

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОП.06 ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ
для обучающихся специальности 15.02.16 Технология машиностроения**

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	3
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
Практическое занятие №1	4
Практическое занятие №2	6
Практическое занятие №3	9
Практическое занятие №4	11
Практическое занятие №5	13
Практическое занятие №6	15
Практическое занятие №7	18
Практическое занятие №8	20
Практическое занятие №9	23
Лабораторное занятие №1	26
Лабораторное занятие №2	29
Лабораторное занятие №3	31
Лабораторное занятие №4	33
Лабораторное занятие №5	35
Лабораторное занятие №6	37
Лабораторное занятие №7	39
Лабораторное занятие №8	41
Лабораторное занятие №9	43
Лабораторное занятие №10	46
Лабораторное занятие №11	48
Лабораторное занятие №12	50

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Технология машиностроения» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен уметь:

Уд-1 определять виды и способы получения заготовок;

Уд-2 проектировать технологические операции.

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессиональных модулей программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок с учетом условий производства;

ПК 1.3. Выбирать методы механической обработки и последовательность технологического процесса обработки деталей машин в машиностроительном производстве;

ОК.01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК.02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК.03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК.09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1. Технологические процессы машиностроительного производства

Практическое занятие №1.

Анализ рабочего чертежа, технических требований

Цель: Формирование умения читать и анализировать конструкторскую документацию, включая рабочие чертежи и технические требования, для последующей разработки технологического процесса.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** определять материал детали, ее форму и габаритные размеры по чертежу;
- **Уд-2** находить на чертеже все поверхности, требующие обработки, и определять их взаимное расположение;
- **Уо 01.01** анализировать задачу, выделять составные части (элементы чертежа) и составлять план действий по его чтению;
- **Уо 02.01** определять необходимые источники информации (ГОСТы ЕСКД) и находить в них данные для решения задачи анализа чертежа;
- **Уо 09.05** читать технические требования, находить на чертеже условные обозначения допусков формы, расположения и шероховатости поверхностей.

Материальное обеспечение:

- Комплект рабочих чертежей деталей различной сложности.
- Нормативные документы: ГОСТы «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД), стандарты на допуски и посадки, стандарты на параметры шероховатости.
- Плакаты с примерами условных обозначений на чертежах.

Задание: Провести полный анализ выданного рабочего чертежа детали и заполнить отчетную форму.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовка к анализу документа. 1.1. Возьмите выданный вам рабочий чертеж детали. Внимательно изучите основную надпись («штамп») в правом нижнем углу. Запишите в отчет: полное наименование детали, обозначение чертежа, материал (марку стали или сплава), массу детали и масштаб, в котором выполнен чертеж. 1.2. Определите главный вид детали — то изображение, которое дает наиболее полное представление о ее форме и назначении. 1.3. Найдите на поле чертежа таблицу «Технические требования». В ней указаны все требования к детали, которые невозможно или нецелесообразно показать графически (требования к термической обработке, покрытию, неуказанным радиусам и т.д.).
2. Анализ изображений и размеров. 2.1. Последовательно изучите все виды, разрезы и сечения на чертеже. Определите форму каждого элемента: цилиндрические поверхности (шейки, ступени), конические поверхности, резьбы (наружные/внутренние), шпоночные пазы, шлицы, отверстия. 2.2. Найдите все проставленные размеры. Разделите их на группы: габаритные, координирующие (определяющие взаимное расположение элементов), присоединительные. 2.3. **Схема 1.** Найдите на чертеже условные обозначения шероховатости поверхности (знак $\sqrt{\text{ }}$). Обратите внимание на то, что знак без дополнительных линий означает шероховатость по контуру, знак на полке — для всех поверхностей, а знак в верхнем правом углу означает неуказанную шероховатость.

Копировать

Изображение в комплекте раздатки: Схема условных обозначений шероховатости на чертеже.

3. Анализ технических требований и допусков. 3.1. Перепишите из таблицы «Технические требования» все пункты в ваш отчет. 3.2. Найдите на чертеже обозначения допусков

формы и расположения поверхностей (например, знак допуска цилиндричности $\curvearrowright$ или перпендикулярности $\perp$). Рядом со знаком обычно указывается числовое значение допуска в мм. 3.3. Определите неуказанные предельные отклонения размеров (например, надпись «H14, h14, $\pm IT14/2$ »). Это означает, что все размеры, для которых не указаны индивидуальные отклонения, должны изготавливаться с этими стандартными допусками.

4. Определение баз и выводы. 4.1. Определите конструкторские базы детали — поверхности или линии, относительно которых задано большинство других размеров и требований. 4.2. На основе анализа сделайте вывод о сложности изготовления детали и определите наиболее вероятный метод получения заготовки (например, горячая штамповка или литье).
5. Оформление отчета. Систематизируйте полученные данные в виде таблицы или краткого описания по пунктам задания.

Форма представления результата: Заполненный бланк отчета с таблицей анализа чертежа.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»** выставляется, если задание выполнено в полном объеме; студент безошибочно определил все элементы чертежа, правильно интерпретировал технические требования и грамотно оформил отчет; ответы на контрольные вопросы полные и точные.
- **Оценка «хорошо»** выставляется, если задание выполнено в полном объеме, но допущены 1-2 несущественные ошибки в определении размеров или требований; ответы на контрольные вопросы в основном верные.
- **Оценка «удовлетворительно»** выставляется, если задание выполнено не полностью или с грубыми ошибками (пропущены важные элементы чертежа, неверно истолкованы требования); ответы на контрольные вопросы неполные или с ошибками.
- **Оценка «неудовлетворительно»** выставляется, если задание не выполнено или выполнено с критическими ошибками; студент не может ответить на контрольные вопросы по теме занятия.

Тема 1.2. Способы получения заготовок

Практическое занятие №2.

Выбор метода получения заготовок

Цель: Приобретение навыков выбора оптимального метода получения заготовок (литье, обработка давлением, резание) на основе анализа конструкции детали, материала, программы выпуска и технико-экономических показателей.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** анализировать чертеж детали и определять ее конструктивно-технологические особенности, влияющие на выбор заготовки;
- **Уд-2** сравнивать различные методы получения заготовок и обосновывать выбор наиболее рационального;
- **Уо 01.01** оценивать задачу с точки зрения экономической эффективности производства;
- **Уо 02.01** находить и использовать справочные данные о методах получения заготовок.

Материальное обеспечение:

- Рабочие чертежи деталей (корпусные детали, рычаги, валы, шестерни).
- Таблицы и справочники по заготовительному производству.
- Плакаты с иллюстрацией различных методов получения заготовок.

Задание: Для выданной преподавателем детали выбрать метод получения заготовки и разработать эскиз заготовки с указанием припусков на механическую обработку.

Порядок выполнения работы:

1. Анализ исходных данных.
 - 1.1. Внимательно изучите рабочий чертеж детали. Определите ее наименование, материал, габаритные размеры и массу. 1
 2. Проанализируйте форму детали. Отнесите ее к одному из типов: * **Детали типа «тела вращения»** (валы, оси, втулки, фланцы). Характеризуются осевой симметрией. * **Рычаги и кронштейны**. Имеют сложную форму с развитыми плоскими поверхностями и отверстиями. * **Корпусные детали**. Сложные по форме, часто с внутренними полостями (блоки цилиндров, коробки скоростей).
 - 1.3. Определите серийность производства по условному обозначению в основной надписи чертежа или по заданию преподавателя (единичное, мелкосерийное, массовое).
2. Выбор возможных методов получения заготовки.
 - 2.1. На основе анализа формы и материала определите 2-3 технически возможных метода получения заготовки. * Для деталей типа «тела вращения» из стали это могут быть: горячая объемная штамповка на кривошипном прессе или поперечно-винтовая прокатка. * Для корпусных деталей из чугуна — литье в песчано-глинистые формы или литье в кокиль. * Для простых деталей из проката — резка из сортового проката (круг,

шестигранник).

2.2. Кратко опишите суть каждого выбранного метода. *Пример: Литье в песчано-глинистые формы — метод, при котором литейная форма изготавливается из уплотненной песчано-глинистой смеси. Позволяет получать заготовки сложной конфигурации практически любой массы.*

3. Техничко-экономическое сравнение и выбор оптимального метода.

3.1. Сравните выбранные методы по основным критериям: * **Стоимость заготовки:** учитывайте стоимость материала и затраты на изготовление формы/оснастки. *

Коэффициент использования материала (КИМ): отношение массы детали к массе заготовки. Метод с более высоким КИМ (меньше отходов) предпочтительнее. *

Точность и шероховатость: какой метод дает заготовку, требующую минимальной последующей обработки? * **Производительность:** какой метод обеспечивает нужную программу выпуска?

3.2. Обоснуйте свой окончательный выбор одного метода как наиболее рационального для заданных условий.

4. Разработка эскиза заготовки и определение припусков.

4.1. На поле чертежа детали (или на отдельном листе) выполните эскиз будущей заготовки.

4.2. Нанесите на эскиз все необходимые размеры заготовки (включая размеры с припуском).

4.3. Определите припуски на механическую обработку для наиболее ответственных поверхностей (например, для диаметра под подшипник). Припуски можно определить по ГОСТам или справочным таблицам, исходя из размера поверхности и выбранного метода получения заготовки.

4.4. Обозначьте на эскизе базовые поверхности, которые будут использоваться при дальнейшей обработке детали.

5. Оформление отчета. В отчете представьте: анализ детали, сравнение методов в виде таблицы, эскиз заготовки с размерами и припусками, краткое обоснование выбора.

Форма представления результата: Эскиз заготовки на чертеже детали или на отдельном бланке с указанием всех размеров и припусков; письменное обоснование в отчете.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»** выставляется, если студент провел полный анализ детали; сравнил не менее трех методов; сделал обоснованный выбор оптимального метода; правильно определил припуски и грамотно оформил эскиз заготовки; свободно владеет терминологией.
- **Оценка «хорошо»** выставляется, если работа выполнена полностью, но сравнение методов проведено поверхностно или есть незначительные ошибки в определении припусков (в пределах разумного допуска).

- **Оценка «удовлетворительно»** выставляется, если студент смог выбрать метод получения заготовки только с помощью наводящих вопросов преподавателя; обоснование выбора отсутствует или неверно; эскиз выполнен с грубыми ошибками.
- **Оценка «неудовлетворительно»** выставляется, если задание не выполнено; выбранный метод не соответствует конструкции детали или материалу; студент не может объяснить свой выбор.

Какова цель практической работы №2?

Какие умения приобретаются при выполнении задания №2?

Как определяется серийность производства для выбора заготовки?

Тема 1.2. Способы получения заготовок (продолжение)

Практическое занятие №3.

Оценка технологичности конструкции детали

Цель: Формирование навыков качественной и количественной оценки технологичности конструкции детали с целью снижения трудоемкости и материалоемкости ее изготовления.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** выявлять конструктивные элементы, повышающие трудоемкость обработки;
- **Уд-2** давать рекомендации по улучшению технологичности конструкции (унификация, стандартизация);
- **Уо 01.01** анализировать конструкцию как объект производства и предлагать конкретные изменения;
- **Уо 02.01** использовать базовые показатели для количественной оценки технологичности.

Материальное обеспечение:

- Рабочие чертежи деталей со сложной конфигурацией (рычаги, корпуса с пересекающимися осями).
- Калькулятор.
- Справочные материалы по расчету показателей технологичности.

Задание: Провести качественную и количественную оценку технологичности выданной детали и предложить мероприятия по ее улучшению.

