

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия



С.В. Ковалевский, С.Г. Онищук, Ю.Б. Борисенко

**Теоретические основы технологии
производства
деталей и сборки машин**

**Пособие к практическим занятиям
и курсовому проектированию**

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия

Ковалевский С.В., Онищук С.Г., Борисенко Ю.Б.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ МАШИН

**Пособие к практическим занятиям
и курсовому проектированию**

Переутверждено
на заседании ученого совета
факультета техники и менеджмента
протокол № 6-02/12 от 27.02.2012

Утверждено
на заседании ученого совета ДГМА
протокол № 1 от 24.09.2009

Краматорськ 2009

УДК 621.002

ББК 34.5

Рецензенты:

А.М. Михайлов, профессор, д.т.н., Донецкий национальный технический университет;

С.С. Самотугин, профессор, д.т.н., Приазовский государственный технический университет.

Посібник містить теоретичні і довідкові відомості, необхідні для проведення практичних занять по дисципліні «Технологія обробки типових деталей і складання машин». Наведені структура, об'єм курсової роботи, методика теоретичного аналізу технологічних варіантів виготовленні деталей, призначення операційних розмірів, остаточних припусків і допусків. Посібник призначений для студентів, що навчаються за фахом «Технологія машинобудування».

Ковалевский С.В., Онищук С.Г., Борисенко Ю.Б.

К56 Теоретические основы технологии производства деталей и сборки машин. Пособие к практическим занятиям и курсовому проектированию. - Краматорск: ДГМА, 2009. – 68 с.

ISBN

Пособие содержит теоретические и справочные сведения, необходимые для проведения практических занятий по дисциплине «Теоретические основы технологии обработки типовых деталей и сборки машин». Даны структура, объем курсовой работы, методика теоретического анализа технологических вариантов изготовления деталей, назначения операционных размеров, окончательных припусков и допусков. Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Технология машиностроения».

УДК 621.002

ББК 34.5

Содержание

Введение.	3
Раздел 1 Практические занятия	3
1.1 Практическое занятие № 1. Анализ технологичности изделий. Отработка конструкции детали на технологичность	3
1.2 Практическое занятие № 2. Обоснование выбора и разработка маршрута обработки деталей.	11
1.3 Практическое занятие № 3. Анализ точности и качества обра- ботки поверхностей, разработка планов обработки поверхностей. . .	14
1.4 Практическое занятие № 4. Анализ и разработка теоретических схем базирования	16
1.5 Практическое занятие № 7. Техническое нормирование в усло- виях серийного и мелкосерийного производства	18
Раздел 2 Курсовая работа	21
2.1 Цель и задачи курсовой работы	21
2.2 Структура и объём курсовой работы	21
2.3 Содержание и последовательность выполнения курсовой работы	21
2.3.1 Введение	22
2.3.2 Служебное назначение и описание конструкции детали	22
2.3.3 Отработка конструкции детали на технологичность	23
2.3.4 Анализ типа производства и его краткая характеристика	24
2.3.5 Выбор способа получения заготовки. Расчет минимальных операционных припусков. Назначение допусков по стандарту, оформление эскиза заготовки	25
2.3.6 Выбор технологических маршрутов обработки детали	26
2.3.7 Теоретический анализ технологических вариантов изготовле- ния детали. Назначения операционных размеров, окончательных припусков и допусков	26
2.3.7.1 Разработка размерной схемы технологического процесса и выявление технологических размерных цепей	27
2.3.7.2 Построение граф - схемы технологического процесса фор- мирования линейных размеров детали	28
2.3.7.3 Расчет технологических размерных цепей, определение операционных размеров, номинальных значений припусков, раз- меров заготовки, их предельных величин	28
2.3.8 Выбор оптимального технологического маршрута обработки детали	35
3 Пример выполнения курсовой работы	37
Список использованных источников	60
ПРИЛОЖЕНИЕ А Экономическая точность и шероховатость об- работки поверхностей	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Определение основного времени.	65

Введение

В пособии представлены теоретические и справочные материалы для проведения практических занятий, относящихся к модулю №1 дисциплины. Материалы для проведения практических занятий №5 «Определение припусков опытно-статистическим методом» и №6 «Определение припусков расчетно-аналитическим методом» представлены отдельными методическими указаниями. Курсовая работа является основной формой и методом приобретения будущими инженерами-механиками навыков технологических размерных расчетов и оптимизации принимаемых технологических решений.

Раздел 1 Практические занятия

1.1 Практические занятия №1. Анализ технологичности изделий. Отработка конструкции детали на технологичность

Цель занятия – формирование навыков уменьшения трудоемкости и уменьшения себестоимости изготовления детали в данных производственных условиях, без ущерба служебному назначению и функциональным характеристикам объекта изготовления.

Общие сведения

Обеспечение технологичности конструкции изделия – функция подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и монтаж вне предприятия-изготовителя, техническое обслуживание и ремонт изделия [2].

Основные термины и определения в области обеспечения технологичности конструкции изделия – по ГОСТ 14.205-83 (Таблица 1).

Таблица 1 – Технологичность конструкции изделия. Термины и определения

Термин	Определение
Технологичность конструкции изделия	Совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий

Продолжение таблицы 1

	выполнения работ
Обеспечение технологичности конструкции изделия	Функция подготовки производства, включающая комплекс взаимосвязанных мероприятий по управлению технологичностью и совершенствованию условий выполнения работ при производстве, техническом обслуживании и ремонте изделий
Отработка конструкции изделия на технологичность	Часть работ по обеспечению технологичности, направленная на достижение заданного уровня технологичности и выполняемая на всех этапах разработки изделия
Технологический контроль конструкторской документации	Контроль конструкторской документации, при котором проверяется соответствие конструкции изделия требованиям технологичности
Производственная технологичность конструкции изделия	Технологичность конструкции изделия при технологической подготовке производства, изготовлении, а также монтаже вне предприятия-изготовителя
Эксплуатационная технологичность конструкции изделия	Технологичность конструкции изделия при подготовке его к использованию по назначению, техническому обслуживанию, текущему ремонту и утилизации
Ремонтная технологичность конструкции изделия	Технологичность конструкции изделия при всех видах ремонта, кроме текущего
Показатель технологичности конструкции изделия	Количественная характеристика технологичности
Базовый показатель технологичности конструкции изделия	Показатель, принятый за исходный при оценке технологичности
Частный показатель технологичности конструкции изделия	Показатель технологичности, характеризующий одно из входящих в нее свойств
Комплексный показатель технологичности конструкции изделия	Показатель технологичности, характеризующий несколько частных или комплексных свойств, входящих в нее

Обеспечение технологичности конструкции изделия

Обеспечение технологичности конструкции изделия включает:

- обработку конструкции изделия на технологичность на всех стадиях разработки изделия, при технологической подготовке производства и, в обоснованных случаях, при изготовлении изделия;
- усовершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделий и фиксация принятых решений в технологической документации;
- количественную оценку технологичности конструкции изделия;
- технологический контроль конструкторской документации;
- подготовку и внесение изменений в конструкторскую документацию по результатам технологического контроля, обеспечивающих достижение базовых значений показателей технологичности.

Обработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать на основе достижения технологической рациональности и оптимальной конструктивной и технологической преемственности конструкции изделия решения следующих основных задач:

- снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и его монтаж вне предприятия-изготовителя;
- снижение трудоемкости, стоимости и длительности технического обслуживания и ремонта изделия;
- снижение наиважнейших составляющих общей материалоемкости изделия — расходы металла и топливно-энергетических ресурсов при изготовлении, монтаже вне предприятия-изготовителя, техническом обслуживании и ремонте.

Комплекс работ по снижению трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и его монтаже вне предприятия-изготовителя в общем случае включает:

- повышение серийности изделия и его составных частей при изготовлении (обработка, сборка, испытание) при помощи стандартизации, унификации и обеспечение конструктивного подобия, ограничения номенклатуры составных частей конструктивных элементов и использованных материалов;
- использование в разрабатываемых конструкциях освоенных в производстве конструктивных решений, соответствующих современным требованиям;
- применение высокопроизводительных и малоотходных технологических решений, основанных на типизации процессов и других прогрессивных формах их организации;
- применение высокопроизводительных стандартных средств технологического оснащения, обеспечивающих оптимальный уровень механизации и автоматизации труда в производстве;

- применение конструктивных решений, позволяющих понизить затраты на обеспечение: доступа к составным частям; установки и снятия составных частей изделия;
- применение конструктивных решений, обеспечивающих возможность транспортирования изделия в собранном виде или в виде законченных составных частей, не требующих при монтаже разборки для расконсервации, ревизии, а также операций по подгонке;
- использование конструктивных решений, облегчающих и упрощающих условия изготовления и монтажа вне предприятия-изготовителя для ограничения требований к квалификации изготовителей и монтажников.

Оценка технологичности конструкции детали

Оценку технологичности конструкции детали необходимо проводить в последовательности:

- расчет показателей технологичности конструкции;
- определение показателей уровня технологичности конструкции;
- разработка рекомендаций по улучшению показателей технологичности;
- обеспечение технологичности конструкции путем внесения изменений в конструкторскую документацию по ГОСТ 2.503-74, условия производства, эксплуатации и ремонта.

Оценка технологичности конструкции детали может быть двух видов:

- качественная;
- количественная.

Качественная оценка («хорошо — плохо», «допустимо — недопустимо» и т. д.) предшествует количественной оценке.

Количественная оценка характеризуется показателями технологичности.

Количественная оценка технологичности проектируемой конструкции детали проводится на усмотрение разработчика:

- при относительно высокой трудоемкости (себестоимости) детали, по сравнению с затратами в целом на сборочную единицу;
- для обоснования выбора оптимального варианта конструкции;
- для контроля качественной оценки;
- для накопления статистических данных о технологичности представителей конструкций разных классов деталей и дальнейшего использования этих данных при отработке на технологичность конструкций однотипных деталей.

Требования к технологичности конструкции детали.

Качественная оценка технологичности

Конструкция детали должна удовлетворять требованиям изготовления, эксплуатации и ремонта наиболее продуктивными и экономичными способами за заданных умов виробництва.

Конструкцию детали следует отрабатывать на технологичность комплексно, учитывая зависимость от:

- технологичности исходной заготовки детали;
- каждого вида обработки в технологическом процессе изготовления;
- технологичности сборочной единицы, в которую эта деталь входит как составная часть.

Технологичность конструкции начальной заготовки детали должна отвечать государственным (отраслевым) стандартам или техническим условиям, согласованным по ГОСТ 2.115-70.

Общие требования к технологичности конструкции детали:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные точность и шероховатость, т.е. экономически и конструктивно обоснованные;
- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны отвечать требованиям технологии изготовления (включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и др.), хранения и транспортирования;
- показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
- заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;
- метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;
- сочетание поверхностей деталей разных классов точности и чистоты должны отвечать используемым методам и средствам обработки;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

Количественная оценка технологичности

Технологичность конструкции изделия оценивают количественно с помощью системы показателей, которая включает:

- базовые (исходные) значения показателей технологичности, которые являются предельными нормативами технологичности, обязательными для выполнения при разработке изделия;
- значения показателей технологичности, достигнутые при разработке изделия;
- показатели уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия.

Базовые значения показателей технологичности указываются в техническом задании на разработку изделия, а по отдельным видам изделий, номенклатура которых устанавливается отраслями - в отраслевых стандартах.

Необходимость количественной оценки технологичности конструкции изделий, а также номенклатура показателей и методика их определения устанавливаются в зависимости от вида изделий, типа производства и стадии разработки конструкторской документации отраслевыми стандартами или стандартами предприятия.

Количество показателей должна быть минимальной, но достаточным для оценки технологичности.

При оценке технологичности заготовки применяется коэффициент использования материала – отношение массы детали $M_{дет}$ к массе заготовки $M_{заг}$:

$$K_{и.м} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}}.$$

Уровень технологичности конструкции детали по точности обработки

$$K_{тч} = \frac{K_{тч.б}}{K_{тч.д}},$$

где $K_{тч.б}$, $K_{тч.д}$ – базовый и достигнутый коэффициенты точности обработки соответственно.

Коэффициент точности обработки детали определяется по формуле:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_{ср}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T n_i},$$

где $T_{ср}$ – средний квалитет точности обработки детали:

$$T_{ср} = \frac{\sum T n_i}{\sum n_i};$$

n_i – количество размеров соответствующего квалитета точности;

$T \equiv IT$ – квалитет точности обработки.

Уровень технологичности конструкции детали по шероховатости поверхности

$$K_{ш} = \frac{K_{ш.б.}}{K_{ш.д.}},$$

где $K_{ш.б.}$, $K_{ш.д.}$ – базовый и достигнутый коэффициенты шероховатости поверхности соответственно.

Коэффициент шероховатости поверхности

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{ср}} = 1 - \frac{\sum k_i}{\sum Ш k_i},$$

где $Ш_{ср}$ – среднее числовое значение параметра шероховатости:

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш k_i}{\sum k_i};$$

k_i – количество поверхностей с соответствующим числовым значением параметра шероховатости;

$Ш \equiv Ra$ – числовое значение параметра шероховатости по ДСТУ 2413-94.

Порядок выполнения работы

- 1 Получить индивидуальное задание у преподавателя.
- 2 Изучить термины и определения технологичности конструкций.
- 3 Выполнить описание конструкции детали и качественный анализ технологичности конструкции детали.
- 4 Выполнить количественный анализ технологичности конструкции детали.
- 5 Выполнить анализ полученных показателей; сформировать рекомендации по повышению технологичности; выводы по практической работе.

Задание на самостоятельную работу

Самостоятельная работа выполняется по чертежу детали, который выдается в начале учебного триместра. В самостоятельной работе необходимо выполнить описание назначения и описание детали, вариантный выбор заготовки (по стандарту). По детали выполняется качественный и количественный анализ технологичности с расчетом основных показателей ($K_{и.м.}$, K_T , $K_{ш}$), формируются выводы о технологичности данной детали.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение технологичности конструкции изделия и видах технологичности.
- 2 Как осуществляется обеспечение технологичности конструкции изделия?
- 3 Как осуществляется качественная оценка технологичности конструкции детали?
- 4 Как осуществляется количественная оценка технологичности конструкции детали?

1.2 Практическое занятие № 2. Обоснование выбора и разработка маршрута обработки деталей

Цель занятия – формирование навыков по определению последовательности операций механической обработки, выбора оборудования и инструмента технологических операций; формирование маршрута обработки на основе анализа разных вариантов серийности производства.

Общие сведения

Стадия обработки - это часть технологического процесса, которая включает однородную за характером и точностью обработку различных поверхностей и детали в целом. При механической обработке такими стадиями является черновая, чистовая, тонкая и отделочная.

Целесообразность деления технологического процесса на стадии обработки обуславливается необходимостью получения деталей заданной точности и рационального использования оборудования, поскольку это связано с количеством и содержанием операций технологического процесса. На каждой стадии выполняют операции, которые обеспечивают приблизительно одинаковую точность обработки. Таким образом, на первых стадиях совмещают окончательную обработку неточных поверхностей и предварительную обработку точных поверхностей, а окончательную обработку точных поверхностей (тонкую и отделочную) проводят в конце технологического процесса. Такое деление процесса по стадиям позволяет выделить технологические комплексы поверхностей, которые следует обрабатывать совместно с использованием принципа единства баз, т.е. с одной установки. В такие комплексы обычно включают поверхности, связанные допусками на взаимное положение (относительные повороты, соосность, координатные размеры). Рационально также создавать технологические комплексы по экономическому принципу, добиваясь сокращения оперативного времени за счет последовательной и параллельной концентрации операций.

Предварительное содержание операций устанавливают объединением тех переходов на данной стадии обработки, которые могут

быть выполнены на одном станке. На этом этапе проектирования устанавливают тип, размеры и модели оборудования для выполнения основных операций технологического процесса в зависимости от типа, габаритных размеров детали и заданного масштаба выпуска. При выборе оборудования обычно ориентируются для единичного производства на универсальные станки, для серийного - на универсальные станки, станки с ЧПУ и полуавтоматы, для крупносерийного и массового - на полуавтоматы, автоматы и автоматические линии.

При определении операций изготовления детали необходимо учитывать следующее.

Вспомогательные поверхности (мелкие отверстия, фаски, галтели и др.) по обыкновению обрабатывают на чистовой стадии. В самостоятельные операции выделяют обработку зубьев, шлицев, групп отверстий или пазов.

Операции механической обработки связывают с операциями термической и химико-термической обработок. Промежуточная термическая обработка при необходимости применяется после черновой стадии и заключается в нормализации стальных деталей для улучшения их обрабатываемости на чистовых операциях, а также для старения отливок с целью снятия остаточных напряжений в металле заготовки.

Окончательную термическую обработку выполняют в виде объемной или поверхностной закалки. Если окончательная термическая обработка заключается в объемной закалке детали до твердости выше HRC₄₀, то эту операцию выполняют после чистовой обработки до шлифования. При необходимости цементации с дальнейшей закалкой отдельных поверхностей детали применяют защитное обмеднение тех поверхностей, которые не подлежат цементации или оставляют на них припуск, который снимают при дополнительной обработке после цементации, но до закалки.

В маршрутный технологический процесс включают второстепенные операции (обработку крепежных отверстий, слесарные операции, промывку и т.п.), а также определяют место контрольных операций.

После определения операций изготовления детали необходимо сформулировать наименование и содержание операций. Наименование операции определяется методом обработки и типом оборудования, принятым для его выполнения. Содержание операции соответственно ГОСТ 3.1702-79 записывается в сокращенной форме: «подрезать торец», «точить фаску», «сверлить отверстие» и т.д.

На основании выбранного плана обработки формируется технологический маршрут изготовления детали, что является последовательностью выполнения технологических операций (или уточнения последовательности за типовым или групповым признаком). При определении последовательности выполнения операций в технологическом маршруте необходимо вместе с вышеизложенными рекомендациями дополнительно руководство-

ваться следующими положениями построения технологических маршрутов изготовления детали.

1 Технологический процесс целесообразно начинать с операций черновой обработки поверхностей, которые имеют наибольшие припуски. При этом в первую очередь снимается припуск с тех поверхностей, на которых возможны литейные раковины, трещины и другие дефекты.

2 Дальнейший маршрут строится по принципу обработки сначала грубых и потом точных поверхностей; наиболее точные поверхности обрабатываются последними.

3 В конце маршрута выполняются второстепенные операции (сверление мелких отверстий, нарезание крепежных резьб, прорезка пазов, снятие фасок заусенец).

4 Наиболее легко повреждаемые поверхности (наружные резьбы, особенно точные шлифованные поверхности) обрабатываются в завершающей стадии технологического процесса.

5 Если деталь подвергается термической обработке, технологический маршрут механической обработки расчленяется на две части: до термической обработки и после нее — с целью предусмотрения в нем операций правки или повторной обработки отдельных поверхностей для обеспечения заданной точности и шероховатости.

6 В случае необходимости в технологическом маршруте должны быть предусмотрены отделочно-зачистные операции.

Порядок выполнения работы

- 1 Получить индивидуальное задание у преподавателя.
- 2 Сформировать последовательность операций механической обработки.
- 3 Выбрать оборудование, технологическое оснащение, режущий и измерительный инструменты.
- 4 По каждой технологической операции определить базовые поверхности, оценить погрешности базирования и их приемлемость по выполняемым размерам.

