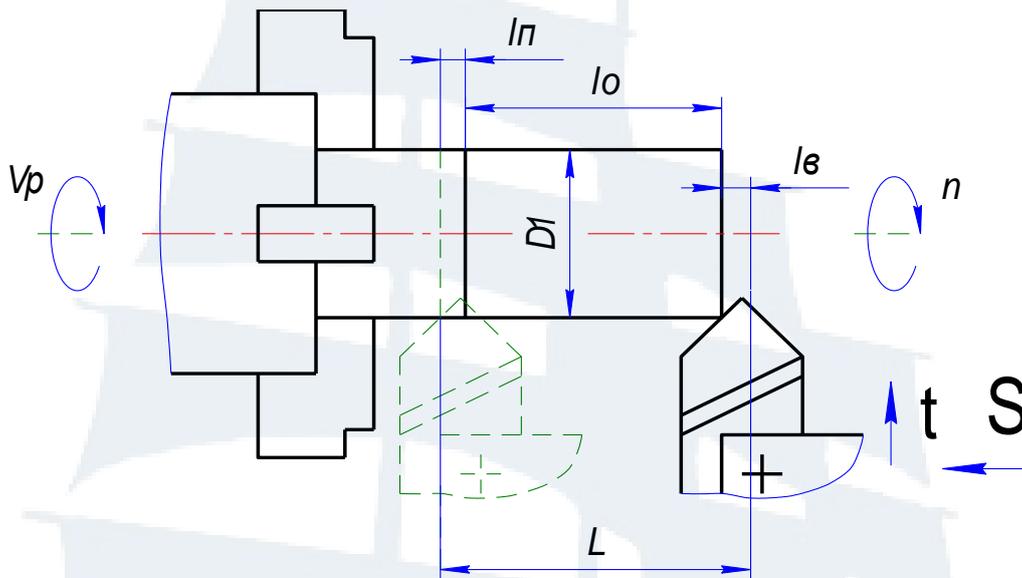


Рис. 2. Схема обработки при токарной операции

Техническое нормирование фрезерных работ

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы (рис. 3).

Размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя. Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наименьшей величины, учитывая при этом жесткость технологической системы, схему резания, форму и размеры обрабатываемой заготовки.

При торцовом фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы D должен быть больше ширины фрезерования B , т. е. $D = (1,25 \dots 1,5) B$, а при обработке стальных заготовок обязательным является их несимметричное расположение относительно фрезы: для заготовок из конструкционных углеродистых и легированных сталей – сдвиг их в направлении врезания зуба фрезы (рис. 4), чем обеспечивается начало резания при малой толщине срезаемого слоя; для заготовок из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей – сдвиг заготовки в сторону выхода зуба фрезы из резания (рис. 4, б), чем обеспечивается выход зуба из резания с минимально возможной толщиной срезаемого слоя. Несоблюдение указанных правил приводит к значительному снижению стойкости инструмента.

Глубина фрезерования t и ширина фрезерования B – понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании (см. рис. 3). Во всех видах фрезерования, за исключением торцового, t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой; t измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы.

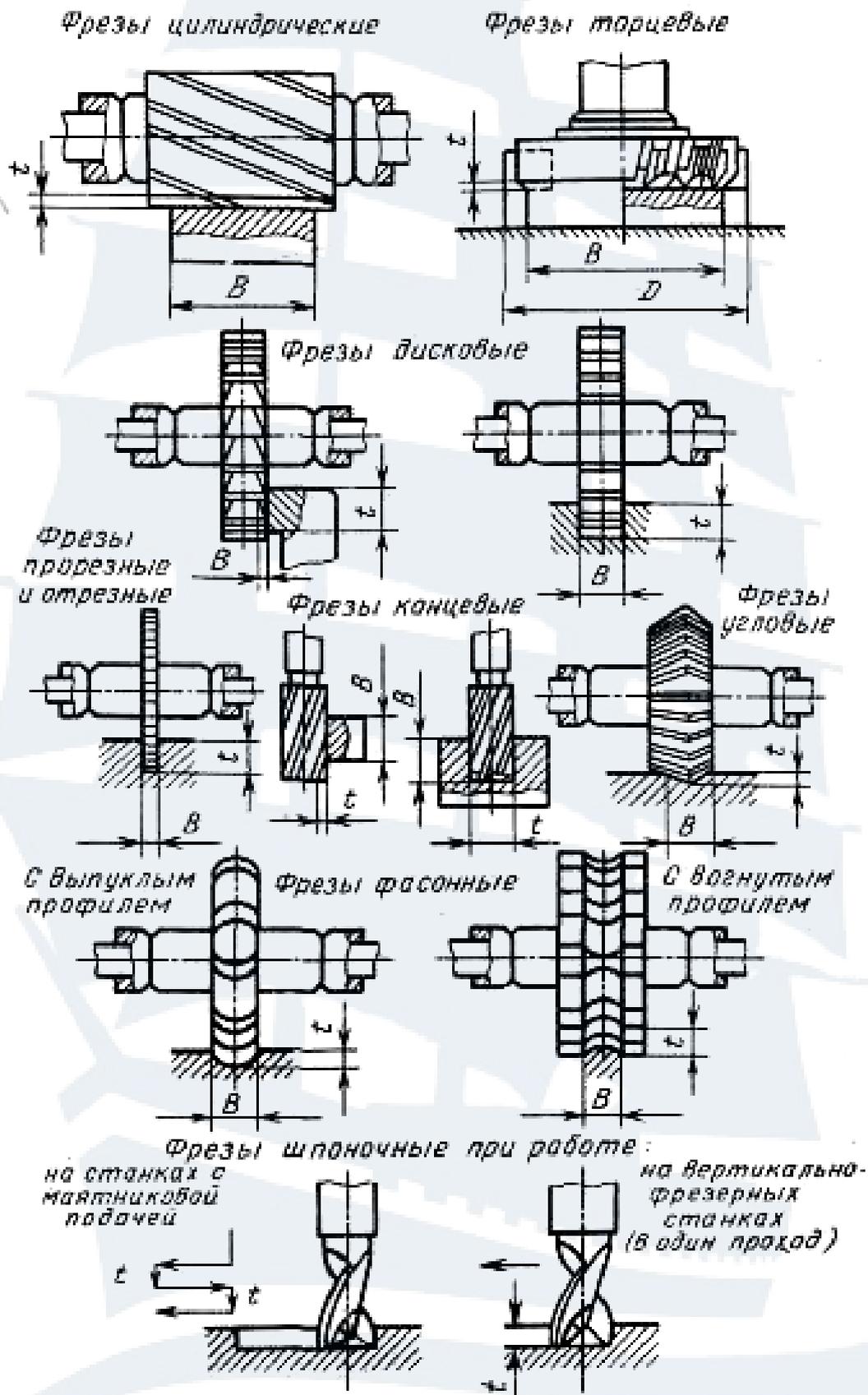


Рис. 3. Типы фрез

Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании; B измеряют в направлении, параллельном оси фрезы.

При торцовом фрезеровании эти понятия меняются местами.