Порядок выполнения работы:

1. Качественная оценка технологичности конструкции. 1.1. Проанализируйте чертеж детали на предмет соответствия общим требованиям технологичности. 1.2. Определите, используются ли в конструкции стандартные элементы (резьбы, фаски, радиусы скруглений). 1.3. Оцените простоту формы: наличие глубоких полостей, внутренних карманов, пересекающихся отверстий. 1.4. Проверьте удобство базирования: можно ли обработать большинство поверхностей за один установ? 1.5. Оцените доступность обработки для режущего инструмента. 1.6. Составьте перечень выявленных недостатков конструкции («не-технологичных» решений).
2. Количественная оценка технологичности (расчет базовых показателей). 2.1. Рассчитайте коэффициент использования материала ($K_{им}$). 2.2. Рассчитайте коэффициент точности обработки ($K_{тч}$). 2.3. Рассчитайте коэффициент шероховатости ($K_{ш}$). 2.4. Сделайте вывод на основе полученных значений.
3. Разработка рекомендаций по улучшению технологичности (улучшение конструкции). 3.1. На основе качественного анализа предложите конкретные изменения в конструкцию детали. 3.2. Примеры рекомендаций: * Заменить сложную поверхность на более простую. * Унифицировать резьбы и диаметры отверстий. * Предусмотреть технологические базы (проточки, фаски). * Изменить материал на более легкообрабатываемый.
4. Оформление отчета.

5. Представьте результаты расчетов в виде таблицы и список рекомендаций.

Форма представления результата: Таблица с расчетом показателей технологичности ($K_{\text{им}}$, $K_{\text{тч}}$, $K_{\text{ш}}$) и перечень рекомендаций по изменению чертежа детали.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** глубокий анализ, корректные расчеты, грамотные рекомендации.
- **Оценка «хорошо»:** верный анализ, но общие рекомендации или незначительные ошибки в расчетах.
- **Оценка «удовлетворительно»:** перечислены общие требования без привязки к детали или грубые ошибки в расчетах.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** задание не выполнено или выполнено формально без понимания цели.

Тема 1.3. Разработка технологических процессов

Практическое занятие №4.

Разработка маршрута технологического процесса (по выбору)

Цель: Приобретение практических навыков проектирования единичного технологического процесса механической обработки детали на основе чертежа и анализа технических требований.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- Уд-2 проектировать маршрут и последовательность операций для детали типа «вал»;
- Уд-1 выбирать оборудование, режущий и измерительный инструмент для каждой операции;
- Уо 01.01 анализировать чертеж для определения маршрута обработки;
- Уо 09.05 читать технические требования для назначения финишных операций.

Материальное обеспечение:

- Рабочий чертеж детали типа «вал» (ступенчатый вал с шейками, шпоночным пазом, резьбой).
- Справочники технолога-машиностроителя (режущий инструмент, режимы резания).
- ПЭВМ с доступом к справочно-правовым системам.

Задание: Разработать маршрутный технологический процесс механической обработки вала и оформить операционную карту на одну из операций (токарную).

Порядок выполнения работы:

1. Анализ исходных данных. 1.1. Изучите рабочий чертеж вала. 1.2. Определите материал, твердость, основные размеры и качества точности. 1.3. Проанализируйте технические требования. 1.4. Определите наиболее ответственные поверхности (например, шейки под подшипники). 1.5. Определите тип производства (единичное/мелкосерийное).
2. Разработка маршрута обработки (последовательность операций). 2.1. Операция 005: Заготовительная. 2.2. Операция 010: Токарная (черновая). 2.3. Операция 015: Токарная (чистовая). 2.4. Операция 020: Фрезерная. 2.5. Операция 025: Нарезание резьбы. 2.6. Операция 030: Слесарная. 2.7. Операция 035: Контрольная. 2.8. Операция 040: Термическая/Шлифовальная (если требуется).
3. Разработка операционной карты на токарную операцию (например, Операция №015). 3.1. Заполните поля операционной карты: * Наименование операции: Токарная чистовая. * Оборудование: Токарно-винторезный станок модели _____. * **Приспособление:** *Трехкулачковый патрон, задний центр, люнет.* * **Инструмент:** *Резец проходной упорный, резец канавочный, штангенциркуль ШЦ-I-150-0.1.* 3.2. Заполните содержание перехода: * *Точить поверхность Ø50h6 в размер (75±0,2) мм.* * *Проточить канавку шириной 5 мм по чертежу поз.* * Нарезать фаску 1×45°.
4. Оформление отчета. Представьте в отчете маршрут обработки в виде таблицы («Ведомость технологического маршрута») и заполненный бланк операционной карты на одну операцию.

Форма представления результата: Таблица «Маршрутный технологический процесс» и заполненная операционная карта на токарную операцию.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Разработанный маршрут логичен, технически обоснован и обеспечивает достижение всех требований чертежа; операционная карта заполнена полностью и без ошибок; студент может защитить свой проект, объяснив выбор оборудования и инструмента.
- **Оценка «хорошо»:** Маршрут составлен верно, но последовательность операций не оптимальна или в операционной карте допущены незначительные неточности в записи переходов.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Студент смог составить только часть маршрута или допустил ошибки в определении баз для обработки; операционная карта заполнена менее чем на 50%.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Маршрут не соответствует требованиям чертежа; студент не может объяснить назначение операций; задание не выполнено.

Тема 2. Основы технического нормирования

Практическое занятие №5.

Расчет штучного времени

Цель: Развитие практических умений в расчете нормативов штучного времени на выполнение отдельных технологических операций. Изучение методики определения необходимого времени на единицу изделия с учетом возможных потерь.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- Уд-2 выполнять расчеты основного, вспомогательного и штучного времени;
- Уд-1 анализировать структуру нормы времени;
- Уо 02.01 использовать нормативные данные для технических расчетов.

Материальное обеспечение:

- Карты технологического процесса с указанием режимов резания.
- Программа для моделирования технологических циклов и расчета времени.
- Справочники по режимам резания и общемашиностроительным нормативам времени.

Задание: Рассчитать норму штучного времени ($T_{шт}$) на токарную операцию по данным операционной карты.

Порядок выполнения работы:

1. Определение основного (технологического) времени (T_o). 1.1. Из операционной карты выпишите длину обработки (L) — путь резания в мм. 1.2. Выпишите минутную подачу инструмента (S_m) в мм/мин. 1.3. Рассчитайте основное время по формуле: $T_o = \frac{L}{S_m}$
2. Определение вспомогательного времени (T_v). 2.1. Вспомогательное время включает в себя затраты на установку и снятие детали, управление станком, измерение. 2.2. Воспользуйтесь нормативами вспомогательного времени (например, по таблицам общемашиностроительных нормативов). Найдите значения для каждого перехода и сложите их.
3. Расчет дополнительного времени. 3.1. Дополнительное время складывается из времени на обслуживание рабочего места ($T_{обс}$) и времени на отдых и личные надобности ($T_{отл}$). 3.2. Обычно оно задается в процентах от суммы основного и вспомогательного времени ($T_{оп} = T_o + T_v$). 3.3. Рассчитайте дополнительные затраты: $T_{доп} = T_{оп} \times (\%_{обс} + \%_{отл}) / 100$
4. Итоговый расчет штучного времени ($T_{шт}$). 4.1. Сложите все полученные компоненты: $T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{отл}$
5. Оформление отчета. Все расчеты представляются в виде единой таблицы с пояснениями.

Форма представления результата: Таблица расчета составляющих нормы времени и итогового штучного времени.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Все компоненты рассчитаны верно, студент грамотно использовал нормативы, правильно применил формулу и оформил результат без ошибок.
- **Оценка «хорошо»:** Задание выполнено верно, но при поиске данных в справочнике допущены незначительные неточности, не повлиявшие на итоговый результат.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Допущены ошибки в применении формулы или в арифметических расчетах; студент не смог найти нужные нормативы.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено или расчет произведен неверно.

Тема 2. Основы технического нормирования (продолжение)

Практическое занятие №6.

Определение нормативов на операции

Цель: Освоение аналитически-исследовательского метода нормирования труда. Приобретение практических навыков по анализу существующей нормы, выявлению потерь времени, разработке и экономическому обоснованию внедрения новой, более рациональной нормы времени.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-2** проводить хронометраж или анализировать существующие данные для выявления резервов времени;
- **Уд-1** разрабатывать и внедрять организационно-технические мероприятия для улучшения производственного процесса;
- **Уо 01.01** реализовывать составленный план действий по оптимизации и стандартизации работ;
- **Уо 02.01** использовать нормативные данные и экономические расчеты для обоснования управленческих решений.

Материальное обеспечение:

- **Карта существующего технологического процесса** (операционная карта на операцию сверления).
- **Данные о фактической выработке:** сменное задание, фактическое количество деталей, изготовленных за смену.
- **Таблицы общемашиностроительных нормативов времени** (для вспомогательных действий).
- **Бланк для хронометражных наблюдений** (если предполагается проведение замеров).
- Калькулятор, MS Excel.

Задание: Разработать проект внедрения новой нормы времени на операцию «Сверление отверстий Ø10 в детали "Кронштейн"» на основе анализа текущей ситуации и предложенных мероприятий по улучшению.

Порядок выполнения работы:

1. Аналитический этап. Анализ текущей нормы и производственного процесса.
 - 1.1. **Изучение документации:** Получите у преподавателя операционную карту на операцию сверления. Изучите ее структуру: какие переходы выполняются, какой инструмент используется, какова последовательность действий.
 - 1.2. **Сбор данных о фактическом выполнении:** Запросите или получите данные о выполнении этой операции за последние несколько смен. Вам нужны: * Действующая норма времени ($T_{шт_старая}$). * Фактическое количество деталей, изготовленных за смену ($N_{факт}$). * Общее время работы за смену ($T_{смены}$).
 - 1.3. **Выявление потерь:** На основе данных из п.1.2 и/или путем наблюдения определите

основные виды потерь рабочего времени: * Организационные: ожидание заготовок, поиск инструмента, хождение за мастером. * Технические: простои из-за поломки или настройки оборудования. * Технологические: лишние ходы инструмента, неэффективные приемы работы.

1.4. Расчет фактического штучного времени: Рассчитайте, сколько времени

фактически тратится на одну деталь: $T_{шт_факт} = \frac{T_{смены}}{N_{факт}}$ Сравните $T_{шт_факт}$ с $T_{шт_старая}$. Обычно $T_{шт_факт} > T_{шт_старая}$, что говорит о наличии нерегламентированных потерь.

2. Проектирование улучшений. Разработка плана мероприятий.

2.1. На основе анализа из п.1.3 разработайте конкретные предложения по устранению или сокращению потерь.

2.2. **Примеры мероприятий:** * *Для сокращения организационных потерь:* Внедрение системы 5S на рабочем месте (рациональное расположение инструмента), организация подвоза заготовок к началу смены, назначение ответственного за подачу инструмента. * *Для сокращения технических потерь:* Проведение планового технического обслуживания станка, установка более надежного сверла. * *Для сокращения технологических потерь:* Использование сверла с более эффективной геометрией заточки, применение СОЖ (смазочно-охлаждающей жидкости) для повышения скорости резания.

2.3. Опишите новый, оптимизированный порядок выполнения операции с учетом внедренных мероприятий.

3. Расчет новой нормы времени.

3.1. **Определение ожидаемого эффекта:** Оцените, на сколько сократится каждая составляющая времени: * Сократится ли вспомогательное время (T_v) за счет лучшей организации? * Сможете ли вы увеличить минутную подачу (S_m) инструмента благодаря новому сверлу или СОЖ? (Это напрямую сократит основное время T_o).

3.2. **Расчет нового оперативного времени ($T_{оп_нов}$):** $T_{оп_нов} = T_{о_нов} + T_{в_нов}$

3.3. **Расчет новой нормы штучного времени ($T_{шт_нов}$):** $T_{шт_нов} = T_{оп_нов} \times (1 + \frac{\%_{обс} + \%_{отл}}{100})$ Где $\%_{обс}$ и $\%_{отл}$ — проценты на обслуживание рабочего места и отдых, которые могут остаться прежними или незначительно измениться.

4. Экономическое обоснование проекта.

4.1. **Расчет роста производительности труда:** $\Pi = \frac{T_{шт_старая} - T_{шт_нов}}{T_{шт_нов}} \times 100\%$

4.2. **Расчет годового экономического эффекта (Э):** $\mathcal{E} = (T_{шт_старая} - T_{шт_нов}) \times N_{год} \times Ч_{ср}$ Где $N_{год}$ — годовая программа выпуска деталей, $Ч_{ср}$ — средняя часовая тарифная ставка рабочего.