Задание на самостоятельную работу

Самостоятельная работа выполняется по индивидуальному чертежу детали, который выдается в начале учебного триместра. В самостоятельной работе необходимо разработать технологический маршрут обработки, выбрать оборудование (с анализом его технологических возможностей), техоснастку, режущий инструмент. Указать базы детали, определить погрешность базирования по каждой из операций маршрута. Выполнить анализ погрешностей базирования и сделать выводы о возможности применения принятых схем базирования детали.

Контрольные вопросы

- 1 Типовые маршруты обработки деталей.
- 2 Назовите основные принципы базирования деталей.
- 3 Укажите технологические возможности металлорежущих станков для разрабатываемого маршрута.
- 4 Как формируются параметры точности и качества обрабатываемых поверхностей детали для разрабатываемого маршрута?
- 5 Как возникают погрешности формы поверхности детали для разрабатываемого маршрута?

1.3 Практическое занятие № 3. Анализ точности и качества обработки поверхностей, разработка планов обработки поверхностей

Цель занятия – формирование навыков анализа точности и качества обработки поверхностей, разработки планов обработки поверхностей заданной детали.

Общие сведения

Каждая деталь может быть представлена в виде объединения элементарных поверхностей, таких как плоскость, цилиндр, конус, тор, а также более сложных фигурных поверхностей, например: винтовых, шлицевых, зубчатых и др. В результате многолетней практики установлены наиболее рациональные способы механической обработки для каждой элементарной поверхности. На выбор того или другого способа влияют конфигурация, габаритные размеры, материал и масса детали, объем выпуска, принятый тип и форма организации производства, характеристики оборудования и оснащения, имеющихся в распоряжении, и др. К главным факторам, которые определяют выбор способа обработки, относят также его точность, производительность и рентабельность.

Например, плоскую поверхность небольшой площади на детали из чугуна можно получить цилиндрическим (встречным и попутным) и торцевым фрезерованием, строганием, точением и протягиванием, плоским (периферийным или торцевым) и ленточным шлифованием; шабрением и т.д. Качество поверхности будет приблизительно одинаковым.

Выбор способа обработки тесно связан и со стадией (этапами) технологического процесса изготовления детали. Обдирочная, предварительная (черновая), промежуточная (чистовая) и окончательная (отделочная, тонкая) обработка одной и той же поверхности чаще выполняется разными способами, например, черновое и чистовое зенкерование отверстия, а потом его развертывание или шлифование (после закалки детали). На практике при разработке технологических процессов изготовления конкретных

деталей, при выборе способов обработки, кроме изложенных соображений, руководствуются рекомендациями по средней экономической точности различных способов обработки, представленными в приложении А.

По чертежу детали выбирается три основных поверхности: две цилиндрические, являющиеся конструкторскими базами и поверхности, которые формируют линейный размер (размер, определяющий положение торцов детали). Для принятых размеров (поверхностей) разрабатываются планы обработки.

План обработки включает перечень состояний данной поверхности, начиная с исходной заготовки, полного перечня этапов механической обработки в порядке их выполнения в операциях технологического процесса. Последний этап плана обработки поверхности должен обеспечивать формирование показателей точности и качества, предусмотренных чертежом детали.

В плане обработки по каждому этапу формирования поверхности, включая заготовку, необходимо указать величины операционных шероховатостей (R_a , R_z) и достигаемых квалитетов точности ($\pm IT/2$, H , h). При назначении операционных допусков и шероховатостей необходимо руководствоваться таблицами экономической точности, представленными в приложении А.

Порядок выполнения работы

- 1 Получить индивидуальное задание у преподавателя.
- 2 Изучить рекомендации по разработке маршрута обработки поверхностей (цилиндрической наружной и внутренней; плоской) с учетом экономической точности, шероховатости поверхности.
- 3 Разработать план обработки поверхностей соответственно индивидуальной задаче.

Задача на самостоятельную работу

Самостоятельная работа выполняется по индивидуальному чертежу детали, которая выдается в начале учебного триместра. В самостоятельной работе необходимо разработать план обработки поверхности с учетом достижимой точности и шероховатости поверхности.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение точности обработки.
- 2 Дайте определение экономической точности обработки.
- 3 Дайте определение шероховатости поверхности.

1.4 Практическое занятие № 4. Анализ и разработка теоретических схем базирования

Цель занятия – формирование навыков разработки теоретических схем базирования деталей машин (вала, фланца, корпусной детали, рычага).

Общие сведения

Базирование – придание заготовке или изделию необходимого положения относительно выбранной системы координат [1].

База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Опорная точка – точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат.

Создание шести опорных точек при базировании заготовки или изделия называется *правилом шести точек*.

Комплект баз – совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки или изделия.

Схема базирования – схема расположения опорных точек на базах.

Классификация баз по назначению.

Конструкторская база – база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

Основная база – конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии.

Вспомогательная база – конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения присоединяемого к ним изделия.

Технологічна база – база, используемая для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте.

Измерительная база – база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

Классификация баз по лишаемым степеням свободы.

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

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

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

Двойная направляющая база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их четырех степеней свободы, –

перемещения вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

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

Классификация баз по способу их проявления.

Скрытая база – база заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

Явная база – база заготовки или изделия в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

Назначение технологических баз.

В основе методики выбора технологических баз лежат два принципа: совмещения (единства) и постоянства баз.

Принцип совмещения баз заключается в том, что при назначении технологических баз для формообразования отдельных поверхностей или сборки в качестве технологических баз следует принимать поверхности, оси или точки, которые одновременно являются конструкторскими и измерительными базами.

Принцип постоянства баз заключается в том, что при разработке и реализации технологических процессов необходимо стремиться к использованию одного и того же комплекта технологических баз на всех операциях изготовления изделия, не допуская смены технологических баз.

Погрешность базирования возникает при несовмещении технологической и измерительной баз.

Порядок выполнения работы

- 1 Получить индивидуальное задание у преподавателя.
- 2 Разработать теоретическую схему базирования детали. Результаты представить в виде таблицы 2.
- 3 Выполнить анализ схем базирования и определить погрешности базирования на основные операции технологического маршрута.
- 4 Разработать методы снижения погрешности базирования.

Задание на самостоятельную работу

Самостоятельная работа выполняется по индивидуальному чертежу детали, которая выдается в начале учебного триместра. В самостоятельной работе необходимо разработать теоретические схемы базирования для всех операций технологического маршрута.

Контрольные вопросы

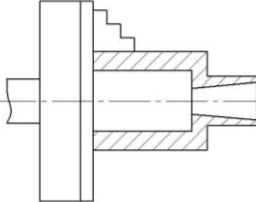
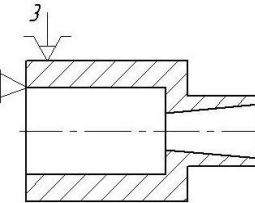
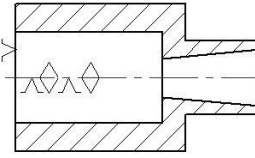
- 1 Дайте определение конструкторской, технологической и измерительной баз.
- 2 Как классифицируются базы по лишаемым степеням свободы?

3 Какие принципы используются при назначении технологических баз? Дайте их определения.

4 Дайте определение погрешности базирования.

5 Укажите методы снижения погрешности базирования.

Таблица 2 – Базы и приспособления (пример заполнения)

Но- мер опе- ра- ции	Наиме- нование приспо- собления	Конструкция	Условно (по ГОСТ 3.1107- 81)	Теоретически
015 То- кар- но- вин- торез- ная	Патрон трехкулач- ковый са- моцентриру- ющий			

1.5 Практическое занятие № 7. Техническое нормирование в условиях серийного и мелкосерийного производства

Цель занятия – формирование навыков технического нормирования операций. Изучение структуры штучно-калькуляционного времени и его составляющих.

Общие сведения

Технической нормой времени является время, устанавливаемое для выполнения определенной работы (операции) исходя из применения прогрессивных методов труда, полного использования производственных возможностей (оборудования, площадей) и учета передового опыта новаторов производства.

На основании нормы времени определяют норму выработки, т.е. количество продукции в штуках, тоннах и т.п., которое необходимо произвести в единицу времени (час, смену).

В техническую норму времени не должны включаться те элементы ручной работы, которые могут быть выполнены во время работы станка, т.е. могут быть перекрыты машинным временем.

Перед нормированием технологических операций необходимо определить режимы резания.

Порядок выбора режимов резания приводится ниже.

1 Уточняется марка инструментального материала [3].

2 В соответствии с установленным припуском на данный переход, жесткостью детали и условиями резания назначается глубина резания t мм и число ходов i .

Следует назначать максимальную глубину резания при обеспечении заданной точности на операцию. В ряде случаев (при обдирке, черновой обработке или нежесткой детали) снятие припуска осуществляется за два или несколько рабочих ходов.

3 Учитывая шероховатость обработанной поверхности детали, выбирается при помощи справочных таблиц величина подачи S , мм/об (мм/зуб).

Следует отметить, что при обдирке и черновой обработке факторами при выборе подачи является жесткость и прочность технологической системы и мощность станка.

4 По установленным величинам t и S для данного материала детали режущего инструмента и принятой величины стойкости резца T с учетом поправочных коэффициентов по справочнику режимов резания определяется скорость резания V .

5 По найденной скорости резания V рассчитываются частота вращения шпинделя n , а потом по паспорту станка подбираются ближайшая подача и частота вращения.

6 По выбранной частоте вращения рассчитывается действительная скорость резания.

7 Для наиболее нагруженного перехода проверяется соответствие принятого режима резания (t , S , V) мощности электродвигателя станка [4, 5]. Мощность электродвигателя станка должна быть на 10 – 20% больше потребной мощности.

После назначения режимов обработки для разрабатываемых операций технологического процесса необходимо рассчитать штучное время на каждую операцию по формуле

$$t_{шт} = t_o + t_{\epsilon} + t_{тех.об} + t_{орг.об} + t_{отд},$$

где t_o – основное время, мин.;

t_{ϵ} – вспомогательное время, мин.;

$t_{тех.об}$ – время на техническое обслуживание рабочего места, мин.;

$t_{орг.об}$ – время на организационное обслуживание рабочего места, мин.;

$t_{отд}$ – время на отдых, мин.

Для упрощения подсчета нормы штучного времени применяют следующую формулу:

$$t_{шт} = (t_o + t_{\epsilon}) \cdot \left(1 + \frac{x}{100}\right),$$

где x – суммарное число процентов для всех видов затрат на обслуживание и отдых, $x \approx 6...12\%$.

Величина основного времени рассчитывается для каждого перехода по соответствующим формулам данного вида обработки, представленных в приложении Б. Величина вспомогательного времени устанавливается также для каждого перехода путем суммирования нормативных затрат времени по всем элементам операции или принимается укрупненно на операцию в зависимости от ее характера и содержания, типа оборудования, массы, типа детали и числа рабочих ходов. Эта величина приводится в таблицах справочников по техническому нормированию по видам обработки [6].

В серийном производстве необходимо учитывать подготовительно-заключительное время $T_{п-з}$, рассчитываемое на партию деталей n . Норму времени на операцию в условиях серийного производства называют штучно-калькуляционной нормой времени и определяют по формуле

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} .$$

Порядок выполнения работы

- 1 Получить индивидуальное задание у преподавателя.
- 2 Изучить методику определения режимов резания и нормирования.
- 3 Назначить режимы резания и пронормировать технологические операции (рассчитать основное, вспомогательное, подготовительно-заключительное и штучно-калькуляционное времена).

Задание на самостоятельную работу

В самостоятельной работе необходимо для 3-4-х операций технологического процесса (чертеж детали предоставляется индивидуально) выполнить техническое нормирование операций механической обработки.

Контрольные вопросы

- 1 Представьте структуру подготовительно-заключительного времени.
- 2 Представьте структуру вспомогательного времени.
- 3 Представьте структуру штучно-калькуляционного времени.
- 4 Каковы пути снижения штучно-калькуляционного времени?

Раздел 2 Курсовая работа

2.1 Цель и задачи курсовой работы

Цель курсовой работы - приобретение практических навыков теоретического обоснования проектирования технологических процессов механической обработки.

Для достижения поставленной цели студент должен решить следующие задачи:

- закрепить и расширить знания, полученные во время лекций и практических занятий;
- научиться самостоятельно анализировать методы получения заготовок и варианты технологических процессов механической обработки;
- приобрести навыки теоретического размерного анализа технологических вариантов изготовления детали, назначения операционных размеров, припусков и допусков.

2.2 Структура и объём курсовой работы

В законченном виде представляемая курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графического материала.

Пояснительная записка является основным документом курсовой работы, в котором приводится полная информация о технологических разработках и технологических размерных расчетах, выборе оптимального технологического маршрута механической обработки детали. Объем пояснительной записки, как правило, составляет 30-35 страниц формата А4.

Графический материал курсовой работы включает:

- размерные схемы технологических процессов формирования линейных размеров детали (по каждому из разработанных технологических вариантов обработки);
- граф-схемы технологических процессов формирования линейных размеров;
- таблицы уравнений для расчета технологических размерных цепей.

Общий объём графической части составляет 1-1,5 листа (формата А1).

2.3 Содержание и последовательность выполнения курсовой работы

Реферат.

Введение.

3.1 Служебное назначение и описание конструкции детали.

3.2 Отработка конструкции детали на технологичность.

3.3 Анализ типа производства и его краткая характеристика.

3.4 Выбор способа получения заготовки. Расчет минимальных операционных припусков. Назначение допусков по стандарту. Оформление эскиза заготовки.

3.5 Выбор технологических маршрутов обработки детали.

3.6 Теоретический анализ технологических вариантов изготовления детали. Назначение операционных размеров, окончательных припусков и допусков.

3.7 Выбор оптимального технологического маршрута обработки детали.

Перечень ссылок.

2.3.1 Введение

Во введении к курсовой работе необходимо кратко изложить основные направления развития машиностроения, директивные указания правительства о мерах и путях его дальнейшего совершенствования в нашей стране. Следует показать связь проектируемого технологического процесса с задачами машиностроения в обеспечении всех отраслей народного хозяйства высокоэффективной техникой, отразить основные требования к объекту производства и технологии его изготовления.

2.3.2 Служебное назначение и описание конструкции детали

Этот подраздел требует проведения тщательного анализа конструкции изделия, функционирования его основных узлов и деталей, условий эксплуатации (нагрузки, виды нагружения, рабочая температура, агрессивность среды и др.). Анализ можно считать окончанным, если имеется полное представление о конструкции, порядке работы изделия и взаимодействии его узлов и механизмов.

Изучение служебного назначения и конструкции детали является ответственным шагом при проектировании технологического процесса ее изготовления.

Вначале по геометрическим проекциям и сечениям выясняется конфигурация детали, форма всех ее поверхностей и их пространственное взаимное расположение.

При последующем обходе (переборе) поверхностей изучаются их размеры и требуемая точность (допуски, посадки). Затем изучается требуемая по чертежу точность формы поверхностей и точность их взаимного расположения (параллельность, перпендикулярность, соосность), а также шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Полученные результаты являются основанием для представления о методах окончательной обработки, числе ступеней обработки исследуемых поверхностей, а анализ системы простановки линейных координирующих размеров позволяет выявить конструкторские базы и предварительно наметить последовательность обработки основных поверхностей.

Для решения последующих задач необходимо изучить материал детали, его физико-механические свойства и характер термической обработки. Это послужит основанием для правильного решения вопросов о методах обработки (обработка резанием, электрохимическая обработка и т.п.), о членении технологического процесса на этапы, способах выполнения окончательных, отделочных и упрочняющих операций.

Здесь же необходимо описать, какую задачу выполняет деталь в сборочной единице, а последняя - в изделии. Четко сформулировать служебное назначение детали, условия ее работы и технические требования на ее изготовление.

Излагаемый материал целесообразно сопровождать эскизом детали, обозначив ее поверхности цифрами или прописными буквами.

2.3.3 Отработка конструкции детали на технологичность

Состав работ по обеспечению технологичности конструкции изделий на всех стадиях их создания устанавливается ЕСТПП, а применяемые термины и определения установлены ГОСТ 14.201-83, ГОСТ 14.203-83 и ГОСТ 14.205-83.

Отработка изделий на технологичность представляет одну из наиболее сложных функций технологической подготовки производства и является обязательным этапом проектирования технологических процессов [2].

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции, должны быть направлены на уменьшение трудоемкости и снижение себестоимости без ущерба для служебного назначения. Таким образом, при отработке на технологичность необходимо анализировать: применяемые материалы; виды и методы получения заготовок; технологические методы и виды обработки, сборки, монтажа, контроля, испытаний; возможность применения прогрессивных технологических процессов; возможность механизации и автоматизации процессов; возможность применения унифицированных сборочных единиц и деталей и другие факторы.

Технологичность конструкции оценивается качественно. Это, как правило, сравнительная оценка (“хорошо - плохо”, “допустимо - недопустимо”) по тем требованиям к конструкции, которые трудно выразить количественно.

Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертеже и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Рабочий чертеж детали должен содержать все данные, необходимые для ее изготовления: проекции, разрезы, сечения, обеспечивающие полное освещение конструктивной формы детали; размеры с указанием допустимых отклонений; параметры шероховатости обрабатываемых поверхностей; допустимые отклонения от правильных геометрических форм; допустимые пространственные отклонения во взаимном положении элементарных поверхностей детали; материал, применяемый для изготовления

детали, с указанием его марки и ГОСТа; прочие технические требования, предъявляемые к детали и ее элементам, (термообработка, твердость, покрытие и т.д.).

Далее необходимо проанализировать конструкцию детали в свете технологических условий ее производства. При выполнении этого раздела необходимо ответить на следующие вопросы:

1 Возможно ли изменение конфигурации детали, позволяющее применение наиболее совершенных исходных заготовок, сокращающих объем механической обработки (точное и кокильное литье, литье под давлением, горячая объемная штамповка, холодная штамповка различных видов и т.п.) без ущерба для служебного назначения детали?

2 Обеспечивает ли данная простановка размеров на чертеже детали возможность выполнения обработки по принципу автоматического получения размеров на настроенных станках, автоматах и полуавтоматах и совмещения конструкторских, технологических и измерительных баз?

3 Возможно ли применение наиболее совершенных и производительных методов механической обработки (обработка многоинструментальными наладками, фасонным и многолезвийным инструментом, накатывание резьбы и шлицев, применение агрегатных и специальных станков и автоматов, поточных и автоматических линий) при производстве анализируемой детали и не ограничивает ли ее конструкция применение высоких режимов резания?

4 Обеспечены ли условия для врезания и выхода режущего инструмента, доступа ко всем элементам детали для обработки и измерения?

5 Выдерживается ли соответствие формы и размеров поверхностей формам и размерам стандартного инструмента?

6 Достаточно ли обоснованы допускаемые отклонения от правильных геометрических форм и увязаны ли они с геометрическими погрешностями станков?

7 Не вызовут ли технологических трудностей допускаемые пространственные отклонения и могут ли эти отклонения быть выдержаны без усложнения технологического процесса?

8 Не возникает ли технологических трудностей при выдерживании заданных допусков на размеры и требуемой шероховатости?

Одновременно с этим студент должен дать оценку материалу с точки зрения обрабатываемости его режущими инструментами, методами штамповки и т.д. (рассматривать следует только те методы, которые предполагается использовать в разрабатываемом технологическом процессе).