При фрезеровании различают подачу на один зуб S_Z , подачу на один оборот фрезы S и подачу минутную S_M , мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$S_M = S \cdot n = S_Z \cdot n \cdot Z, \quad (17)$$

где n – частота вращения фрезы, об/мин;

Z – число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб – S_Z , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы s , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб $S_Z = s/Z$. Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приводятся в таблицах.

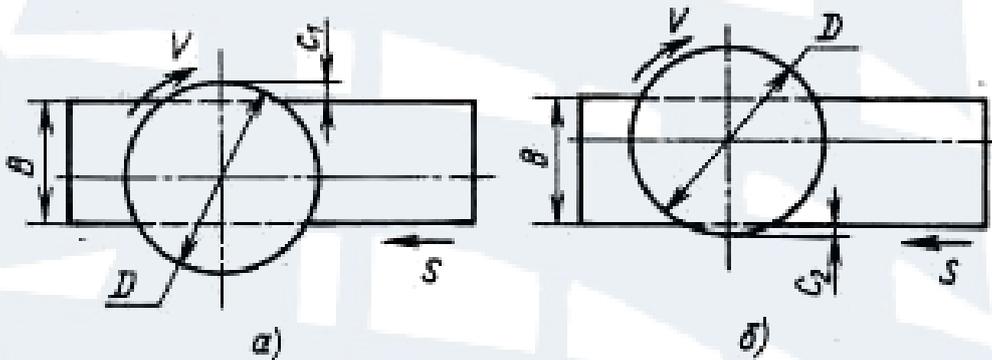


Рис. 4. Расположение стальной заготовки при торцовом фрезеровании относительно фрезы:
а – врезание зуба фрезы при $s_1 = (0,03 \dots 0,05)D$;
б – выход зуба фрезы при $s_2 = 0$

Скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин

$$V_P = \frac{C_V \cdot D_q}{T^M \cdot t^X \cdot S_Z^Y \cdot B^U \cdot Z^P} \cdot K_V, \quad (18)$$

где D_q – диаметр фрезы;

B – ширина фрезы;

Z – число зубьев фрезы.

Значения коэффициента C_V и показателей степени приводятся в таблицах.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (19)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала детали;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_3 – коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Основное время:

$$t_o = \frac{L}{n \cdot S_z \cdot Z} \cdot i = \frac{l_B + l_O + l_{II}}{n \cdot S_z \cdot Z} \cdot i, \text{ мин}, \quad (20)$$

где L – расчетная длина, мм,

l_B – длина врезания, мм;

l_O – длина обработки, мм;

l_{II} – длина прохода, мм;

i – количество проходов .

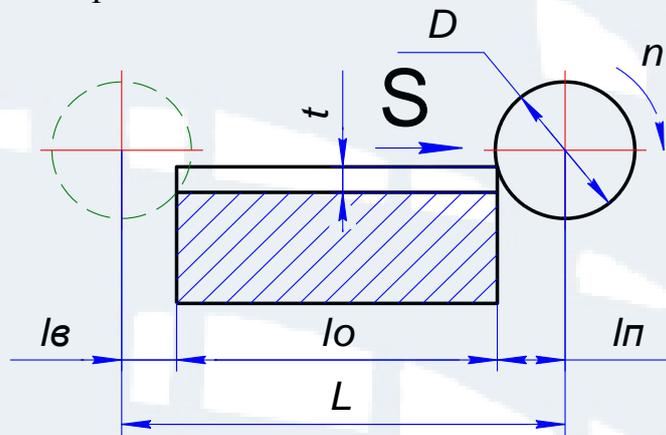


Рис. 5. Схема фрезерной обработки

Техническое нормирование сверильных работ

Схема резанья при сверлении показана на рис. 6.

При сверлении глубина резания $t = 0,5D$, при рассверливании, зенковании и развертывании $t = 0,5 (D - d)$.

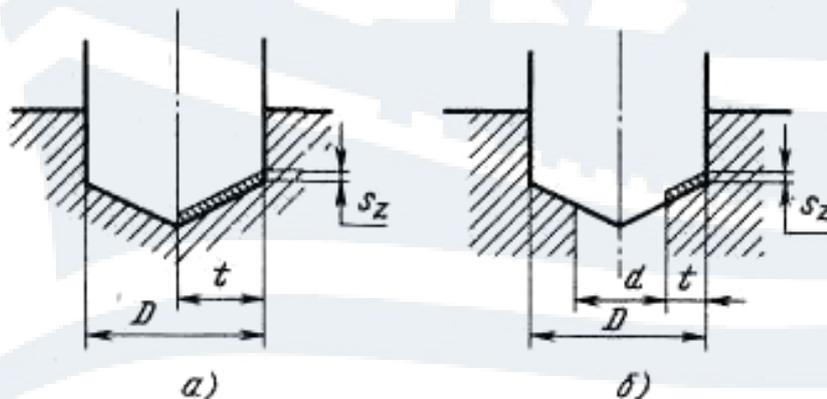


Рис. 6. Схема резания при сверлении

При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбирается максимально допустимую по прочности сверла подачу.

При рассверливании отверстий подача, рекомендованная для сверления, может быть увеличена до 2 раз. При наличии ограничивающих факторов подачи при сверлении и рассверливании равны.

Скорость резания, м/мин, при сверлении

$$V_P = \frac{C_V \cdot D_q}{T^M \cdot S^Y} \cdot K_V, \quad (21)$$

где D_q – диаметр сверла.

При рассверливании, зенкерования, развертывании:

$$V_P = \frac{C_V \cdot D_q}{T^M \cdot t^X \cdot S^Y} \cdot K_V. \quad (22)$$

Значения коэффициента C_V и показателей степени приводятся в таблицах.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_V = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (23)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий материал детали;

K_2 – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Основное время:

$$t_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{l_B + l_O + l_{II}}{n \cdot S}, \text{ мин}, \quad (24)$$

где L – расчетная длина, мм,

l_B – длина врезания, мм;

l_O – длина отверстия, мм;

l_{II} – длина прохода, мм.

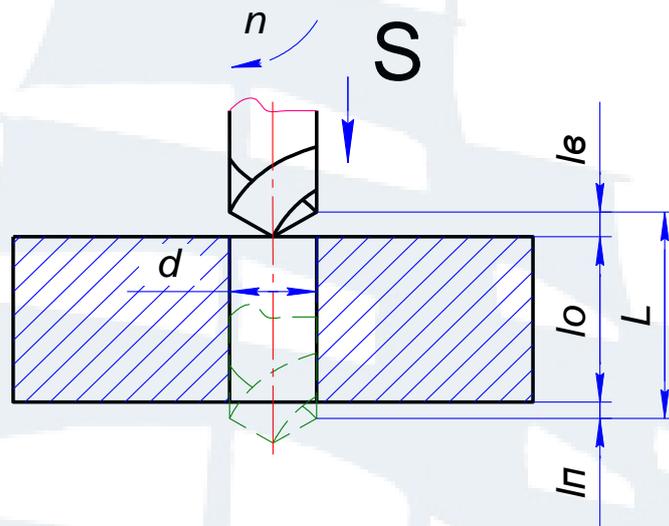


Рис.7. Схема сверления

После расчета режимов обработки окончательно оформляются операционные карты, маршрутная карта и карты эскизов.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ И ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ РГР

Чертеж заданной детали выполняется карандашом или с помощью компьютера на листе чертежной бумаги формата А4 по ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации (ЕСКД)(СТ СЭВ 1181-78). Если выполнить чертеж на данном формате невозможно или нежелательно (значительные размеры детали и невозможность уменьшения масштабов или нецелесообразность их увеличения), применяют другие чертежные форматы.