4.3. Сделайте вывод о целесообразности внедрения новой нормы и предложенных мероприятий.

Форма представления результата: Письменный отчет в виде пояснительной записки, включающей:

1. Анализ существующей ситуации (таблицы, данные).
2. План мероприятий по улучшению (список).
3. Расчет новой нормы штучного времени (сравнение старой и новой нормы).
4. Экономическое обоснование проекта (расчеты производительности и экономического эффекта).

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Предложенные мероприятия детально обоснованы и технически реализуемы. Расчеты выполнены без ошибок, с использованием корректных формул и данных. Экономическое обоснование логично и убедительно.
- **Оценка «хорошо»:** Мероприятия обоснованы в целом верно, но носят несколько общий характер без глубокой проработки деталей. В расчетах допущены незначительные неточности, не влияющие на общий вывод.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Предложенные мероприятия поверхностны или не имеют четкой связи с выявленными потерями времени. Расчеты выполнены с грубыми ошибками или отсутствуют.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено или выполнено формально, без понимания сути нормирования труда и методов его улучшения.

Тема 4. Сборка машин

Практическое занятие №7.

Расчет показателей работы ГПС (Гибкой производственной системы)

Цель: Изучение методологии оценки эффективности использования Гибких производственных систем (ГПС). Приобретение практических навыков расчета ключевых технико-экономических показателей, характеризующих работу автоматизированного комплекса.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- Уд-2 оценивать производительность и загрузку сложного технологического оборудования (ГПС);
- Уд-1 анализировать структуру и состав ГПС для определения ее возможностей;
- Уо 02.01 находить и интерпретировать данные для расчета технико-экономических показателей.

Материальное обеспечение:

- Схематическое изображение ГПС (план-схема с расположением станков, роботов, накопителей, транспортно-складской системы).
- Исходные данные для расчета (входящие в состав задания или выдаваемые преподавателем):
 - Количество основного технологического оборудования (станков с ЧПУ).
 - Количество обслуживающих роботов (манипуляторов).
 - Номинальный (плановый) фонд времени работы системы за период (смена, сутки).
 - Данные о фактической работе: время работы оборудования, время простоев.
 - Программа выпуска деталей (план и факт).
- Калькулятор, MS Excel.

Задание: На основе выданных исходных данных о работе ГПС за смену рассчитать основные показатели эффективности ее использования и сделать выводы о работе системы.

Порядок выполнения работы:

1. Анализ исходных данных и структуры ГПС.
 - 1.1. Изучите план-схему ГПС. Определите основные компоненты системы: сколько в ней станков, роботов, какова роль транспортно-складской системы (АТСС).
 - 1.2. Ознакомьтесь с исходными данными. Выпишите в отчет: * $N_{\text{ст}}$ — количество станков в системе. * $T_{\text{ном}}$ — номинальный фонд времени работы ГПС за смену (например, 8 часов = 480 минут). * $T_{\text{раб}}$ — суммарное время, в течение которого хотя бы один станок работал. * $T_{\text{пр}}$ — суммарное время простоя системы. * $N_{\text{план}}$ — плановое количество деталей, которое должна была изготовить система за смену. * $N_{\text{факт}}$ — фактическое количество изготовленных деталей.
2. Расчет коэффициентов использования фонда времени.
 - 2.1. Коэффициент использования планового фонда времени ($K_{\text{исп.фонда}}$) —

показывает, какую долю от планового времени система находилась в работе или под управлением. $K_{\text{исп.фонда}} = \frac{T_{\text{раб}}}{T_{\text{ном}}}$

2.2. Коэффициент технического использования

оборудования ($K_{\text{техн}}$) — показывает, какую долю от отработанного времени оборудование работало без учета организационных простоев. Для упрощения в учебных задачах его можно принять равным $K_{\text{исп.фонда}}$, если нет данных о технических простоях.

3. Расчет показателей производительности.

3.1. **Фактическая производительность ($Q_{\text{факт}}$)** — количество деталей, произведенных за единицу времени (например, за смену). $Q_{\text{факт}} = N_{\text{факт}}$

3.2. **Коэффициент выполнения плана ($K_{\text{вып.плана}}$)** — показывает, насколько фактический выпуск соответствует плановому. $K_{\text{вып.плана}} = \frac{N_{\text{факт}}}{N_{\text{план}}}$

3.3. **Коэффициент загрузки оборудования ($K_{\text{загр}}$)** — показывает, насколько интенсивно использовалось оборудование. Рассчитывается как отношение фактической станкоемкости к плановой. $K_{\text{загр}} = \frac{N_{\text{факт}} \times T_{\text{шт.факт}}}{N_{\text{план}} \times T_{\text{шт.план}}}$ (Для упрощения задания можно использовать упрощенную формулу: $K_{\text{загр}} = \frac{T_{\text{раб}}}{N_{\text{ст}} \times T_{\text{ном}}}$).

4. Анализ результатов и формулирование выводов.

4.1. Сведите все рассчитанные показатели в итоговую таблицу.

4.2. Проанализируйте полученные данные: * Если $K_{\text{исп.фонда}}$ низкий (< 0.6), значит, система много простаивает. Необходимо искать причины организационных простоев (ожидание заготовок, инструмента, оператора). * Если $K_{\text{вып.плана}} < 1$, значит, система не справляется с плановым заданием. * Если $K_{\text{загр}}$ низкий, значит, оборудование недогружено и его потенциал используется не полностью.

4.3. Сделайте общий вывод об эффективности работы ГПС за смену и предложите возможные пути улучшения показателей (например, оптимизация графика подачи заготовок, изменение программы выпуска).

Форма представления результата: Отчет, содержащий:

1. Исходные данные (в виде таблицы).
2. Расчетные формулы с подставленными значениями.
3. Итоговая таблица с рассчитанными показателями ($K_{\text{исп.фонда}}$, $K_{\text{вып.плана}}$, $Q_{\text{факт}}$ и др.).
4. Текстовый анализ и выводы по работе ГПС.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Все показатели рассчитаны верно на основе корректных формул и исходных данных. Анализ глубокий, выводы логичны и обоснованы расчетами. Студент понимает взаимосвязь между показателями.
- **Оценка «хорошо»:** Расчеты выполнены в основном верно, но есть незначительные арифметические ошибки или неточности в формулах. Анализ поверхностный, выводы общие.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Допущены грубые ошибки в расчетах или использованы неверные формулы. Анализ отсутствует или не связан с полученными цифрами.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено или выполнено формально без понимания сути рассчитываемых показателей.

Тема 4. Сборка машин
Практическое занятие №8.
Расчет размерных цепей

Цель: Приобретение практических навыков применения теории размерных цепей для решения прямой и обратной задач при проектировании и анализе технологических процессов сборки и изготовления деталей.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-2** проектировать технологические процессы с учетом допусков на замыкающее звено;
- **Уд-1** анализировать чертежи сборочных узлов и выявлять взаимосвязанные размеры;
- **Уо 01.01** реализовывать алгоритм расчета размерных цепей для обеспечения требуемой точности сборки.

Материальное обеспечение:

- Эскиз сборочного узла (например, редуктора, узла подшипника, механизма) с проставленными размерами.
- Рабочий чертеж одной из сопрягаемых деталей.
- Справочные материалы по допускам и посадкам.
- Калькулятор, миллиметровая бумага (для вычерчивания эскиза).

Задание: По выданному эскизу сборочного узла и чертежу детали решить обратную и прямую задачи по расчету размерной цепи.

Порядок выполнения работы:

1. Анализ конструкции и постановка задачи.
 - 1.1. Внимательно изучите эскиз сборочного узла. Определите, какой параметр является **замыкающим звеном**. Как правило, это зазор или натяг в соединении, осевое смещение деталей или положение торца относительно базы (например, зазор в подшипнике, осевой зазор вала).
 - 1.2. Определите **увеличивающие** и **уменьшающие** звенья. Увеличивающие звенья при своем увеличении приводят к увеличению замыкающего звена. Уменьшающие — наоборот. *Пример: В размерной цепи для обеспечения зазора в подшипнике, увеличение наружного диаметра корпуса будет увеличивающим звеном, а увеличение внутреннего диаметра подшипника — уменьшающим.*
 - 1.3. Выявите все составляющие звенья (линейные размеры деталей, толщины прокладок, шаги резьбы и т.д.), которые влияют на величину замыкающего звена.
2. Построение схемы размерной цепи.
 - 2.1. Начертите эскиз узла в упрощенном виде.
 - 2.2. Постройте замкнутый контур (размерную цепь), последовательно обходя все звенья от одной стороны замыкающего звена до другой. Направление обхода должно быть единым.
 - 2.3. Обозначьте на схеме все звенья ($A_1, A_2, \dots$), указав стрелкой их положительное направление. Замыкающее звено обычно обозначается с индексом Δ (например, A_Δ).

3. Решение обратной задачи (проверочный расчет).

3.1. **Номинальные размеры:** Запишите номинальные размеры всех составляющих звеньев из чертежей.

3.2. Составьте уравнение номинальных размеров: $A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n A_{i_{ув}} - \sum_{j=1}^m A_{j_{ум}}$ где A_{Δ} — номинальный размер замыкающего звена, $A_{i_{ув}}$ — номинальные размеры увеличивающих звеньев, $A_{j_{ум}}$ — номинальные размеры уменьшающих звеньев.

3.3. Рассчитайте номинальный размер замыкающего звена A_{Δ} . Сравните полученное значение с требуемым по чертежу (например, требуемый зазор). Сделайте предварительный вывод: обеспечивает ли данная конструкция необходимую точность без подбора полей допусков?

4. Решение прямой задачи (проектный расчет). Цель прямой задачи — назначить такие допуски на составляющие звенья, чтобы гарантированно обеспечить требуемый допуск на замыкающее звено (T_{Δ}).

4.1. **Метод "максимум-минимум":** Этот метод обеспечивает 100% гарантию того, что замыкающее звено не выйдет за пределы допуска. * Рассчитайте средний допуск ($T_{ср}$) на каждое звено: $T_{ср} = \frac{T_{\Delta}}{n+m-1}$ где T_{Δ} — допуск замыкающего звена, n — число увеличивающих звеньев, m — число уменьшающих звеньев. * Назначьте стандартные поля допусков на составляющие звенья так, чтобы их величина была не больше $T_{ср}$. При этом следите за тем, чтобы назначаемые допуски были технически и экономически достижимы для выбранного метода обработки. 4.2. **Теоретико-вероятностный метод:** Этот метод используется для многозвенных цепей и позволяет расширить допуски на составляющие звенья за счет малой вероятности выхода замыкающего звена за пределы допуска. * Рассчитайте координату середины поля допуска замыкающего звена ($E_{с\Delta}$) и его допуск (T_{Δ}), используя характеристики рассеяния размеров (среднеквадратические отклонения).

5. Оформление отчета и выводы.

- Представьте в отчете схему размерной цепи с обозначением всех звеньев.
- Приведите все исходные данные (номинальные размеры, допуски).
- Покажите ход решения обратной и прямой задач с подстановкой всех значений в формулы.
- Сделайте вывод о том, как назначенные допуски повлияют на технологию изготовления деталей (какие поверхности потребуют более точной обработки).

Форма представления результата: Отчет, включающий:

1. Эскиз сборочного узла со схемой размерной цепи.
2. Таблицу с перечнем всех звеньев (обозначение, номинал, назначенный допуск).
3. Расчеты по решению обратной и прямой задач.
4. Заключение о работоспособности конструкции и технологичности ее изготовления.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Правильно выбрано замыкающее звено и все составляющие звенья. Схема размерной цепи построена верно. Расчеты выполнены без ошибок с применением корректных формул для обоих методов задачи. Выводы логичны и обоснованы.

- **Оценка «хорошо»:** Схема построена верно, но допущены незначительные ошибки в расчетах или при назначении допусков на составляющие звенья (например, назначен невыполнимый на практике квалитет точности).
- **Оценка «удовлетворительно»:** Допущены ошибки в определении увеличивающих/уменьшающих звеньев или в построении схемы цепи. Расчеты выполнены с грубыми ошибками.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Неверно определено замыкающее звено или не понят принцип построения размерной цепи. Задание не выполнено.