2.3.4 Анализ типа производства и его краткая характеристика

Назначаемый тип производства оказывает решающее влияние на принципы формирования технологических процессов механической обработки.

Для конкретных технологических условий изготовления детали. При назначенной серийности производства. Необходимо дать краткую техническую характеристику типа производства по следующим признакам:

- категория оборудования;
- приспособления и инструмент;
- специализация рабочих мест;
- способы достижения точности размеров.

2.3.5 Выбор способа получения заготовки. Расчет минимальных операционных припусков. Назначение допусков по стандарту, оформление эскиза заготовки

Задача способа получения заготовки решается после анализа формы, размеров и точности детали при строгом учете серийности и материала. С точки зрения экономии материалов, сокращения затрат времени и средств на механическую обработку целесообразно выбирать заготовки, которые по форме, размерам и качеству соответствовали бы параметрам готовой детали, при максимальном коэффициенте использования материала

$$K_{u.m} = \frac{M_o}{M_z},$$

где M_o, M_z - соответственно масса детали и заготовки.

Расчет минимальных операционных припусков для каждой линейной поверхности детали производится расчетно-аналитическим методом. Для каждой из поверхностей изображается технологический эскиз обработки с условным изображением установочного приспособления по ГОСТ 3.1107-81. Разрабатывается план механической обработки поверхности по переходам с указанием качества и точности поверхности на каждом из этапов формирования данной поверхности.

Минимальные операционные припуски по каждому из переходов, обозначенных планом, определяются по формуле

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i,$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности предыдущего технологического перехода, мкм;

T_{i-1} – глубина дефектного слоя поверхности, сформированная на технологическом переходе, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное значение пространственных отклонений поверхности, полученных на предыдущем этапе обработки, мкм;

ε_i – погрешность установки детали на данном этапе механической обработки, мкм.

Выбор исходных данных для расчета производится по методике, представленной в работах [10]. Назначение допусков, их предельных значений, производится по стандарту, соответствующему принятому способу получения заготовки [7, 8, 9]. Для каждого из размеров поверхности детали, участвующей в формировании контура заготовки, определяется величина допуска на размер dD_i , dL_i , где D_i , L_i – соответствующие размеры заготовки, а также верхнее и нижнее предельные отклонения допуска [$ESL_i(D_i)$ и $EIL_i(D_i)$]. Помимо этого, для диаметральных размеров детали, участвующих в формировании контура заготовки, назначаются величины припусков на механическую обработку.

На эскизе заготовки изображается совмещенный контур исходной детали и принятая форма заготовки. На каждую из диаметральных поверхностей заготовки проставляются размеры с учетом припусков и допусков, определенных по стандарту. Линейные размеры заготовки проставляются в виде принятых буквенных символов L_i с числовым обозначением предельных отклонений допуска.

2.3.6 Выбор технологических маршрутов обработки детали

При условии серийного производства, предусматривающего обработку деталей на настроенных на размер станках, необходимо предложить 3-4 варианта технологии механической обработки детали [1]. Формирование диаметральных и линейных размеров на предварительных и окончательных этапах обработки должно выполняться:

- на настроенных на размер станках;
- на станках с ЧПУ;
- копировальных станках;
- при многоинструментальной наладке или при обработке по упорам на универсальных станках;
- станках - автоматах, полуавтоматах или агрегатном оборудовании, настроенном для работы по упорам.

Формирование вариантов обработки линейных размеров основывается на возможности применения различного оборудования, оснастки, различных технологических баз и, как следствие этого, - на образовании разных технологических взаимосвязей операционных размеров (l_i).

2.3.7 Теоретический анализ технологических вариантов изготовления детали. Назначения операционных размеров, окончательных припусков и допусков

Основная задача размерного анализа технологического процесса – обоснованное определение промежуточных, окончательных размеров и допусков на них для обрабатываемой детали. В первую очередь, в подобном анализе нуждаются линейные размеры деталей, то есть неоднократно

обрабатываемые параллельные поверхности (в том числе в размерных операциях с переустановами).

Определение припусков на торцовые поверхности опытно-статистическим или расчетно-аналитическим методом достаточно сложно из-за необходимости учета припусков и допусков по технологическим переходам обработки. Операционные размеры по переходам, припуски, размеры детали и заготовки образуют достаточно сложные многозвенные размерные цепи.

Обработка детали в условиях серийного производства, как правило, выполняется на настроенных на размер станках (токарных многорезцовых, токарных с ЧПУ, токарно-гидрокопировальных). Формирование линейных размеров в данных технологических условиях требует тщательной проверки всех промежуточных размеров с тем, чтобы на окончательных операциях (переходах) автоматически были обеспечены итоговые размеры. Решение поставленной задачи обеспечивает теория размерных цепей [1,10].

По разработанным технологическим вариантам данной детали необходимо выполнить теоретический размерный анализ в следующей последовательности:

- 1) разработка размерной схемы технологического процесса;
- 2) выявление технологических размерных цепей;
- 3) построение граф-схемы технологического процесса формирования линейных размеров детали;
- 4) расчет технологических размерных цепей, определение операционных размеров, номинальных значений припусков, размеров заготовки и их предельных величин.

2.3.7.1 Разработка размерной схемы технологического процесса и выявление технологических размерных цепей

Размерную схему технологического процесса составляют и оформляют следующим образом. Вычерчивают эскиз детали в одной или двух проекциях (в зависимости от ее конфигурации). Для тел вращения достаточно одной проекции, для корпусных деталей могут потребоваться две или три проекции, в зависимости от расположения размеров длин [10].

Над деталью указывают размеры длин с допусками, заданными конструктором. Для удобства составления размерных цепей конструкторские размеры обозначаются буквами латинского алфавита: A , B , C , D и так далее. На эскизе детали условно наносят припуски Z_m , где m – номер промежуточной или окончательной поверхности, к которой относится припуск. Все поверхности детали (и заготовки) нумеруются по порядку слева направо. Через нумерованные поверхности проводят вертикальные линии. Размеры заготовки обозначают буквами L_i (S_i), где i – порядковый номер размера заготовки.

Технологические размеры разделяют по операциям, установам и переходам, в соответствии с предварительно разработанными вариантами технологических маршрутов обработки детали. Технологические размеры обозначают буквами l_k , где k – порядковый номер перехода формирования обработки линейных размеров. Справа от размерной схемы для каждой операции составляют схемы технологических размерных цепей.

Выявление размерных цепей по размерной схеме технологического процесса может оказаться весьма трудоемкой задачей. Упростить решение данной задачи позволяет теория графов.

2.3.7.2 Построение граф - схемы технологического процесса формирования линейных размеров детали

Деталь в процессе ее изготовления можно рассматривать как геометрическую структуру, состоящую из множества поверхностей и связей (размеров) между ними.

Все поверхности заготовки, а также поверхности, формируемые промежуточными переходами механической обработки и окончательной обработанной детали, изображаются вершинами графа с указанием порядкового номера поверхности.

Размеры, указывающие расстояния между поверхностями, обозначаются дугами, направленными из одной вершины к другой. Дуга всегда имеет направление от вершины с меньшим порядковым номером к вершине графа с большим номером. Положение припусков изображаются ломаными линиями, направление которых определяется теми же условиями, что и для размеров детали и заготовки.

Выявление и расчет технологических размерных цепей по граф-схеме начинают с двухзвенных цепей, а затем продолжают в такой последовательности, чтобы в каждой цепи имелось только одно неизвестное по величине звено, остальные звенья были определены расчетом предыдущих размерных цепей.

2.3.7.3 Расчет технологических размерных цепей, определение операционных размеров, номинальных значений припусков, размеров заготовки, их предельных величин

В технологических размерных цепях число составляющих звеньев редко бывает больше пяти. Поэтому их расчет, как правило, производят по методу максимума-минимума [1, 10].

Методика расчета технологических размерных цепей зависит от того, является ли замыкающим звеном цепи размер припуска или конструктивный размер детали [1, 10].

Если замыкающим звеном является припуск Z_i , оставляемый для последующего перехода, то на первом этапе определяют его минимальную величину $Z_{i \min}$ расчетно-аналитическим методом по каждому из перехо-

дов. Далее составляют исходное уравнение размерной цепи относительно $Z_{i \min}$:

$$Z_{i \min} = \sum_1^n EI\vec{A}_i - \sum_{n+1}^m ES\vec{A}_i,$$

где $EI\vec{A}_i$ - наименьший предельный размер увеличивающего звена размерной цепи;

$ES\vec{A}_i$ - наименьший предельный размер уменьшающего звена размерной цепи;

n - число увеличивающих звеньев;

m - общее число звеньев размерной цепи.

Если в каждой технологической размерной цепи имеется только одно неизвестное составляющее звено (L_i или l_i), то задача сводится к решению уравнения с одним неизвестным, представляющим собой либо наибольший, либо наименьший предельные размеры исходного звена цепи.

Если исходный размер является уменьшающим звеном, то

$$A_{i \max} = \sum_1^n EI\vec{A}_i - \sum_{n+1}^m ES\vec{A}_i - Z_{i \min}.$$

Если размер является увеличивающим звеном, то

$$A_{i \min} = Z_{i \min} - \sum_{n+1}^m EI\vec{A}_i + \sum_1^n ES\vec{A}_i.$$

Определив $A_{i \max}$ или $A_{i \min}$, на размер A_i устанавливают допуск δ_i в зависимости от назначения технологического перехода (предварительная или окончательная обработка). Обычно, для предварительной обработки допуск назначают по 12-14 качеству, а для окончательной по 10-11 качеству. Предельные отклонения назначаются по h , H или Js .

По величине установленного допуска δ_i и по его расположению относительно A_i определяют номинальный размер

$$A_i = A_{i \max} - ESA_i,$$

$$A_i = A_{i \min} - EIA_i,$$

где ESA_i , EIA_i - верхнее и нижнее предельные отклонения соответствующего звена.

Далее определяют $Z_{i \text{ ном}}$ на основе исходного уравнения цепи. Составляющие размеры цепи при этом принимаются по номинальным значениям. Расчет верхнего и нижнего предельного значения припуска выполняется по формулам

$$ESZ_i = \sum_1^n ES\vec{A}_i - \sum_{n+1}^m EI\vec{A}_i,$$

$$EIZ_i = \sum_1^n EI\vec{A}_i - \sum_{n+1}^m ES\vec{A}_i.$$

Допуски и предельные отклонения на размеры заготовки ($\delta L_i, ESL_i, EIL_i$) назначаются по стандарту по соответствующему способу получения заготовки (ГОСТ 7505-89, ГОСТ 26645-85, ГОСТ 7062-79, ГОСТ 8479-79).

Пример. Выполнить разработку размерной схемы технологического процесса механической обработки детали “вал” (рисунок 2.1). Произвести расчет технологических размерных цепей. Определить операционные размеры, номинальные значения припусков и размеры заготовки.

Граф-схема технологического процесса формирования линейных размеров представлена на рисунке 2.2. Уравнения для расчёта приведены в таблице 2.1.

Конструкторские размеры детали “вал” имеют следующие значения:

$$A = 50 \pm 0,1; \quad B = 100_{-0,3}; \quad C = 200_{-0,6}.$$

Припуски на линейные размеры заготовки назначаются по предварительному расчету:

$$Z_{1 \min} = Z_{6 \min} = 2,0 \text{ мм}; \quad Z_{2 \min} = Z_{5 \min} = 1,6 \text{ мм}; \quad Z_{3 \min} = Z_{4 \min} = 0,8 \text{ мм}.$$

Допуски на линейные размеры заготовки определяются по ГОСТ 7505-89:

$$\delta L_1 = 1,6_{(-0,5)}^{(+1,1)}, \quad \delta L_2 = 2,0_{(-0,7)}^{(+1,3)}, \quad \delta L_3 = 2,2_{(-0,8)}^{(+1,4)}.$$

Расчет размерной схемы и графа детали “вал” выполняется по каждой из построенных размерных цепей индивидуально.

Цепи 1 и 3 (таблица 2.1) являются двухзвенными, т.е. технологические размеры в них совпадают с конструкторскими, поэтому:

$$l_6 = A = 50 \pm 0,1;$$

$$l_2 = C = 200_{-0,6}.$$

Цепь 2. Исходное уравнение

$$\vec{l}_5 = \vec{B} + \vec{l}_6,$$

$$l_5 = 100 + 50 = 150 \text{ мм}.$$

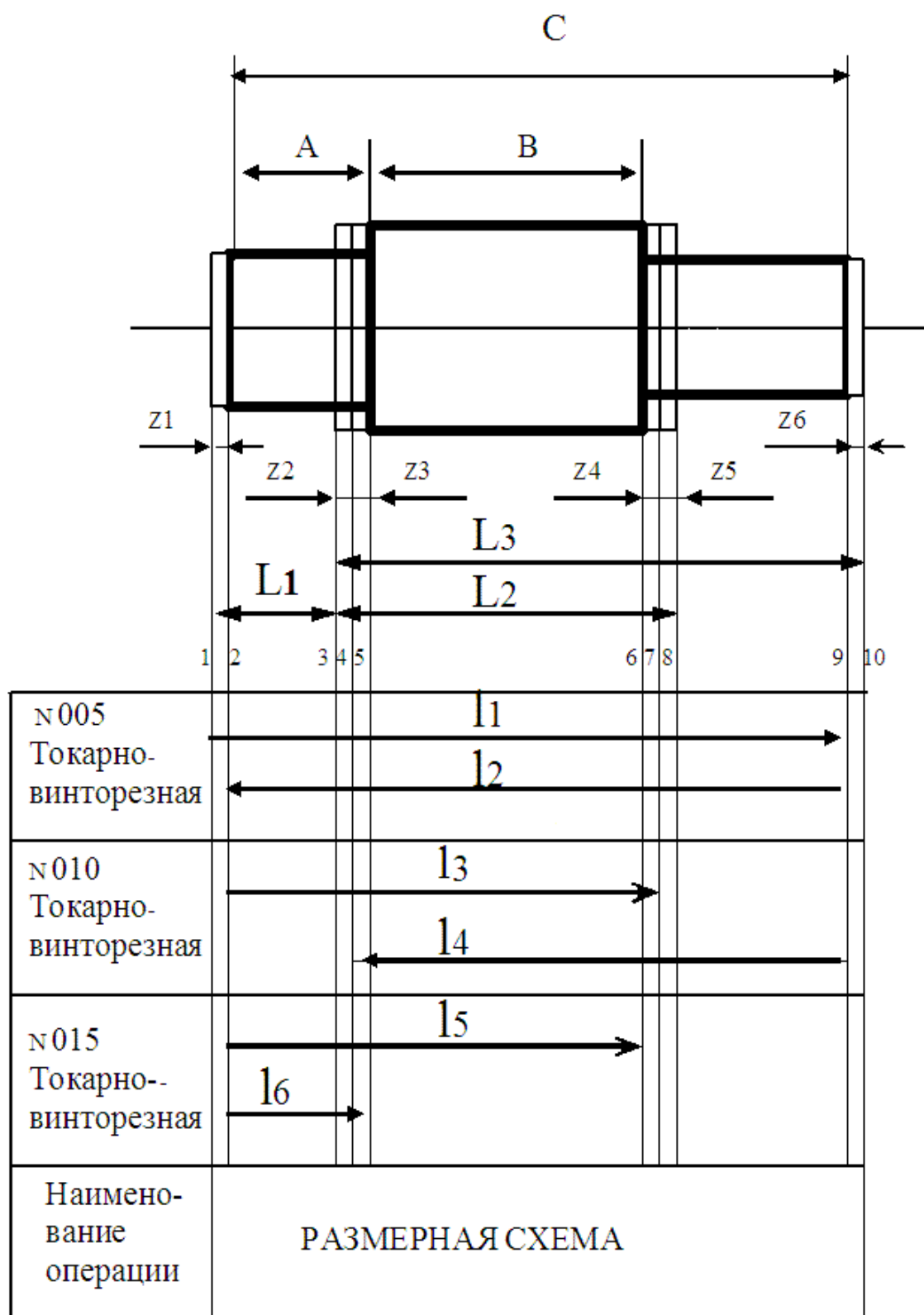


Рисунок 2.1 —Размерная схема технологического процесса формирования линейных размеров детали вал

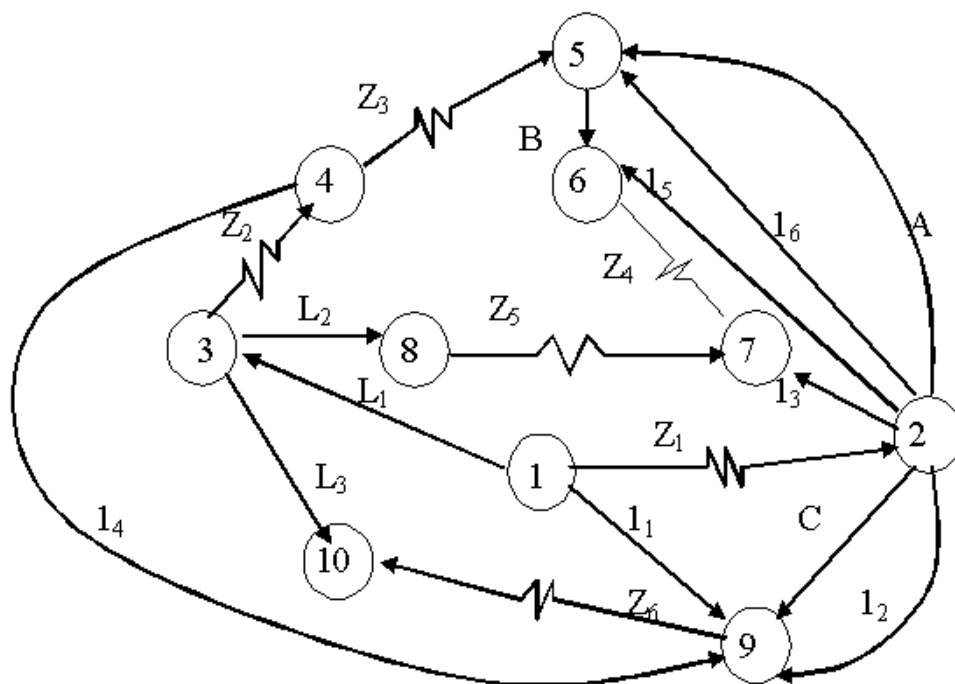


Рисунок 2.2 - Граф - схема технологического процесса формирования линейных размеров детали “вал”

Таблица 2.1 – Уравнения для расчета технологических размерных цепей

№ п/п	Расчетное уравнение	Исходное уравнение	Определяе- мый размер
1	$l_6 - A = 0$	$l_6 = A$	l_6
2	$B - l_5 + l_6 = 0$	$l_5 = B + l_6$	l_5
3	$C - l_2 = 0$	$l_2 = C$	l_2
4	$Z_1 + C - l_1 = 0$	$Z_1 = l_1 - C$	l_1
5	$Z_2 + l_4 - l_1 + L_1 = 0$	$Z_2 = l_1 - l_4 - L_1$	L_1
6	$Z_3 - A + l_2 - l_4 = 0$	$Z_3 = A - l_2 + l_4$	l_4
7	$Z_4 - l_3 + l_5 = 0$	$Z_4 = l_3 - l_5$	l_3
8	$Z_5 - L_2 - L_1 + l_1 - C + l_3 = 0$	$Z_5 = L_2 + L_1 - l_1 + C - l_3$	L_2
9	$Z_6 + l_1 - L_1 - L_3 = 0$	$Z_6 = L_1 + L_3 - l_1$	L_3

