

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

В. Г. Мосур

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2025

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент кафедры инжиниринга технологического
оборудования ФГБОУ ВО «КГТУ» С. Б. Перетятко

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания
ФГБОУ ВО «КГТУ» М. Н. Альшевская

Мосур, В. Г.

Технология машиностроения: учебно-методическое пособие по изучению
дисциплины для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению
подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование/ В. Г. Мосур. –
Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 86 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Технология
машиностроения» представлены учебно-методические материалы по освоению
тем лекционного курса, включающего подробный план лекций, и практическим
занятиям, отражены рекомендации для выполнения контрольной работы для
направления подготовки, а также вопросы для самоконтроля студентов по
направлению подготовки Технологические машины и оборудование.

Табл. 8, рис. 15, список лит. – 14 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано
в качестве локального электронного методического материала для
использования в учебном процессе методической комиссией института
агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет» 30.05.2025 г., протокол № 5

УДК 620.179

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2025 г.
© Мосур В. Г., 2025 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	50
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	83
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	85

ВВЕДЕНИЕ

Создание, совершенствование и развитие современного оборудования в машиностроении вызвано стремительным развитием научно-технической революции, быстрым обновлением знаний, увеличением объема научной и научно-технической информации.

Сегодня, как никогда, существует потребность в высококвалифицированных специалистах, имеющих хорошую общенаучную и профессиональную подготовку, которые способны к самостоятельной научной творческой работе. Эти специалисты должны не только хорошо ориентироваться в новых методах научных разработок и конструирования изделий, но также уметь внедрять их результаты в производственный процесс.

Дисциплина «Технология машиностроения» включает в себя: философские аспекты, методологические основы изготовления и сборки деталей и узлов в машиностроении.

Дисциплина «Технология машиностроения» является дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к проектированию технологических процессов и реализации их в производстве, а также изучению основных понятий и определений в области машиностроительного производства, теории точности обработки поверхностей деталей машин и теории базирования заготовок и деталей машин.

Целью освоения дисциплины «Технология машиностроения» является формирование у обучающихся готовности к проектированию технологических процессов и реализации их в производстве, а также изучению основных понятий и определений в области машиностроительного производства, теории точности обработки поверхностей деталей машин и теории базирования заготовок и деталей машин.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных понятий и определений в области машиностроительного производства;
- изучение основных положений теории точности обработки поверхностей деталей машин, теории базирования заготовок и деталей машин, теории размерных цепей при изготовлении деталей и сборке машин;
- освоение методики проектирования технологических процессов изготовления деталей машин, сборки машин и ее составных частей;
- изучение особенностей достижения требуемой точности при сборке типовых соединений машин;
- формирование навыков разработки технологических процессов изготовления различных групп деталей машин;
- формирование навыков разработки комплектов технологической документации для изготовления деталей машин и сборки машин и ее составных частей.

Данный курс изучает методы проектирования технологических процессов изготовления и сборки деталей и узлов машин. При изучении курса студенты

должны научиться разрабатывать технологию изготовления и сборки деталей и узлов машин.

Задача технолога состоит в создании машин, удовлетворяющих современным требованиям, предъявляемым к технике. Основными из них являются: высокая производительность, экономичность, прочность, надежность, малые масса, металлоемкость, габариты, энергоемкость, объем и стоимость ремонтных работ, высокий технический ресурс, простота и безопасность обслуживания, удобство управления, транспортировки, сборки и разборки.

Кроме этого машины должны соответствовать требованиям технической эстетики. Данное учебное пособие предназначено для изучения студентами основных правил проектирования технологических процессов изготовления и сборки деталей и узлов машин, работающих при статической и переменных циклических нагрузках. В пособии приведены основы рационального проектирования технологических процессов изготовления и сборки деталей и узлов машин: выбор наиболее целесообразных материалов, конструкции, форм, заготовок, механических и термических обработок, степени точности деталей общего назначения. Для лучшего восприятия почти каждое положение, приводимое в тексте, сопровождается рисунками или таблицами с конструктивными решениями той или иной проблемы. Однако предложенные решения не являются окончательными и носят рекомендательный характер.

Технология (от греческих слов «техνη» – мастерство и «λόγος» – слово, знание) – означает буквально – «знание мастерства», или «знаю как сделать».

Итак, «технология» – это свод знаний о процессе, например, о процессе изготовления изделия, обладающего определенными потребительскими качествами. Технология совершается по определенным правилам и ее могут повторить многие люди, владеющие такими знаниями.

В природе существует ничтожно малое количество предметов, которые может использовать человек непосредственно без преобразования. Поэтому человеку приходится приспособлять предметы природы для удовлетворения своих потребностей.

Современный человек стремится преобразования предметов природы выполнять с помощью машин. Человеческое общество постоянно испытывает потребности в новых видах продукции, либо в сокращении затрат труда при изготовлении освоенной продукции. Эти потребности могут быть удовлетворены с помощью новых технологических процессов и новых машин. Таким образом, стимулом к созданию **новой машины** всегда является **новый технологический процесс**.

Машина полезна лишь, если она обладает требуемым качеством и, таким образом, способна удовлетворять потребность людей. Ресурсы труда в жизни человеческого общества представляют собой наивысшую ценность.

Создавая машину, человек ставит перед собой две задачи:

- создать машину качественной;
- затратить меньшее количество труда при создании машины.

Замысел новой машины возникает при разработке технологического процесса изготовления продукции, в производстве которой возникла потребность. Этот замысел выражается в формулировке служебного назначения, которая является исходным документом для проектируемой машины.

Процесс создания машины состоит из двух этапов:

- проектирование;
- изготовление.

В результате проектирования появляются чертежи машины. В результате изготовления с помощью производственного процесса появляется машина.

Второй этап и составляет основную задачу технологии машиностроения. Изготовление машины связано с использованием различных способов обработки металлов.

Современное представление технологии машиностроения – это отрасль технической науки, которая изучает связи и закономерности в производственных процессах изготовления машин.

Конструкция любой машины – сложная система двух видов сопряженных множеств связей:

- свойств материалов;
- размерных.

Для реализации такой системы связей должен быть создан и осуществлен производственный процесс, который представляет собой другую систему сопряженных множеств связей:

- свойств материалов (нужны для создания аналогичных связей в машине во время производственного процесса);
- размерных;
- информационных (для управления производственным процессом);
- временных и экономических (производственный процесс не может осуществляться вне времени и без затрат живого и овеществленного труда).

Результатами освоения дисциплины является поэтапное формирование требуемых компетенций у обучающихся. Дисциплина «Технология машиностроения» относится к обязательной части образовательной программы магистратуры по профилю подготовки «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

При реализации дисциплины «Технология машиностроения» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- типовые схемы базирования и закрепления заготовок и деталей машиностроительных изделий средней сложности в автоматизированном производстве;
- принципы выбора технологических баз в автоматизированном производстве;

- принципы выбора средств технологического оснащения, используемых в технологических процессах изготовления машиностроительных изделий средней сложности;

- нормативно-технические и руководящие документы по оформлению конструкторской и технологической документации;

- основы технологии машиностроения;

- последовательность и правила назначения режимов резания;

- принципы разработки технологических процессов;

уметь:

- определять тип производства на основе анализа программы выпуска машиностроительных изделий средней сложности;

- рассчитывать припуски и промежуточные размеры на обработку поверхностей машиностроительных изделий средней сложности;

- назначить необходимую технологическую оснастку;

- выбрать оборудование и инструмент для данного технологического процесса;

- оформлять технологическую документацию на технологические процессы автоматизированного изготовления машиностроительных изделий средней сложности;

владеть:

- определение типа производства машиностроительных изделий средней сложности;

- выбором вида и методов изготовления исходных заготовок для машиностроительных изделий средней сложности, обеспечивающих удобство их автоматизированной обработки;

- выбором схем базирования и закрепления заготовок и деталей машиностроительных изделий средней сложности, позволяющих осуществлять их автоматизированную обработку и сборку;

- разработкой технологических маршрутов автоматизированного изготовления машиностроительных изделий средней сложности.

Для успешного освоения дисциплины «Технология машиностроения», студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;

- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) относятся:

- задания и контрольные вопросы по практическим занятиям;

- задания по контрольной работе (по заочной форме обучения).

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые задания. Тестирование и решение практических задач, обучающихся проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из

предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Промежуточная аттестация в форме зачета и дифференцированного зачета (зачета с оценкой) проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. В отдельных случаях (при не прохождении всех видов текущего контроля) зачет может быть проведен в виде тестирования.

Для успешного освоения дисциплины «Технология машиностроения» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки и организации самостоятельной работы студентов. Материал пособия содержит рекомендации по написанию контрольной работы для студентов заочной формы обучения.

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерий				
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые,

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи		информацию в рамках поставленной задачи	дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся-инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Технология машиностроения», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области методологии научно-исследовательской деятельности, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции, практические занятия, консультирование по решению практических заданий, выполнение контрольной работы для очно-заочной формы обучения.

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете. Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены наиболее важным моментам по методологии научного познания в машиностроении. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет смысл привлекать студентов к обсуждению как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности

проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов. Важную роль играет привлечение студентов к научно-исследовательской деятельности.

Практические занятия проводятся для закрепления основных теоретических положений курса и реализации их в практических расчетах, формирования и развития у студентов мышления в рамках будущей профессии.

На практических занятиях следует добиваться точного и адекватного владения теоретическим материалом и его применения для решения задач.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствии преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам. При изучении курса предусмотрены следующие формы текущего контроля:

- опросы по теоретическому материалу;
- контроль на практических занятиях;
- выполнение и защита 2-х контрольных работ (заочная форма обучения).