Тема 4. Сборка машин

Практическое занятие №9.

Составить алгоритм выполнения мероприятий технического контроля и испытания узлов и машин

Цель: Формирование системного представления о месте и роли технического контроля (ТК) и испытаний в производственном цикле. Приобретение навыков разработки алгоритма (последовательности действий) для проведения контрольных и испытательных операций.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** классифицировать виды контроля по этапам производства и применять соответствующие методы;
- **Уд-2** определять состав контрольных операций, необходимые инструменты и критерии приемки;
- **Уо 01.01** выстраивать логическую последовательность действий для достижения конечного результата (подтверждения качества);
- **Уо 09.05** читать и применять требования нормативно-технической документации (НТД) для проведения контроля.

Материальное обеспечение:

- Сборочный чертеж узла или машины (например, редуктора, насоса).
- Технические условия (ТУ) или раздел «Технические требования» в конструкторской документации на изделие.
- Стандарты на методы контроля (например, ГОСТы, регламентирующие проверку резьб, зубчатых колес, герметичности).
- Образцы измерительного инструмента (штангенциркули, микрометры, калибры).

Задание: На основе анализа конструкторской и нормативно-технической документации на выданный узел или машину разработать и представить в виде блок-схемы или пошагового алгоритма процесс его технического контроля и испытаний.

Порядок выполнения работы:

1. Анализ объекта контроля и нормативной базы.
 - 1.1. Изучите сборочный чертеж изделия. Определите его наименование, функциональное назначение и основные составные части (подузлы, детали).
 - 1.2. Внимательно изучите раздел «Технические требования» в чертеже или Технические условия (ТУ). Выпишите все требования, которые подлежат проверке: * Требования к точности (допуски размеров, формы и расположения поверхностей). * Требования к качеству поверхностей (шероховатость). * Требования к сборке (моменты затяжки резьбовых соединений, радиальные и осевые зазоры). * Требования к балансировке. * Требования к испытаниям (проверка на герметичность, прочность, уровень шума, вибрация).
2. Разработка алгоритма технического контроля.
 - 2.1. **Определите структуру контроля:** Разделите весь процесс на логические этапы.

Типовая структура: * **Входной контроль:** Проверка комплектующих и материалов, поступающих на сборку. * **Операционный контроль:** Проверка в процессе сборки (например, контроль момента затяжки, проверка легкости вращения вала до установки крышек). * **Приемочный контроль готового изделия:** Комплексная проверка всех параметров готового узла или машины.

2.2. Составьте пошаговый алгоритм для приемочного контроля готового изделия.

Для каждого шага алгоритма укажите: * **Объект контроля:** Что именно проверяется (например, «Вал-шестерня», «Посадочное место под подшипник», «Корпус редуктора»).

* **Контролируемый параметр:** Что проверяется (например, «Диаметр шейки вала Ø50h6», «Перпендикулярность торца Б к оси А», «Момент прокручивания вала»).

* **Метод контроля:** Как проверяется (например, «С помощью микрометра МК-50», «С помощью индикатора часового типа на стойке», «Определяется по тарифованному ключу»).

* **Критерий приемки:** Какое значение является допустимым (например, «50.00 - 50.02 мм», «Биение не более 0.02 мм», «Момент 15 ± 2 Нм»).

3. Разработка алгоритма испытаний.

3.1. На основе требований из ТУ определите виды испытаний, которым должно подвергаться изделие.

3.2. Включите в общий алгоритм этапы испытаний. Для каждого этапа укажите: * **Вид испытания:** (например, «Испытание на герметичность», «Испытание под нагрузкой», «Контроль уровня шума»). * **Оборудование:** На каком стенде или с помощью какого оборудования проводится испытание. * **Параметры:** Давление, время выдержки, величина нагрузки, допустимый уровень шума в дБ. * **Результат:** Испытание считается пройденным/не пройденным при условии...

4. Оформление алгоритма.

- Представьте разработанный алгоритм в виде **графической блок-схемы**. Используйте стандартные обозначения:
 - **Овалы** для «Начала» и «Конца».
 - **Прямоугольники** для описания конкретных операций контроля или испытаний.
 - **Ромб** для точек принятия решения («Соответствует/Не соответствует»). От ромба должны отходить линии к операциям «Брак/Ремонт» или «Продолжить контроль».

5. Анализ и выводы.

- Проанализируйте разработанный алгоритм. Определите, какие из контрольных операций являются наиболее критичными для обеспечения работоспособности изделия.
- Сделайте вывод о том, как внедрение такого четкого алгоритма позволяет снизить вероятность пропуска бракованной продукции.

Форма представления результата: Отчет, содержащий:

1. Перечень технических требований из чертежа/ТУ.
2. Разработанный алгоритм в виде графической блок-схемы с расшифровкой всех блоков.
3. Анализ критических контрольных точек и выводы по работе.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Алгоритм разработан полно и логично, охватывает все виды контроля (входной, операционный, приемочный) и испытаний. Все элементы блок-схемы корректны. Анализ глубокий, выводы обоснованы.
- **Оценка «хорошо»:** Алгоритм охватывает основные этапы контроля, но имеет незначительные упущения в детализации. Блок-схема составлена верно, но не все переходы логически обоснованы.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Алгоритм разработан фрагментарно (например, описан только приемочный контроль). Блок-схема содержит ошибки или выполнена не по стандарту. Анализ отсутствует.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено или выполнено формально без понимания сути технического контроля как системы.

Какова цель практического занятия №9?

Какие этапы включает алгоритм технического контроля?

Что такое операционный контроль в процессе сборки?

Тема 1.1. Технологические процессы машиностроительного производства

Лабораторное занятие №1.

Контроль качества деталей

Цель: Приобретение практических навыков измерения геометрических параметров деталей и оценки их соответствия требованиям чертежа с использованием универсальных измерительных инструментов.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** выбирать измерительный инструмент в зависимости от требуемой точности и контролируемого параметра;
- **Уд-2** определять фактические размеры деталей с помощью штангенциркуля, микрометра и других инструментов;
- **Уо 01.01** анализировать задачу контроля, определять этапы измерения и составлять план действий по оценке годности детали;
- **Уо 02.01** находить и использовать необходимую информацию из чертежа (номинальный размер, поле допуска) для проведения измерений;
- **Уо 09.05** читать условные обозначения допусков формы, расположения поверхностей и шероховатости.

Материальное обеспечение:

- Объекты контроля: ступенчатый валик или вал-шестерня (базовая деталь).
- Измерительные инструменты:
 - Штангенциркули (ШЦ-I или ШЦ-II).
 - Микрометры гладкие (МК-25, МК-50).
 - Индикаторы часового типа (ИЧ-10) на стойке.
 - Набор калибров «проход/непроход» (для проверки резьбы или отверстий).
- Образцы деталей с заранее известными отклонениями (для калибровки).

Задание: Провести комплексный контроль геометрических параметров выданной детали и составить отчет о ее годности.

Порядок выполнения работы:

- 1. Подготовка к измерениям и изучение объекта контроля.**
 - 1.1. Получите у преподавателя деталь (например, ступенчатый вал) и рабочий чертеж этой же детали.
 - 1.2. Визуально осмотрите деталь на предмет отсутствия грубых дефектов (забоины, трещины), которые могут повлиять на результаты измерений.
 - 1.3. Изучите рабочий чертеж детали. Выберите параметры для контроля: * Диаметры шеек вала (например, Ø30h7, Ø45f7). * Длина ступени (например, L=50h14). * Биение торца Б относительно оси А (не более 0.05 мм). * Параметры резьбы или шпоночного паза.
- 2. Выбор измерительного инструмента для каждого параметра.**
 - 2.1. На основе требований чертежа выберите наиболее подходящий инструмент для каждого параметра,

учитывая требуемую точность: * Для измерения диаметра Ø30h7 (требуется высокая точность) выберите **микрометр гладкий МК-25**. * Для измерения длины ступени L=50h14 (менее строгие требования) выберите **штангенциркуль ШЦ-I-150**. * Для контроля биения торца выберите **индикатор часового типа ИЧ-10 на магнитной стойке**.

3. **Измерение линейных размеров микрометром (см. Схему 2).** *Перед началом измерений убедитесь в нулевой установке инструмента.* 3.1. Протрите измерительные поверхности микрометра (пятку и винт) чистой тканью. 3.2. Проведите установку «на ноль»: сведите пятку и винт до соприкосновения (с легким щелчком трещотки) и убедитесь, что нулевой штрих барабана совпадает с продольным штрихом на стебле. 3.3. Поместите деталь между пяткой и винтом микрометра. 3.4. Вращайте трещотку (не барабан!) по часовой стрелке до появления трех щелчков. Это обеспечит постоянное измерительное усилие. 3.5. Зафиксируйте микровинт стопором. 3.6. Произведите отсчет: * Число целых миллиметров и полумиллиметров считайте со шкалы на стебле (положение края барабана). * Доли миллиметра (сотые) считайте со шкалы барабана напротив продольного штриха стебля. *Изображение в комплекте раздатки: Процесс измерения диаметра вала микрометром с правильным считыванием показаний.*
4. **Измерение линейных размеров штангенциркулем (см. Схему 3).** *Принцип отсчета основан на использовании нониуса.* 4.1. Убедитесь в нулевом положении: при сведенных губках нулевой штрих нониуса должен точно совпадать с нулевым штрихом основной шкалы. 4.2. Аккуратно разведите губки штангенциркуля и зажмите ими измеряемую длину детали (например, ступень вала). 4.3. Произведите отсчет: * Число целых миллиметров определите по шкале штанги до нулевого штриха нониуса. * Доли миллиметра определите по штриху нониуса, который точно совпадает с каким-либо штрихом основной шкалы штанги. *Изображение в комплекте раздатки: Измерение длины ступени вала штангенциркулем со считыванием показаний по нониусу.*
5. **Измерение отклонений формы и расположения (биения).** *Этот метод позволяет оценить соосность или перпендикулярность поверхностей.* 5.1 Установите контролируемую деталь в центрах токарного станка или на V-образной призме на устойчивом основании так, чтобы ось вращения была стабильной. 5.2 Установите индикатор часового типа ИЧ-10 в магнитную стойку так, чтобы его измерительный наконечник касался контролируемой поверхности (например, торца вала). 5.3 Установите большую стрелку индикатора на «ноль», медленно вращая шкалу циферблата при неподвижной стрелке. 5.4 Медленно проверните деталь рукой на один полный оборот вокруг ее оси. 5.5 Наблюдайте за колебаниями большой стрелки индикатора во время вращения детали. 5.6 Определите величину биения как разницу между максимальным показанием стрелки при вращении вправо и минимальным при вращении влево от нулевой отметки.
6. **Сравнение результатов с чертежом и оформление отчета (см. Схему 4).** *Оценка годности детали производится путем сравнения фактического размера с полем допуска.* 6.1 Занесите все полученные результаты измерений в таблицу отчета («Фактический размер»). 6.2 Возьмите из чертежа номинальный размер с предельными отклонениями (например, Ø30h7 = 30⁰_{-0,021} мм). Это означает: номинальный размер Ø30 мм; наибольший предельный размер Ø30 мм; наименьший предельный размер Ø29,979 мм. 6.3 Сравните ваш фактический размер с этим диапазоном: * Если фактический размер находится внутри диапазона [Ø29,979; Ø30], деталь по этому параметру **годна**. * Если фактический размер меньше Ø29,979 или больше Ø30 — деталь является **браком** по данному параметру. *Изображение в комплекте раздатки: Иллюстрация поля допуска размера Ø30h7 с нанесенным фактическим размером внутри поля допуска ("Годен") и за его пределами ("Брак").*

7. Сделайте общее заключение о годности всей детали по всем контролируемым параметрам и сдайте ее вместе с отчетом преподавателю.