Для определения предельных отклонений размера l_5 составляются уравнения:

$$ESl_5 = \sum_1^n ES\vec{A}_i - \sum_{n+1}^m EI\vec{A}_i,$$

$$EI\pi_5 = \sum_1^n EI\vec{A}_i - \sum_{n+1}^m ES\vec{A}_i,$$

где \vec{A}_i, \vec{A}_i - увеличивающие и уменьшающие звенья рассматриваемой размерной цепи.

$$ESl_5 = (0 + 0,1) - 0 = 0,1 \text{ мм},$$

$$EI\pi_5 = (-0,3 + (-0,1)) - 0 = -0,4 \text{ мм}$$

Цепь 4. Исходное уравнение

$$Z_1 = \vec{l}_1 - \vec{C},$$

$$l_{1\min} = Z_{1\min} + C_{\min},$$

$$l_{1\min} = 2,0 + 199,4 = 201,4 \text{ мм}.$$

Допуск на размер l_1 назначается по *h14*:

$$\delta l_1 = 1,15 \text{ мм},$$

$$ESl_1 = 0,$$

$$EI l_1 = -1,15 \text{ мм}.$$

Номинальный размер

$$l_1 = 201,4 + 1,15 = 202,55 \text{ мм}.$$

Окончательно, на операционном эскизе

$$l_1 = 202,55_{-1,15}, \text{ или } l_1 = 202_{-0,6}^{+0,55}.$$

Предельные значения припуска Z_1 определяются из уравнений:

$$Z_1 = l_1 - C,$$

$$ESZ_1 = (0,55 - (-0,6)) = 1,15 \text{ мм},$$

$$EIZ_1 = (-0,6 - 0) = -0,6 \text{ мм},$$

$$Z_1 = 2_{-0,6}^{+1,15}.$$

Цепь 5. Исходное уравнение

$$Z_2 = -\vec{l}_4 + \vec{l}_1 - \vec{L}_1,$$

$$Z_{2\min} = -l_{4\max} + l_{1\min} - L_{1\max}.$$

Максимальный размер заготовки $L_{1\max}$:

$$L_{1\max} = -l_{4\max} + l_{1\min} - Z_{2\min},$$

$$L_{1\max} = -151,24 + 201,4 - 1,6 = 48,56 \text{ мм},$$

$$L_1 = L_{1\max} - ESL_1 = 48,56 - 1,1 = 47,46 \text{ мм},$$

$$Z_2 = -151 + 202 - 47,46 = 3,54 \text{ мм},$$

$$ESZ_2 = 0,55 - (-0,76 + (-0,5)) = 1,81 \text{ мм},$$

$$EIZ_2 = -0,6 - (0,24 + 1,1) = 1,94 \text{ мм},$$

$$Z_2 = 3,54^{+1,81}_{-1,94}.$$

Цепь 6. Исходное уравнение

$$Z_4 = \vec{l}_3 - \vec{l}_5,$$

$$l_{3 \min} = l_{5 \min} + Z_{4 \min},$$

$$l_{3 \min} = 149,6 + 0,8 = 150,4 \text{ мм}.$$

Допуск на размер l_3 назначается по h14:

$$\delta l_3 = 1,0 \text{ мм},$$

$$ESl_3 = 0,$$

$$EIl_3 = -1,0 \text{ мм}.$$

Номинальный размер $l_3 = 150,4 + 1,0 = 151,4 \text{ мм}$.

Окончательно, на операционном эскизе $l_3 = 151,4_{-0,1}^0$,

$$Z_4 = 151,4 - 150 = 1,4 \text{ мм},$$

$$ESZ_4 = 0 - (-0,4) = 0,4 \text{ мм},$$

$$EIZ_4 = -1,0 - 0,1 = -1,1 \text{ мм},$$

$$Z_4 = 1,4^{+0,4}_{-1,1}.$$

Цепь 7. Исходное уравнение

$$Z_3 = \vec{A} - \vec{l}_2 + \vec{l}_4,$$

$$l_{4 \min} = Z_{3 \min} - A_{\max} + l_{2 \min},$$

$$l_{4 \min} = 0,8 - 50,1 + 199,4 = 150,14 \text{ мм}.$$

Допуск на размер l_4 назначается по h14, т.е.

$$\delta l_4 = 1,0,$$

$$ESl_4 = 0,$$

$$EIl_4 = -1,0 \text{ мм}.$$

Номинальный размер $l_4 = 150,14 + 1,0 = 151,14 \text{ мм}$.

Окончательно, на операционном эскизе $l_4 = 151^{+0,24}_{-0,76}$.

Предельные значения припуска Z_3 определяются из уравнений:

$$Z_3 = A - l_2 + l_4 = 50 - 200 + 151 = 1,0 \text{ мм},$$

$$ESZ_3 = (0,1 + 0,24) - (-0,6) = 0,94 \text{ мм},$$

$$EIZ_3 = (-0,1 + (-0,76) - 0) = 0,86 \text{ мм},$$

$$Z_3 = 1,0^{+0,94}_{-0,86}.$$

Цепь 8. Исходное уравнение

$$Z_5 = \vec{L}_2 + \vec{L}_1 - \vec{l}_1 + \vec{C} - \vec{l}_3,$$

$$Z_{5\min} = L_{2\min} + L_{1\min} - l_{1\max} + C_{\min} - l_{3\max}.$$

Минимальный размер заготовки $L_{2\min}$

$$L_{2\min} = Z_{5\min} - L_{1\min} + l_{1\max} - C_{\min} + l_{3\max},$$

$$L_{2\min} = 1,6 - 46,96 + 202,55 - 199,4 + 151,4 = 109,19 \text{ мм},$$

$$L_2 = L_{2\min} + EIL_2 = 109,19 + 0,5 = 109,69 \text{ мм},$$

$$Z_5 = 109,69 + 47,46 - 202 + 200 - 151,4 = 4,15 \text{ мм},$$

$$ESZ_5 = (1,3 + 1,1 + 0) - (-0,6 - 1,0) = 4,0 \text{ мм},$$

$$EIZ_5 = (-0,7) + (-0,5) + (-1,0) - (0,5 + 0) = 2,75 \text{ мм},$$

$$Z_5 = 4,15^{+4,0}_{-2,75} \text{ мм}.$$

Цепь 9. Исходное уравнение

$$Z_6 = -\vec{l}_1 + \vec{L}_1 + \vec{L}_3,$$

$$Z_{6\min} = -l_{1\max} + L_{1\min} + L_{3\min}.$$

Минимальный размер заготовки $L_{3\min}$

$$L_{3\min} = Z_{6\min} + l_{1\max} - L_{1\min},$$

$$L_{3\min} = 2,0 + 202,55 - 46,96 = 157,59 \text{ мм},$$

$$L_3 = L_{3\min} + EIL_3 = 157,59 + 0,8 = 158,39 \text{ мм},$$

$$Z_6 = -202 + 47,46 + 158,39 = 3,85 \text{ мм},$$

$$ESZ_6 = (1,1 + 1,4) - (-0,6) = 3,1 \text{ мм},$$

$$EIZ_6 = (-0,5) + (-0,8) - (0,55) = -1,85 \text{ мм},$$

$$Z_6 = 3,85^{+3,1}_{-1,85} \text{ мм}.$$

Результаты расчётов сведены в таблицу 2.2.

2.3.8 Выбор оптимального технологического маршрута обработки детали

После выполнения теоретического анализа технологических вариантов изготовления детали, расчёта размеров операционных припусков, формирования размеров заготовки необходимо определить оптимальный маршрут обработки. Критериями оптимальности технологического маршрута формирования линейных размеров (как элемента общей технологии обработки детали) являются:

- минимальные размеры заготовки по её линейным параметрам, т.е. минимальные общие, а также составляющие операционные припуски на механическую обработку;

- расчётная точность операционных размеров, находящаяся в пределах экономически достижимого допуска для данного конкретного этапа обработки (предварительного или окончательного);

- минимальное количество составляющих звеньев в каждой из сформированных цепей.

Таблица 2.2 - Расчет технологических размеров детали “вал”

Исходные размеры		Определяемые размеры				
Обозначения	Величина, мм	Расчетное уравнение	Номинальный размер, мм	Допуск δ , мм	Технологический размер, мм	Предельное значение припуска, мм
1	2	3	4	5	6	7
A	$50 \pm 0,1$	$l_6 - A = 0$	$l_6 = 50$	0,2	$l_6 = 50 \pm 0,1$	—
B	$100_{-0,3}$	$B - l_5 + l_6 = 0$	$l_5 = 150$	0,5	$l_5 = 150_{-0,4}^{+0,1}$	—
C	$200_{-0,6}$	$C - l_2 = 0$	$l_2 = 200$	0,6	$l_2 = 200_{-0,6}$	—
Z_{1min}	2,0	$Z_1 + C - l_1 = 0$	$l_1 = 202$	1,15	$l_1 = 202_{-0,6}^{+0,55}$	$Z_1 = 2_{-0,6}^{+1,15}$
Z_{2min}	1,6	$Z_2 + l_4 - l_1 - L_1 = 0$	$L_{1max} = -l_{4max} + l_{1min} - Z_{2min} = 48,56$ $L_1 = 47,46$	1,6 $ESL_1 = 1,1$ $EIL_1 = -0,5$	$L_1 = 47,46_{-0,5}^{+1,1}$	$Z_2 = 3,54_{-1,94}^{+1,81}$
Z_{3min}	0,8	$Z_3 - A + l_2 - l_4 = 0$	$l_4 = 151$	1,0	$l_4 = 151_{-0,76}^{+0,24}$	$Z_3 = 1,0_{-0,86}^{+0,94}$
Z_{4min}	0,8	$Z_4 - l_3 + l_5 = 0$	$L_3 = 151,4$	1,0	$l_2 = 151,4_{-1,0}$	$Z_4 = 1,4_{-1,1}^{+0,4}$
Z_{5min}	1,6	$Z_5 - L_2 - L_1 - l_1 - C + l_3 = 0$	$L_{2min} = Z_5 - L_{1min} + l_{1max} - C_{min} + C_{3max} = 109,19$ $L_2 = 109,69$	2,0 $ESL_2 = 1,3$ $EIL_2 = -0,7$	$l_2 = 109,69_{-0,7}^{+1,3}$	$Z_5 = 4,15_{-2,75}^{+4,0}$
Z_{6min}	2,0	$Z_6 + l_1 - L_1 - L_3 = 0$	$L_{3min} = Z_{6min} + l_{1max} - L_{1min} = 157,59$ $L_3 = 158,39$	2,2 $ESL_3 = 1,4$ $EIL_2 = -0,8$	$L_3 = 158,39_{-0,8}^{+1,4}$	$Z_6 = 3,85_{-1,85}^{+3,1}$

После выбора оптимального технологического варианта в курсовой работе необходимо разработать полный технологический маршрут обработки заданной детали, указав для каждой операции краткое содержание переходов, технологическую оснастку, режущий и измерительный инструмент.

3 Пример выполнения курсовой работы

3.1 Служебное назначение и описание конструкции детали

Деталь «Вал» черт. 3-417584 (рисунок 3.1) является частью изделия «Мельница шаровая», входит в сборочную единицу «Редуктор верхний». Служебное назначение детали - служить опорой для паразитной шестерни, которая передаёт вращение от детали «Колесо» к блоку шестерён. Деталь «Вал», ориентирует деталь «Колесо» в сборочной единице «Редуктор верхний».

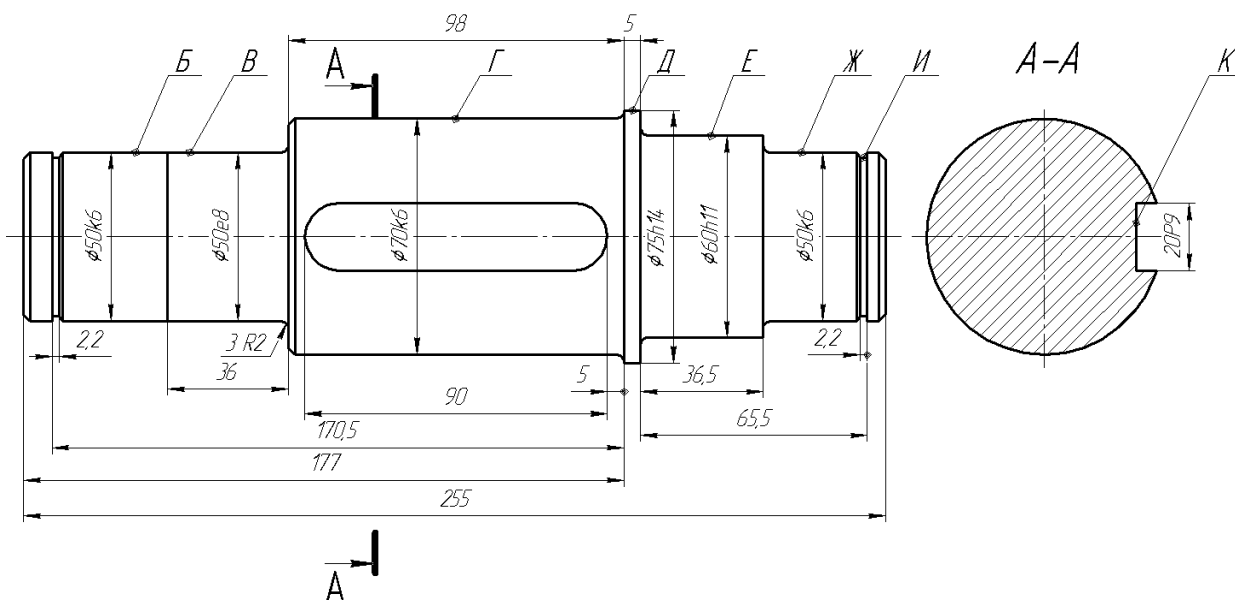


Рисунок 3.1 – Эскиз вала

Деталь представляет собой тело вращения с максимальным диаметром 75мм и длиной 255мм. По технологической классификации деталь «Вал» отнесена к деталям класса – «Валы, оси». Две цилиндрические поверхности $\varnothing 50k6$ (поверхности Б, Ж) предназначены для ориентации детали «Вал», через подшипники качения в отверстиях корпуса редуктора. Цилиндрическая поверхность $\varnothing 50e8$ (поверхность В), предназначена для установки дистанционной втулки между торцом внутренней обоймы подшипника качения и торцом поверхности $\varnothing 70k6$. Цилиндрическая поверхность $\varnothing 70k6$, предназначена для установки шестерни. Торцовая поверхность $\varnothing 75$ мм препятствует осевому перемещению шестерни. Шпоночный паз 20P9 (поверхность К) предназначена для установки шпонки

20×12×90мм. Шпонка обеспечивает жесткое сопряжение шестерни с валом, препятствует свободному их проворачиванию. Поверхность Ø60h11 (поверхность *E*) – свободная поверхность, не сопрягается ни с какой другой поверхностью. Две цилиндрические канавки, поверхности *И*, ($B=2,2\text{мм}$; Ø47_{-0,25} мм) предназначены для установки пружинных колец, препятствующих осевому перемещению двух подшипников качения. Примыкание всех цилиндрических поверхностей к торцовым поверхностям выполнено радиусными переходами $R = 2$ мм. Наличие радиусных переходов и отсутствие канавок для выхода шлифовального круга, свидетельствует о недопустимости наличия концентраторов напряжения в конструкции детали „Вал”.

Наиболее точно и чисто обработанными поверхностями в детали являются: две поверхности Ø50k6 и Ø50e8. Это объясняется тем, что поверхность Ø50k6 является базирующей при сборке детали «Вал» с деталями «Корпус» и «Крышка», а поверхность Ø50e8 является базирующей при сборке шестерни с «Валом».

К детали предъявляются требования по взаимному расположению поверхностей: отклонение от круглости и отклонение формы продольного сечения поверхностей *B* и *Ж* не более 0,004мм; отклонение от соосности поверхностей *B* и *Ж* не более 0,03мм.

На чертеже детали «Вал» имеются технические требования на неуказанные предельные отклонения, требования о допуске на круглость и профиль продольного сечения поверхностей *B*, *Ж*, сведения о маркировании детали.

Деталь термически не обрабатывается, разделять технологический процесс на «выполнить до термообработки» и «выполнить после термообработки» нет необходимости. Необходимость в отделочных и упрочняющих операциях отсутствует.

Деталь изготовлена из конструкционной стали 45 ГОСТ 1050-88. Сталь имеет очень широкое применение в машиностроении. Применяется при изготовлении осей, валов, валов-шестерен, коленчатых и распределительных валов, шпинделей и других деталей. Сталь 45 не склонна к отпускной хрупкости, флокеночувствительность – малочувствительна. Обрабатываемость резанием – хорошая. Предел прочности при растяжении: $\sigma_B = 640$ МПа; предел текучести: $\sigma_T = 480$ МПа.

3.2 Отработка конструкции детали на технологичность

Задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции обрабатываемой детали, сводятся к возможному уменьшению трудоёмкости и металлоёмкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами. Необходимости в изменении, упрощении конфигурации детали с целью сокращения объёма механической обработки нет. Деталь можно обработать проходными резцами. Диаметральные размеры шеек убывают к концам детали. Имеется возможность заменить закрытый шпо-

ночный паз 20Р9×90 открытым со стороны поверхности *B*, и выполнить обработку гораздо более производительной дисковой фрезой (требуется согласование конструкции). Жёсткость «Вала» допускает получение высокой точности обработки, 6...9 квалитетов. Деталь жёсткая, соотношение длины к диаметру равно:

$$\frac{l_{\max}}{D_{\min}} = \frac{255}{50} = 5,1.$$

Деталь имеет незначительные перепады диаметров (от 10мм до 25мм) на всей длине, что является хорошим показателем при обработке детали на токарных гидрокопировальных станках и станках с ЧПУ. Совмещения технологических и конструкторских баз возможно.

Простановка размеров на чертеже детали не обеспечивает выполнение обработки по принципу автоматического получения размеров на настроенных станках. Такая простановка размеров не является хорошим показателем при обработке на станках автоматах и полуавтоматах. Непосредственное измерение заданных на чертеже размеров представляет трудности. Возникает необходимость расчёта линейной размерной цепи при выполнении линейных размера поверхности *Ж*:

$$L_{\text{Ж}} = 255 - (177 + 5 + 36,5) = 36,5 \text{ мм};$$

при выполнении замеров линейного размера поверхности *Б*:

$$L_{\text{Б}} = 177 - (98 + 36) = 43 \text{ мм};$$

при замерах линейного размера привязки канавки *В* = 2,2 мм на поверхности *Б*:

$$L_{\text{К}} = 177 - 170,5 = 6,5 \text{ мм};$$

при замерах линейного размера привязки канавки *В* = 2,2 мм на поверхности *Ж*:

$$L_{\text{К}} = 255 - (177 + 5 + 65,5) = 7,5 \text{ мм}.$$

Конструкция детали не ограничивает применение высокопроизводительных методов механической обработки, применение агрегатных и специальных станков, позволяет применять высокие режимы резания. Конструкция детали обеспечивает условия для врезания и выхода токарных резцов, шпоночной фрезы, но не обеспечивает выходы шлифовального круга.