Промежуточный контроль осуществляется в форме сдачи зачёта с оценкой и имеет целью определить степень достижения учебных целей по дисциплине.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов. Тематический план лекционных занятий представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание лекционного занятия

Номер темы	Содержание лекционного занятия
1	Основные понятия и определения в технологии машиностроения. Машина как объект производства
2	Качество машины
3	Основы теории базирования
4	Основы теории размерных цепей
5	Основы разработки технологических процессов сборки и изготовления машин

6	Особенности достижения требуемой точности при сборке типовых соединений машин
7	Технология изготовления корпусных деталей машин
8	Технология изготовления валов
9	Технология изготовления крышек
10	Технология изготовления цилиндрических зубчатых колес

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

Тема 1. Основные понятия и определения в технологии машиностроения

Ключевые вопросы темы

1. Цель и задачи дисциплины.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Планируемые результаты освоения дисциплины.
4. Основные направления развития машиностроения.
5. Производственный и технологический процессы.
6. Операция и ее элементы.
7. Служебное назначение машины.
8. Основы разработки конструктивных форм машины и ее деталей.
9. Виды поверхностей деталей машины

Ключевые понятия: машиностроение, деталь, узел, сборочная единица, операция, технологический процесс.

Литература: [3, с. 5–40].

Методические рекомендации

Первая тема курса дисциплины направлена на получение у обучающихся представления о базовых понятиях дисциплины, определении места дисциплины в структуре образовательной программы, планируемых результаты освоения дисциплины, возможных рисках освоения дисциплины, знакомит обучающихся с формами текущего и промежуточного контроля.

В результате изучения дисциплины необходимо усвоить:

- основные термины и определения;
- связи в машине и производственном процессе ее изготовления;
- теорию базирования;
- теорию размерных цепей;
- пути реализации размерных связей в машине в процессе ее сборки;

- пути формирования требуемых свойств материала и размерных связей детали в процессе ее изготовления;
- временные связи в производственном процессе;
- основы разработки технологического процесса механической обработки детали машины.

Машина – устройство, предназначенное для действия в нем сил природы сообразно потребностям человека.

В настоящее время понятие «машина» имеет ряд смыслов:

– машина – механизм или сочетание механизмов, выполняющих движение для преобразования энергии, материалов или производства – с точки зрения механики;

– машина – доменная печь (Д. И. Менделеев);

– машина (с появлением ЭВМ) – механизм или сочетание механизмов, осуществляющих определенные целесообразные движения для преобразования энергии, выполнения работы или же для сбора, передачи, хранения, обработки и использования информации.

И, наконец, с точки зрения технологии машиностроения: машина является либо объектом, либо средством производства.

Поэтому **машина** – система, созданная трудом человека, для качественного преобразования исходного продукта в полезную для человека продукцию

Исходный продукт процесса – предметы природы, сырье или полуфабрикат.

Сырье – предмет труда, на добычу или производство которого, был затрачен труд.

Полуфабрикат – сырье, которое подвергалось обработке, но не может быть потреблено как готовый продукт.

Продукция – это результат производства в виде сырья, полуфабриката, созданных материальных и культурных благ или выполненных работ производственного характера. Каждая машина создается для выполнения определенного процесса, т. е. имеет свое, строго определенное предназначение, иными словами — свое служебное назначение.

Под **служебным назначением** машины понимают четко сформулированную задачу, для решения которой предназначена машина.

Формулировка служебного назначения машины должна содержать подробные сведения, конкретизирующие общую задачу и уточняющие условия, при которых эта задача может быть решена.

Служебное назначение машины описывают не только словесно, но и системой количественных показателей, определяющих ее конкретные функции, условия работы и т. д. Формулировка служебного назначения машины является важнейшим документом в задании на ее проектирование

Производство – отрасль машиностроения, в которой изготовление изделий осуществляется на основе единых или подобных физико-химических принципов проведения технологических процессов.

Изделие – продукт машиностроительного производства, обладающий комплексом технических характеристик, обеспечивающих выполнение им требуемого назначения. Понятие изделие включает этапы: заготовка и деталь.

Заготовка – первичный или промежуточный вид изделия, имеющий комплекс технических и технико-экономических характеристик, обеспечивающих возможность дальнейшей обработки для превращения заготовки в деталь.

Деталь – окончательный вид изделия, обладающий комплексом технических характеристик, обеспечивающих функционирование в условиях эксплуатации.

Технологические свойства – способность материала изделия поддаваться различным видам обработки в рамках технологического процесса. Понятие имеет комплексный характер, определяемый совокупностью фундаментальных свойств материала, суперпозиция которых определяет количественную величину показателя (Т.С.) в условиях специальных технологических испытаний. Примеры технологических свойств – литейные свойства, свариваемость, ковкость, обрабатываемость резанием и др.

Эксплуатационные свойства – способность изделия функционировать в условиях эксплуатации в соответствии с техническими требованиями, определяемыми назначением изделия или машины. Понятие имеет комплексный характер, определяемый совокупностью технологических характеристик материала и особенностей формы изделия. Количественный показатель Э.С. определяется в условиях натурных испытаний машины или механизма. Примеры Э.С. – износостойкость, жаростойкость, коррозионная стойкость и др.

В гибких производственных системах (ГПС) к Т.С. и Э.С. предъявляются особые требования, которые позволяют вести комплексный технологический процесс в заданном ритме на всех стадиях изготовления изделия или эксплуатации, соблюдая его высокое качество.

Технология – организованная последовательность действий и движений, обеспечивающая определенное взаимодействие параметров и средств для достижения заданных технико-экономических показателей производства, работоспособность средств производства и высокое качество изделия.

Показатель – характеристика цели, заданная качественно и количественно, которая является реакцией на воздействие факторов (параметров), которые определяют поведение технологической системы при изготовлении изделия.

Сборочная единица – изделие, составные части которого соединены между собой в процессе сборочных операций (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой и т. д.), например, ручка, подшипник, стол, автотракторный двигатель, коробка передач, сварной корпус.

Сборочная единица, которая может собираться отдельно от других составных частей изделия, называется **узлом**. Укрупненный, обладающий полной взаимозаменяемостью узел, выполняющий определенную функцию, называется **машинным агрегатом** (например, электродвигатель), а метод компоновки промышленных изделий из отдельных агрегатов называется **агрегатированием**.

Агрегатирование значительно упрощает проектирование, сборку, эксплуатацию, ремонт и модернизацию изделий.

Многие детали и узлы различных машин похожи, имеют одинаковое функциональное назначение, поэтому их называют **деталью общего назначения** и именно они являются объектом изучения в настоящем курсе. Детали, характерные только для некоторых типов машин (например, пропеллеры самолетов, гребные винты судов, лопатки турбин, шатуны, коленвалы и поршни двигателей и т. п.), называются **деталью специального назначения** и рассматриваются в специальных дисциплинах.

Комплекс – два и более изделия, не соединенные сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например, поточная линия станков, телефонная станция.

Комплект – два и более изделия, не соединенные сборочными операциями и предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например, комплект запасных частей, измерительного инструмента, записывающей аппаратуры.

Основные требования к конструкции деталей машин. Совершенство конструкции детали оценивают по ее **надёжности и экономичности**. Под надёжностью понимают *свойство изделия сохранять во времени свою работоспособность*. Экономичность определяют стоимостью материала, затратами на производство и эксплуатацию.

Прочность – главный критерий работоспособности большинства деталей машин без поломок при постоянной (статической) и переменной нагрузке. Непрочные детали не могут работать. Следует помнить, что разрушения частей машины приводят не только к простоям, но и к несчастным случаям. Прочность при статической нагрузке – это способность детали сохранить работоспособность без поломок при максимальной нагрузке, на которую она рассчитана. Прочность при переменной нагрузке – это способность сохранить работоспособность без поломок в течение заданного времени и при всех видах действующих на деталь нагрузок.

Жесткость – способность тела или конструкции сопротивляться деформированию.

Износостойкость – критерий работоспособности трущихся деталей в течение времени. От износа деталей существенно зависит стоимость эксплуатации в связи с необходимостью периодической проверки их состояния и проведения ремонта с целью восстановления работоспособности.

Теплостойкость – сохранение работоспособности и прочности деталей в условиях рабочих температур.

Виброустойчивость – сохранение работоспособности деталей и машин в нужном диапазоне режимов с допустимыми колебаниями и без резонанса.

Надёжность (ГОСТ 27.002-89) – свойство объекта (машин, механизмов и деталей) выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных показателей в нужных пределах, соответствующих заданным

режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта.

Долговечность – свойство машины (механизма, детали) сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технических обслуживания и ремонтов. Под предельным понимается такое состояние объекта, когда дальнейшая эксплуатация становится экономически нецелесообразной или технически невозможной (например, ремонт обходится дороже новой машины, детали или может вызвать аварийную поломку).

Ремонтопригодность – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и повреждений и устранению их последствий в процессе ремонта и технического обслуживания.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять работоспособность в течение и после хранения или транспортирования.

Чертежи деталей и сборочных единиц обязательно имеют технические требования на изготовление. Чертежи сборочных единиц дополнительно снабжаются технической характеристикой и подетальной спецификацией (отдельный текстовый документ).

В ходе технической подготовки производства *технологическое проектирование* составляет при мелкосерийном производстве 30...40 % от трудоёмкости общей технической подготовки, при серийном – 40...50 %, при массовом – 50...60 %.

В ряде случаев трудоёмкость технологического проектирования многократно превосходит трудоёмкость конструирования машин (гусеничного трактора С - 80 - в 5 раз, мостового крана – в 4,2 раза, гидро- и паровых турбин для электростанций – в 2,5–3 раза).