При выполнении рабочих чертежей длинных валов применяются горизонтально увеличенные форматы.

Оформление чертежа должно производиться с учетом последних рекомендаций ГОСТов, «Единой системы конструкторской документации».

Следует применять упрощенные изображения резьбовых, шлицевых, зубчатых и других поверхностей в соответствии с ГОСТами.

Чертеж заготовки выполняется на отдельном листе после расчета припусков на обработку в масштабе, принятом для детали.

В чертеже заготовки указываются все без исключения размеры, полученные в результате окончательного формирования заготовки.

На чертежах штампованных заготовок, кроме того, должны быть указаны:

- линии разъема штампов;
- штамповочные уклоны;

- шероховатость поверхности, с которой заготовка выходит из кузнечно-штамповочного цеха;
- технические требования к заготовке;
- термическая обработка и др.

Для деталей, непосредственно получаемых из сортового проката, заготовка изображается в виде отрезка, отделенного от прутка. На чертеже показывается ширина реза в соответствии с выбранным способом резки сортового проката. Внутри заготовки из проката вычерчивается основной контур обработанной детали.

В чертежах литых заготовок, кроме размеров с допускаемыми отклонениями, указываются: линии разъемов опок и пресс-форм; расположение самой заготовки в опоке или пресс-форме; шероховатость поверхности, с которой заготовка выходит из литейного цеха; припуски на механическую обработку.

Внутри чертежа заготовки необходимо изобразить основные контуры готовой детали для того, чтобы были видны припуски на обрабатываемых поверхностях.

Изображение контуров готовой детали следует выполнять в минимально необходимом количестве проекций, избегая вычерчивания мелких второстепенных элементов (фасок, мелких отверстий, не получаемых в отливке, и др.).

Особое внимание должно уделяться техническим требованиям к готовой детали и к заготовке. Эти требования должны быть изложены на свободном поле чертежа, обычно в правом верхнем углу, и содержать условия, которые, как правило, невозможно изобразить графически. Если чертеж готовой детали и заготовки выполнен на одном листе, требования к готовой детали и заготовке формулируются отдельно. В технических требованиях указываются:

- отклонения от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей;
- технологические указания и рекомендации по характеру обработки отдельных поверхностей;
- рекомендуемые методы контроля отдельных точностных параметров;
- указания относительно термообработки и твердости;
- указания относительно покрытий и консервации деталей;
- неуказанные на чертеже общие радиусы закруглений, штамповочные и литейные уклоны;
- допустимые поверхностные дефекты и др.

Технические требования подлежат тщательному изучению при технологическом контроле и анализе технологичности конструкции с точки зрения возможности и методов их выполнения, обоснованности этих требований, методов их контроля, правильности указания или изображения.

При выполнении графической части РГР особое внимание следует обращать на качественное графическое выполнение всех чертежей.

При выполнении чертежей соблюдение правил «Единой системы конструкторской документации» имеет исключительно важное значение не только в отношении чисто внешнего вида чертежей, но и совершенно определенной взаимосвязи между формой и содержанием любой работы. Аккуратно выполненные чертежи, как показывает практика, содержат значительно меньше ошибок, легче контролируются и читаются.

Общие рекомендации выполнения чертежей:

- видимые контуры вычерчиваемых деталей, эскизов, проекций и сечений должны быть выполнены четкими сплошными линиями толщиной 0,6... 1,5 мм; это придает чертежам выразительность;

- следует избегать густой штриховки в разрезах и сечениях. Расстояния между наклонными штриховыми линиями должны быть одинаковыми для всех разрезов детали и составлять 3...5 мм, иметь наклон в одну и ту же сторону, толщина линий штриховки – не более 0,3 мм;

- шероховатость обработанных поверхностей указывается знаками. Размеры всех знаков на поле чертежа должны быть одинаковыми, за исключением знака обработки, общего для ряда поверхностей, изображаемого в правом верхнем углу чертежа. Высота знаков должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота знака общей шероховатости должна быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем знаков, нанесенных на изображении;

- все надписи на чертежах должны выполняться чертежными шрифтами. Высоту цифр и букв следует принимать в зависимости от размеров самих изображений на проекциях, разрезах и сечениях. Размеры букв и цифр должны выбираться из ряда 7; 5; 3,5 мм.

- правильно должны быть указаны предельные отклонения размеров;

- особое внимание в связи с действием стандартов «Единой системы конструкторской документации» должно быть уделено правилам нанесения на чертежах технических требований.

Указанными замечаниями не исчерпываются все требования к оформлению графической части РГР. Приводятся они для того, чтобы заострить внимание студентов.

Пояснительная записка оформляется на стандартных листах бумаги формата А4 (210x297мм) с полями: 30 мм – левая сторона; 20 – сверху и снизу; не менее 10 – с правой стороны листа. Текст записки пишется на одной стороне листа или набирается на компьютере шрифтом № 14 Times New Roman (количество строк на странице не менее 42), интервал – полупетитовый.

Последовательность изложения материала должна соответствовать перечню вопросов, решаемых при выполнении расчетно-графической работы.

Пояснительная записка к РГР оформляется в соответствии с общими требованиями к текстовым документам.

Общее содержание пояснительной записки должно соответствовать формулировке «пояснительной», т. е. она должна состоять из расчетов, выполненных по РГР, с необходимыми обоснованиями и пояснениями по принятым решениям.

Пояснительный и описательный материал записки может касаться таких вопросов, как обоснование выбора метода получения заготовки, выбора варианта технологического процесса, анализ технологичности конструкции обрабатываемой детали и др.

Однако во всех случаях необходимо сделать выводы на основании сопоставления количественных показателей, т. е. свести рассуждения к расчетам, считая расчет главным элементом любого вопроса, поэтому пояснения к расчету должны быть по возможности краткими.

Иллюстрировать изложенный материал при необходимости можно фотографиями, графиками, схемами, поясняющими и облегчающими восприятие текста. Не допускается переписывание из учебников общих определений и формулировок. Записка отражает сущность проделанной работы, дает обоснование принятым решениям, содержит необходимые расчеты, результаты которых сводятся в таблицы или графики.

Пояснительная записка начинается титульным листом.

В записке помещается задание на расчетно-графическую работу, выданное студенту. Бланк задания – обязательный документ, на основании которого можно судить о правильности и полноте разработки вопросов, выполненных студентом.