Формы и размеры поверхностей детали и отверстий соответствуют формам и размерам стандартного режущего, измерительного вспомогательного инструмента и приспособлений, возможно использование типовых технологических процессов.

Технологических трудностей при выдерживании заданных допусков и требуемой шероховатости при обработке детали «Вал» не возникнет так, как 6-й квалитет и шероховатость поверхности Ra 1,6 (максимально высокие параметры по чертежу) достижимы на круглошлифовальных станках обычной точности.

Материал детали - сталь 45. Получение заготовок из этой стали, в серийном производстве, не представляет трудностей. Сталь 45 хорошо обрабатывается режущим инструментом.

Деталь имеет следующие унифицированные конструктивные элементы: все четыре цилиндрических поверхностей: две – Ø50k6, одна – Ø60h11mm, одна – Ø75h14 находятся в одном диапазоне номинальных размеров 50-80mm, что позволяет применить высокопроизводительные методы обработки, один тип режущего и измерительного инструмента.

Торцовые поверхности детали «Вал» могут быть использованы для центровых отверстий - технологических баз на токарных и шлифовальных операциях. Две цилиндрические поверхности Ø50k6mm и торец поверхности Ø75mm могут быть использованы для базирования на вертикально-фрезерной операции – при фрезеровании шпоночного паза.

Формообразование линейных размеров может быть осуществлено методом предварительного и окончательного точения, так как шероховатость торцовых поверхностей у четырёх поверхностей Ra 6,3; у одной Ra 12,5, и ещё одной Ra 3,2. Формообразование этих линейных размеров оптимально получить предварительным и окончательным точением.

3.3 Анализ типа производства и его краткая характеристика

В зависимости от размера производственной программы, характера продукции, а также технических и экономических условий осуществления производственного процесса все разнообразные производства условно делятся на три основных вида: единичное (индивидуальное), серийное и массовое. У каждого из этих видов производственный и технологический процессы имеют свои характерные особенности и каждому из них свойственна определённая форма организации работы. Характеристика типов производства приведена в таблице 3.1.

Согласно таблице 3.1 и исходным данным (масса изделия Q = 5,6 тонн, годовая программа выпуска N = 50 штук) производство детали «Вал» отнесено к серийному типу производства.

Серийным называется такое производство, при котором изготовление изделий производится партиями или сериями, состоящими из одноимённых, однотипных по конструкции и одинаковых по размерам изделий, запускаемых в производство периодически во времени.

Серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым производством. Основной идеей этого вида производства является изготовление всей партии (серии) полностью как обработке, так и в сборке. Понятие «партия» относится к количеству деталей, понятие «серия» - к количеству машин, запускаемых в производство одновременно.

В серийном производстве, в зависимости от количества изделий в серии, их характера и трудоёмкости их изготовления, частоты повторяемости серий в течение года различают производство мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

В серийном производстве технологический процесс преимущественно дифференцирован. Применяются станки разнообразных видов: универсальные, специализированные, специальные, автоматизированные, агрегатные. Станочное оборудование должно быть специализировано в такой мере, чтобы был возможен переход от одной серии машин к другой.

Таблица 3.1 - Характеристика типов производства

Вид (тип) производства	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования и типоразмера		
	крупных (тяжёлых)	средних	малых (лёгких)
Единичное (индивидуальное)	до 5	до 10	до 100
Серийное	свыше 5 до 1000	свыше 10 до 5000	свыше 100 до 50000
Массовое	свыше 1000	свыше 5000	свыше 50000

Особое внимание необходимо уделить станочным приспособлениям, контрольно-измерительным средствам, режущему инструменту.

В данных условиях наиболее целесообразно применение станочных приспособлений систем УНП и СНП. Приспособления данных систем позволяют устанавливать заготовки с точностью до 9-го качества без выверки. Конструктивно данные приспособления состоят из базового агрегата и сменных наладок, которые проектируются, непосредственно для конкретной детали, либо деталей близких по типоразмерам и конфигурации.

В качестве контрольно-измерительных средств наиболее широко применяются предельные калибры и контрольно-измерительные приспособления, как более производительные и точные способы контроля, в отличие от контрольно-измерительных инструментов, применяемых в единичном производстве.

Применение режущего инструмента довольно разнообразно, находит применение специальный и специализированный инструмент, позволяющий достаточно легко обрабатывать сложные поверхности. Наряду с этим, в настоящее время широко используется сборный режущий инструмент со

сменными режущими пластинами. Это позволяет сменять их без переналадки, не выполняя дополнительных настроечных действий, так как все элементы стандартизированы и унифицированы.

Серийное производство значительно экономичнее, чем единичное, так как лучше используется оборудование, специализация рабочих, увеличение производительности труда обеспечивает уменьшение себестоимости продукции. Серийное производство является наиболее распространённым видом производства в машиностроении. К этому виду производства относятся станкостроение, тепловозо- и дизелестроение, производство прессов, компрессоров.

3.4 Выбор способа получения заготовки

Разработка процесса изготовления заготовки может идти по двум направлениям:

1) получения заготовки, приближающейся по форме и размерам к готовой детали, когда на заготовительные цехи приходится значительная доля трудоёмкости изготовления детали и меньшая доля приходится на механические цехи.

2) получение грубой заготовки с большими припусками, когда на механические цехи приходится основная доля трудоёмкости и себестоимости детали.

Первое направление соответствует массовому и крупносерийному производству.

Второе направление типично для единичного и серийного производства. Заготовка детали «Вал» при массе 5,6кг, максимальной длине $L = 255\text{мм}$, может быть получена: 1) резкой круглого проката; 2) ковкой на молотах; 3) штамповкой на паровоздушных молотах или штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП).

Ковкой на паровоздушных молотах можно получать заготовки массой до 240 тонн различной конфигурации. Заготовки, получаемые ковкой, характеризуются сравнительно грубым приближением к форме готовой детали и для рассматриваемой детали «Вал», с малыми перепадами диаметров, этот способ приемлем в условиях мелкосерийного производства.

На паровоздушных молотах и КГШП можно штамповать детали весом до 200кг, типа плоских поковок, шестерен, крестовин с круглой ступицей, валов, вал - шестерен, рычагов, и т.д. Точность размеров и шероховатость поверхностей штампованных заготовок повышают холодной калибровкой.

Штамповка на КГШП более производительная, припуски и допуски на 20-35% ниже по сравнению со штамповкой на молотах, расход металла на поковки снижается на 10-15%. На КГШП получают детали серийного производства. Заготовки получаемые штамповкой на паровоздушных молотах и КГШП характерны для массового и крупносерийного производства, ввиду значительных затрат на изготовление оснастки.

Анализируя форму детали, с целью определения оптимальной заготовки, необходимо отметить: форма детали «Вал» оптимальна – с уменьшением диаметров к торцам; перепады диаметров незначительны по длине детали; геометрические размеры позволяют выбрать традиционные формы получения заготовки: поковка, штамповка, прокат.

С точки зрения экономии материала, сокращения затрат времени и средств на механическую обработку целесообразно выбрать заготовку, которая по форме, размерам и качеству соответствовала параметрам готовой детали, при максимальном коэффициенте использования материала.

3.4.1 Для рассматриваемой детали «Вал» при серийном производстве возможно применение заготовок получаемых порезкой круглого проката. Эскиз заготовки приведен на рисунке 3.2.

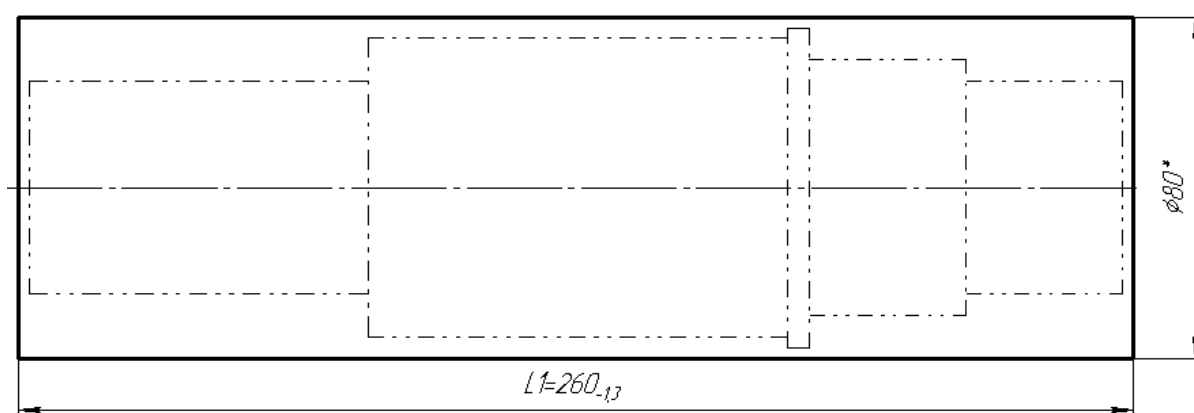


Рисунок 3.2 – Заготовка детали - прокат

Расчёт массы заготовки:

$$M_3 = M_{(L=1M)} \times L_3 = 39,46 \times 0,26 = 10,26 \text{ кг},$$

где $M_{(L=1M)\phi 80} = 39,46$ кг – масса круга $\phi 80$ мм, длиной 1 м;
 $L_3 = 260$ мм – длина заготовки.

Коэффициент использования материала:

$$КИМ_{\text{ПРОКАТА}} = \frac{M_{\phi}}{M_{31}} = \frac{5,6}{10,26} = 0,55.$$

3.4.2 Для рассматриваемой детали «Вал» при серийном производстве возможно применение заготовок получаемых ковкой на паровоздушном молоте. Эскиз поковки приводится на рисунок 3.3.

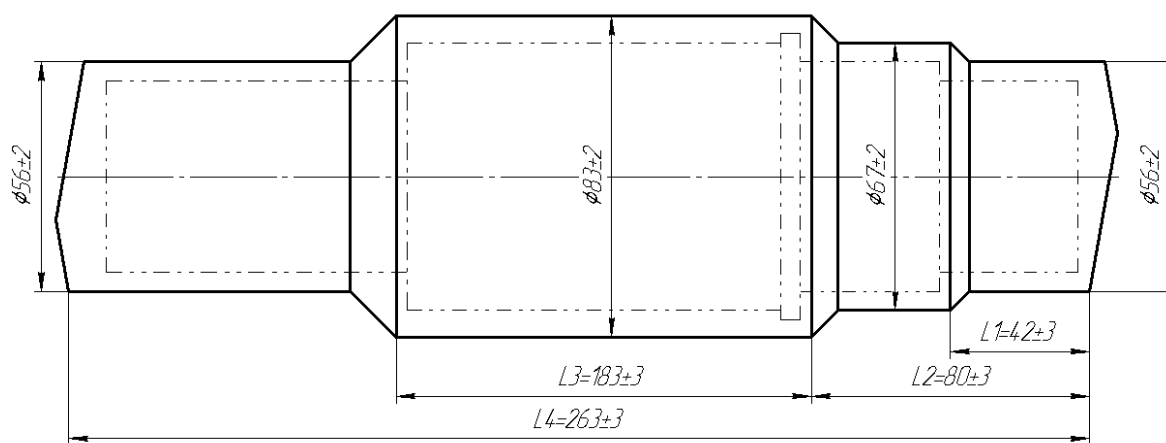


Рисунок 3.3 – Заготовка детали - поковка

При этом коэффициент использования металла равен:

$$КИМ_{\text{ПОКОВКИ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_{\text{З}}} = \frac{5,6}{8,16} = 0,69,$$

где $M_{\text{Д}} = 5,6$ кг – масса детали,

$M_{\text{З}} = 12,2$ кг – масса заготовки.

Расчёт массы заготовки:

$$M_{\text{З}} = V_{\text{ЗАГОТ}} \cdot \gamma = 1,04 \cdot 7,85 = 8,16 \text{ кг}$$

где $V_{\text{ЗАГОТ}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 0,18 + 0,59 + 0,17 + 0,1 = 1,04 \text{ дм}^3$;

$\gamma = 7,85 \text{ кг} / \text{дм}^3$ - плотность стали,

$$V_1 = \frac{\pi \times D_1^2}{4} \times H_1 = \frac{3,14 \times 0,56^2}{4} \times 0,71 = 0,18 \text{ дм}^3 - \text{объём заготовки вала}$$

Ø56мм, длиной 263 - (112 + 80) = 71мм;

$$V_2 = \frac{\pi \times D_2^2}{4} \times H_2 = \frac{3,14 \times 0,82^2}{4} \times 1,12 = 0,59 \text{ дм}^3 - \text{объём заготовки вала}$$

Ø83мм, длиной 112мм.

$$V_3 = \frac{\pi \times D_3^2}{4} \times H_3 = \frac{3,14 \times 0,67^2}{4} \times 0,48 = 0,17 \text{ дм}^3 - \text{объём заготовки вала}$$

Ø67мм, длиной 80 - 42 = 48мм.

$$V_4 = \frac{\pi \times D_4^2}{4} \times H_4 = \frac{3,14 \times 0,56^2}{4} \times 0,42 = 0,1 \text{ дм}^3 - \text{объём заготовки вала}$$

Ø56мм, длиной 42мм.

3.4.3 Для рассматриваемой детали «Вал» при серийном производстве возможно применение заготовок получаемых штамповкой на паровоздушном молоте или КГШП. Эскиз штамповки приводится на рисунке 3.4.

При этом коэффициент использования металла равен:

$$КИМ_{\text{штамповки}} = \frac{M_D}{M_3} = \frac{5,6}{6,83} = 0,82,$$

где $M_D = 5,6$ кг – масса детали,
 $M_3 = 5,81$ кг – масса заготовки.

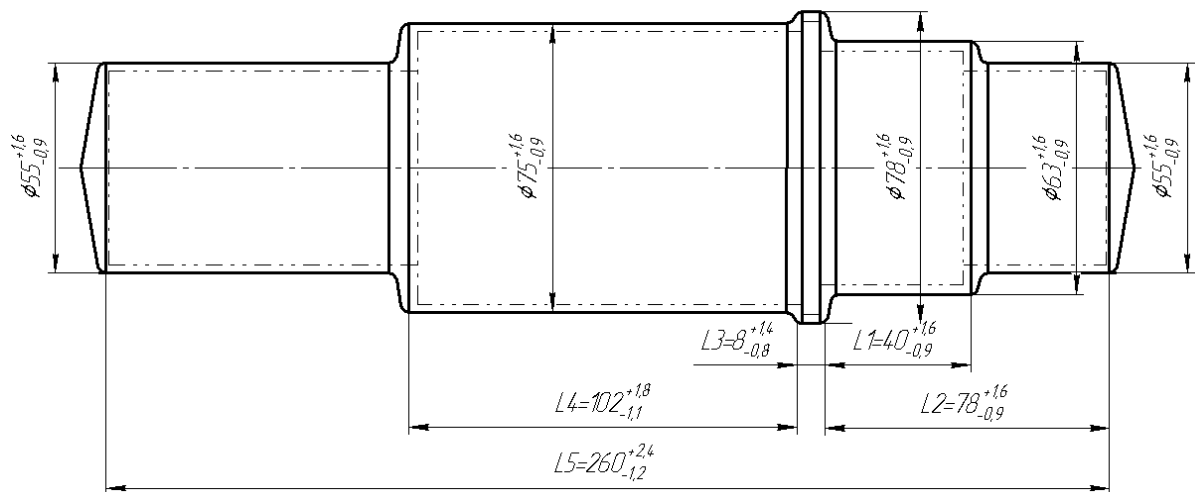


Рисунок 3.4 – Заготовка детали - штамповка

Расчёт массы заготовки:

$$M_3 = V_{\text{загот}} \cdot \gamma = 0,87 \cdot 7,85 = 6,83 \text{ кг}$$

$$\begin{aligned} \text{где } V_{\text{загот}} &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = \\ &= 0,17 + 0,45 + 0,04 + 0,12 + 0,09 = 0,87 \text{ дм}^3; \end{aligned}$$

$V_1 = \frac{\pi \times D_1^2}{4} \times H_1 = \frac{3,14 \times 0,55^2}{4} \times 0,72 = 0,17 \text{ дм}^3$ - объём заготовки вала Ø55мм, длиной 260- (102 + 8 + 78) = 72мм,

$V_2 = \frac{\pi \times D_2^2}{4} \times H_2 = \frac{3,14 \times 0,75^2}{4} \times 1,02 = 0,45 \text{ дм}^3$ - объём заготовки вала Ø75мм, длиной 102мм,

$V_3 = \frac{\pi \times D_3^2}{4} \times H_3 = \frac{3,14 \times 0,78^2}{4} \times 0,08 = 0,04 \text{ дм}^3$ - объём заготовки вала Ø78мм, длиной 8мм,

$$V_4 = \frac{\pi \times D_4^2}{4} \times H_4 = \frac{3,14 \times 0,63^2}{4} \times 0,4 = 0,12 \text{ дм}^3 - \text{объём заготовки вала}$$

Ø63мм, длиной 40мм,

$$V_5 = \frac{\pi \times D_5^2}{4} \times H_5 = \frac{3,14 \times 0,55^2}{4} \times 3,38 = 0,09 \text{ дм}^3 - \text{объём заготовки вала}$$

Ø55мм, длиной $78 - 40 = 38$ мм;

Таким образом, КИМ для различных способов получения заготовок следующий:

1-й – прокат, КИМ = 0,55;

2-й – поковка, КИМ = 0,69;

3-й – штамповка, КИМ = 0,82.

Для рассматриваемой детали «Вал», в серийном производстве, ввиду довольно высокого коэффициента использования металла, наиболее отвечающей всем вышеперечисленным требованиям, выбрана заготовка-штамповка, получаемая на КГШП.

3.5 Расчёт минимальных операционных припусков для линейных поверхностей детали

Припуски рассчитываются по методу группирования торцов по одинаковой шероховатости.

$$L = 98 \text{ мм}, \quad L = 5 \text{ мм} \quad Ra = 6,3 \text{ мкм}.$$

1. Заготовка – штамповка: $Rz = 150 \text{ мкм}$ $\delta = 1,4 \text{ мм}$.

2. Точение предварительное, шероховатость $Rz = 50 \text{ мкм}$.

3. Точение окончательное: $Rz = 25 \text{ мкм}$;

Таблица 3.1 – Расчёт припуска на размер $L = 98 \text{ мм}$, $Ra = 6,3 \text{ мкм}$

Технологический переход обработки	Элементы припуска				Расчётный припуск Z_{\min}
	Rz	T	ρ	ϵ	
Заготовка (штамповка)	150	150	808	-	-
Точение предварительное	50	50	48	121	1229
Точение окончательное	25	30	40,4	86	234

$$\rho_{\text{заг.}} = \sqrt{\rho_{\kappa}^2 + \rho_{\text{см.}}^2};$$

$\rho_{\kappa} = \Delta\kappa \times D$; $\Delta\kappa = 1,5 \text{ мкм/мм}$ – удельная кривизна заготовки;

$$\rho_{\kappa} = 1,5 \times 75 = 112,5 \text{ мкм}; \quad \rho_{\text{см.}} = 0,8 = 800 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{заг.}} = \sqrt{112,5^2 + 800^2} = 808 \text{ мкм};$$

$$\rho_{ост.} = \rho_{заг.} \times K_{yi};$$

K_{yi} – коэффициент уточнения; $K_{y1} = 0,06$; $K_{y2} = 0,05$;

ε – погрешность установки, мкм;

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{пр.}^2};$$

ε_{δ} – погрешность базирования; $\varepsilon_{\delta} = 0$ (приспособление самоцентрирующее);

ε_z – погрешность закрепления; $\varepsilon_{z1} = 110$ мкм; $\varepsilon_{z2} = 40$ мкм; $\varepsilon_{z3} = 0$;

$\varepsilon_{пр.}$ – погрешность приспособления; $\varepsilon_{пр.чер.} = 0,05$ мм;

$\varepsilon_{пр.чист.} = 0,01 \dots 0,005$ мм;

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{30}{100} \times 100 \dots 200 = 30 \dots 60 \text{ мкм. Принято } 45 \text{ мкм.}$$

Определяем расчётное значение минимального припуска по формуле:

$$z_{\min} = (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi})$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3.1.

$$L = 79 \text{ мм, } Ra = 1,25 \text{ мкм.}$$

1 Заготовка – штамповка: $Rz = 150$ мкм $\delta = 1,4$ мм.