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое механизм?
2. Что такое машина?
3. Основные критерии работоспособности
4. Что такое ремонтпригодность?
5. Что такое сохраняемость?
6. Расскажите об этапах развития деталей машин.
7. Основные понятия курса.

Тема 2. Качество машины

Ключевые вопросы темы

1. Основные показатели качества машины.

2.Точность машины.

3.Точность детали и ее основные показатели.

4.Этапы настройки технологической системы на точность.

5.Причины образования погрешностей механической обработки заготовок (погрешность установки, статической и динамической настройки) и пути их сокращения.

Ключевые понятия: качество, точность, настройка, технологическая система, погрешность.

Литература: [4, с. 30–40].

Методические рекомендации

Машина (как рассматривали выше) либо средство производства, либо объект производства – продукция. Поэтому машина, являясь одной из разновидностей продукции, обладает качеством и экономичностью.

Под **качеством** машины понимают совокупность ее свойств, обуславливающих способность выполнять свое служебное назначение. К показателям качества машины относят те, которые характеризуют меру полезности машины, т. е. ее способность удовлетворять потребности людей в соответствии со своим назначением. К ним относятся:

- качество продукции производимой машиной;
- производительность;
- надежность;
- долговечность (физическая и моральная);
- безопасность работы;
- удобство управления;
- уровень шума;
- КПД;
- степень механизации и автоматизации;
- техническая эстетичность и т. п.

Проектирование машины, ее изготовление, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт связано с конкретными затратами труда и материалов, энергии, технических средств. Все затраты образуют стоимостное свойство машины – ее экономичность.

$$\Theta = \frac{Z_{пр} + Z_{изг} + Z_{э} + Z_{м.о} + Z_{рем}}{N},$$

где $Z_{пр}$ – затраты на проектирование; $Z_{изг}$ – затраты на изготовление; $Z_{э}$ – затраты на эксплуатацию; $Z_{м.о.}$ – затраты на техническое обслуживание; $Z_{рем}$ – затраты на ремонт; N – количество продукции, произведенной машиной за ее срок службы.

Между качеством и экономичностью машины существуют связи, приводящие к влиянию одних на другие. Например:

- повышение качества по любому показателю связано с увеличением ее стоимости;

– в то же время повышение уровня надежности машины, сокращает затраты на устранение отказов, технического обслуживания и ремонт.

Потребление машиной энергии, топлива, материалов при эксплуатации, в известной мере, характеризующее экономичность машины, во многом зависит от качества ее изготовления и т. п.

Показатели качества отражают степень пригодности, полезности, те блага, которые извлекает человек, используя свою машину.

Экономичность – цена этих благ, их стоимость.

Качество машин обеспечивается уровнем проектных решений, от которого зависит техническое совершенство конструкции машины и технологией, определяющей качество сборки и отделки машины.

Экономичность машины зависит от технического совершенства конструкции машины и технологии ее изготовления. Стоимость машины зависит от качества, количества и стоимости материалов, выбранных конструктором в процессе проектирования. Конечные затраты на материалы, входящие в себестоимость, можно определить лишь уровень после осуществления технического процесса ее изготовления.

Уровень унификации и технологичности машины определяет конструктор. Влияние этих факторов на себестоимость машины проявляется не прямым путем, а через технологию ее изготовления. Эти же факторы оказывают влияние на затраты по технологическому обслуживанию и ремонту.

Экономическими показателями являются потребление машиной энергии, потребление машиной топлива, потребление машиной материалов в процессе эксплуатации.

Но вместе с тем, на значение этих показателей влияет качество реализации технологического процесса и т. д. Таким образом, обеспечение качества и экономичность машины в процессе ее создания является общей задачей конструктора и технолога.

Проблема создания качественных и экономичных машин является важнейшей и наиболее сложной. Сложно не только создание конструкции машины, но и обеспечение ее качества и экономичности при конструировании и изготовлении, так как любая машина создается для выполнения процесса, наделенного вероятностными свойствами, а изготовление сопровождается явлениями случайного характера.

Под точностью машины понимается степень ее приближения к геометрически правильному ее прототипу.

Характеризуются следующие показатели:

1. Точность относительного движения исполнительных поверхностей машины.

2. Точность расстояний между исполнительными поверхностями.

3. Точность относительных поворотов исполнительных поверхностей.

4. Точность геометрической формы исполнительных поверхностей включая макро и микронеровности.

5. Шероховатость исполнительных поверхностей.

Точность относительного движения –максимальное приближение действительного перемещения исполнительной поверхности к теоретическому закону движения поверхности, выбранного с учетом назначения проектируемой машины.

Точность относительного движения определяется отклонением, на которое устанавливается допуск

Критерием относительно новой продукции по отношению к старой или базовой является *коэффициент уровня качества продукции* (основан на сравнении относительных характеристик качества).

Для сопоставления нескольких вариантов применяется интегральный показатель качества, который выбирается на основе теории принятия решений.

Различают три группы качества машины:

1. Технический уровень машины, определяющий совершенство машины (мощность, КПД, производительность, экономичность).

2. Производственно-технологические показатели, фиксирующие эффективность конструктивных решений с точки зрения обеспечения минимальных затрат труда и средств на ее изготовление, эксплуатацию и ремонт.

3. Эксплуатационные показатели (надежность, эргономические и эстетические характеристики).

Качество машины определяет ее *работоспособность*, под которой понимается такое состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции, сохраняя значения требуемых параметров в пределах установленных нормативно-технической документацией. Работоспособность зависит от основных характеристик машин, в первую очередь от *надежности*.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные показатели качества машины.
2. В чём отличие физической и моральной долговечности.
3. Перечислите методы снижения шума.
4. Что такое КПД передачи и как он определяется.
5. Как меняется степень механизации и автоматизации в зависимости от типа производства.
6. Перечислите показатели надёжности.

Тема 3. Основы теории базирования

Ключевые вопросы темы

1. Основные понятия о базировании.
2. Основные положения о теории базирования.
3. Классификация баз.
4. Принципы единства, постоянства и последовательной смены баз.

Ключевые понятия: теория базирования, комплект баз, база, степень свободы, установ.

Литература: [1, с. 40–52].

Методические рекомендации

Общие понятия о базировании

База – это поверхность, сочетание поверхностей, линия или точка заготовки, детали или сборочной единицы, используемые для базирования.

Комплект баз – совокупность поверхностей заготовки, детали или сборочной единицы, использующаяся для их базирования.

Основная база – поверхность, линия или точка заготовки, используемые для определения ее положения в приспособлении или на столе металлорежущего станка.

Вспомогательная база – поверхность, линия или точка заготовки, используемые для определения положения других деталей или приспособления (станка).

Технологическая база – название основной базы заготовки при ее обработке на станке.

Измерительная база – название поверхности, линии или точки заготовки, используемых при измерении выполняемого размера.

Система координат основных баз – система координат детали или сборочной единицы, служащая для определения положения основных баз.

Система координат вспомогательных баз – система координат детали или сборочной единицы, служащая для определения положения вспомогательных баз.

Базирование - придание определенного положения системе координат основных баз заготовки в системе координат вспомогательных баз станка.

Схема базирования – схема расположения системы координат основных баз заготовки в системе координат вспомогательных баз станка.

Закрепление – приложение сил к заготовке для обеспечения неподвижности ее основных баз *относительно вспомогательных баз приспособления при действии сил резания.*

Установка – совокупность базирования и закрепления заготовки или сборочной единицы.

Погрешность базирования – смещения и повороты системы координат основных баз заготовки относительно системы координат вспомогательных баз станка, характеризующие отклонение фактически достигнутого положения при базировании от требуемого.

Погрешность закрепления – смещения и повороты системы координат основных баз заготовки относительно системы координат вспомогательных баз станка, происходящие в результате действия сил закрепления.

Погрешность установки – смещения и повороты системы координат основных баз заготовки относительно системы координат вспомогательных баз станка, характеризующие отклонение фактически достигнутого положения при установке от требуемого.

На основе анализа положений теории базирования можно сформулировать два основных принципа базирования.

1. Для придания заготовке полной определенности положения или полной ориентации в выбранной системе координат (для обеспечения полного

базирования), необходимо придать системе координат технологических баз заготовки определенность положения в шести направлениях, (вдоль и вокруг трех координатных осей), что достигается либо с помощью специальных опорных устройств, либо выверкой.

2. Для достижения требуемой точности обработки на данной операции, необходимо при базировании придать заготовке определенность положения с соответствующей точностью лишь в направлениях выполняемых размеров и направлениях, определяющих расположение обрабатываемых поверхностей, в то время как в других направлениях строгой определенности положения заготовки может не быть (неполное базирование).