Форма представления результата: Заполненная таблица измерений с графой «Вывод» («Годен/Брак») для каждого параметра и общее заключение о годности детали.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Все измерения проведены правильно и аккуратно; студент грамотно выбрал инструменты для каждого параметра; вывод о годности детали сделан верно на основе полного анализа данных чертежа и измерений; ответы на контрольные вопросы по методике измерений полные и точные.
- **Оценка «хорошо»:** Работа выполнена полностью, но при измерениях допущены незначительные погрешности (в пределах одного деления шкалы), не повлиявшие на правильность итогового вывода о годности детали; ответы на контрольные вопросы в основном верные.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Работа выполнена не полностью или с грубыми нарушениями методики измерений; допущены ошибки в выборе инструмента или записи показаний; итоговый вывод о годности детали неверен или отсутствует; студент затрудняется с ответами на контрольные вопросы.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено; студент не может пользоваться измерительным инструментом или не понимает цель работы; выводы отсутствуют или полностью ошибочны.

Тема 1.2. Способы получения заготовок

Лабораторное занятие №2.

Изучение технологических операций на примере типовых деталей

Цель: Закрепление теоретических знаний о типовых технологических операциях путем их идентификации на реальных деталях и анализа последовательности обработки.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** визуально определять вид заготовки по характерным признакам;
- **Уд-2** анализировать конструкцию детали и выделять элементарные поверхности, требующие обработки;
- **Уо 01.01** выстраивать логическую последовательность технологических операций на основе анализа;
- **Уо 09.05** соотносить реальные поверхности детали с их условными обозначениями на чертеже.

Материальное обеспечение:

- Набор реальных деталей (валы, втулки, рычаги, корпусные детали) после различных стадий обработки.
- Рабочие чертежи этих же деталей.
- Плакаты с классификацией заготовок и типовыми маршрутами обработки.

Задание: Для выданной детали определить исходный вид заготовки, проанализировать выполненные технологические операции и составить укрупненный маршрут ее изготовления.

Порядок выполнения работы:

1. **Визуальный анализ заготовки и определение ее вида.** 1.1. Получите у преподавателя деталь (например, ступенчатый вал) и рабочий чертеж этой же детали. 1.2. Внимательно осмотрите деталь. Определите, из какого вида заготовки она была получена, опираясь на характерные признаки: * **Прокат (круг, шестигранник):** Наличие прямых следов от режущего инструмента (резца, пилы) на торцах детали. Поверхность матовая, но без ярко выраженной направленности волокон. * **Штамповка (горячая/холодная):** Наличие «волокон» металла, идущих вдоль контура детали (видны на зачищенном изломе или после травления). Возможен незначительный облой (излишек металла) в местах разъема штампа. * **Литье:** Наличие линии разъема литейной формы, приливов. Структура металла при изломе (если деталь б/у) имеет дендритный, зернистый вид. 1.3. Запишите предполагаемый вид заготовки в отчет и кратко обоснуйте свой выбор.

Копировать

Изображение в комплекте раздатки: Сравнение признаков различных видов заготовок (прокат, штамповка, литье) на примере торца вала.

2. **Анализ поверхностей и определение необходимых операций.** 2.1. Возьмите рабочий чертеж детали. Определите все основные поверхности: наружные цилиндрические, внутренние отверстия, торцевые, резьбовые, шпоночные пазы. 2.2. Сопоставьте чертеж с

реальной деталью. Определите состояние каждой поверхности: * **Черновое:** Поверхность имеет значительный припуск на обработку, следы грубой обработки (окалина, неровности). * **Чистовое:** Поверхность имеет точные размеры и низкую шероховатость согласно чертежу. * **Необработанное:** Поверхность соответствует состоянию заготовки (например, литая корка). 2.3. Для каждой обработанной поверхности определите, какая операция была выполнена: * **Точение:** Для наружных цилиндрических и торцевых поверхностей. *

Сверление/Растачивание/Развертывание: Для создания и обработки отверстий. *

Нарезание резьбы: Резцом или плашкой. * **Фрезерование:** Для шпоночных пазов или плоских поверхностей.

3. **Составление укрупненного маршрута изготовления.** 3.1. На основе анализа определите первую операцию (обычно это **подрезка торца и центрование**, чтобы создать базу для дальнейшей обработки). 3.2. Определите последовательность операций для каждой ступени вала: * Черновая обработка (снятие основного припуска). * Получистовая обработка. * Чистовая обработка (в размер с заданной точностью и шероховатостью). 3.3. Определите финишные операции (например, шлифование шеек под подшипники). 3.4. Запишите составленный маршрут в виде нумерованного списка в отчет.
4. **Оформление отчета и выводы.** 4.1. Заполните таблицу, где для каждой поверхности укажите ее состояние на выданной детали и необходимую операцию для достижения чертежной точности. 4.2. Сделайте вывод о сложности технологического процесса изготовления данной детали.

Форма представления результата: Заполненная таблица анализа поверхностей и список технологических операций (маршрут).

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Студент безошибочно определил вид заготовки по всем характерным признакам; верно идентифицировал все технологические операции; составил логичный и технически обоснованный маршрут обработки; свободно владеет терминологией.
- **Оценка «хорошо»:** Задание выполнено полностью, но допущены 1-2 неточности в определении вида заготовки или последовательности операций; студент испытывает незначительные затруднения при ответах на уточняющие вопросы.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Студент смог определить вид заготовки, но не смог составить полный маршрут обработки или допустил грубые ошибки в идентификации операций; ответы на вопросы неполные.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено или выполнено с критическими ошибками; студент не может отличить один вид заготовки от другого или не понимает базовых принципов токарной обработки.

Тема 1.2. Способы получения заготовок (продолжение)

Лабораторное занятие №3.

Базирование заготовок

Цель: Изучение принципов базирования заготовок при механической обработке, правил выбора технологических баз и практическое применение теории баз для закрепления деталей.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** выбирать схему базирования в зависимости от конфигурации детали и требуемой точности;
- **Уд-2** проектировать операционные эскизы с условным обозначением опор, зажимов и установочных элементов;
- **Уо 01.01** анализировать задачу установки детали и выбирать оптимальную последовательность действий для достижения требуемой точности взаимного расположения поверхностей.

Материальное обеспечение:

- Набор деталей типа «вал», «втулка», «рычаг».
- Комплект станочных приспособлений: трехкулачковый патрон, центры (гладкие и вращающиеся), люнет, тиски машинные, прихваты.
- Учебные макеты схем базирования.

Задание: Для выданной детали разработать схему базирования на токарном станке для обработки заданной поверхности и обосновать свой выбор.

Порядок выполнения работы:

1. **Теоретическая подготовка и анализ задачи.** 1.1. Вспомните правило «**6 точек**»: для полного определения положения твердого тела в пространстве необходимо лишить его шести степеней свободы (трех перемещений вдоль осей X, Y, Z и трех вращений вокруг них). 1.2. Изучите чертеж выданной детали (например, ступенчатый вал). Определите поверхность, которую необходимо обработать (например, точение шейки Ø50h6). 1.3. Определите конструкторские базы детали — поверхности, от которых заданы размеры до обрабатываемой поверхности.
2. **Выбор схемы базирования по правилу единства баз.** 2.1. Главный принцип — использовать одни и те же поверхности в качестве технологических баз на протяжении всего процесса (принцип единства баз). Это минимизирует погрешности установки. 2.2. Для вала основными базами обычно являются его ось вращения и один из торцов. 2.3. Для реализации этой схемы на токарном станке деталь устанавливается в **центрах**. Передний центр лишает деталь четырех степеней свободы (два перемещения и два вращения), а задний — двух оставшихся перемещений вдоль оси.

Копировать

Изображение в комплекте раздатки: Схема установки вала в центрах токарного станка с обозначением степеней свободы.

3. **Разработка схемы установки для конкретной операции.** 3.1. Если требуется обработать торец вала и его наружную поверхность за одну установку: * Предложите схему установки в трехкулачковом патроне с поджатием задним центром. * **Обоснование:** Патрон обеспечивает сильное зажимное усилие и базирование по наружному диаметру (как черновая база). Задний центр обеспечивает соосность при обработке длинных валов, предотвращая их прогиб. * Обработку торца можно вести как подрезным резцом из патрона, так и проходным резцом с поджатием центром. *Изображение в комплекте раздатки: Схема установки вала в трехкулачковом патроне и заднем центре.*

3.2. Если требуется обработать отверстие во втулке: * Предложите схему установки втулки на **оправку** (разжимную или жесткую). * **Обоснование:** Это позволяет использовать внутреннее отверстие в качестве основной базы, обеспечивая соосность наружной поверхности с внутренней.

4. **Обоснование выбора баз в отчете.** 4.1. В отчете начертите операционный эскиз (упрощенный чертеж детали в том виде, как она установлена на станке). 4.2. Покажите на эскизе все опоры и зажимы (патрон, центр, оправка). 4.3. Напишите краткое обоснование: «В качестве черновой базы выбран наружный диаметр $\varnothing 60f7$... так как он имеет достаточный припуск и позволяет надежно закрепить деталь в патроне без деформаций».

Форма представления результата: Операционный эскиз с условными обозначениями опорных точек и зажимных устройств, а также письменное обоснование выбранной схемы базирования.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Студент правильно применил правило «6 точек»; обосновал выбор черновых и чистовых баз; начертил корректный операционный эскиз со всеми элементами; дал полное обоснование схемы установки.
- **Оценка «хорошо»:** Схема базирования выбрана верно в целом, но обоснование неполное или эскиз содержит незначительные неточности в условных обозначениях.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Студент смог предложить схему установки, но не смог грамотно ее обосновать с точки зрения теории базирования; допущены ошибки в эскизе.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Предложенная схема установки не обеспечивает требуемой точности или является технически неверной; студент не понимает принципов базирования.

Тема 2. Основы технического нормирования

Лабораторное занятие №4.

Нормирование работы вспомогательных рабочих

Цель: Обучение студентов методикам расчета норм времени на выполнение работ, выполняемых персоналом, не занятым непосредственно на станках (вспомогательные рабочие), и закрепление знаний на практике путем составления нормативных документов.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- Уд-1 применять методики аналитически-исследовательского метода нормирования;
- Уд-2 рассчитывать штучно-калькуляционное время на основе хронометража или нормативов;
- Уо 02.01 определять необходимые источники информации (нормативы времени) для решения задачи нормирования.

Материальное обеспечение:

- Стандартные бланки учета рабочего времени (фотография рабочего дня).
- Таблицы нормативных временных затрат на разные виды вспомогательной работы (уборка рабочего места, транспортировка деталей, контроль).
- Примеры отчетов по нормам времени.

Задание: Провести расчет нормы времени на заданный вид вспомогательной работы (например, уборка токарного станка после смены) методом укрупненных нормативов.

Порядок выполнения работы:

1. **Изучение объекта нормирования.** 1.1. Получите у преподавателя описание операции «Уборка рабочего места» и соответствующий справочник нормативов. 1.2. Определите состав операции, разбив ее на отдельные элементы (прием, действие). Например: * Элемент 1: Сбор стружки в тару. * Элемент 2: Протирка станины ветошью. * Элемент 3: Смазка направляющих. * Элемент 4: Вынос тары со стружкой.
2. **Расчет оперативного времени.** 2.1. Используя таблицу нормативов, найдите время на выполнение каждого элемента операции в минутах (или секундах). Обратите внимание на факторы, влияющие на норму (вес стружки, площадь поверхности, расстояние переноски). 2.2. Сложите время всех элементов, чтобы получить оперативное время ($T_{оп}$).
3. **Определение времени на обслуживание рабочего места и отдых.** 3.1. По справочнику определите процент от оперативного времени, который отводится на обслуживание рабочего места ($T_{обс}$) и личные надобности/отдых ($T_{отд}$). 3.2. Рассчитайте это время в абсолютных единицах:
$$T_{обс} = T_{оп} \times \frac{\%_{обс}}{100} \quad T_{отд} = T_{оп} \times \frac{\%_{отд}}{100}$$
4. **Расчет штучного времени ($T_{шт}$).** 4.1. Суммируйте все составляющие:
$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд}$$
5. **Оформление отчета.** Заполните бланк «Карта фотографии рабочего времени» или просто представьте расчет в виде таблицы в тетради.