2 Точение предварительное, шероховатость $Rz = 50$ мкм.

3 Точение окончательное: $Rz = 20$ мкм;

4 Шлифование окончательное: $Rz = 6,3$ мкм.

Таблица 3.2 – Расчёт припуска на размер $L = 79$ мм; $Ra = 1,25$ мкм

Технологический переход обработки	Элементы припуска				Расчётный припуск Z_{\min}
	Rz	T	ρ	ε	
Заготовка (штамповка)	150	150	807	-	-
Точение предварительное	50	50	48	120	1227
Точение окончательное	20	30	40	81	229
Шлифование окончательное	6,3	15	4	61	151

$$\rho_{заг.} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{см.}^2};$$

$$\rho_k = 1,5 \times 70 = 105 \text{ мкм; } \rho_{см.} = 0,8 = 800 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{заг.} = \sqrt{105^2 + 800^2} = 807 \text{ мкм;}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np.}^2}; \quad \varepsilon_{\delta} = 0 \text{ (приспособление самоцентрирующее);}$$

$$\varepsilon_{31} = 110 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{32} = 80 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{33} = 60 \text{ мкм}.$$

Определяем расчётное значение минимального припуска по формуле:

$$z_{\min} = (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi})$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3.2.

$$L = 36,5 \text{ мм}, \quad Ra = 2,5 \text{ мкм}.$$

1 Заготовка – штамповка - $Rz = 150 \text{ мкм}$ $\delta = 1,4 \text{ мм}$.

2 Точение предварительное - $Rz = 50 \text{ мкм}$.

3 Точение окончательное - $Rz = 20 \text{ мкм}$;

4 Шлифование окончательное - $Rz = 6,3 \text{ мкм}$.

Таблица 3.3 – Расчёт припуска на размер $L = 36,5 \text{ мм}$; $Ra = 2,5 \text{ мкм}$

Технологический переход обработки	Элементы припуска				Расчётный припуск Z_{\min}
	Rz	T	ρ	ε	
Заготовка (штамповка)	150	150	805	-	-
Точение предварительное	50	50	47	121	1076
Точение окончательное	20	30	39	91	238
Шлифование окончательное	10	20	4	71	160

$$\rho_{заг.} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{с.м.}^2};$$

$$\rho_k = 1,5 \times 60 = 90 \text{ мкм}; \quad \rho_{с.м.} = 0,8 \times 800 = 800 \text{ мкм};$$

$$\rho_{заг.} = \sqrt{90^2 + 800^2} = 805 \text{ мкм};$$

$$\rho_{ост.} = \rho_3 \times k_{yi}; \quad \varepsilon_{31} = 110 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{32} = 90 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{33} = 70 \text{ мкм}.$$

Определяем расчётное значение минимального припуска по формуле:

$$z_{\min} = (Rz_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi})$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3.3.

$$L = 255 \text{ мм}, \quad Ra = 12,5 \text{ мкм}.$$

1 Заготовка – штамповка - $Rz = 150 \text{ мкм}$ $\delta = 1,4 \text{ мм}$.

2 Точение предварительное - $Rz = 80 \text{ мкм}$.

3 Точение окончательное - $R_z = 50 \text{ мкм}$.

Таблица 3.4 – Расчёт припуска на размер $L = 255 \text{ мм}$; $R_a = 12,5 \text{ мкм}$

Технологический переход обработки	Элементы припуска				Расчётный припуск Z_{\min}
	R_z	T	ρ	ε	
Заготовка (штамповка)	150	150	803	-	-
Точение предварительное	80	100	48	112	2223
Точение окончательное	50	50	40	94	322

$$\rho_{\text{заг.}} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{\text{с.м.}}^2};$$

$$\rho_k = 1,5 \times 50 = 75 \text{ мкм}; \quad \rho_{\text{с.м.}} = 0,8 = 800 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{заг.}} = \sqrt{75^2 + 800^2} = 803 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_0 = 0; \quad \varepsilon_1 = 110 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_2 = 80 \text{ мкм};$$

Определяем расчётное значение минимального припуска по формуле:

$$z_{\min} = (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi})$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3.4.

3.5 Выбор технологических маршрутов обработки детали «Вал»

Вариант 1

005 Фрезерно-центровальная (предварительная).

006 Фрезерно-центровальная (окончательная).

010 Токарно – винторезная с переустановом (предварительная).

011 Токарно – винторезная с переустановом (окончательная).

015 Круглошлифовальная с переустановом.

Вариант 2

005 Горизонтально-расточная с переустановом.

010 Токарная с ЧПУ, с переустановом.

015 Круглошлифовальная с переустановом

Вариант 3

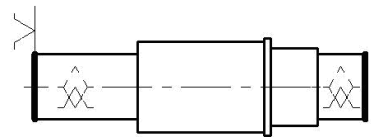
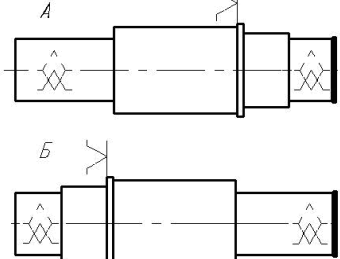
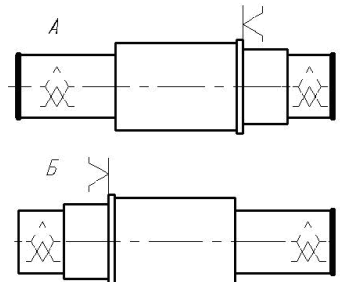
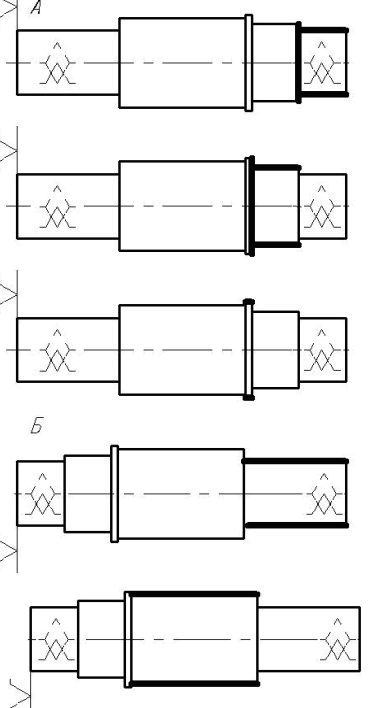
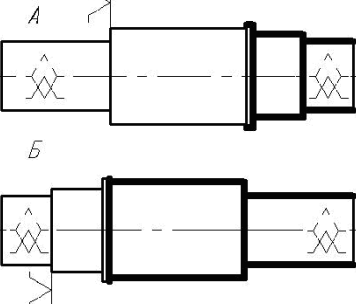
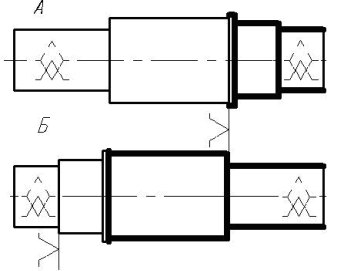
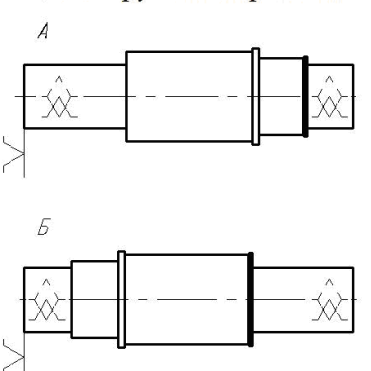
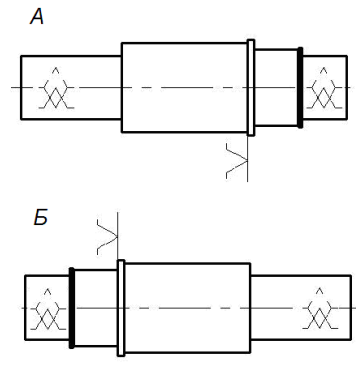
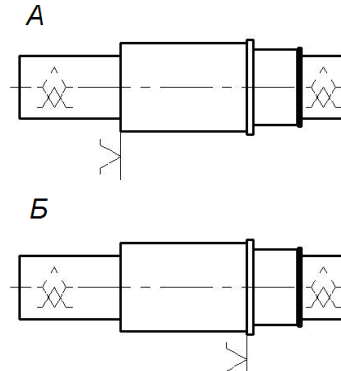
005 Горизонтально-расточная с переустановом.

010 Токарно-гидрокопировальная с переустановом.

015 Круглошлифовальная с переустановом

Варианты представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Варианты обработки детали

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
<p>005,006 Фрезерно-центровальная</p> 	<p>005 Горизонтально-расточная</p> 	<p>005 Горизонтально-расточная</p> 
<p>015,020 Токарно-винторезная</p> 	<p>010 Токарная с ЧПУ</p> 	<p>010 Токарно-гидрокотировальная</p> 
<p>025,030 Круглошлифовальная</p> 	<p>015 Круглошлифовальная</p> 	<p>015 Круглошлифовальная</p> 

3.6 Теоретический анализ технологических вариантов изготовления детали

Назначение операционных размеров, окончательных припусков и допусков.

Конструкторские размеры детали «Вал» имеют следующие значения:

$$A = 79^{+0,021}_{+0,002} \text{ мм}; B = 98_{-0,074} \text{ мм}; C = 5_{-0,03} \text{ мм}; D = 36,5^{+0,018}_{+0,002} \text{ мм}; \\ E = 255_{-0,52} \text{ мм}$$

Припуски на линейные размеры рассчитаны в п. 4.4.

$$\begin{aligned} Z_1 = Z_{14} &= 2,223 \text{ мм} & Z_6 = Z_9 &= 1,229 \text{ мм} \\ Z_2 = Z_{13} &= 0,322 \text{ мм} & Z_7 = Z_8 &= 0,234 \text{ мм} \\ Z_3 &= 1,227 \text{ мм} & Z_{10} &= 0,160 \text{ мм} \\ Z_4 &= 0,229 \text{ мм} & Z_{11} &= 0,238 \text{ мм} \\ Z_5 &= 0,151 \text{ мм} & Z_{12} &= 1,076 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_1 &= B - Z_6 - Z_7 + Z_3 + Z_4 + Z_5 = 98,144 \text{ мм} \\ L_2 &= C + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 = 5 + 2 \times 1,229 + 2 \times 0,234 = 7,926 \text{ мм} \\ L_3 &= D + C + Z_6 + Z_7 + Z_{10} + Z_{11} + Z_{12} = 36,5 + 5 + 0,160 + 0,238 + \\ &+ 1,076 + 0,234 + 1,229 = 44,437 \text{ мм} \\ L_4 &= E + Z_1 + Z_2 + Z_{13} + Z_{14} = 255 + 2,223 + 0,322 + 0,322 = 260,09 \text{ мм} \end{aligned}$$

Допуски на линейные размеры определяем по ГОСТ 7505 – 89:

Исходный индекс – 13

$$\begin{aligned} L_1 &= 98,144^{+1,6}_{-0,9} \text{ мм}; L_2 = 7,926^{+1,4}_{-0,8} \text{ мм}; L_3 = 44,437^{+1,6}_{-0,9} \text{ мм}; \\ L_4 &= 260,09^{+2,4}_{-1,2} \text{ мм}. \end{aligned}$$

Рассмотрим вариант №1 (рисунок 3.6 и 3.7)

Цепь 1 является двухзвённой, т. е. технологические размеры совпадают с конструкторской базой $l_{14} = A = 79 \text{ мм}$.

Допуск на размер назначен по к6: $l_{14} = 79^{+0,021}_{+0,002} \text{ мм}$; $ESl_{14} = 0,021 \text{ мм}$; $EIl_{14} = 0,002 \text{ мм}$.

Цепь 2. Исходное уравнение:

$$l_1 - L_4 + Z_{14} = 0;$$

$$l_1 = L_4 - Z_{14} = 260,09 - 2,223 = 257,867 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h14: $l_1 = 257,867_{-1,3}$; $ESl_1 = 0 \text{ мм}$; $EIl_1 = -1,3 \text{ мм}$.

Цепь 3. Исходное уравнение:

$$l_2 - l_1 + Z_1 = 0;$$

$$l_2 = l_1 - Z_1 = 257,867 - 2,223 = 255,644 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h14: $l_2 = 255,644_{-1,3}$; $ESl_1 = 0 \text{ мм}$; $EIl_1 = -1,3 \text{ мм}$.

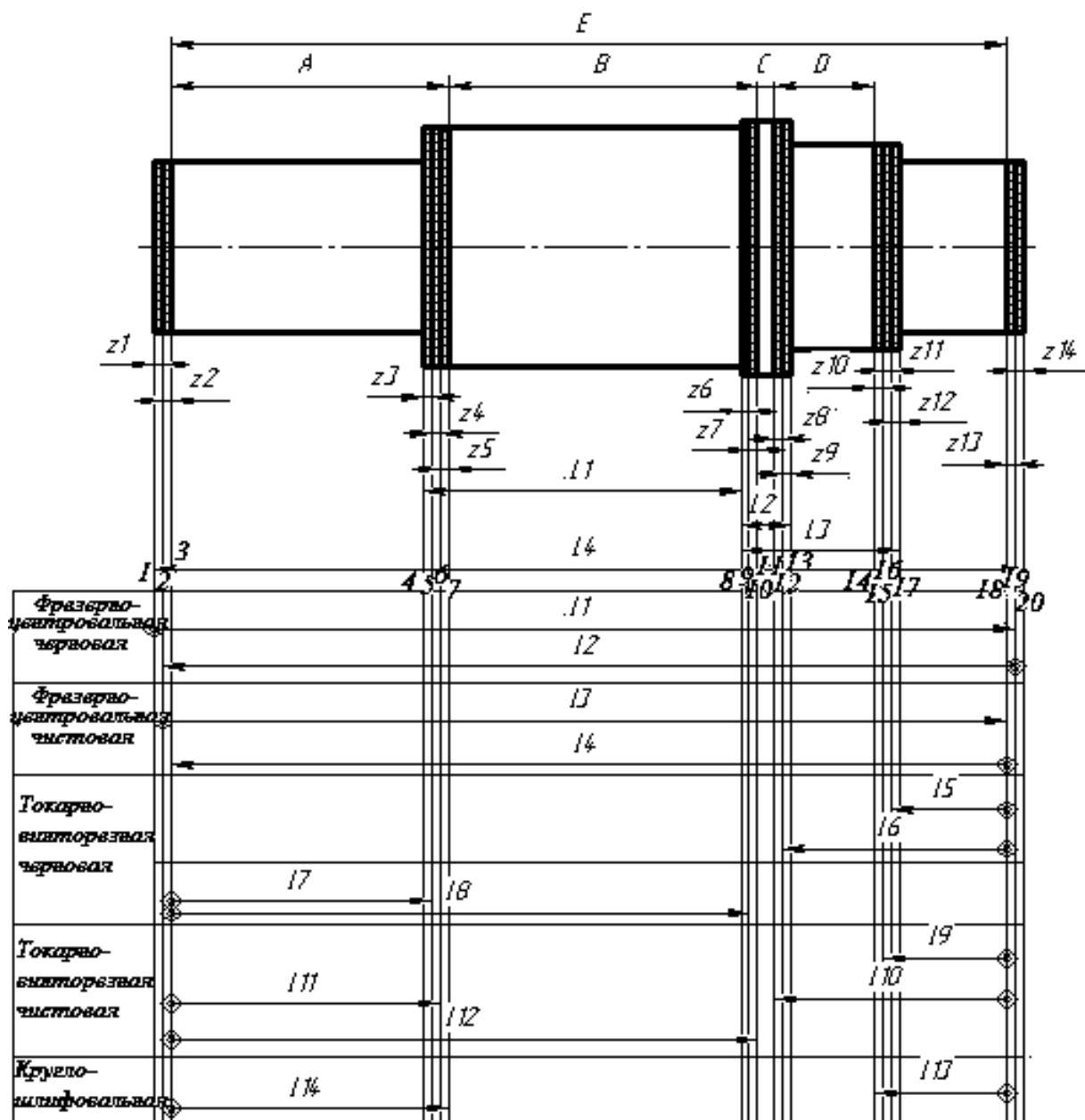


Рисунок 3.6 – Размерная схема технологического процесса по варианту №1

Цепь 4. Исходное уравнение:

$$l_3 + Z_{13} - l_2 = 0;$$

$$l_3 = l_2 - Z_{13} = 255,644 - 0,322 = 255,322 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h12: $l_3 = 255,322 \text{ }_{-0,110}^0$; $ESl_3 = 0 \text{ мм}$; $EIl_3 = -0,4 \text{ мм}$.

Цепь 5. Исходное уравнение:

$$l_4 - l_3 + Z_2 = 0;$$

$$l_4 = l_3 - Z_2 = 255,322 - 0,322 = 255 \text{ мм};$$

Допуск назначаем по h12: $l_4 = 255_{-0,4}$; $ESl_4 = 0$ мм; $EIl_4 = -0,4$ мм.

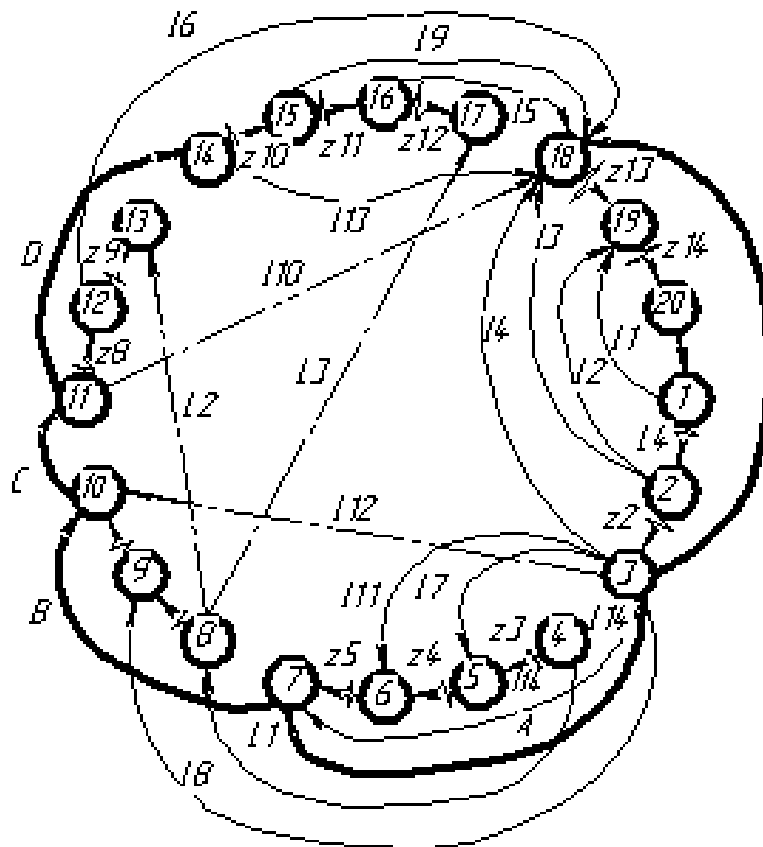


Рисунок 3.7 – Граф-схема технологического процесса по варианту № 1

Цепь 6. Исходное уравнение:

$$A + B - l_{12} = 0;$$

$$l_{12} = A + B = 79 + 98 = 177 \text{ мм};$$

Допуск назначаем по h9: $l_{12} = 177_{-0,1}$; $ESl_{12} = 0$ мм; $EIl_{12} = -0,1$ мм.