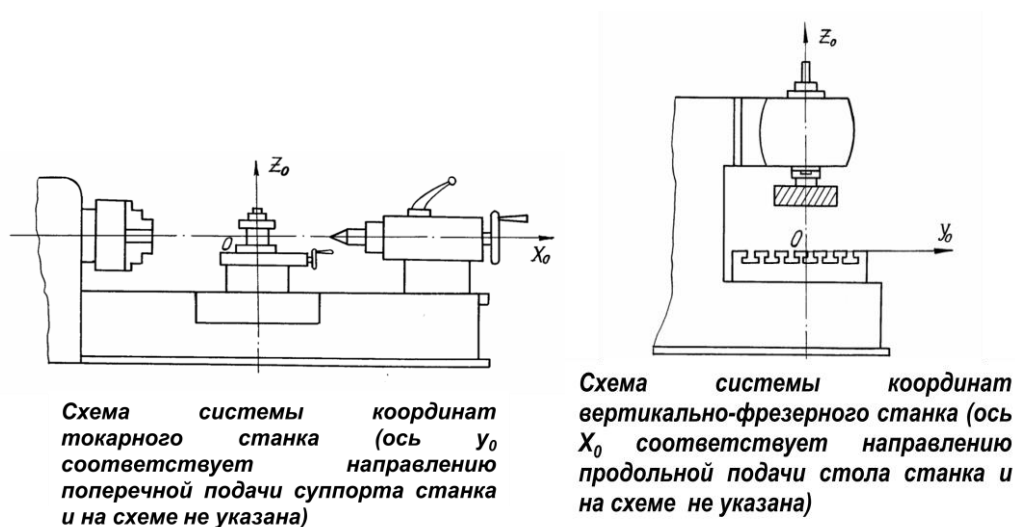


Рисунок 1 – Системы координат

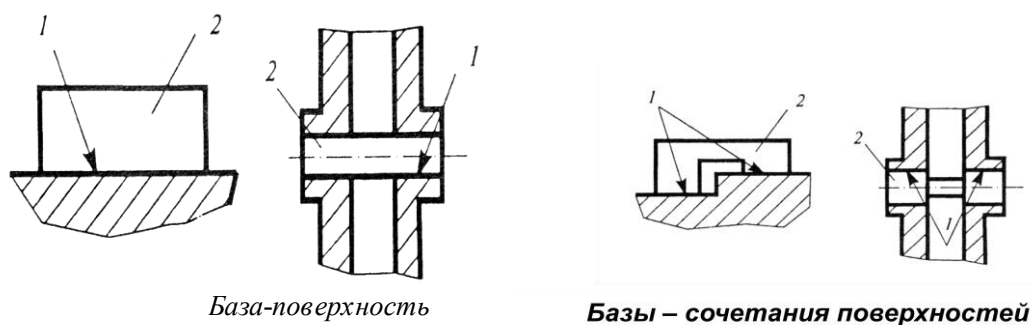


Рисунок 2 – Базы

Установочные элементы приспособлений выбирают в зависимости от формы обрабатываемой детали, обрабатываемой поверхности, а также принятого способа базирования. К установочным элементам относят точечные опоры различных типов, опорные пластины, призмы, втулки, цанги, оправки, пальцы, кулачки и т. д. Обозначения установочных элементов на схемах установок выполняются в соответствии с ГОСТ 3.1107-81.

Для базирования заготовки по плоскости чаще всего используют точечные опоры, которые являются стандартными деталями приспособления. Точечные

опоры могут быть неподвижными, подвижными, плавающими и регулируемые (ГОСТ 13440-68, ГОСТ 13442-68). Размеры точечных опор и опорных пластин следует выбирать в соответствии с ГОСТ 4743-68.

При базировании по цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают в призмы (ГОСТ 12195-66, ГОСТ 12197-66), цанги (ГОСТ 2876-80, ГОСТ 2877-80), самоцентрирующие кулачковые патроны (ГОСТ 34351-80), а также мембранные патроны (ГОСТ 16157-70).

При базировании по внутренним цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают на оправки различных типов: гладкие, цилиндрические (ГОСТ 16898-76), конические, кулачковые, разжимные, резьбовые и т.д., установочные пальцы (ГОСТ 16898-71, ГОСТ 16899-71, ГОСТ 12209-66, ГОСТ 12210-66), сухари и кулачки разжимных устройств и др. Размеры таких установочных элементов рассчитывают и подбирают по соответствующим рекомендациям.

Для базирования цилиндрических заготовок по центровым гнездам и фаскам центральных отверстий используют центры: упорные (ГОСТ 13214-79, ГОСТ 2575-79, ГОСТ 18259-72), вращающиеся (ГОСТ 8742-75), поводковые (ГОСТ 18257-72). Их конструкции и размеры выбирают в соответствии со справочными данными.

Так как базирование заготовок осуществляется по нескольким поверхностям (комплекту баз), часто в приспособлении используют несколько установочных элементов.

Вопрос о выборе технологических баз решается технологом в самом начале проектирования ТП одновременно с вопросом о способах и последовательности обработки отдельных поверхностей заготовок. При этом назначение баз начинается с выбора базовых поверхностей заготовки для выполнения первой операции.

Назначение баз для черновой обработки

Черновой технологической базой называется технологическая база, используемая на первой операции или при первом установе заготовки.

При выборе черновых баз необходимо учитывать следующие рекомендации:

- если у детали обрабатываются не все поверхности, то на первой операции за черновую базу применяют поверхность, остающуюся черной. Это обеспечивает правильное взаимное расположение обработанных поверхностей относительно необрабатываемых;

- если у детали обрабатываются все поверхности, то для первой установки следует принять поверхность с наименьшим припуском. Это позволяет исключить возможность появления необработанных участков на поверхности с малым припуском;

- базирующие поверхности должны быть чистыми, ровными и достаточных размеров для обеспечения точности ориентировки и закрепления;

- черновая база используется только один раз, на первой установке для обработки чистовой базы.

При назначении баз для точной обработки заготовок в качестве технологических баз следует принимать те поверхности, которые одновременно

являются конструкторскими и измерительными базами детали, а также используются в качестве баз при сборке изделий. При этом обработка заготовки осуществляется по размерам, проставленным в рабочем чертеже, с использованием всего поля допуска, предусмотренного конструктором.

Если технологическая база не совпадает с конструкторской или измерительной базой, технолог вынужден производить замену размеров, проставленных в рабочих чертежах от конструкторских и измерительных баз более удобными для обработки технологическими размерами, проставленными от технологических баз.

При выборе баз для чистовой обработки необходимо учитывать следующие рекомендации:

- для возможности использования допусков, проставленных конструктором (без пересчётов размеров), нужно стремиться в качестве технологических баз выбирать основные базы;
- всегда требуется соблюдать принцип единства баз;
- при выполнении точных размеров желательно измерительную базовую поверхность использовать в качестве технологической, при этом погрешность установки детали будет наименьшей;
- деталь должна подвергаться наименьшим деформациям под действием сил резания, зажима и собственного веса;
- выбранные базы должны обеспечить простую и надёжную конструкцию приспособления: удобство установки, крепления и снятия детали.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое установочная база.
2. Что такое степень свободы.
3. Приведите пример лишения заготовки степеней свободы при закреплении, например, для цилиндрических деталей.
4. Погрешность установки – дайте определение.
5. Погрешность базирования – дайте определение.

Тема 4. Основы теории размерных цепей

Ключевые вопросы темы

1. Основные виды связей между поверхностями деталей машин.
2. Понятия и определения теории размерных цепей.
3. Классификация размерных цепей по назначению.
4. Расчет параметров звеньев размерных цепей.
5. Пути повышения точности замыкающего звена размерной цепи.
6. Методы достижения точности замыкающего звена: методы полной, неполной и групповой взаимозаменяемости, пригонки и регулирования.

Ключевые понятия: размерная цепь, замыкающее звено.

Литература: [2, с. 51–72].

Методические рекомендации

Размерной цепью называется совокупность размеров, расположенных по замкнутому контуру. Все размеры деталей, составляющие размерную цепь, называют **звеньями**. Звенья цепи, кроме замыкающего, называют составляющими.

На рисунке, для нормальной работы ролика необходимо обеспечить зазор Δ . На величину этого зазора влияют размеры A_1 и A_2 . Для рассматриваемого случая уравнение размерной цепи имеет вид

$$A_1 - A_2 - \Delta = 0.$$

Δ – замыкающее звено. По расположению звеньев размерные цепи делятся на линейные, плоские и пространственные.

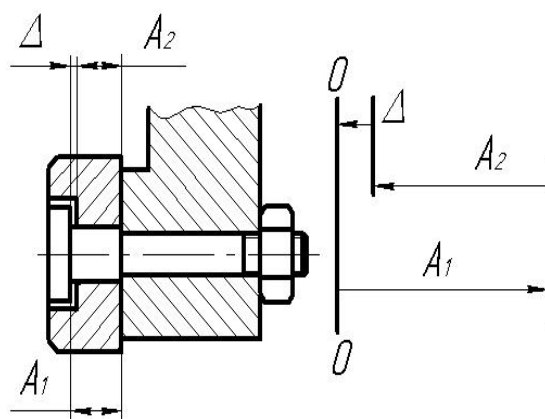


Рисунок 3 – Размерная цепь

Составляющие звенья делятся на увеличивающие и уменьшающие. Увеличивающее звено такое, если с его увеличением замыкающее звено увеличивается. Уменьшающее звено при своем увеличении вызывает уменьшение замыкающего звена.

Линейная размерная цепь имеет все размеры, параллельные между собой и связанные линейной зависимостью.

Плоская размерная цепь содержит звенья, находящиеся в одной или нескольких параллельных плоскостях, которые могут быть спроектированы без изменения их величины на одну плоскость.

Пространственная размерная цепь состоит из звеньев, которые не параллельные и лежат в непараллельных плоскостях. Звенья могут быть спроектированы на три координатные плоскости. Пространственная размерная цепь может быть приведена к трем плоским размерным цепям. Если в плоской размерной цепи имеются звенья, расположенные под углом к выбранному направлению, то они проектируются на выбранное направление.

Прямая задача (проектный расчет)

По заданным параметрам замыкающего звена определяются параметры составляющих звеньев. При этом по известным предельным отклонениям и допуску замыкающего звена, называемому в этом случае исходным,

рассчитывают допуски и предельные отклонения размеров составляющих звеньев.

Обратная задача (проверочный расчет)

По известным параметрам составляющих звеньев определяются параметры замыкающего звена. При этом по известным номинальным размерам и их предельным отклонениям, допускам и характеристикам рассеяния размеров составляющих звеньев рассчитываются номинальный размер замыкающего звена, его допуск, или поле рассеивания и предельные отклонения.