Форма представления результата: Заполненный бланк карты норм времени или таблица с расчетом $T_{шт}$.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Расчет выполнен верно, студент грамотно использовал нормативы, правильно применил формулу и оформил результат без ошибок.
- **Оценка «хорошо»:** Задание выполнено верно, но при поиске данных в справочнике допущены незначительные неточности, не повлиявшие на итоговый результат.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Допущены ошибки в применении формулы или в арифметических расчетах; студент не смог найти нужные нормативы.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено или расчет произведен неверно.

Тема 2. Основы технического нормирования

Лабораторное занятие №5.

Нормирование работы инженерно-технических работников (ИТР)

Цель: Изучение подходов к нормированию трудовой деятельности инженерно-технических специалистов. Овладение навыками оценки рабочей нагрузки ИТР и применения методик оптимизации их труда.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** оценивать сложность и трудоемкость конструкторско-технологических задач;
- **Уд-2** составлять план-график выполнения работ и определять потребность во времени;
- **Уо 03.03** планировать собственную деятельность и выстраивать траектории профессионального развития.

Материальное обеспечение:

- Типовые трудозатраты на проектирование и техническое сопровождение (нормативы численности ИТР).
- Электронные таблицы Excel с готовыми формулами для упрощенных вычислений.
- Методические пособия по нормированию инженерного труда.

Задание: Рассчитать плановую трудоемкость разработки комплекта технологической документации (КТД) на операцию механической обработки детали.

Порядок выполнения работы:

1. **Анализ задания.** 1.1. Изучите выданную операционную карту (ОК) или эскиз операции. Определите количество переходов в операции. 1.2. Оцените сложность детали (простая вал, корпусная деталь средней сложности, сложная деталь с криволинейными поверхностями).
2. **Выбор нормативов.** 2.1. Используя справочник «Нормативы времени на разработку технологической документации», выберите таблицу, соответствующую типу вашего задания. 2.2. Найдите базовую норму времени (например, в человеко-часах на один лист документа формата А4).
3. **Корректировка базовой нормы.** 3.1. Базовая норма корректируется с помощью коэффициентов сложности ($K_{сл}$), учитывающих тип производства, точность детали, наличие оригинальных элементов и т.д. 3.2. Скорректированная норма рассчитывается как: $T_{корр} = T_{баз} \times K_{сл}$
4. **Расчет общей трудоемкости.** 4.1. Умножьте скорректированную норму на объем работы (количество листов КТД, которое необходимо разработать согласно заданию). 4.2. Итоговое значение будет являться плановой трудоемкостью задания.
5. **Оформление отчета и выводы.** 5.1. Представьте расчет в виде таблицы, где указаны исходные данные, выбранный коэффициент и итоговый результат. 5.2. Сделайте вывод о том, насколько трудоемким является данное задание для инженера-технолога и какие факторы наиболее сильно влияют на его длительность.

Форма представления результата: Таблица расчета плановой трудоемкости разработки КТД.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Студент правильно выбрал нормативы и коэффициенты, выполнил точный расчет и обосновал полученный результат.
- **Оценка «хорошо»:** Работа выполнена верно, но выбор коэффициента сложности был недостаточно аргументирован.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Допущена ошибка в выборе нормативной таблицы или в финальном расчете.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Студент не понимает принципов нормирования труда ИТР.

Тема 2. Основы технического нормирования

Лабораторное занятие №6.

Анализ машинного времени

Цель: Рассмотрение вопросов эффективного использования машинного времени при производстве деталей. Обучение оценке производительности оборудования и составлению планов загрузки техники.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- Уд-2 оценивать производительность станков и эффективность использования парка оборудования;
- Уо 02.01 находить и интерпретировать статистические данные о работе оборудования.

Материальное обеспечение:

- Графики и диаграммы загруженности производственных линий.
- Данные мониторинга оборудования (время работы, время простоя).
- Программные продукты для анализа загрузок и балансировки мощностей (на занятии используется их имитация или упрощенные данные).

Задание: Проанализировать эффективность использования токарного станка на основе предоставленного графика его работы за смену.

Порядок выполнения работы:

1. **Сбор данных.** 1.1. Получите у преподавателя график работы станка (это может быть диаграмма Ганта, циклограмма или таблица с данными) за одну восьмичасовую смену (480 минут). 1.2. Идентифицируйте на графике или в таблице следующие периоды: * **Машинное время ($T_{\text{маш}}$):** Время, в течение которого станок непосредственно выполняет резание (обработку детали). * **Вспомогательное время ($T_{\text{вспом}}$):** Время, затраченное на действия, необходимые для выполнения основной работы (установка и снятие детали, подвод/отвод инструмента, измерение). * **Время простоя ($T_{\text{пр}}$):** Время, когда станок не работал. Простой может быть по разным причинам: * *Организационные:* ожидание заготовок, отсутствие оператора, отсутствие инструмента. * *Технические:* поломка станка, замена изношенного инструмента, плановое обслуживание.
2. **Количественный анализ.** 2.1. Измерьте длительность каждого из указанных выше периодов в минутах. 2.2. Рассчитайте **коэффициент использования фонда времени ($K_{\text{исп.фонда}}$)**. Этот показатель показывает, какую долю от общего времени смены станок находился под управлением (работал или был готов к работе).
$$K_{\text{исп.фонда}} = \frac{T_{\text{маш}} + T_{\text{вспом}}}{T_{\text{смены}}}$$
 где $T_{\text{смены}}$ — общая продолжительность смены (480 минут). 2.3. Рассчитайте **коэффициент машинного времени ($K_{\text{м.в.}}$)**. Этот показатель характеризует, насколько эффективно использовалось время, когда станок был включен в работу.
$$K_{\text{м.в.}} = \frac{T_{\text{маш}}}{T_{\text{маш}} + T_{\text{вспом}}}$$
3. **Выработка рекомендаций.** 3.1. На основе полученных коэффициентов сделайте выводы: * Если $K_{\text{исп.фонда}}$ низкий (например, < 0.6), значит, система много простаивает по организационным или техническим причинам. * Если $K_{\text{м.в.}}$ низкий, значит, при включенном станке слишком много времени тратится на вспомогательные операции

(например, ручную установку деталей). 3.2. Предложите конкретные способы повышения эффективности: * Для сокращения простоев: оптимизация логистики заготовок, внедрение системы планово-предупредительного ремонта (ППР). * Для сокращения вспомогательного времени: применение быстродействующих приспособлений, автоматизации загрузки/выгрузки деталей.

4. **Оформление отчета.** Представьте результаты измерений в виде таблицы и сделайте выводы.

Форма представления результата: Таблица с расчетом коэффициентов $K_{\text{исп.фонда}}$ и $K_{\text{м.в.}}$ и краткие рекомендации по улучшению показателей.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Все периоды времени определены верно, расчеты выполнены без ошибок. Выводы логичны, рекомендации конкретны и технически обоснованы.
- **Оценка «хорошо»:** Работа выполнена полностью, но при определении периодов времени допущены незначительные неточности, не повлиявшие на общий вывод.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Допущены ошибки в определении видов времени или в расчетах коэффициентов.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено или выполнено с критическими ошибками; студент не может интерпретировать данные графика работы оборудования.

Тема 3. Обработка основных поверхностей типовых деталей

Лабораторное занятие №7.

Разработка технологического процесса обработки детали «Вал»

Цель: Приобретение практических навыков проектирования единичного технологического процесса механической обработки детали типа «вал» на основе чертежа и анализа технических требований.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- Уд-2 проектировать маршрут и последовательность операций для детали типа «вал»;
- Уд-1 выбирать оборудование, режущий и измерительный инструмент для каждой операции;
- Уо 01.01 анализировать чертеж для определения маршрута обработки;
- Уо 09.05 читать технические требования для назначения финишных операций.

Материальное обеспечение:

- Рабочий чертеж детали типа «вал» (ступенчатый вал с шейками, шпоночным пазом, резьбой).
- Справочники технолога-машиностроителя (режущий инструмент, режимы резания).
- ПЭВМ с доступом к справочно-правовым системам.

Задание: Разработать маршрутный технологический процесс механической обработки вала и оформить операционную карту на одну из операций (токарную).

Порядок выполнения работы:

1. **Анализ исходных данных.** 1.1. Изучите рабочий чертеж вала. Определите материал, твердость, основные размеры и качества точности. 1.2. Проанализируйте технические требования. Определите, какие поверхности являются наиболее ответственными (например, шейки под подшипники с допуском $h6$). Это определит необходимость финишных операций (шлифования). 1.3. Определите тип производства. Для единичного или мелкосерийного производства маршрутный процесс будет строиться на основе токарно-винторезного станка.
2. **Разработка маршрута обработки (последовательность операций).** 2.1. **Операция 005: Заготовительная.** Отрезать заготовку от проката. 2.2. **Операция 010: Токарная (черновая).** Установить заготовку в патрон с поджатием задним центром. * Подрезать торец. * Точить наружные поверхности с припуском под чистовую обработку. * Сверлить центровые отверстия (если не были сделаны ранее). 2.3. **Операция 015: Токарная (чистовая).** * Перевернуть заготовку, обработать второй торец. * Точить ступени вала в окончательный размер по диаметру и длине согласно чертежу. * Проточить канавки и фаски. 2.4. **Операция 020: Фрезерная.** На вертикально-фрезерном станке фрезеровать шпоночный паз на одной из ступеней вала. 2.5. **Операция 025: Нарезание резьбы.** На токарном станке нарезать наружную резьбу резцом или плашкой. 2.6. **Операция 030: Слесарная.** Зачистить заусенцы, снять острые кромки. 2.7. **Операция 035: Контрольная.** Провести окончательный контроль размеров. 2.8. **Операция 040: Термическая/Шлифовальная (если требуется).** Если по чертежу

требуется высокая точность и малая шероховатость (например, шейки $h6$, $Ra\ 1.6$), в маршрут добавляется операция шлифования после термообработки.

3. Разработка операционной карты на токарную операцию (например, Оп. 015).

Заполните поля операционной карты:

- **Наименование операции:** Токарная чистовая.
- **Оборудование:** Токарно-винторезный станок модели *I6K20*.
- **Приспособление:** Трехкулачковый патрон, задний центр, люнет (если $L/D > 10$).
- **Инструмент:** Резец проходной упорный, резец канавочный, резец фасонный для фасок, штангенциркуль ШЦ-I-150-0.1 для контроля.
- **Содержание перехода:**
 - Точить поверхность $\varnothing 50h6$ в размер $(75 \pm 0,2)$ мм.
 - Проточить канавку шириной 5 мм по чертежу поз. ____.
 - Нарезать фаску $1 \times 45^\circ$.

4. Оформление отчета. Представьте в отчете маршрут обработки в виде таблицы («Ведомость технологического маршрута») и заполненный бланк операционной карты на одну операцию.

Форма представления результата: Таблица «Маршрутный технологический процесс» и заполненная операционная карта на токарную операцию.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Разработанный маршрут логичен, технически обоснован и обеспечивает достижение всех требований чертежа; операционная карта заполнена полностью и без ошибок; студент может защитить свой проект, объяснив выбор оборудования и инструмента.
- **Оценка «хорошо»:** Маршрут составлен верно, но последовательность операций не оптимальна или в операционной карте допущены незначительные неточности в записи переходов.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Студент смог составить только часть маршрута или допустил ошибки в определении баз для обработки; операционная карта заполнена менее чем на 50%.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Маршрут не соответствует требованиям чертежа; студент не может объяснить назначение операций; задание не выполнено.

Тема 4. Сборка машин
Лабораторное занятие №8.
Расчет размерных цепей

Цель: Приобретение практических навыков применения теории размерных цепей для решения прямой и обратной задач при проектировании и анализе технологических процессов сборки и изготовления деталей.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-2** проектировать технологические процессы с учетом допусков на замыкающее звено;
- **Уд-1** анализировать чертежи сборочных узлов и выявлять взаимосвязанные размеры;
- **Уо 01.01** реализовывать алгоритм расчета размерных цепей для обеспечения требуемой точности сборки.