Цепь 7. Исходное уравнение:

$$l_{12} + C + l_{10} - l_4 = 0;$$

$$l_{10} = l_4 - l_{12} - C = 255 - 177 - 5 = 73 \text{ мм};$$

Допуск назначаем по h9: $l_{10} = 73_{-0,074}$; $ESl_{10} = 0$ мм; $EIl_{10} = -0,074$ мм.

Цепь 8. Исходное уравнение:

$$l_{13} = l_{10} - D = 73 - 36,5 = 36,5 \text{ мм};$$

$$ESl_{13} = 0 + 0 = 0 \text{ мм}; \quad EIl_{13} = (-0,074) + (-0,004) = -0,078 \text{ мм}.$$

$$l_{13} = 36,5_{-0,078} \text{ мм}.$$

Цепь 9. Исходное уравнение:

$$l_9 = l_{13} - Z_{10};$$

$$l_9 = 36,5 - 0,160 = 36,34 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h9: $l_9 = 36,5_{-0,062}$ мм; $ESl_9 = 0$ мм; $EIl_9 = -0,062$ мм.

Цепь 10. Исходное уравнение:

$$l_5 = l_9 - Z_{11} = 36,34 - 0,238 = 36,102 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h12: $l_5 = 36,102_{-0,25} \text{ мм; } ES l_5 = 0 \text{ мм; } EI l_5 = -0,25 \text{ мм.}$

Цепь 11. Исходное уравнение:

$$l_6 = l_{10} - Z_8 = 73 - 0,234 = 72,766 \text{ мм.}$$

Допуск по h14: $l_6 = 72,766_{-0,74} \text{ мм; } ES l_6 = 0 \text{ мм; } EI l_6 = -0,74 \text{ мм.}$

Цепь 12. Исходное уравнение:

$$l_6 = A - Z_5 = 79 - 0,151 = 78,849 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h8: $l_{11} = 78,849_{-0,045} \text{ мм; } ES l_{11} = 0 \text{ мм;}$

$$EI l_{11} = -0,045 \text{ мм.}$$

Цепь 13. Исходное уравнение:

$$l_7 = l_{11} - Z_4 = 78,849 - 0,229 = 78,62 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h12: $l_7 = 78,62_{-0,3} \text{ мм; } ES l_7 = 0 \text{ мм; } EI l_7 = -0,3 \text{ мм.}$

Цепь 14. Исходное уравнение:

$$l_8 = B + A - Z_7 = 98 + 79 - 0,234 = 176,766 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h14: $l_8 = 176,766_{-0,1} \text{ мм; } ES l_8 = 0 \text{ мм; } EI l_8 = -1,0 \text{ мм.}$

Рассмотрим вариант №2 (рисунок 3.8 и 3.9).

Цепь 1. Является двухзвенной, т. е. технологические размеры совпадают с конструкторской базой.

$$l_{13} = B = 98_{-0,074} \text{ мм}$$

Цепь 2. Исходное уравнение:

$$l_{10} = C + B + Z_5 + Z_4 = 5 + 98 + 0,151 + 0,229 = 103,38 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h9:

$$l_{10} = 103,38_{-0,087} \text{ мм; } ES l_{10} = 0 \text{ мм; } EI l_{10} = -0,087 \text{ мм.}$$

Цепь 3. Исходное уравнение:

$$l_{14} = B + C + D = 98 + 5 + 36,5 = 139,5 \text{ мм;}$$

$$ES l_{14} = 0 + 0 + 0,018 = 0,018 \text{ мм;}$$

$$EI l_{14} = -0,074 + (-0,03) + 0,002 = -0,0354 \text{ мм;}$$

$$l_{14} = 139,5_{-0,0354}^{+0,018} \text{ мм;}$$

Цепь 4. Исходное уравнение:

$$l_{11} = l_{14} + z_{10};$$

$$l_{11} = 139,5 + 0,160 = 139,66 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h9: $l_{11} = 139,66_{-0,1}; ES l_{11} = 0; EI l_{11} = -0,1 \text{ мм.}$

Цепь 5. Исходное уравнение:

$$l_8 = l_{11} + z_7 + z_{11};$$

$$l_8 = 139,66 + 0,234 + 0,238 = 140,132 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h12: $l_8 = 140,132_{-0,4}; ES l_8 = 0; EI l_8 = -0,4 \text{ мм.}$

Цепь 6. Исходное уравнение:

$$l_9 = l_{10} + D + z_{10};$$

$$l_9 = 103,38 + 36,5 + 0,160 = 140,04 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h8: $l_9 = 140,04_{-0,063}; ES l_9 = 0; EI l_9 = -0,063 \text{ мм.}$

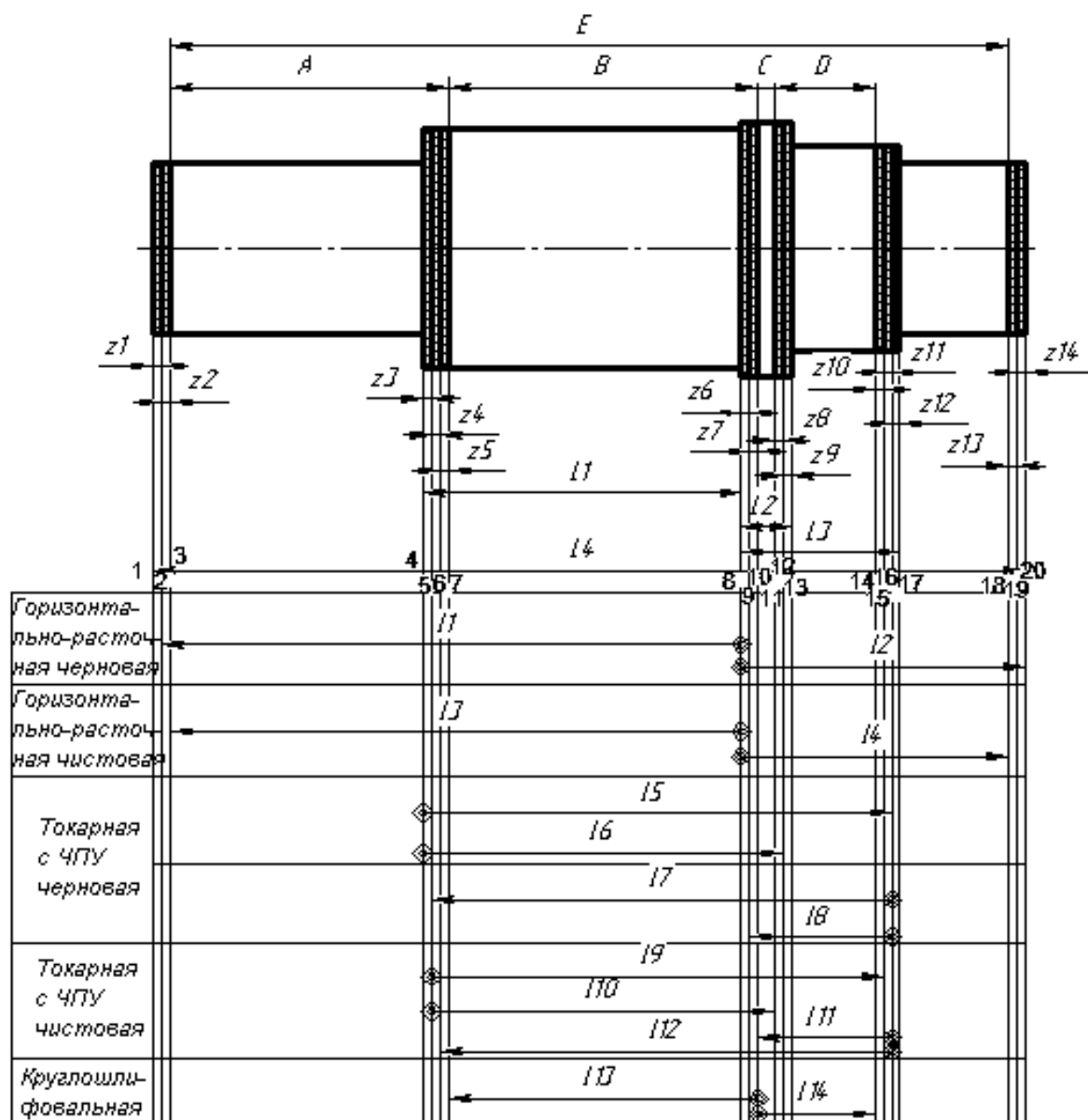


Рисунок 3.8 – Размерная схема технологического процесса по варианту №2

Цепь 7. Исходное уравнение:

$$l_7 = l_9 + z_{11};$$

$$l_7 = 140,04 + 0,238 = 140,278 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h14: $l_7 = 140,278_{-1,0}$; $ESl_7 = 0$; $EI l_7 = -1,0 \text{ мм.}$

Цепь 8. Исходное уравнение:

$$l_5 = l_7 - z_3;$$

$$l_5 = 140,278 - 1,227 = 139,051 \text{ мм;}$$

Допуск назначаем по h14: $l_5 = 139,051_{-1,0}$; $ESl_5 = 0$; $EI l_5 = -1,0 \text{ мм.}$

Цепь 9. Исходное уравнение:

$$l_3 = B + A - z_6 - z_7 = 98 + 79 - 1,229 - 0,234 = 175,771 \text{ мм;}$$

$$l_3 = 175,771_{-0,52}.$$

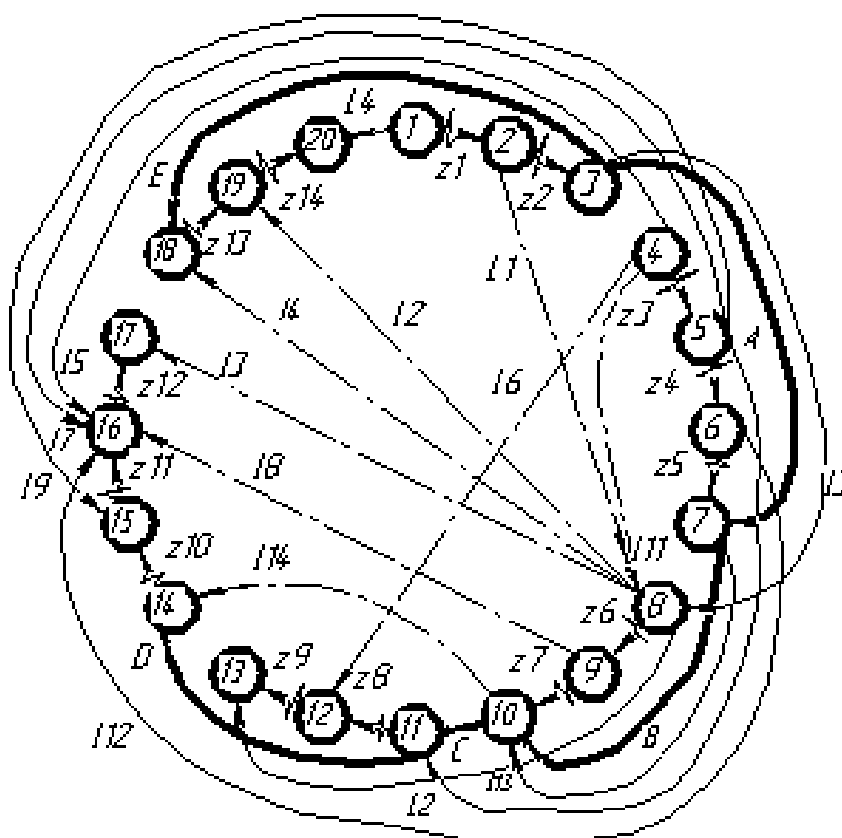


Рисунок 3.9 – Граф-схема технологического процесса по варианту № 2

Цепь 10. Исходное уравнение:

$$l_1 = l_3 + z_2 = 175,771 + 0,322 = 176,093 \text{ мм};$$

Допуск назначаем по h14: $l_1 = 176,093_{-1,0}$; $ESl_1 = 0$; $EIl_1 = -1,0 \text{ мм}$.

Цепь 11. Исходное уравнение:

$$l_4 = E - l_3;$$

$$l_4 = 255 - 175,771 = 79,229_{-0,052}^{+0,052};$$

$$ESl_4 = 0 + (0,052) = 0,052 \text{ мм};$$

$$EIl_4 = 0 - (0,052) = -0,052 \text{ мм}.$$

Цепь 12. Исходное уравнение:

$$l_2 = l_4 + z_{13};$$

$$l_2 = 79,229 + 1,227 = 80,456 \text{ мм};$$

Допуск назначаем по h14: $l_2 = 80,456_{-0,740}$; $ESl_2 = 0$; $EIl_2 = -0,740 \text{ мм}$.

Цепь 13. Исходное уравнение:

$$l_{12} = l_9 - z_4;$$

$$l_{12} = 140,04 - 0,229 = 139,811 \text{ мм};$$

Допуск назначаем по h8: $l_{12} = 139,811_{-0,063}$; $ESl_{12} = 0$; $EIl_{12} = -0,063 \text{ мм}$.

Цепь 14. Исходное уравнение:

$$l_6 = l_{10} + z_8 + z_3;$$

$$l_6 = 103,38 + 0,234 + 1,227 = 104,841 \text{ мм};$$

Допуск по назначаем по h14: $l_6 = 104,841_{-0,087}$; $ESl_6 = 0$; $EIl_6 = -0,087 \text{ мм}$.

Рассмотрим 3-й вариант (рисунок 3.10 и 3.11).

Цель 1 и *7* являются двухзвенными, т.е. технологические размеры совпадают с конструкторскими.

$$l_{12} = C = 5_{-0,03};$$

$$l_{14} = D = 36,5^{+0,018}_{+0,002};$$

Цель 2. Исходное уравнение:

$$l_{13} = C + B; \quad l_{13} = 98 + 5 = 103 \text{ мм};$$

$$EI_{13} = +0,018 + (-0,074) = -0,056 \text{ мм};$$

$$ESl_{13} = 0 + 0,002 = 0,002 \text{ мм};$$

$$l_{13} = 103^{+0,002}_{-0,056}.$$

Цель 3. Исходное уравнение:

$$l_{11} = l_{13} + z_5;$$

$$l_{11} = 103 + 0,151 = 103,151 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h8: $L_{11} = 103,151_{-0,054}$; $ESl_{11} = 0$; $EI_{11} = -0,054 \text{ мм}.$

Цель 4. Исходное уравнение:

$$l_{10} = l_{12} + z_4;$$

$$l_{10} = 5 + 0,229 = 5,229_{-0,03};$$

$$ES \, l_{10} = 0; \quad EI \, l_{10} = -0,03;$$

Цель 5. Исходное уравнение:

$$l_8 = l_{10} + z_8 = 5,229 + 0,234 = 5,463 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h14: $l_8 = 5,463_{-0,3}$; $ESl_8 = 0$; $EI_{l_8} = -0,30 \text{ мм}.$

Цель 6. Исходное уравнение:

$$l_6 = l_8 + z_6;$$

$$l_6 = 5,463 + 1,229 = 6,692 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h14: $l_6 = 6,692_{-0,36}$; $ESl_6 = 0$; $EI_{l_6} = -0,36 \text{ мм}.$

Цель 8. Исходное уравнение:

$$l_9 = l_{10} + D + z_{10};$$

$$l_9 = 5,229 + 36,5 + 0,160 = 41,889 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h8:

$$ESl_9 = 0; \quad EI_{l_9} = -0,039; \quad l_9 = 41,889_{-0,039}.$$

Цель 9. Исходное уравнение:

$$l_5 = L_3 - z_{12};$$

$$l_5 = 44,437 - 1,076 = 43,361 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h14:

$$ESl_5 = 0; \quad EI_{l_5} = 0,62; \quad l_5 = 43,361_{-0,62}.$$

Цель 10. Исходное уравнение:

$$l_7 = l_{11} + z_4 + z_8;$$

$$l_7 = 103,151 + 0,229 + 0,234 = 103,613 \text{ мм}.$$

Допуск назначаем по h14:

$$ESl_7 = 0; \quad EI_{l_7} = -1,4; \quad l_7 = 103,613_{-1,4}.$$

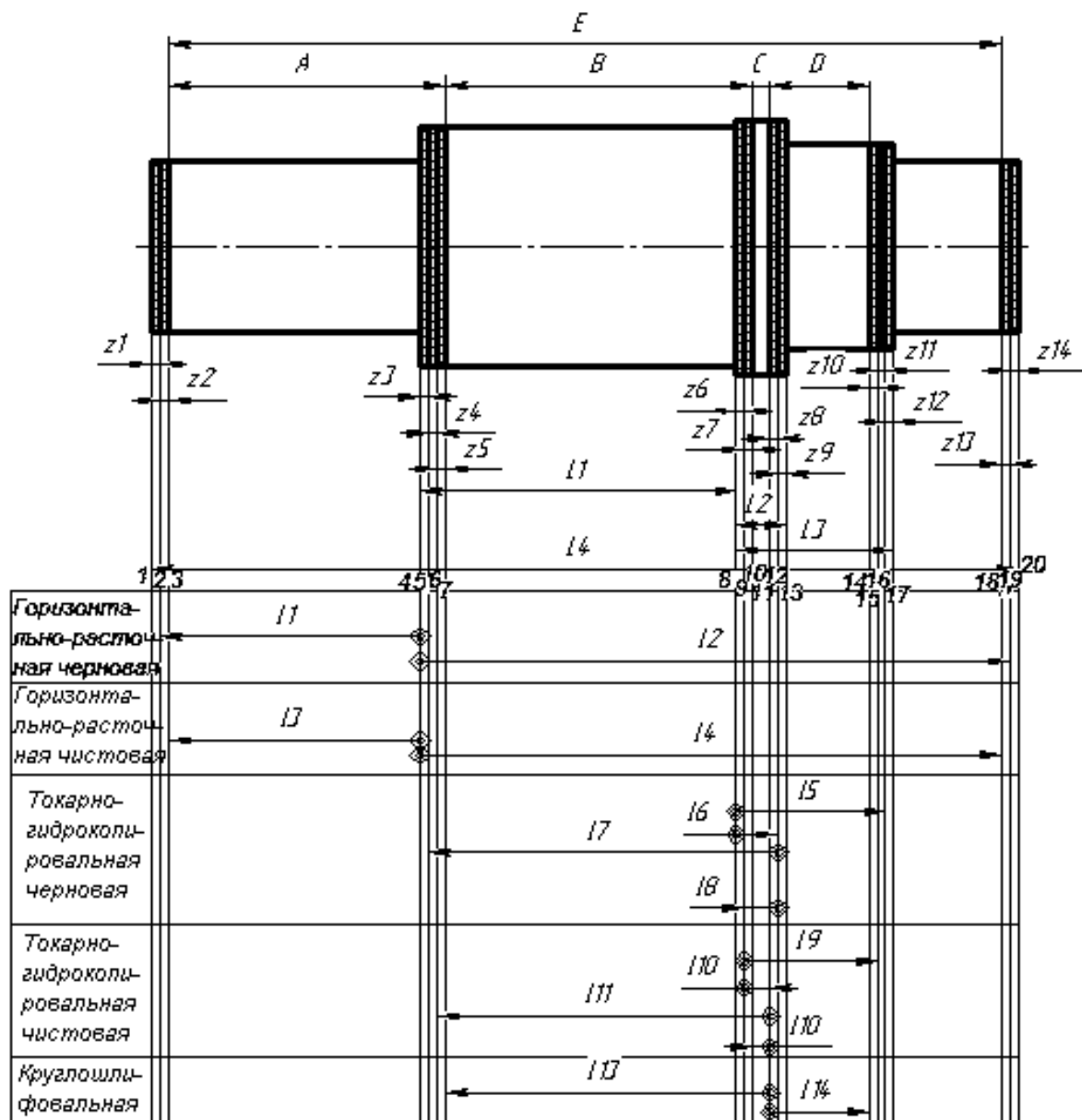


Рисунок 3.10 – Размерная схема технологического процесса по варианту №3

Цель 11. Исходное уравнение:

$$l_3 = A - z_3 - z_4 - z_5;$$

$$l_3 = 79 - 1,227 - 0,229 - 0,151 = 77,393 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h8:

$$ESl_3 = 0; \quad EIl_3 = 0,046; \quad l_3 = 77,393_{-0,046}.$$

Цель 12. Исходное уравнение:

$$l_1 = l_3 + z_2;$$

$$l_1 = 77,393 + 0,322 = 77,715 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h14:

$$ESl_1 = 0; \quad EIl_1 = -0,74; \quad l_1 = 77,715_{-0,74}.$$

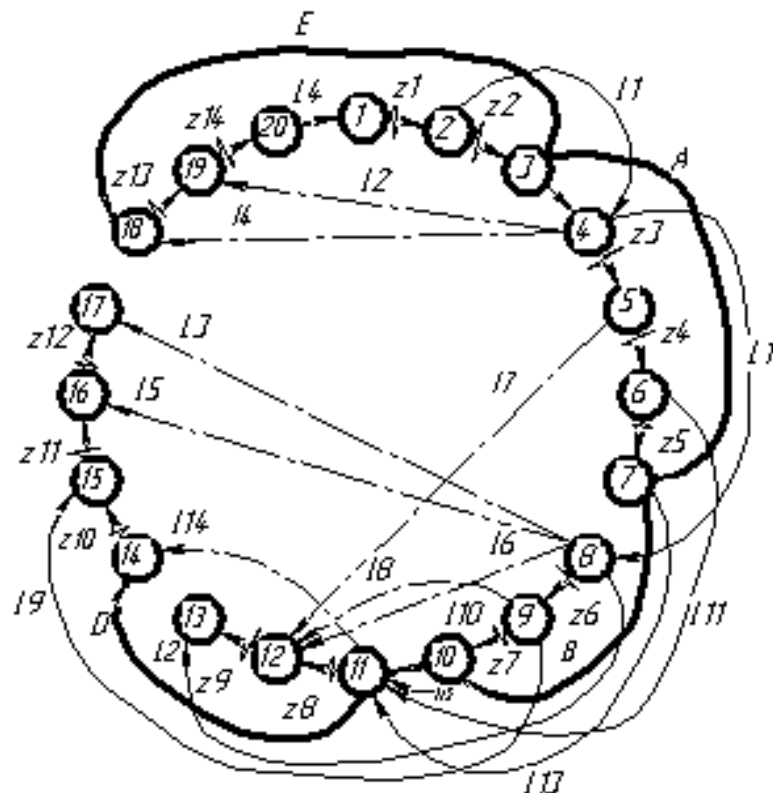


Рисунок 3.11 – Граф-схема технологического процесса по варианту № 3

Цепь 13. Исходное уравнение:

$$l_4 = E - l_3;$$

$$l_4 = 255 - 77,393 = 177,607 \text{ мм.}$$

$$EI_4 = 0 + (-0,046) = -0,046;$$

$$ESl_4 = 0 - (-0,52) = +0,52;$$

$$l_4 = 177,607^{+0,52}_{-0,046};$$

Цепь 14. Исходное уравнение:

$$l_2 = l_4 + z_{13};$$

$$l_2 = 177,607 + 0,322 = 177,929 \text{ мм.}$$

Допуск назначаем по h14:

$$ESl_2 = 0; \quad EI_2 = -0,74; \quad l_2 = 177,929_{-0,74}.$$

3.7 Выбор оптимального технологического маршрута обработки детали

005 Фрезерно-центровальная (предварительная)

006 Фрезерно-центровальная (окончательная)

010 Токарно – винторезная с переустановом (предварительная)

011 Токарно – винторезная с переустановом (окончательная)

015 Круглошлифовальная с переустановом

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- 1 **Маталин А.А.** Технология машиностроения / А.А. Маталин. — Л: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985. — 496 с.
- 2 Технологичность конструкций изделий: Справочник / Т.К. Алекфорова, Б.Д. Амиров, П.Н. Волков и др. — М.: Машиностроение, 1985. — 368 с.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1985. — Т.2. — 496 с.
- 4 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 1: Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. — М.: Машиностроение, 1974. — 416 с.
- 5 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 2: Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбонакатные и отрезные станки. — М.: Машиностроение, 1974. — 200 с.
- 6 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для нормирования станочных работ. Серийное производство. М.: Машиностроение, 1974. — 421 с.
- 7 **ГОСТ 7062-79.** Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски. — М.: Изд-во стандартов, 1979. - 48 с.
- 8 **ГОСТ 7505-89.** Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 52 с.
- 9 **ГОСТ 26645-85.** Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 48 с.
- 10 **Руденко, П.А.** Проектирование технологических процессов в машиностроении/ П.А. Руденко. — К. : Вища школа, 1985. - 255 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Экономическая точность и шероховатость обработки поверхностей

Таблица А.1 – Наружные цилиндрические поверхности

Номер перехода	Маршрут обработки поверхности	Квалитет точности по ГОСТ 2534-82	Шероховатость по ГОСТ 2789-94
1	Точение однократное	12	Ra=10...5
1 2	Точение предварительное Точение окончательное	11...10	Ra=5...2,5
1 2	Точение однократное Шлифование однократное	10...9	Ra=2,5...0,63
1 2 3	Точение предварительное Точение окончательное Шлифование однократное	9...7	Ra=1,25...0,63
1 2 3	Точение предварительное Точение окончательное Точение тонкое	8...7	Ra=0,63...0,32
1 2 3	Точение однократное Шлифование предварительное Шлифование окончательное	8...6	Ra=0,63...0,32
1 2 3 4	Точение предварительное Точение окончательное Шлифование предварительное Шлифование окончательное	6	Ra=0,63...0,32
1 2 3 4	Точение предварительное Точение окончательное Шлифование предварительное Шлифование тонкое	7...5	Ra=0,32...0,16
1 2 3 4 5	Точение предварительное Точение окончательное Шлифование предварительное Шлифование окончательное Шлифование тонкое	5	Ra=0,32...0,08

Таблица А.2 - Резьбовые поверхности

Метод обработки	Поле допуска по ГОСТ 16093-81		Шероховатость по ГОСТ 2789-94
	Наружная резьба	Внутренняя резьба	
Круглыми плашками	8g	-	Ra=20...5
Метчиками	-	6H	Ra=10...2,5
Фрезерование			
Дисковыми фрезами	6g	-	Ra=10...1,25
Гребенчатыми фрезами	6g	-	Ra=10...2,5
Точение			
Резцами	4h	4H,5H	Ra=5...0,63
Гребенками	6g	-	Ra=10...0,63
Вращающимися резцами (вихровой метод)	6g	6H	Ra=5...1,25
Самораскрывающимися головками	4h	-	Ra=10...1,5
Накатывание			
Плоскими плашками	6g	-	Ra=1,25...0,32
Резьбонакатными роликами	6g...4g	-	Ra=1,25...0,16

Таблица А.3 – Внутренние цилиндрические поверхности

Маршрут обработки поверхности	Квалитет точности по ГОСТ 2534-94	Шероховатость по ГОСТ 2789-94
В сплошном металле		
Сверление	12	Ra=40...20
Сверление и зенкерование	11	Ra=10...2,5
Сверление и развертывание	9	Ra=5...1,25
Сверление и протягивание	9	Ra=2,5...0,32
Сверление, зенкерование и развертывание	9	Ra=2,5...0,63
Сверление и двухкратное развертывание	8-7	Ra=25...0,32
Сверление, зенкерование и двухкратное развертывание	8-7	Ra=1,25...0,32
Сверление, зенкерование и шлифование	8-7	Ra=1,25...0,32
Сверление, протягивание и калибрование	8-7	Ra=1,25...0,32
В заготовках с отверстием		
Зенкерование или растачивание	12	Ra=10...2,5
Рассверливание	12	Ra=40...5
Двухкратное зенкерование или двухкратное растачивание	11	Ra=20...5
Зенкерование или растачивание и развертывание	9	Ra=5...1,25
Зенкерование и растачивание	9	Ra=10...2,5
Двухкратное зенкерование и развертывание или двухкратное растачивание и развертывание	9	Ra=2,5...0,63
Зенкерование или растачивание и двухкратное развертывание	8-7	Ra=1,25...0,32
Зенкерование или двухкратное растачивание и двухкратное развертывание или тонкое растачивание	8-7	Ra=1,25...0,16
Прогрессивное протягивание и шлифование	8-7	Ra=1,25...0,16
Зенкерование или двухкратное растачивание и хонингование	8-7	Ra=0,32...0,04
Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание и хонингование	8-7	Ra=0,16...0,02

Таблица А.4 - Плоские поверхности

Маршрут обработки поверхности	Квалитет точности по ГОСТ 2534-94	Шероховатость по ГОСТ 2789-94
Строгание и фрезерование цилиндрическими и торцевыми фрезами:		
черновое	14...11	Ra=20...1,25
получистовое и однократное	12...11	Ra=5...1,25
чистовое	10	Ra=2,5...0,63
тонкое	9...7	Ra=2,5...0,16
Протягивание:		
черновое литых и штампованных поверхностей	11...10	Ra=5...0,63
чистовое	9...7	Ra=2,5...0,32
Шлифование:		
однократное	9...8	Ra=2,5...0,16
предварительное	9	Ra=2,5...0,32
чистовое	8	Ra=0,63...0,08
тонкое	7	Ra=0,32...0,04

Таблица А.5 – Зубья зубчатых колес

Метод обработки	Степень точности по ГОСТ 1643-81	Шероховатость по ГОСТ 2789-94
Фрезерование:		
предварительное	9...10	Ra=20...2,5
чистовое дисковой фрезой	8...9	Ra=10...5
чистовое червячной фрезой	7...8	Ra=10...5
Долбление чистовое	6...8	Ra=5...0,63
Протягивание	6...7	Ra=5...0,63
Строгание чистовое	5...7	Ra=5...0,63
Шевингование	6...7	Ra=2,5...0,32
Шлифование	4...5	Ra=1,25...0,16

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Определение основного времени

Таблица Б.1 – Формулы для определения основного времени на операции

Вид обработки	Формула для определения основного времени t_0 , мин.
1	2
Точение, сверление, зенкование, растачивание, развертывание	$t_o = \frac{li}{ns_o}$
Фрезерование: - цилиндрическими и торцевыми фрезами - двухперовой фрезой с маятниковыми движениями подачи - дисковой фрезой - дисковой фрезой для сегментных шпонок	$t_o = \frac{li}{v_s} \text{ или } t_o = \frac{li}{s_z z n_\phi}$ $t_o = \frac{(l_{np} - D_\phi) + (0,5 \dots 1) \text{ мм}}{S_{np}} \frac{h}{t}$ $t_o = \frac{h + (0,5 \dots 1) \text{ мм}}{s_\phi} + \frac{l_{np} - D_\phi}{s_{np}}$ $t_o = \frac{h + (0,5 \dots 1) \text{ мм}}{s_\phi}$
Строгание и протягивание: - обработка на поперечно-и продольно-строгальных станках - протягивание - протягивание шлицев	$t_o = \frac{b + b_1 + b_2}{n_{2x} s_{2x}} i$ $t_o = \frac{(L_{np} + l_g)}{1000} \left(\frac{1}{v_p} + \frac{1}{v_{d.x}} \right)$ $t_o = \frac{L_{np} + l_g + (10 \dots 30) \text{ мм}}{1000 v_p} i$
Нарезание резьбы: - профильным резцом - плашками - резьбонарезными головками - дисковыми фрезами на резьбофрезерных станках	$t_o = \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{Pn} i q$ $t_o = \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{Pn} + \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{Pn_B}$ $t_o = \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{Pn}$ $t_o = \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{P} \frac{\pi d}{\cos \alpha v_s} i q$

1	2
- гребенчатой резбовой фрезой	$t_o = \frac{1,2\pi d}{v_s}$
Нарезание: - зубонарезание цилиндрических колес дисковой модульной фрезой - зубонарезание червячной фрезой - зубодолбление - зубострогание - шевингование	$t_o = \frac{B+l_{ep}+l_n}{v_s} z_p i$ $t_o = \frac{l_3 m_g + l_{ep} + l_n}{s_o n_\phi m_g z_\phi} z_p i$ $t_o = \frac{h_3}{s_p n_{2x}} + \frac{\pi m z_p}{s_k n_{2x}} i$ $t_o = \pi m z_p \left(\frac{1}{n_{2x} s_k} \frac{1}{v_{so\phi}} \right) + 0,12 z_p$ $t_o = \frac{(l_3 + l_{ep} + l_n) z_p z_i}{n_{ue\phi} z_{ue\phi} s_{np} s_\phi} K$
Шлифование: - з продольной подачей - врезанием - плоское периферией круга - плоское торцем круга - резьбы однопрофильным кругом - резьбы многопрофильным кругом - зубьев колес методом копирования - зубьев колес методом обкатывания	$t_o = \frac{L_{cm}}{ns_{np}} \frac{z_i}{s_{non}} K$ $t_o = \frac{z_i}{ns_{non}} K$ $t_o = \frac{B z_i}{s_{non} n_{2x} s_\phi t} K$ $t_o = \frac{z_i}{s_\phi n t} K$ $t_o = \frac{l_o + l_{ep} + l_n}{P n} \left(\frac{z_i}{s_{non}} + m_g \right)$ $t_o = \frac{\pi d n_3}{1000 v_3}$ $t_o = \frac{2 L_{cm} i \alpha_D}{1000 v_{cm}} z_p$ $t_o = \left(\frac{l_3 i}{ns_{np}} + i \tau \right) \frac{z_p}{m_g}$

1	2
Хонингование	$t_o = \frac{z_i}{s_p n}$
Накатывание шлицев	$t_o = \frac{L_{uu} + l_n}{v_3}$
<p>Примечания: 1 Обозначения: l – расчетная длина рабочего хода инструмента или суппорта, мм; lg – длина протягиваемой поверхности, мм; l_o – длина нарезаемой резьбы, мм; $l_{вр}$ – длина врезания режущего инструмента, мм; l_n – перебеги режущего инструмента, мм; l_3 – длина нарезаемого зуба, мм; L_{np} – длина рабочей части протяжки, мм; L_{cm} – длина хода стола станка, мм; P – шаг нарезаемой резьбы, мм; i – число рабочих ходов; n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹; n_ϕ – частота вращения фрезы, мин⁻¹; n_e – частота вращения при вспомогательном ходе, мин⁻¹; n_{2x} – число двойных ходов за 1 мин, дв.ход/мин; $n_{шев}$ – частота вращения шевера, мин⁻¹; n_3 – частота вращения заготовки при нарезании резьбы, мин⁻¹; s_{2x} – подача за один двойной ход стола, мм/дв.ход; s_o – подача на оборот, мм/об; v_s – скорость движения подачи, мм/мин; s_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб; s_{np} – продольная подача, мм/об; s_{non} – поперечная подача круга за один рабочий ход, мм/раб.ход; s_e – вертикальная подача, мм/об; s_p – радиальная подача за двойной ход, мм/дв.ход; s_k – круговая подача зубчатого колеса за двойной ход долбяка, мм/дв.ход; v_{sob} – скорость движения подачи в обратном направлении, мм/мин; b – ширина стругаемой поверхности, мм; b_1 – врезание резца, мм; b_2 – перебеги резца, мм; B – ширина цилиндрического зубчатого венца, мм; z – количество зубьев фрезы; z_ϕ – число заходов фрезы; z_p – расчетное число зубьев колес; $z_{шев}$ – число зубьев шевера; z_i – припуск на сторону обрабатываемой поверхности, мм; h – глубина резания или канавки нарезаемой впадины, мм; h_3 – высота зуба, мм; D_ϕ – диаметр фрезы, мм; d – наружный диаметр нарезаемой заготовки, мм; v_p – скорость резания (рабочего хода), м/мин; $v_{o.x}$ – скорость вспомогательного хода, м/мин; v_3 – скорость врезания заготовки, м/мин; q – число заходов резьбы; τ – время на переключение и деление; α – угол падения винтовой линии, °; $\alpha_d = 1,3 \dots 1,5$ – коэффициент, учитывающий время деления, т.е. поворота колеса на один зуб; m – модуль; m_g – количество одновременно нарезаемых колес или обрабатываемых деталей; K – поправочный коэффициент на выхаживание (уменьшается снятие металла в конце цикла при выключенной подаче на глубину).</p> <p>2 Длина продольного хода стола при шлифовании на проход $L_{cm} = l_o - (0,2 \dots 0,4) B_k$ и при шлифовании в упор – $L_{cm} = l_o - (0,4 \dots 0,6) B_k$, где B_k – высота круга, мм; l_o – длина шлифованной поверхности, мм.</p> <p>3 Коэффициент K имеет следующие значения: $K = 1,1$ – при отклонении размеров $0,1 \dots 0,15$ мм и $K = 1,7$ – при отклонении размеров $0,02 \dots 0,03$ мм; $K = 1,1 \dots 1,2$ – при шевинговании.</p>	

Навчальне видання

Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин

Посібник до практичних занять і курсового проектування
(російською мовою)

Укладачі:

КОВАЛЕВСЬКИЙ Сергій Вадимович,
ОНИЩУК Сергій Григорович,
БОРИСЕНКО Юрій Борисович

Редактор Солдатова С.П.
Комп'ютерна верстка Ордіна О.П.

/2009. Підп. до друку . Формат 60 x 84/16.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. . Обл.-вид. арк. .
Тираж 100 прим. Зам. №

Видавець і виготівник
«Донбаська державна машинобудівна академія»
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного
реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.03.