Технологические размерные цепи рассчитываются следующими способами:

- на максимум-минимум (метод полной взаимозаменяемости);
- вероятностным методом (метод неполной взаимозаменяемости);
- методом групповой взаимозаменяемости (при селективной сборке);
- с учетом регулирования размеров при сборке;
- с учетом пригонки размеров отдельных деталей при сборке.

Выбор способа расчета зависит от принятого в его основу метода достижения требуемой точности изделия.

Расчет размерных цепей методом неполной взаимозаменяемости

1) записывают параметры исходного (замыкающего) звена: номинальный размер A_{Δ} , предельные отклонения ESA_{Δ} и EIA_{Δ} , допуск T_{Δ} , координату середины поля допуска $E_{C\Delta}$;

2) по чертежу детали выявляют составляющие звенья A_i , строят размерную цепь, определяют по ней увеличивающие и уменьшающие звенья;

3) определяют номинальные размеры составляющих звеньев A_i ;

4) проверяют правильность определения номинальных значений составляющих звеньев по уравнению

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^m A_{ув} - \sum_{i=1}^n A_{ум}$$

5) задаются процентом риска P , определяют значение коэффициента t устанавливают законы распределения составляющих звеньев и коэффициенты λ_i ;

6) определяют среднее значение допусков составляющих звеньев (существует способ назначения допусков одного качества точности)

$$T_{icp} = \frac{T_{\Delta}}{t \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2}}$$

7) по номинальным размерам составляющих звеньев и с учетом полученного среднего значения на все составляющие звенья, кроме одного, назначают стандартные допуски по ГОСТ 25347-82 (на одно звено может быть установлен нестандартный допуск);

8) проверяют правильность определения допусков составляющих звеньев по формуле

9) задают расположение допусков составляющих звеньев, кроме одного звена (для охватывающих поверхностей допуски задают «в плюс», а для охватываемых – «в минус», для остальных симметрично);

10) определяют координаты средин полей допусков составляющих звеньев, кроме одного звена

Вопросы для самоконтроля

1. Понятия определения теории размерных цепей.
2. Классификация размерных цепей по назначению.
3. Расчет параметров звеньев размерных цепей.
4. Что такое размерная цепь?
5. Приведите пример линейной размерной цепи.

Тема 5. Основы разработки технологических процессов сборки и изготовления машин

Ключевые вопросы темы

1. Основные типы машиностроительного производства и их характерные особенности.
2. Классификация и принципы построения технологических процессов.
3. Последовательность разработки технологического процесса изготовления и сборки машины.
4. Виды и организационные формы сборки.

Ключевые понятия: тип производства, технологический процесс, формы сборки, виды механической обработки.

Литература: [2, с. 62–84].

Методические рекомендации

Виды техпроцессов (ТП):

Единичный – ТП изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Типовой – ТП изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой – ТП изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

По степени детализации описания, разрабатываемые в курсовом и дипломном проектах ТП будут относиться к маршрутным, операционным или маршрутно-операционным.

Маршрутный технологический процесс – ТП, содержащий сокращённое описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Операционный технологический процесс – ТП, содержащий полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционный технологический процесс – ТП, содержащий сокращённое описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

Работа по созданию ТП механической обработки включает следующие этапы:

1. Анализ исходных данных для разработки ТП.
2. Подбор действующего типового, группового ТП или поиск аналога единичного процесса.
3. Выбор заготовки и метода её изготовления.
4. Выбор технологических баз.
5. Составление технологического маршрута обработки.
6. Разработка технологических операций и последовательности переходов.
7. Выбор средств технологического оснащения (ТО) операций.
8. Определение потребности в средствах ТО, заказ новых средств.
9. Выбор средств автоматизации и механизации, транспортных средств.
10. Назначение и расчёт режимов обработки.
11. Нормирование технологического процесса.
12. Определение требований техники безопасности.
13. Расчёт экономической эффективности технологического процесса.
14. Оформление технологической документации.

ГОСТ 3.1102-81 подразделяет основные технологические документы на документы общего и специального назначения

Документы общего назначения:

Карта эскизов – это графический документ, содержащий эскизы, схемы, таблицы, поясняющие выполнение технологического процесса, операции или перехода, включая контроль и перемещения.

Технологическая инструкция содержит описание технологического процесса, методов и приёмов, повторяющихся при изготовлении деталей, правил эксплуатации средств технологического оснащения. Технологическую инструкцию на выполнение простых технологических операций не разрабатывают.

Документы специального назначения:

– Маршрутная карта содержит полное описание ТП, включая все технологические операции, а также контроль и перемещение детали в технологической последовательности её изготовления с указанием сведений об оборудовании, оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.

– Операционная карта разрабатывается для единичных ТП, в которой содержится описание операции с указанием последовательности переходов, средств ТО, сведений о режимах и трудовых затратах.

– Операционная карта технического контроля отражает содержание технического контроля в ходе изготовления детали.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные требования к оформлению операционной карты.
2. Что такое маршрутная карта.
3. Для чего оформляют карту эскиза.
4. Какую информацию вносят в ведомость комплектации.
5. Что такое групповой вид техпроцесса.
6. Что такое единичный вид техпроцесса.

Тема 6. Особенности достижения требуемой точности при сборке типовых соединений машин

Ключевые вопросы темы

1. Монтаж валов на опорах скольжения и качения.
2. Сборка цилиндрических передач.
3. Сборка червячных передач.
4. Сборка конических передач.
5. Монтаж шлицевых, штифтовых и шпоночных соединений.

Ключевые понятия: сборочная единица, подшипник качения, опора скольжения, зубчатые передачи.

Литература: [3, с. 70–84].

Методические рекомендации

Сборка валов на опорах скольжения

Одним из основных условий качественной сборки является обеспечение гарантированного зазора между опорными шейками вала и рабочими поверхностями втулок подшипников. Зазор определяется условиями работы вала: если нужны точное центрирование и высокая виброустойчивость, то назначают посадки с минимальными зазорами, если вал должен работать при больших угловых скоростях и невысоком давлении в подшипниках, то выбирают посадки с большими зазорами.

При монтаже валов возможны следующие погрешности:

- отклонение формы поверхностей шеек вала и втулок в осевом и поперечном сечениях (конусность, бочкообразность, эллипсность, корсетность и т. д.);
- отклонение от соосности: непараллельность осей отверстий втулок подшипников и осей опорных шеек вала.

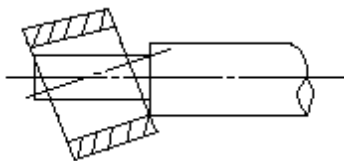


Рисунок 4 – Отклонение от соосности вала и подшипника скольжения

При малых зазорах между валом и подшипником есть опасность заклинивания вала. Радиальное биение возникает, когда появляются отклонения от соосности поверхности опорных шеек валов и других поверхностей либо имеется погрешность в сечении – овальность и др.

При укладке вала на подшипники скольжения вначале добиваются горизонтального положения вала. Затем осуществляют покраску шеек вала (ультрамарином) и помещают подшипники скольжения на вкладыши. По пятнам краски на вкладышах производят шлифовку вкладышей (шабрение). Шабрение часто проводят по блеску втулок в том или ином месте монтажа с валом. При очень точной сборке делают в дополнение к шабрению притирку по «ложному» валу с такими же размерами, как и к рабочему.

Сборка вала на опорах качения

Сборку контролируют по отношению к валу и корпусу. Подшипники качения пригонке не поддаются, поэтому сборку производят методом взаимозаменяемости и регулировки. Главной задачей является уменьшение радиального биения. Дело усугубляется наличием собственного биения внутреннего и внешнего колец подшипника.

Вначале следует измерить радиальное биение вала с помощью индикаторной головки во всех посадочных местах.

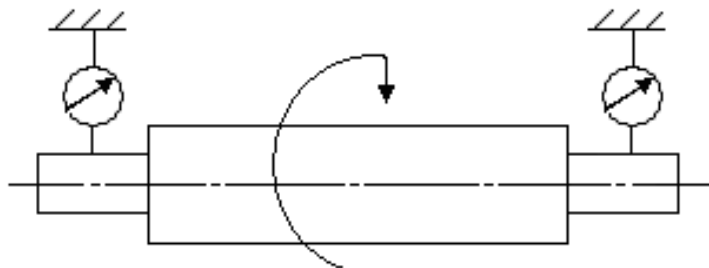


Рисунок 5 – Измерение биения вала

Затем измеряют радиальное биение внутреннего кольца подшипника. Для этого внешнее кольцо подшипника устанавливают в зажимы и при вращении внутреннего кольца с помощью индикаторной головки измеряют значение его радиального биения.

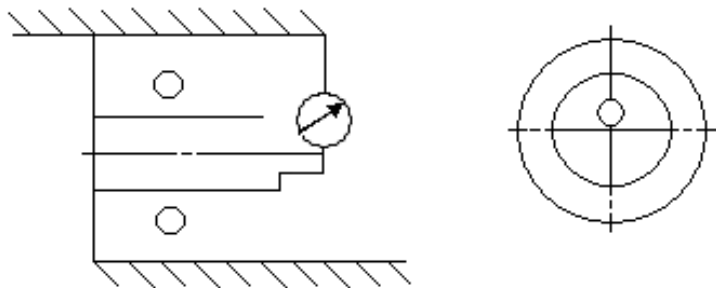


Рисунок 6 – Измерение радиального биения внутреннего кольца подшипника

Радиальное биение вала и подшипника можно компенсировать, расположив их эксцентриситеты e_1 и e_2 диаметрально противоположно.