Материальное обеспечение:

- Эскиз сборочного узла (например, редуктора, узла подшипника, механизма) с проставленными размерами.
- Рабочий чертеж одной из сопрягаемых деталей.
- Справочные материалы по допускам и посадкам.
- Калькулятор, миллиметровая бумага (для вычерчивания эскиза).

Задание: По выданному эскизу сборочного узла и чертежу детали решить обратную и прямую задачи по расчету размерной цепи.

Порядок выполнения работы:

1. **Анализ конструкции и постановка задачи.** 1.1. Внимательно изучите эскиз сборочного узла. Определите, какой параметр является **замыкающим звеном**. Как правило, это зазор или натяг в соединении, осевое смещение деталей или положение торца относительно базы (например, зазор в подшипнике, осевой зазор вала). 1.2. Определите **увеличивающие** и **уменьшающие** звенья. * *Увеличивающие звенья:* при их увеличении замыкающее звено увеличивается. * *Уменьшающие звенья:* при их увеличении замыкающее звено уменьшается. *Пример:* В размерной цепи для обеспечения зазора в подшипнике, увеличение наружного диаметра корпуса будет увеличивающим звеном, а увеличение внутреннего диаметра подшипника — уменьшающим.* 1.3. Выявите все составляющие звенья (линейные размеры деталей, толщины прокладок, шаги резьбы и т.д.), которые влияют на величину замыкающего звена.
2. **Построение схемы размерной цепи.** 2.1. Начертите эскиз узла в упрощенном виде. 2.2. Постройте замкнутый контур (размерную цепь), последовательно обходя все звенья от одной стороны замыкающего звена до другой. Направление обхода должно быть единым. 2.3. Обозначьте на схеме все звенья ($A_1, A_2, \dots$), указав стрелкой их положительное направление. Замыкающее звено обычно обозначается с индексом Δ (например, A_{Δ}).
3. **Решение обратной задачи (проверочный расчет).** Обратная задача отвечает на вопрос: «Какую точность мы получим при заданных допусках на детали?». 3.1. Запишите номинальные размеры всех составляющих звеньев из чертежей. 3.2. Составьте

уравнение номинальных размеров: $A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n A_{i_{ув}} - \sum_{j=1}^m A_{j_{ум}}$ где A_{Δ} — номинальный размер замыкающего звена, $A_{i_{ув}}$ — номинальные размеры увеличивающих звеньев, $A_{j_{ум}}$ — номинальные размеры уменьшающих звеньев. 3.3. Рассчитайте номинальный размер замыкающего звена A_{Δ} . Сравните полученное значение с требуемым по чертежу (например, требуемый зазор). Сделайте предварительный вывод.

4. **Решение прямой задачи (проектный расчет).** Прямая задача отвечает на вопрос: «Какие допуски нужно назначить на детали, чтобы получить требуемую точность сборки?». 4.1. **Метод "максимум-минимум":** Обеспечивает 100% гарантию того, что замыкающее звено не выйдет за пределы допуска. * Рассчитайте средний допуск ($T_{ср}$) на каждое звено: $T_{ср} = \frac{T_{\Delta}}{n+m-1}$ где T_{Δ} — допуск замыкающего звена, n — число увеличивающих звеньев, m — число уменьшающих звеньев. * Назначьте стандартные поля допусков на составляющие звенья так, чтобы их величина была не больше $T_{ср}$. При этом следите за тем, чтобы назначаемые допуски были технически и экономически достижимы для выбранного метода обработки. 4.2. **Теоретико-вероятностный метод:** Используется для многозвенных цепей. Позволяет расширить допуски на составляющие звенья за счет малой вероятности выхода замыкающего звена за пределы допуска.

5. Оформление отчета и выводы.

- Представьте в отчете схему размерной цепи с обозначением всех звеньев.
- Приведите все исходные данные (номинальные размеры, допуски).
- Покажите ход решения обратной и прямой задач с подстановкой всех значений в формулы.
- Сделайте вывод о том, как назначенные допуски повлияют на технологию изготовления деталей (какие поверхности потребуют более точной обработки).

Форма представления результата: Отчет, включающий:

1. Эскиз сборочного узла со схемой размерной цепи.
2. Таблицу с перечнем всех звеньев (обозначение, номинал, назначенный допуск).
3. Расчеты по решению обратной и прямой задач.
4. Заключение о работоспособности конструкции и технологичности ее изготовления.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Правильно выбрано замыкающее звено и все составляющие звенья. Схема размерной цепи построена верно. Расчеты выполнены без ошибок с применением корректных формул для обоих методов задачи. Выводы логичны и обоснованы.
- **Оценка «хорошо»:** Схема построена верно, но допущены незначительные ошибки в расчетах или при назначении допусков на составляющие звенья (например, назначен невыполнимый на практике квалитет точности).
- **Оценка «удовлетворительно»:** Допущены ошибки в определении увеличивающих/уменьшающих звеньев или в построении схемы цепи. Расчеты выполнены с грубыми ошибками.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Неверно определено замыкающее звено или не понят принцип построения размерной цепи. Задание не выполнено.

Тема 4. Сборка машин

Лабораторное занятие №9.

Составить алгоритм выполнения мероприятий технического контроля и испытания узлов и машин

Цель: Формирование системного представления о месте и роли технического контроля (ТК) и испытаний в производственном цикле. Приобретение навыков разработки алгоритма (последовательности действий) для проведения контрольных и испытательных операций.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** классифицировать виды контроля по этапам производства и применять соответствующие методы;
- **Уд-2** определять состав контрольных операций, необходимые инструменты и критерии приемки;
- **Уо 01.01** выстраивать логическую последовательность действий для достижения конечного результата (подтверждения качества);
- **Уо 09.05** читать и применять требования нормативно-технической документации (НТД) для проведения контроля.

Материальное обеспечение:

- Сборочный чертеж узла или машины (например, редуктора, насоса).
- Технические условия (ТУ) или раздел «Технические требования» в конструкторской документации на изделие.
- Стандарты на методы контроля (например, ГОСТы, регламентирующие проверку резьб, зубчатых колес, герметичности).
- Образцы измерительного инструмента (штангенциркули, микрометры, калибры).

Задание: На основе анализа конструкторской и нормативно-технической документации на выданный узел или машину разработать и представить в виде блок-схемы или пошагового алгоритма процесс его технического контроля и испытаний.

Порядок выполнения работы:

1. **Анализ объекта контроля и нормативной базы.**
 - 1.1. Изучите сборочный чертеж изделия. Определите его наименование, функциональное назначение и основные составные части (подузлы, детали).
 - 1.2. Внимательно изучите раздел «Технические требования» в чертеже или Технические условия (ТУ). Выпишите все требования, которые подлежат проверке: * Требования к точности (допуски размеров, формы и расположения поверхностей). * Требования к качеству поверхностей (шероховатость). * Требования к сборке (моменты затяжки резьбовых соединений, радиальные и осевые зазоры). * Требования к балансировке. * Требования к испытаниям (проверка на герметичность, прочность, уровень шума, вибрация).
2. **Разработка алгоритма технического контроля.**
 - 2.1. **Определите структуру контроля:** Разделите весь процесс на логические этапы. *

Входной контроль: Проверка комплектующих и материалов, поступающих на сборку. * **Операционный контроль:** Проверка в процессе сборки (например, контроль момента затяжки, проверка легкости вращения вала до установки крышек). * **Приемочный контроль готового изделия:** Комплексная проверка всех параметров готового узла или машины.

2.2. Составьте пошаговый алгоритм для приемочного контроля готового изделия.

Для каждого шага алгоритма укажите: * **Объект контроля:** Что именно проверяется (например, «Вал-шестерня», «Посадочное место под подшипник», «Корпус редуктора»).

* **Контролируемый параметр:** Что проверяется (например, «Диаметр шейки вала Ø50h6», «Перпендикулярность торца Б к оси А», «Момент прокручивания вала»). *

Метод контроля: Как проверяется (например, «С помощью микрометра МК-50», «С помощью индикатора часового типа на стойке», «Определяется по тарированному ключу»).

* **Критерий приемки:** Какое значение является допустимым (например, «50.00 - 50.02 мм», «Биение не более 0.02 мм», «Момент 15 ± 2 Нм»).

3. Разработка алгоритма испытаний.

3.1. На основе требований из ТУ определите виды испытаний, которым должно

подвергаться изделие. 3.2. Включите в общий алгоритм этапы испытаний. Для каждого

этапа укажите: * **Вид испытания:** (например, «Испытание на герметичность»,

«Испытание под нагрузкой», «Контроль уровня шума»). * **Оборудование:** На каком

стенде или с помощью какого оборудования проводится испытание. * **Параметры:**

Давление, время выдержки, величина нагрузки, допустимый уровень шума в дБ. *

Результат: Испытание считается пройденным/не пройденным при условии...

4. Оформление алгоритма.

- Представьте разработанный алгоритм в виде **графической блок-схемы**. Используйте стандартные обозначения:

- **Овалы** для «Начала» и «Конца».
- **Прямоугольники** для описания конкретных операций контроля или испытаний.
- **Ромб** для точек принятия решения («Соответствует/Не соответствует»). От ромба должны отходить линии к операциям «Брак/Ремонт» или «Продолжить контроль».

5. Анализ и выводы.

- Проанализируйте разработанный алгоритм. Определите, какие из контрольных операций являются наиболее критичными для обеспечения работоспособности изделия.
- Сделайте вывод о том, как внедрение такого четкого алгоритма позволяет снизить вероятность пропуска бракованной продукции.

Форма представления результата: Отчет, содержащий:

1. Перечень технических требований из чертежа/ТУ.
2. Разработанный алгоритм в виде графической блок-схемы с расшифровкой всех блоков.
3. Анализ критических контрольных точек и выводы по работе.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Алгоритм разработан полно и логично, охватывает все виды контроля (входной, операционный, приемочный) и испытаний. Все элементы блок-схемы корректны. Анализ глубокий, выводы обоснованы.
- **Оценка «хорошо»:** Алгоритм охватывает основные этапы контроля, но имеет незначительные упущения в детализации. Блок-схема составлена верно, но не все переходы логически обоснованы.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Алгоритм разработан фрагментарно (например, описан только приемочный контроль). Блок-схема содержит ошибки или выполнена не по стандарту. Анализ отсутствует.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Задание не выполнено или выполнено формально без понимания сути технического контроля как системы.

Тема 4. Сборка машин

Лабораторное занятие №10.

Сборка и регулировка узла. Определение момента трения

(наименование указывается **СТРОГО** в соответствии с вашей рабочей программой)

Цель: Приобретение практических навыков сборки и регулировки механического узла (например, подшипникового узла), а также экспериментальное определение и анализ момента трения.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-1** выполнять сборку узла в соответствии с технологической документацией;
- **Уд-2** проводить регулировочные операции (например, регулировку осевого зазора в подшипниках);
- **Уо 01.01** применять методы экспериментального исследования для определения характеристик узла;
- **Уо 09.05** читать и применять технические требования к сборке из чертежей и инструкций.

Материальное обеспечение:

- Комплект деталей для сборки узла (например, вал, подшипники качения, корпуса, крышки, уплотнительные кольца).
- Измерительные инструменты: микрометры, нутромеры, набор щупов.
- Инструменты для сборки: динамометрические ключи, молотки с мягкими бойками, отвертки.
- **Тензометрический динамометрический ключ** или стенд для измерения момента.
- Техническая документация: чертеж узла, технические условия на сборку.

Задание: Собрать заданный узел (например, опорный узел вала), отрегулировать его согласно техническим требованиям и определить экспериментальным путем момент трения при вращении.