В конце пояснительной записки указывается список используемой литературы по принятой форме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы технологии машиностроения: учебное пособие: [16+] / Х.М. Рахимьянов, Н.П. Гаар, А.Х. Рахимьянов и др.; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 142 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574927>

2. Основы технологии производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов: учебное пособие / сост. Н.И. Ющенко, А.С. Волчкова; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2015. – 331 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458199>

3. Фещенко, В.Н. Обеспечение качества продукции в машиностроении: учебник: [16+] / В.Н. Фещенко. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 789 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564257>

4. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения: учебник / Э.Р. Галимов, Е.П. Круглов, Н.Я. Галимова и др.; Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт. – Казань: Казанский федеральный университет (КФУ), 2016. – 266 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480129>

5. Ковшов А.Н. Технология машиностроения. – 2-е издание. – М.: Лада, 2008.

6. Маталин А.А. Технология машиностроения. – 2-е издание. – М.: Лада, 2008.

7. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В 2-х т. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение – 1, 2003. – 944 с.: ил.

8. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие положения. (ГОСТ 2.001-2013). Издание официальное. Издательство стандартов. – М., 2014.

9. Единая система технологической документации (ЕСТД). (ГОСТ 3.1001-2011). Издание официальное. Издательство стандартов. – М., 2012.

Форма задания на расчетно-графическую работу

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «КГТУ»

Институт	<i>Морской</i>
Направление подготовки	<i>23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»</i>
Кафедра	<i>«Организация перевозок»</i>

ЗАДАНИЕ

на выполнение расчетно-графической работы

Студенту _____
(фамилия, имя, отчество)

Тема РГР _____

Исходные данные к РГР _____

СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА (10–15 стр.):

- титульный лист;
- задание;
- содержание;
- введение.

1. Анализ технологичности конструкции детали

- 1.1. Назначение детали
- 1.2. Описание материала детали
- 1.3. Анализ технологичности конструкции детали

2. Выбор исходной заготовки

- 2.1. Определение типа производства
- 2.2. Определение вида и метода получения исходной заготовки
- 2.3. Определение общих припусков и размеров исходной заготовки

3. Разработка технологического маршрута обработки детали

- 3.1. Разработка плана обработки поверхностей детали
- 3.2. Выбор схем базирования заготовки
- 3.3. Формирование маршрута обработки заготовки

4. Разработка технологических операций

- 4.1. Выбор технологического оборудования
- 4.2. Выбор технологической оснастки
- 4.3. Выбор станочных приспособлений
- 4.4. Выбор режущего инструмента
- 4.5. Выбор вспомогательного инструмента
- 4.6. Выбор средств и методов контроля
- 4.7. Определение межпереходных припусков и размеров
- 4.8. Расчет и назначение режимов обработки

5. Нормирование технологических операций

– Список используемых источников

2. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ (4-6 листа формата А4):

- рабочие чертежи детали и заготовки;
- карты эскизов механической обработки детали.

Дата выдачи задания _____ г. Дата защиты работы _____.

Руководитель расчетно-графической работы _____ / _____.

Пример оформления титульного листа пояснительной записки

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «КГТУ»

Кафедра «Организация перевозок»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к расчетно-графической работе

на тему: _____

Руководитель _____

Студент _____

Группа _____ Направление подготовки _____

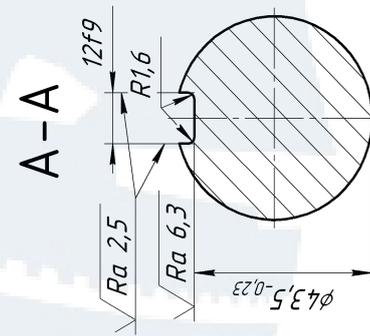
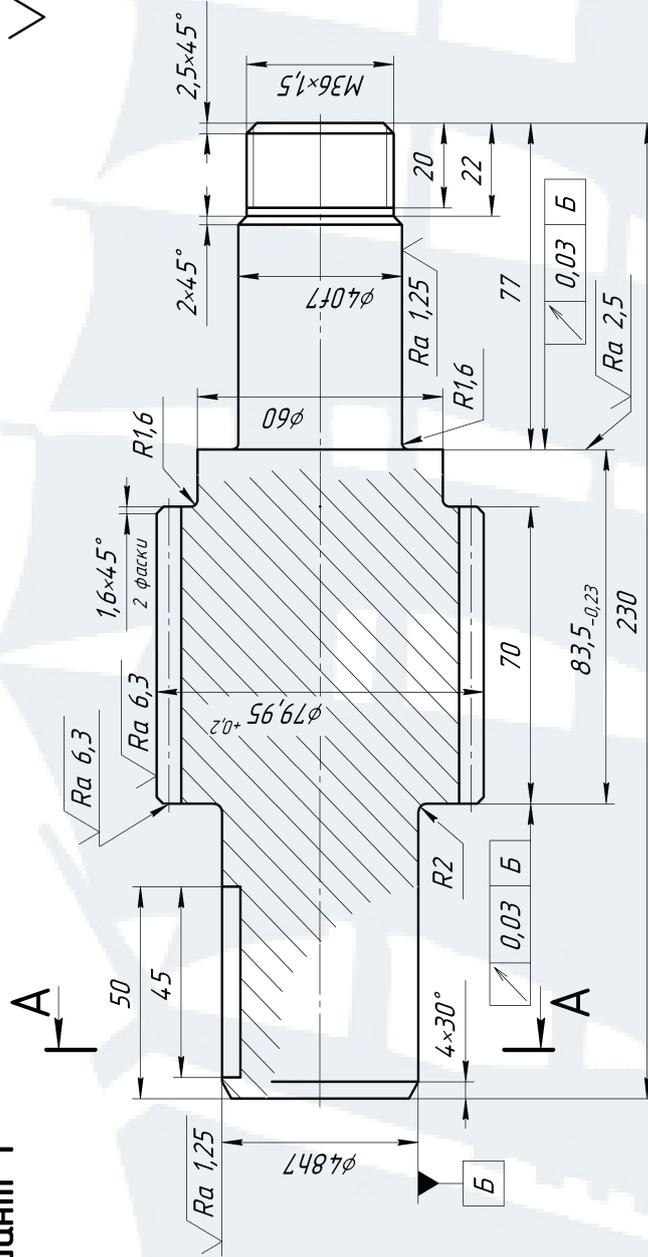
Калининград 202 _ г.