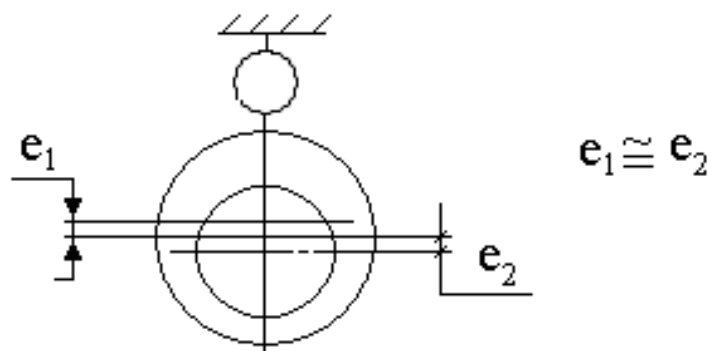


Рисунок 7 – Компенсирование радиального биения вала и подшипника

Если радиальное биение вала в опорах устранить полностью не удастся, то нужно стремиться расположить его по одну сторону от оси вращения вала в каждой опоре. При этом желательно, чтобы биение вала в передней опоре было меньше, чем в задней. Это уменьшает радиальное биение конца вала.

Наоборот, если требуется уменьшить радиальное биение середины вала, то радиальное биение вала в опорах необходимо направить в противоположные стороны от оси вращения.

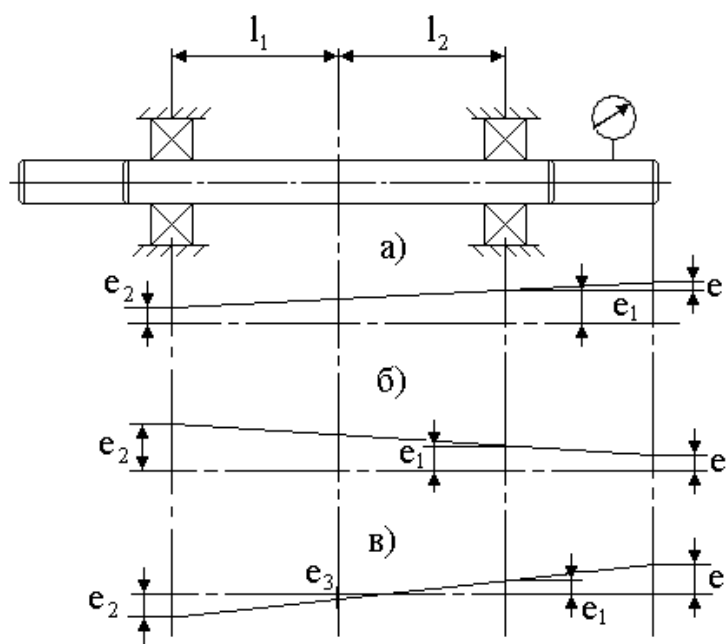


Рисунок 8 – Расположение осей вращения вала при монтаже

При сборке валов на подшипниках качения нужно контролировать радиальное биение вала относительно корпуса. Основными причинами таких отклонений являются: а) отклонения отверстий от параллельности под опоры вала в корпусной детали; б) эксцентricность поверхностей внешних колец подшипника.

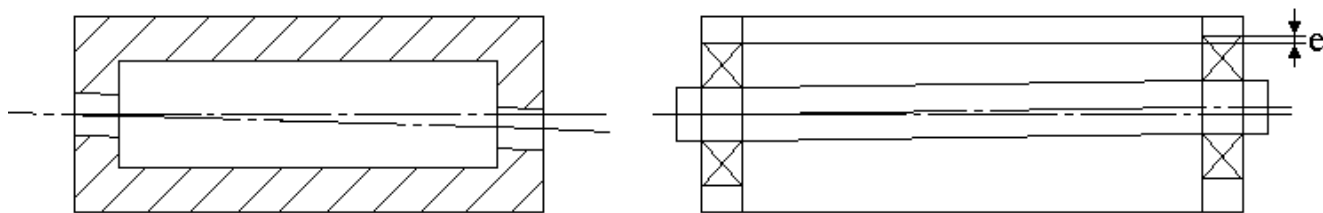


Рисунок 9 – Отклонения отверстий в корпусе.
Эксцентricность внешних колец подшипника

Чтобы совместить ось вращения вала с требуемым положением A_1 при смещении отверстия A_2 в корпусе, равном $e_{\max}$, нужно осуществить следующее:

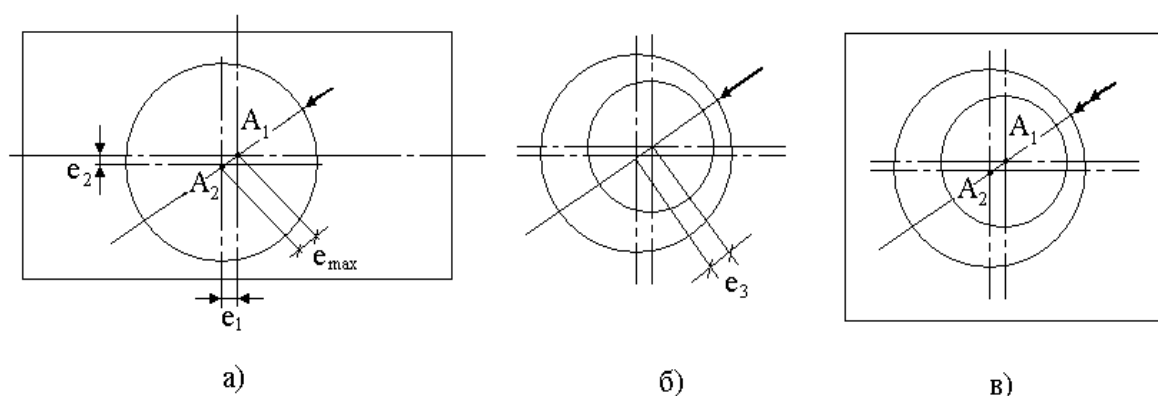


Рисунок 10 – Совмещение оси вращения вала и оси
посадочного места корпуса

Сборка зубчатых и червячных передач

Сборка зубчатых передач. Технические требования на сборку зубчатых передач зависят от их назначения и заданной точности. Сборка зубчатых колес, работающих с большим числом оборотов и передающих значительные нагрузки, выполняется с соблюдением более высоких точностных требований. В таких передачах даже небольшое превышение зазора между сцепляющимися зубьями колес против нормального ведет к сильным ударам, а значит, к быстрому износу зубьев, иногда к их поломке. Разумеется, в тихоходных и малонагруженных передачах удары зубьев будут на столь ощутимы, поэтому здесь требования точности могут быть менее строгими.

Зубчатые колеса по точности изготовления их при ремонте должны отвечать тем же техническим условиям, которые установлены для зубчатых передач в новом оборудовании. ГОСТ 1643-56 устанавливает 12 степеней точности для зубчатых передач. Известно, что степень точности характеризуется величиной допуска, выбираемой конструктором применительно к конкретным условиям работы данного узла или механизма. По названному ГОСТу, например, прямозубые колеса, которые должны работать с окружной скоростью выше 15 м/сек, следует изготавливать по пятой степени точности. Для прямозубых колес, работающих с окружной скоростью до

10 м/сек, установлена седьмая степень, до 6 м/сек – восьмая степень и менее 1м/сек – десятая степень точности.

Хорошо изготовленные и правильно собранные зубчатые передачи работают плавно и бесшумно. В таких передачах зубчатые колеса имеют постоянный шаг, и зубчатый венец колес расположен строго перпендикулярно к их оси.

У находящихся в зацеплении цилиндрических колес оси должны быть параллельны и межцентровое расстояние колес должно строго выдерживаться. Вследствие износа шеек валов, износа подшипников межцентровое расстояние изменяется, притом, как правило, в сторону увеличения. Поэтому при сборке нужно проверить это расстояние и, если оно отклонилось от номинального, восстановить его.

Ниже показаны два способа проверки межцентрового расстояния A у колес редуктора: штангенциркулем (обозначен цифрой 5) и штихмасом (показан цифрой 2). Для выполнения замера устанавливают в посадочных отверстиях корпуса 4 редуктора контрольные оправки 1 и 3. К полученному размеру надо прибавить радиусы оправок, когда измерение ведется штихмасом, и от него надо вычесть радиусы оправок, если измерение делается штангенциркулем.

Проверку межцентрового расстояния удобно делать концевыми мерами.

Правильность зацепления цилиндрических зубчатых колес определяют при сборке мягким щупом или по краске. Щуп – свинцовая лента шириной, примерно равной высоте зубьев проверяемых колес. Толщина ленты 0,1–0,2 мм.

Для проверки зацепления ленту закладывают между зубьями колес и колеса проворачивают. На ленте образуется оттиск, по которому и судят о правильности контакта зубьев. Величину зазора между зубьями определяют замером толщины ленты в месте оттиска микрометром или штангенциркулем.

Проверка зацепления цилиндрических колес на краску производится так. Зубья ведущего колеса покрывают тонким слоем краски, после чего это колесо несколько раз проворачивают; по отпечатку краски (пятну касания) на зубьях ведомого колеса и судят о правильности зацепления.