Порядок выполнения работы:

1. **Подготовка к сборке.** 1.1. Изучите техническую документацию на сборку узла: чертеж общего вида, спецификацию, технические требования (например, моменты затяжки резьбовых соединений, осевые зазоры). 1.2. Проведите входной контроль деталей: визуально осмотрите их на предмет отсутствия забоин, заусенцев, коррозии. С помощью микрометра проверьте размеры вала и диаметры отверстий в корпусах.
2. **Сборка узла.** 2.1. Произведите сборку в соответствии с технологической последовательностью. Например, для подшипникового узла: * Запрессуйте наружные кольца подшипников в корпус. * Установите вал с напрессованными внутренними кольцами подшипников в корпус. * Установите защитные крышки. 2.2. При сборке строго соблюдайте чистоту. Попадание грязи или абразива в зону трения недопустимо. 2.3. Затягивайте резьбовые соединения (например, болты крышек) с помощью

динамометрического ключа **равномерно**, в несколько приемов (крест-накрест), до достижения момента затяжки, указанного в технической документации.

3. **Регулировка узла.** 3.1. Основной вид регулировки для многих узлов — это **регулировка осевого зазора**. Неправильный зазор (слишком большой или слишком малый) приведет к преждевременному выходу узла из строя. 3.2. Используя набор щупов или индикатор часового типа, измерьте осевой зазор вала. 3.3. Отрегулируйте зазор до требуемого значения путем осевого смещения одного из колец подшипника (например, затягиванием или ослаблением болтов крышки). Контролируйте изменение зазора в процессе регулировки.
4. **Определение момента трения.** 4.1. Установите собранный и отрегулированный узел на испытательный стенд или в тиски так, чтобы вал мог свободно вращаться. 4.2. С помощью тензометрического динамометрического ключа или специального стенда приложите начальный крутящий момент к валу и начните его медленно вращать. 4.3. Зафиксируйте значение **начального момента трения** (момента, необходимого для срагивания вала с места). 4.4. Продолжая вращать вал с постоянной скоростью, зафиксируйте значение **установившегося момента трения**. 4.5. Повторите измерения несколько раз для получения среднего значения.
5. **Анализ результатов и оформление отчета.** 5.1. Сравните полученные экспериментальные значения момента трения с паспортными данными подшипников или нормативами. 5.2. Проанализируйте возможные причины отклонений (слишком тугая или слабая затяжка, неправильный зазор, недостаточное количество смазки). 5.3. Сделайте вывод о качестве сборки и регулировки узла.

Форма представления результата: Отчет, содержащий:

1. Технологическую карту сборки (кратко).
2. Результаты измерений (осевой зазор, моменты трения).
3. Анализ результатов и вывод о соответствии узла техническим требованиям.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Узел собран правильно и аккуратно, регулировка выполнена точно по техническим требованиям; измеренные значения момента трения находятся в пределах нормы; студент может объяснить влияние регулировки на работу узла.
- **Оценка «хорошо»:** Узел собран правильно, но при регулировке или измерении допущены незначительные неточности, не повлиявшие на работоспособность (по мнению преподавателя).
- **Оценка «удовлетворительно»:** Допущены ошибки при сборке или регулировке (например, слишком сильный перетяг), что привело к завышенному моменту трения; студент не может дать полного объяснения причин.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Узел собран с грубыми нарушениями технологии (повреждены детали), что делает его дальнейшую эксплуатацию невозможной; задание не выполнено.

Какова цель лабораторной работы №10?

Какой узел чаще всего собирают в ходе лабораторной работы №10?

Для чего проводят регулировку осевого зазора в собранном узле?

Тема 4. Сборка машин

Лабораторное занятие №11.

Оформление технологической схемы сборки

Цель: Изучение правил разработки и оформления технологических документов на процесс сборки; приобретение навыков построения технологической схемы сборки изделия.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- Уд-2 проектировать технологическую схему сборки изделия;
- Уд-1 определять состав комплектующих и сборочных единиц;
- Уо 09.05 читать и понимать структуру сборочного чертежа для разработки технологии сборки.

Материальное обеспечение:

- Сборочный чертеж несложного изделия (например, редуктора, узла подшипника).
- Бумага формата А3, А2; карандаши, линейка.
- ГОСТы ЕСТД (Единая система технологической документации).

Задание: По выданному сборочному чертежу разработать и оформить технологическую схему сборки изделия.

Порядок выполнения работы:

1. **Анализ сборочного чертежа и спецификации.** 1.1. Изучите сборочный чертеж изделия. Определите его наименование и обозначение. 1.2. Внимательно прочитайте спецификацию к чертежу. Спецификация определяет полный состав изделия: все детали, стандартные изделия (болты, гайки) и другие сборочные единицы (сборочные единицы более низкого порядка). 1.3. Разделите все компоненты на группы: * **Базовая деталь:** Деталь, на которой монтируется изделие или с которой начинается сборка (например, корпус редуктора). * **Комплектующие:** Все остальные детали и сборочные единицы.
2. **Построение технологической схемы сборки.** 2.1. Начертите на листе рамку и основную надпись по ГОСТ. 2.2. В центре листа нарисуйте прямоугольник — это **базовая деталь**. 2.3. В соответствии со спецификацией и логикой сборки последовательно добавляйте к базовой детали другие компоненты в виде прямоугольников или условных обозначений. 2.4. Соединяйте компоненты линиями со стрелками, показывающими направление сборки (от базовой детали к готовому изделию). 2.5. Соблюдайте иерархию: сначала собирайте мелкие сборочные единицы (например, запрессовка подшипника в крышку), а затем устанавливайте их на базовую деталь.
3. **Оформление схемы и составление ведомости деталей.** 3.1. Над каждым прямоугольником напишите краткое наименование компонента (например, «Крышка», «Вал-шестерня», «Подшипник»). 3.2. В нижней части листа оформите ведомость деталей и сборочных единиц в виде таблицы:

Позиция	Наименование	Количество	Материал	Примечание

Позиция	Наименование	Количество	Материал	Примечание
...	...	...	...	...

4. **Анализ разработанной схемы.** Сделайте вывод о типе сборочного процесса:

- **Сосредоточенная сборка:** Вся сборка выполняется в одном месте одним или несколькими рабочими от начала до конца.
- **Поточная сборка:** Процесс разбит на операции, выполняемые разными рабочими или на разных постах вдоль конвейера или движущегося стенда.

Форма представления результата: Чертеж технологической схемы сборки изделия на листе формата А3/А2 с основной надписью и ведомостью деталей.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Схема полная и логически верная; все компоненты из спецификации включены; направление сборки показано корректно; оформление соответствует стандартам ЕСТД; ведомость деталей заполнена без ошибок.
- **Оценка «хорошо»:** Схема составлена верно для основной части изделия, но пропущены второстепенные компоненты или есть незначительные отклонения от правил оформления ЕСТД.
- **Оценка «удовлетворительно»:** Схема выполнена для базовой детали и одного-двух узлов без учета общей логики сборки всего изделия; ведомость деталей заполнена с ошибками или отсутствует.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Схема не отражает реального процесса сборки; компоненты не соответствуют спецификации; задание не выполнено или выполнено формально.

Вопрос

выведи полностью лабораторную работу №12 подробнее

Ответ

Ответ

Поскольку в предоставленном перечне работ (до №11) не было лабораторной работы №12, я составлю для вас подробное описание для **гипотетического Лабораторного занятия №12**, которое логически продолжает курс и посвящено одной из самых современных тем в машиностроении.

Если в вашем учебном плане под этим номером значится другая тема, пожалуйста, уточните её название, и я сгенерирую текст для неё.

Тема 5. Современные технологии в машиностроении

Лабораторное занятие №12.

Основы проектирования в CAD-системе (на примере КОМПАС-3D)

(наименование указывается СТРОГО в соответствии с вашей рабочей программой)

Цель: Приобретение базовых навыков 3D-моделирования деталей в системе автоматизированного проектирования (САПР) на примере создания параметрической модели типовой детали.

Выполнив работу, вы будете уметь:

- **Уд-2** создавать эскиз и применять к нему операции для формирования 3D-геометрии;
- **Уд-1** задавать размеры и зависимости в эскизе для создания параметрической модели;
- **Уо 01.01** анализировать форму детали и разбивать процесс её создания на логические этапы (эскиз, операция, элемент).

Материальное обеспечение:

- Компьютерный класс с установленным программным обеспечением КОМПАС-3D (или аналогичной CAD-системой).
- Методическое пособие по основам работы в КОМПАС-3D.
- Задание: Чертеж или эскиз детали типа «Кронштейн» или «Корпусная плита» с указанными размерами.

Задание: Создать трехмерную параметрическую модель детали по выданному чертежу. Подготовить файл для печати на 3D-принтере (в формате STL).

Порядок выполнения работы:

1. **Анализ чертежа и планирование модели.** 1.1. Внимательно изучите выданный чертеж детали. Определите её основные геометрические тела: это может быть параллелепипед (основание), цилиндр (отверстие), скругления (фаски). 1.2. Мысленно разбейте деталь на последовательность формообразующих операций: * Создать основание (выдавливание эскиза). * Вырезать отверстие (вычитание эскиза). * Создать скругления. * Создать фаски.
2. **Создание нового документа и первого эскиза.** 2.1. Запустите КОМПАС-3D и создайте новый файл типа «Деталь». 2.2. Выберите в дереве построения плоскость, на которой будет располагаться первый эскиз (например, «Фронтальная плоскость» или «Горизонтальная плоскость»). 2.3. Войдите в режим создания эскиза. 2.4. С помощью инструментов «Отрезок» и «Прямоугольник» постройте замкнутый контур основания детали. 2.5. Примените инструмент «Размеры» и задайте номинальные размеры контура согласно чертежу. Это сделает модель параметрической — при изменении размера в дальнейшем геометрия перестроится автоматически.
3. **Формирование 3D-геометрии первой операцией.** 3.1. Завершите редактирование эскиза. 2.2. Выберите на панели инструментов операцию «Элемент выдавливания». 3.3. В появившейся панели свойств выберите направление выдавливания (например, «Прямое направление») и задайте расстояние (толщину основания). 3.4. Нажмите «Создать объект». В дереве построения появится первый объемный элемент.

4. **Создание конструктивных элементов (отверстия, скругления).** 4.1. **Отверстие:** * Выберите грань, на которой должно быть отверстие. * Создайте на ней новый эскиз (окружность). * Задайте размер окружности и примените к ней вертикальные/горизонтальные зависимости для привязки к центру. * Завершите эскиз и выберите операцию «Вырезать выдавливанием». Задайте расстояние для вырезания (насквозь или на определенную глубину). 4.2. **Скругления и фаски:** * Выберите на панели инструментов операцию «Скругление» или «Фаска». * Укажите ребра, которые необходимо скруглить. * Введите радиус скругления или размеры фаски в панель свойств и примените операцию.
5. **Проверка модели и сохранение.** 5.1. Визуально осмотрите полученную 3D-модель со всех сторон, вращая её с помощью мыши. 5.2. Сравните модель с исходным чертежом на предмет соответствия размеров и формы. 5.3. Сохраните файл модели в формате .m3d (стандартный формат КОМПАС).
6. **Подготовка к 3D-печати (экспорт в STL).** 6.1. Откройте меню «Файл» -> «Сохранить как...». 6.2. В поле «Тип файла» выберите STL (*.stl). 6.3. Нажмите «Параметры экспорта». Убедитесь, что выбрана высокая точность аппроксимации кривых (это влияет на качество поверхности печатной детали). 6.4. Сохраните файл.

Форма представления результата:

1. Файл с готовой 3D-моделью детали (*.m3d).
2. Файл для 3D-печати (*.stl).
3. Распечатанный чертеж детали с подписью.

Критерии оценки:

- **Оценка «отлично»:** Модель полностью соответствует чертежу по геометрии и размерам. Все элементы (скругления, фаски, отверстия) выполнены корректно и в нужных местах. Файл STL подготовлен правильно.
- **Оценка «хорошо»:** Модель в целом соответствует чертежу, но есть незначительные отклонения в размерах или пропущены мелкие элементы (например, не все фаски).
- **Оценка «удовлетворительно»:** Геометрия модели имеет существенные расхождения с чертежом, нарушена общая форма детали.
- **Оценка «неудовлетворительно»:** Модель не соответствует заданию, базовые операции выполнены неверно или файл не сохранен.

Как создать параметрическую модель детали в КОМПАС-3D?

Какой формат файла нужен для 3D-принтера в КОМПАС-3D?

Какие операции используются для создания отверстий и скруглений в 3D-модели?