Перечень вариантов задания на РГР



Вариант 1

$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (\surd)

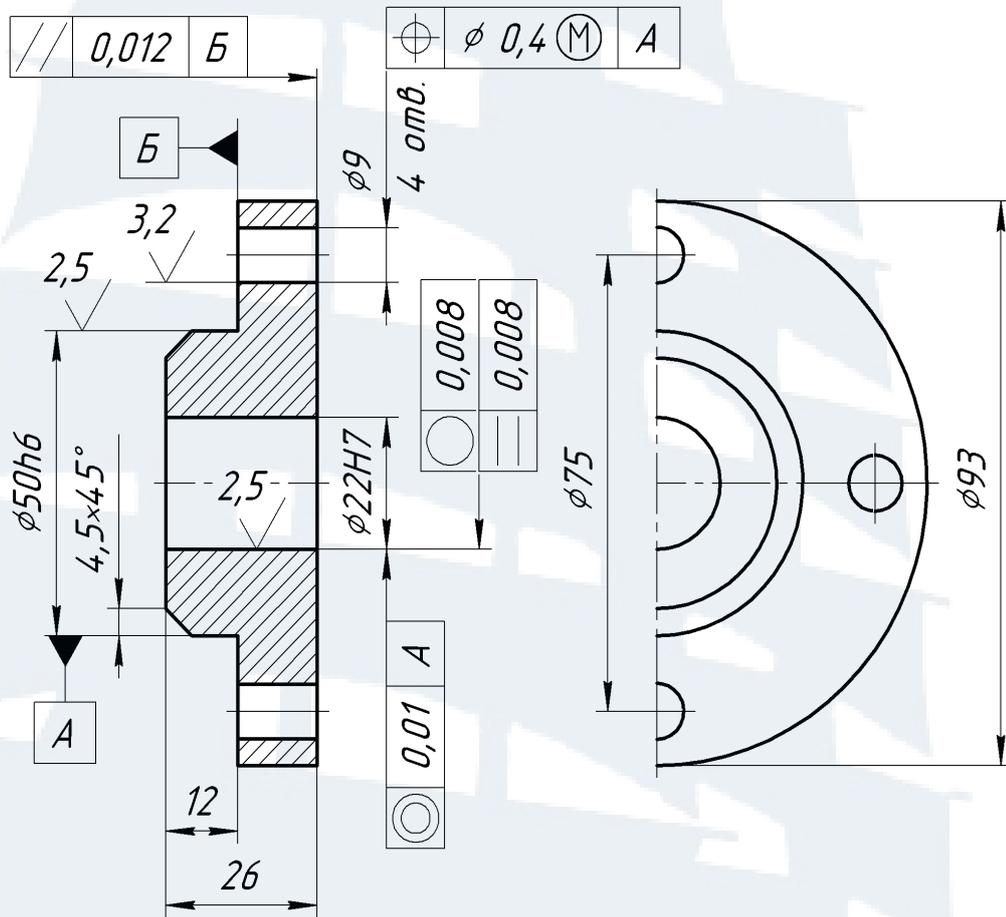


Модуль	m	3
Число зубьев	z	20
Степень точности	-	8-9
Высота зубьев	h	2,53
Диаметр основной	d	68,931

- 1 Цементировать h 10...14, кроме резьбы. HRC 60...64, сердцевина - HRC 32...46.
- 2 Острые кромки зубьев притупить фасками 1x45° с обоих торцов.
- 3 Неуказанные предельные отклонения ^{IT14} размер: валов h14, остальных ± 2 .

Деталь - вал-шестерня
 Материал - сталь 25ХГНМТ
 Масса - 6,3 кг

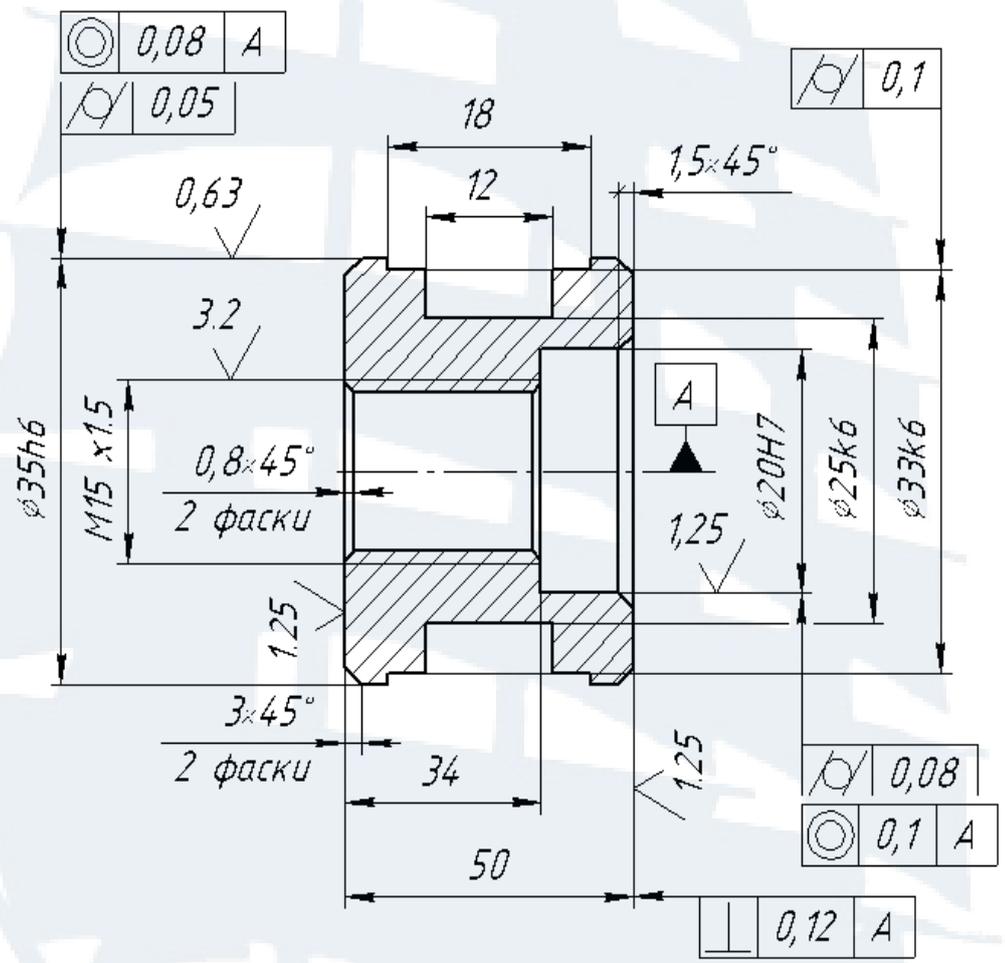
6.3
(✓)



Неуказанные предельные отклонения размеров:
отверстий - H10, валов - h10, остальных - ±IT10/2.

Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Литер.	Масса	Масшт.
						0,5	1:1
					Лист	Листов	
					СЧ 18 ГОСТ 14.12-85		
					Вариант 3		

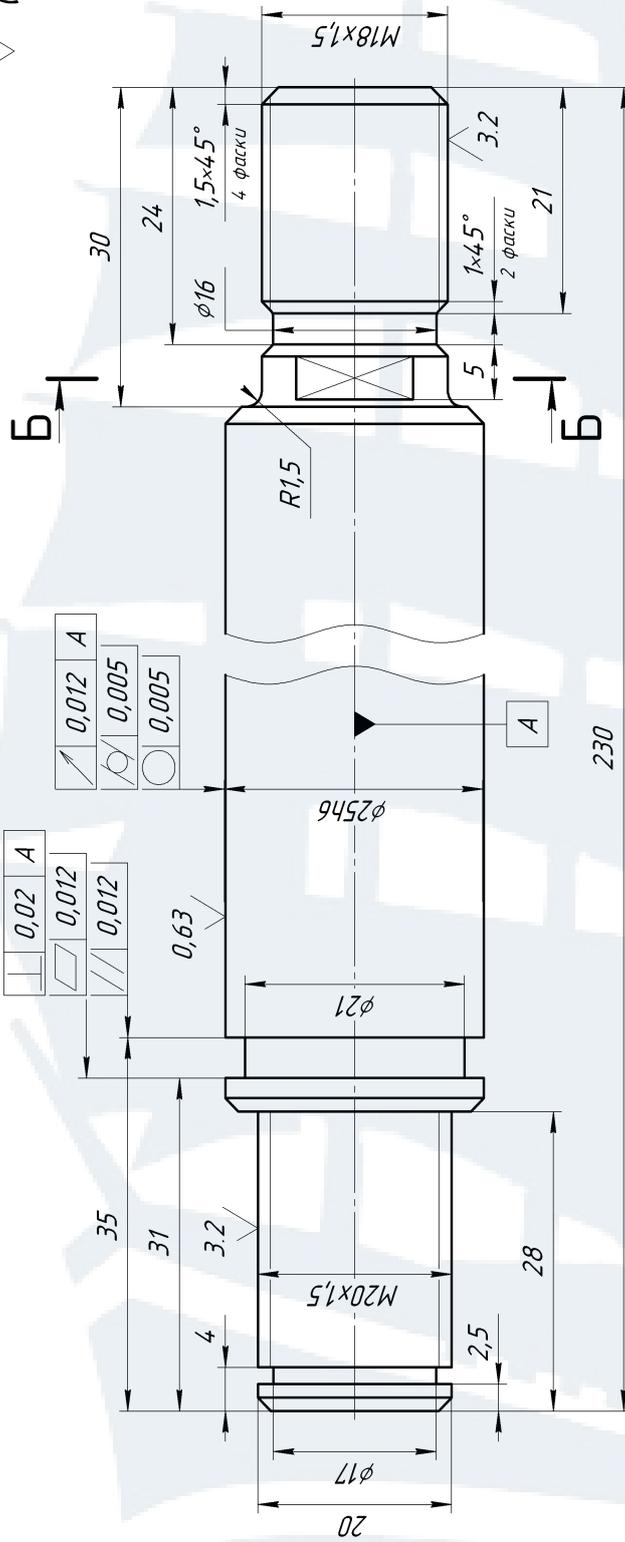
2.5
√ (√)



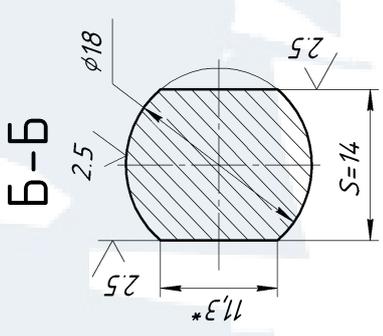
Неуказанные предельные отклонения размеров:
отверстий-H8, валов-h8, остальных-±IT8/2.

№	Лист	№ докум	Подп	Дата	Литер	Масса	Масшт
						0.04	2:1
					Лист	Листов	
					АК12 ГОСТ 1583-93		Вариант 4

6.3 (M)



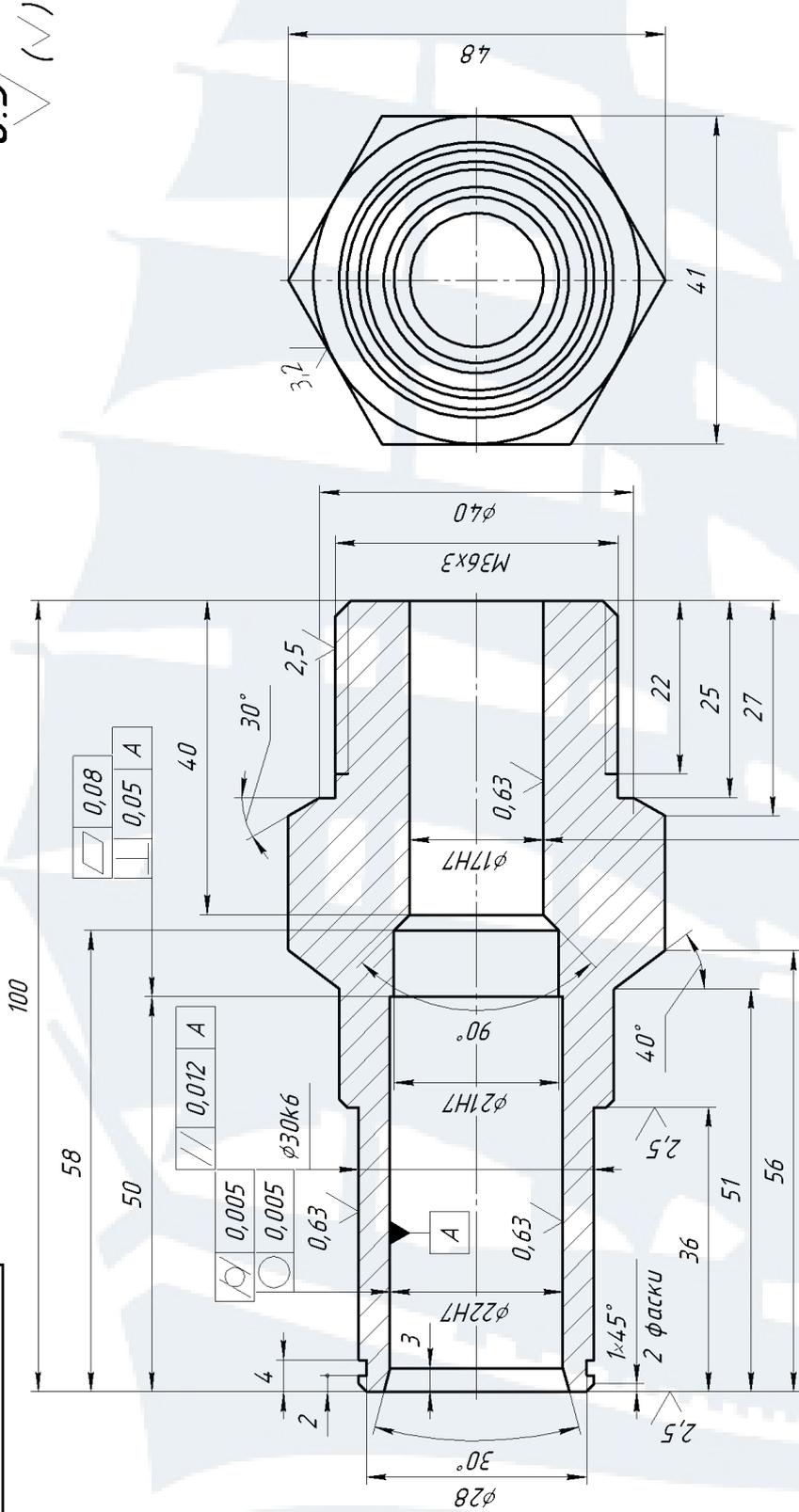
- 1 Твердость HRC 42...48, закалка ТВЧ
 - 2 Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий-H10, остальных-IT10/2.
- * - размер для справок