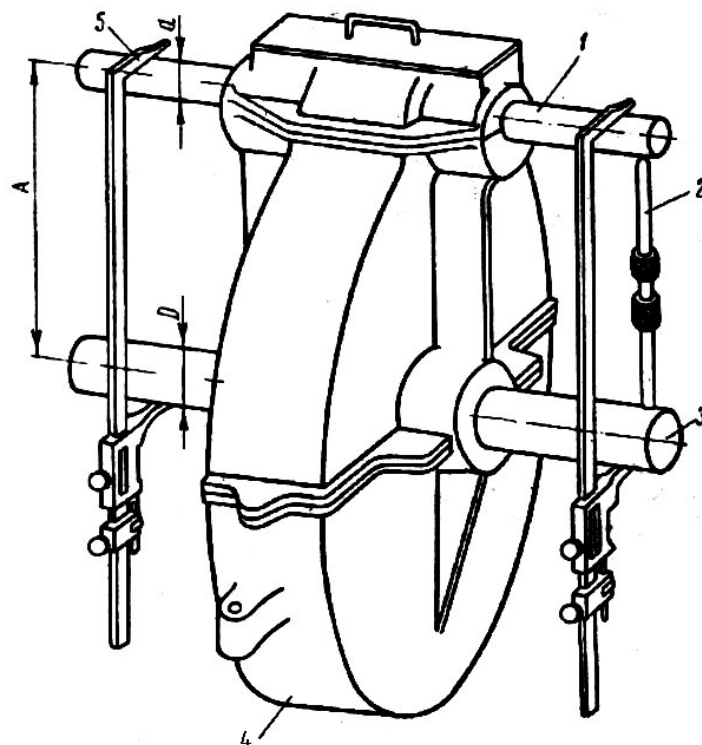


Рисунок 11 – Проверка расстояния между осями цилиндрических зубчатых колес

Пятно касания, свидетельствующее о правильном зацеплении, изображено на рисунке 12, а; оно должно занимать 70–80 % высоты зуба. Все остальные отпечатки говорят о неправильной сборке колес: б – оси колес непараллельны; в – оси колес непараллельны и межцентровое расстояние уменьшено; г – оси колес непараллельны и межцентровое расстояние увеличено; д – оси колес параллельны, межцентровое расстояние увеличено; е – оси колес параллельны, межцентровое расстояние уменьшено.

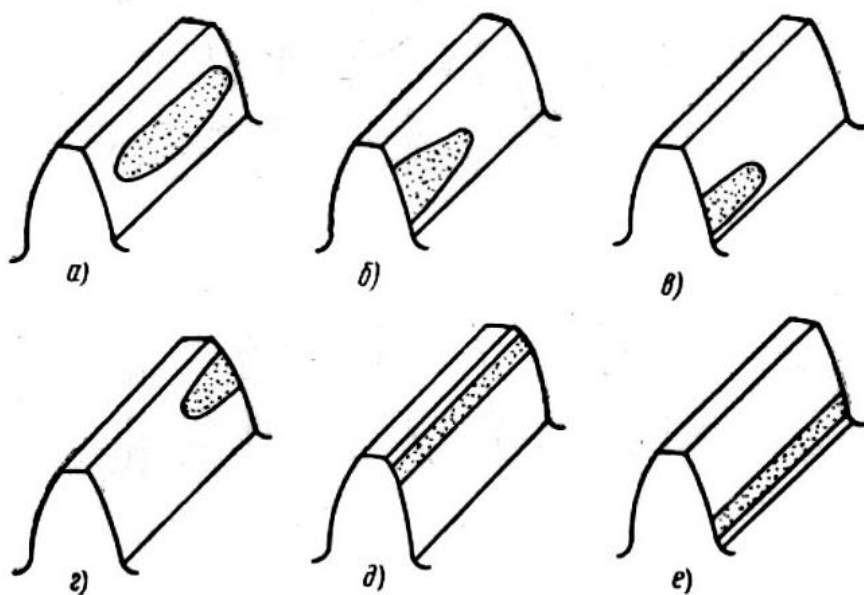


Рисунок 12 – Проверка зацепления цилиндрических зубчатых колес по отпечаткам краски

При проверке на краску зацепления конических зубчатых колес руководствуются следующими признаками. Если пара колес собрана правильно, пятно касания не должно доходить до края меньшего торца зуба и до верхней кромки его боковой поверхности. Пятно касания в правильном зацеплении должно занимать не менее 60 % длины зуба у конических колес второй степени точности, не менее 50 % у колес третьей степени точности и не менее 40 % у колес четвертой степени точности.

Сборка червячных передач. При сборке червячных передач проверяют правильность зацепления червяка с червячным колесом. Для этого на винтовую поверхность червяка наносят тонким слоем краску, вводят червяк в зацепление с колесом и проворачивают червяк несколько раз до получения отпечатков на зубьях колеса.

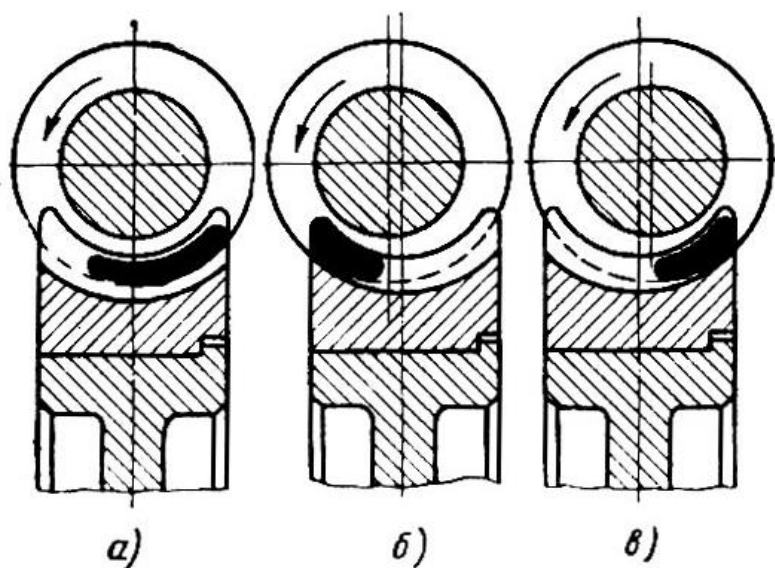


Рисунок 13 – Проверка зацепления червячной передачи (окружности изображают червяк, прямоугольники – червячное колесо):
а – нормальное зацепление, б – колесо сдвинуто вправо, в – колесо сдвинуто влево

Если зацепление правильное, пятно касания размещается по центру колеса в направлении его вращения (поз. а), занимая на поверхности зуба не менее 75 % его длины в передачах второй степени точности, не менее 55 % длины в передачах четвертой степени точности.

Смещение отпечатка (рисунок 13, б, в) свидетельствуют о плохом зацеплении червяка с червячным колесом и о необходимости его регулирования. Если ось червяка оказывается вне средней плоскости сечения червячного колеса, сдвигают колесо вдоль его оси, подрезая при необходимости один из торцов колеса и устанавливая с другого торца компенсирующее колесо.

Собранную червячную пару подвергают рабочему испытанию, проверяя:
а) температуру нагрева червяка, колеса и подшипников, которая не должна

превышать 40–45°; б) легкость проворачивания элементов передачи; в) степень и характер шума, издаваемого работающей передачей. Шум должен быть наивозможно меньшим.

Вопросы для самоконтроля

1. Особенности демонтажа опор качения с помощью лапчатых съёмников.
2. Особенности сборки зубчатых передач.
3. Особенности сборки штифтовых конических соединений.
4. Особенности сборки двухступенчатых червячных редукторов.
5. Особенности разборки волновой передачи.

Тема 7. Технология изготовления корпусных деталей машин

Ключевые вопросы темы

1. Служебное назначение.
2. Классификация корпусных деталей
3. Материалы и методы получения заготовок для корпусных деталей.
4. Основные технические требования, предъявляемые к корпусным деталям.
5. Основные схемы базирования корпусных деталей.
6. Технологический маршрут изготовления корпусных деталей.

Ключевые понятия: технологичность, схемы базирования, выбор материала.

Литература: [2, с. 88–101].

Методические рекомендации

Отработка конструкции изделия на технологичность направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого качества изделия (ГОСТ 14.201-93).

Чертежи и технические условия на изготовление, и приемку изделий поступают к технологу от конструкторов основного производства в качестве обязательных для выполнения документов. Однако во многих случаях технолог совместно с конструктором обязан подвергнуть эти чертежи анализу с точки зрения удобства изготовления деталей и возможности построения наиболее производительных и экономичных технологических процессов, т. е. с точки зрения технологичности конструкции.

Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление этого изделия. Повышение технологичности конструкции изделия предусматривает проведение комплекса различных мероприятий, в числе которых необходимо отметить наиболее важные, приведенные ниже.

1. Уменьшение общего количества звеньев в кинематической схеме машины. Уменьшение трудоемкости изготовления машины при этом достигается не только за счет сокращения числа ее деталей (что само по себе видно, так как трудоемкость и масса обычно пропорциональны числу деталей) и упрощения сборки, но также благодаря снижению требований к точности деталей, входящих в расчетные размерные цепи машины, и к точности обработки присоединительных поверхностей этих деталей.

2. Создание конфигурации деталей и подбор их материалов, позволяющие применение наиболее совершенных исходных заготовок, сокращающих объем механической обработки (точное и кокильное литье, литье под давлением, горячая цветная прессовка и объемная штамповка, холодная штамповка различных видов и т. п.

3. Простановка размеров в чертежах с учетом требований их механической обработки и сборки, позволяющая выполняя обработку по принципу автоматического получения размеров на настроенных станках, автоматах и полуавтоматах и обеспечивать совмещение конструкторских, измерительных и технологических баз.

Целесообразная последовательность операций обработки отдельных поверхностей должна учитываться не только при простановке размеров на детали, имеющие необработанные поверхности, но также должна приниматься во внимание и при проектировании деталей, участки которых значительно отличаются по точности и шероховатости, а, следовательно, изготавливаются различными видами обработки.