№ лист	№ докум	Подп.	Дата	Листов	Масса
				2,5	1:2.5
				Лист	Листов
				Вариант 5	
				Сталь 30ХГТ, ГОСТ 4543-71	
				Шток	

1.00.000 14.90.010.017.010.001

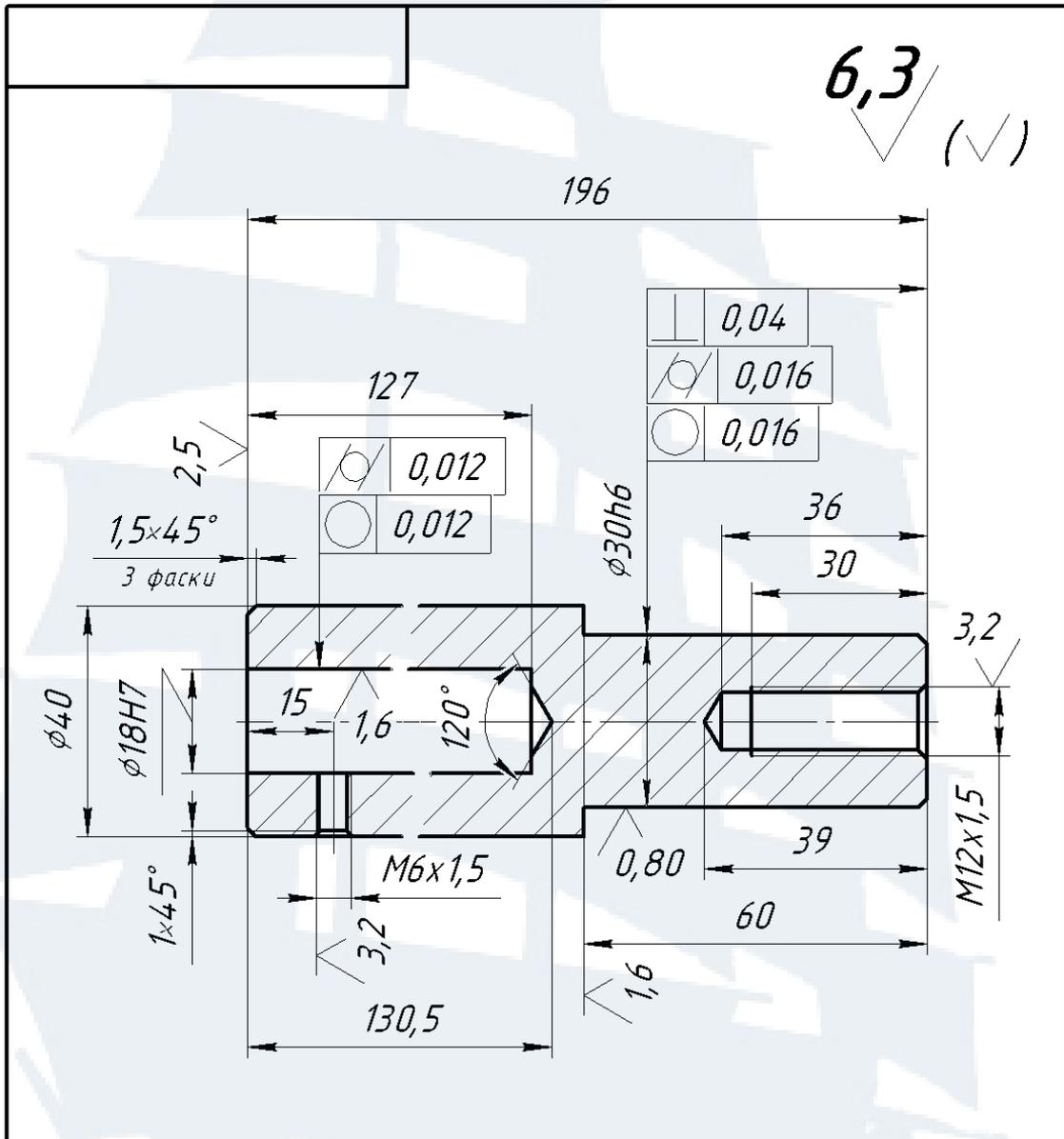
6.3 (M)



\sqrt{Rz}	0,005
\bigcirc	0,005
\bigcirc	0,012
\sqrt{Rz}	0,012

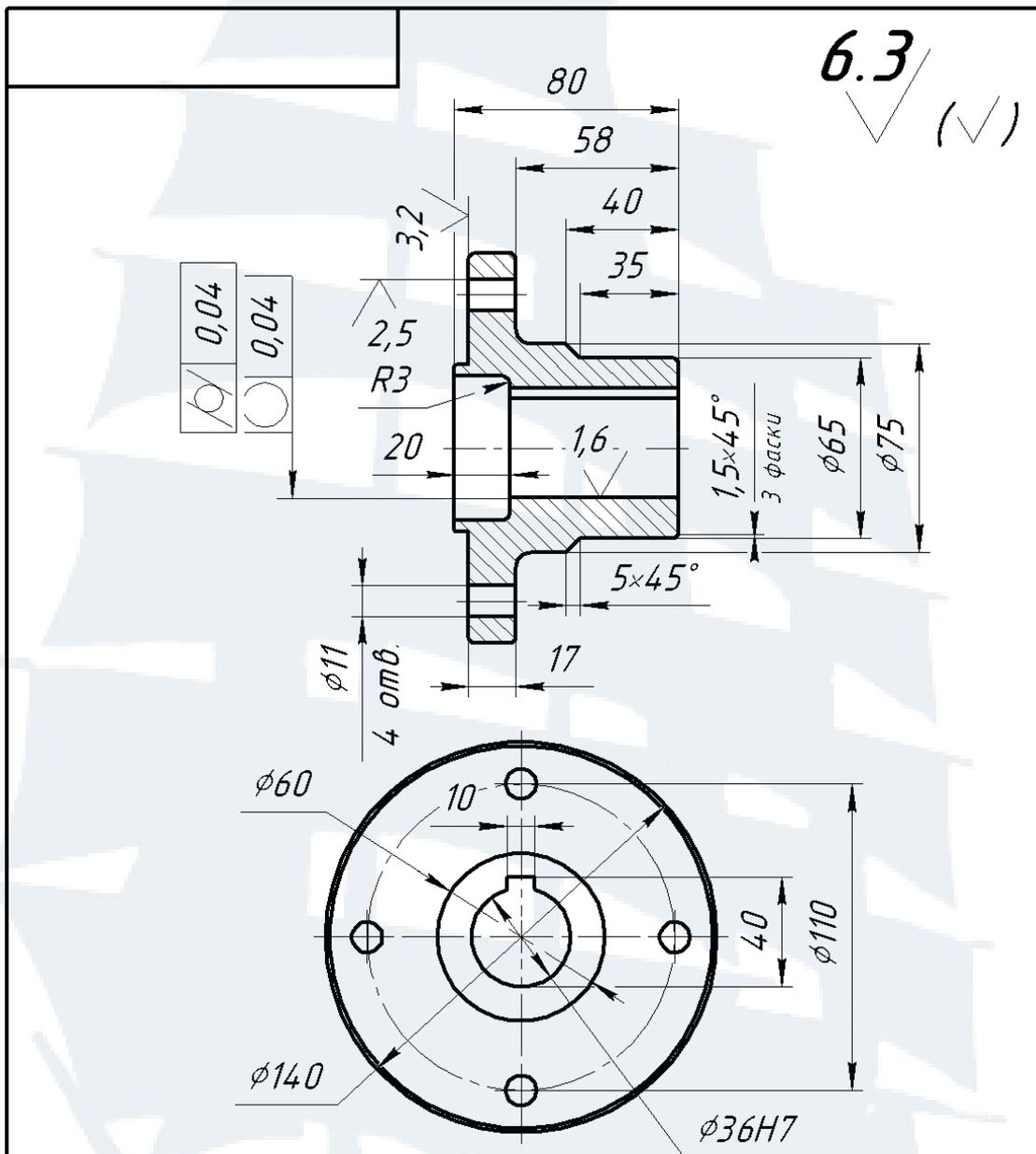
Штуцер	Лист	Листов	Вариант 6
	Масса	0,5	
Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-72			

Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий-H10, валов - h10, остальные $\pm IT10/2$.



Твердость 36...42 HRC.
 Неуказанные предельные отклонения размеров:
 отверстий-H9, валов-h9, остальных-±IT9/2.

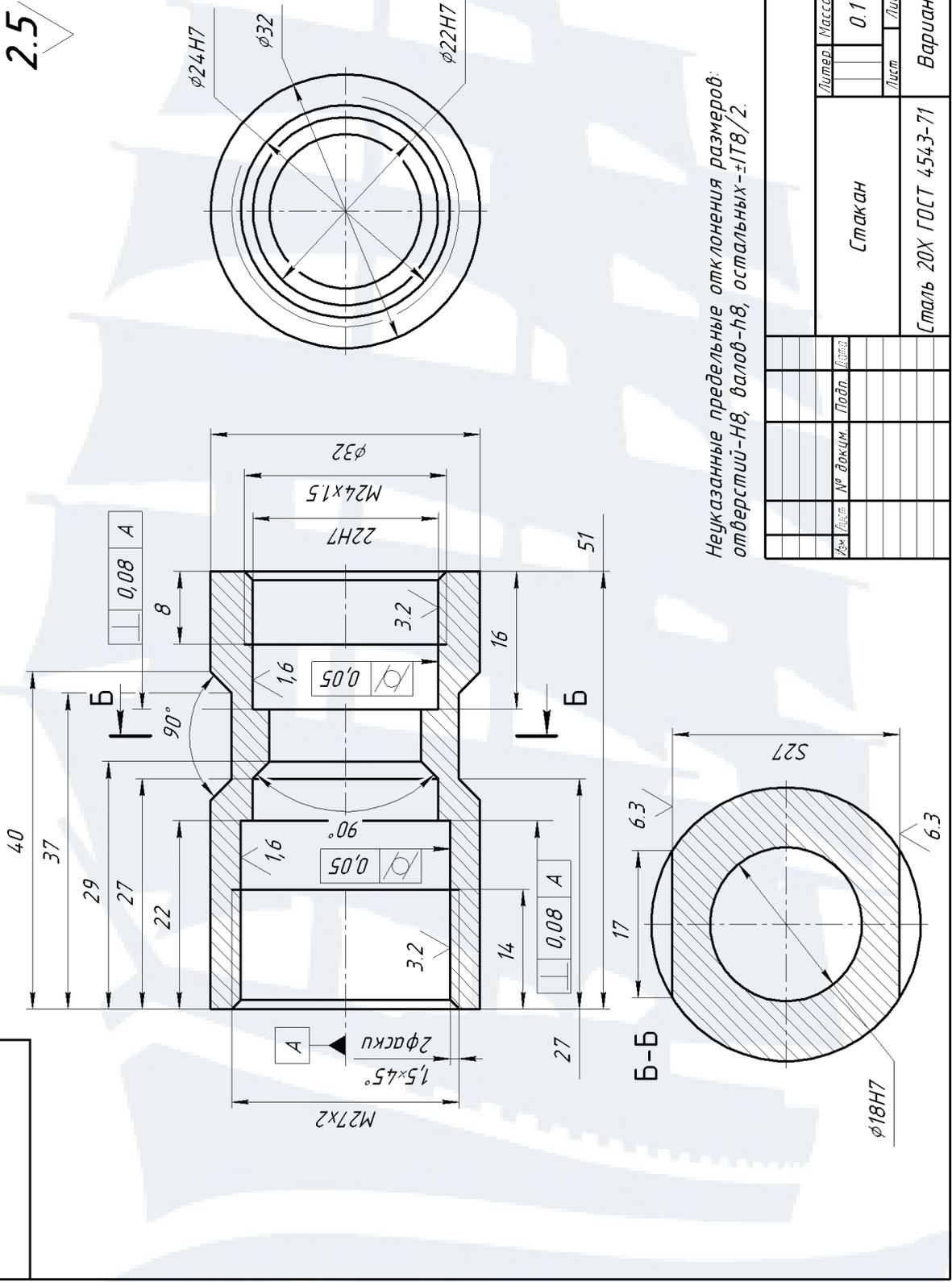
Изм.	Лист	№ док.цм.	Подп.	Дата	Литер.	Масса	Масшт.
						1,6	1:1
					Лист 1	Листов 1	
					Сталь 40 ГОСТ 1050-88		Вариант 7



Неуказанные предельные отклонения размеров:
отверстий-H10, остальных- $\pm IT10/2$.

						Литер.	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	№ докц.	Подп.	Дата	Полумуфта		2,96	1:2
						Лист	Листов	
					Сталь 20 ГОСТ 1050-88	Вариант 9		

2.5 (M)



Неуказанные предельные отклонения размеров:
отверстий-Н8, валов-н8, остальных-±IT8/2.

№ лист	№ докум	Подп	Листов	Стакан		Литер	Масса	Листов	Масштаб
							0,1	2,5:1	
Сталь 20Х ГОСТ 4543-71						Вариант 10			

Анна Андреевна Чечеткина

**ОСНОВЫ
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ
И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Учебно-методическое пособие
для студентов направления подготовки
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических
машин и комплексов»
всех форм обучения*

*Ведущий редактор М.Б. Апрянец
Младший редактор Г.В. Деркач*

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

*Компьютерное редактирование
О.В. Савина*

Печать офсетная.

*Подписано в печать 04.03.2022 г.
Усл. печ. л. 4,0. Уч.-изд. л. 5,0.*

Формат 60 x 90 1/16.

Заказ № 1753. Тираж 40 экз.

*Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:
<https://bgarf.ru/akademia/#biblioteka>*

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

*Издательство БГАРФ,
член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.*

БГАРФ