4. Упрощение конфигурации, отдельных деталей, предельно возможное расширение допусков на изготовление и снижение, требований к шероховатости обрабатываемых поверхностей с целью уменьшения объема и облегчения механической обработки.

5. Создание конфигурации деталей, позволяющей применение наиболее совершенных и производительных методов механической обработки (обработка многолезцовым фасонным и многолезвийным инструментом, накатывание и вихревое нарезание резьбы, применение агрегатных и специальных станков и автоматов, поточных и автоматических линий).

6. Проведение нормализации и унификации деталей и сборочных единиц выпускаемых изделий, являющихся предпосылками типизации технологических процессов, унификации режущего и мерительного инструмента, а также внедрения групповой обработки.

7. Создание конструкции изделия, позволяющей проведение операционной сборки по принципам полной или частичной взаимозаменяемости, что является одним из основных условий организации поточной сборки. Осуществление указанных мероприятий представляет собой сложную задачу, решение которой требует глубокого анализа конструкции изделия и технологии производства.

Вследствие того, что проведение отдельных из перечисленных мероприятий может противоречить остальным, окончательное решение вопроса о наиболее технологичной конструкции изделия должно приниматься с учетом общей экономичности изготовления изделия в целом для завода. Так, например, стремление к созданию конструкции, состоящей из минимального количества взаимозаменяемых деталей, может пойти в разрез с принципом конструирования наиболее простых деталей, имеющих предельно широкие допуски. При этом должны приниматься во внимание и организационные вопросы, связанные с изготовлением рассматриваемой конструкции изделия, которые могут способствовать выпуску или затруднить его (вопросы межцеховой или межзаводской кооперации, загрузки определенных видов оборудования, возможности пополнения станочного парка, получения определенных исходных заготовок и т. д.).

Из сказанного следует, что понятие технологичности конструкции по существу не может быть абсолютным, что оно меняется вместе с развитием производства и технологии и для разных типов производства и даже для различных по характеру и уровню технологии предприятий, принадлежащих к одному типу производства, это понятие неодинаково. Так, например, на предприятиях единичного производства, применяющих станки с ЧПУ, требования к технологичности конструкции отличаются от требований, предъявляемых к таким же деталям, обрабатываемым на универсальных станках. С развитием технологии производства требования к технологичности конструкции изменяются, поэтому само представление о технологичности со временем также претерпевает изменения.

Технологичность конструкции может быть объективно оценена путем расчета количественных показателей технологичности по ГОСТ 14.201-83, ГОСТ 14.204-93.

Изложенное выше показывает, что конструкторская и технологическая подготовки производства тесно взаимосвязаны. Требования конструкции изделия и его чертеж в значительной мере определяют содержание технологического процесса, его построение, применяемые виды обработки, оборудование и инструменты. С другой стороны, принятая технология производства предъявляет свои требования к конструкции изготавливаемого изделия, к ее технологичности, что делает необходимым проведение большой по объему и сложной совместной работы технолога.

Технология изготовления корпусных деталей

Заготовки корпусных деталей чаще всего отливают из чугуна и алюминиевых сплавов, реже из стали или других литейных сплавов.

Широко применяется литье в песчано-глинистые формы, кокиль, оболочковые формы, под давлением. Реже – литье по выплавляемым моделям.

В качестве исходных заготовок используют поковки. Находит применение и сварка стальных заготовок.

Технические требования к корпусным деталям

При изготовлении корпусных деталей необходимо обеспечить:

1. Правильность формы.
2. Малую шероховатость ($Ra\ 0,4\text{--}1,6\ \mu\text{м}$).
3. Точность взаимного расположения основных баз деталей.

Так, для привалочных плоскостей допуск прямолинейности равен $0,05\text{--}0,2\ \text{мм}$, шероховатость $Ra\ 2,5\text{--}0,63$.

2. Малую шероховатость

3. Правильность расположения отверстий относительно основных баз деталей, т. е. точность координат осей отверстий, параллельность и перпендикулярность осей базовым плоскостям и т. д.

4. Правильность расположения отверстий друг относительно друга (параллельность и перпендикулярность осей, межосевые расстояния и т. д.). Например, допуски параллельности осей отверстий и перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий обычно составляют от $0,02$ до $0,05\ \text{мм}$ соответственно на $100\ \text{мм}$ длины или радиуса.

Требования к точности межосевых расстояний устанавливаются по стандартам и условиям обеспечения нормальной работы зубчатых передач (обычно 7–8 степени точности).

Точность формы, размеров и малая шероховатость отверстий необходимы для повышения износостойкости уплотнений и долговечности подшипников качения, для уменьшения потерь на трение, утечек жидкости и газа.

Предварительная обработка корпусов

Перед отправкой отливок и поковок в механический цех удаляют облой, литники и прибыли. Для этого используют обрезные прессы, фрезерные, шлифовальные, ленточно-отрезные и другие станки, сварочные аппараты, пневматические молотки, зубила и другие средства производства. Кроме того, производят очистку, термическую обработку, предварительную покраску, грунтовку и контроль заготовки.

При очистке удаляют остатки пригоревшей формовочной смеси и мелкие неровности для того, чтобы улучшить внешний вид детали, повысить стойкость наносимой краски, увеличить стойкость режущего инструмента при последующей обработке.

Очистка производится стальными щетками, иглофрезами, травлением серной кислотой с последующей промывкой, обдувкой дробью, водой с крупнозернистым керамзитом и содой.

Термическую обработку (низкотемпературный отжиг отливок из серого чугуна) выполняют для снятия остаточных напряжений и улучшения обрабатываемости отливок.

Окраску производят кистью, окунанием, пульверизатором или в специальных установках. На передовых предприятиях используют окрасочные роботы с ЧПУ. Окраска необрабатываемых поверхностей отливок после старения связывает остатки формовочной смеси и исключает в дальнейшем её попадание на поверхности трения.

Базирование заготовок корпусов

При выборе черновых баз необходимо:

1. Обеспечить равномерность припусков на обработку отверстий
2. Избежать касания внутренних поверхностей корпуса и деталей большого диаметра (зубчатых колес, маховиков, муфт).

Для этого часто на первых операциях заготовки базируют по основному отверстию или двум возможно более удаленным отверстиям, так как внутренняя полость корпуса и получаемые в отливке отверстия базируются с помощью общего стержня или связанных друг с другом стержней. Установка осуществляется:

1. В приспособлениях с конусами.

С помощью кулачковых или плунжерных оправок, которые закрепляются в отверстиях заготовки вместе с ней, выступающими шейками устанавливаются на призмы и другие опорные приспособления.

2. По разжимной оправке

Типовой маршрут обработки корпуса

Обработка неразъемных корпусов включает следующие этапы:

1. Обработку баз, например, плоскости и двух отверстий.
2. Обработку наружных поверхностей, например, плоскостей, параллельных и перпендикулярных установочной базе.
3. Обработку основных отверстий.
4. Обработку крепежных, смазочных и других отверстий.

Этапы могут включать черновые и чистовые операции. Это позволяет:

1. Уменьшить влияние на точность деформаций заготовки в результате перераспределения остаточных напряжений.
2. Поддерживать длительное время высокую точность станков для чистовой обработки

Вопросы для самоконтроля

1. На что направлена обработка изделия на технологичность?
2. Перечислите мероприятия, с помощью которых повышают технологичность.
3. Что такое групповая обработка?
4. Что позволяет достигнуть нормализация и унификация?
5. Как влияет автоматизация производства на технологичность изделия?

Тема 8. Технология изготовления валов

Ключевые вопросы темы

1. Служебные назначения.
2. Классификация валов и технические требования на их изготовление.
3. Основные схемы базирования валов.
4. Материалы и методы получения заготовок для валов.
5. Технология изготовления валов.

Ключевые понятия: заготовка, КИМ, схемы базирования, режущий

инструмент, технология изготовления.

Литература: [4, с. 108-117].

Методические рекомендации

Технология изготовления валов

Способы получения заготовок валов

В мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с незначительными перепадами ступеней, заготовки валов получают разрезанием прутков. При увеличении объема производства, а также при изготовлении валов со сложной конфигурацией и значительными перепадами диаметров ступеней заготовки целесообразно получать литьем и методами пластической деформации (ковка, штамповка, периодическая прокатка и т. п.). Это позволяет уменьшить припуски на обработку, трудоемкость и стоимость обработки резанием.

Выбор способа получения заготовки производится на основании технико-экономического анализа. Иногда применение кованных и штампованных заготовок объясняется повышенными требованиями к механическим свойствам сплавов.

В заготовительных цехах и отделениях обычно выполняют правку заготовок, обработку (обдирку) прутков по наружной поверхности и разрезание.

Правка устраняет искривление оси заготовки, она производится на прессах или специальных станках. Для обработки наружной поверхности прутков применяют специальные станки.

В кузнечнопрессовых цехах применяется резка прутков на прессах и ножницах. Эти способы высокопроизводительны, но не обеспечивают высокой точности. Торец заготовки оказывается неровным.

Приводные ножовки режут прутки ножовочным полотном, которое совершает возвратно-поступательное движение. Ширина реза меньше, чем при использовании дисковых пил, что важно при разрезании дорогостоящих материалов, однако, производительность ножовок ниже.

Типовой техпроцесс обработки ступенчатых валов в крупносерийном или массовом производстве

Этот ТП включает следующие операции:

1. Обработка торцов, центрирование.
2. Токарная обработка (точение) шеек валов.
3. Предварительное шлифование.
4. Фрезерование шпоночных пазов.
5. Фрезерование шлицев.
6. Обработка резьбы.
7. Термообработка.
8. Исправление центровых отверстий.
9. Чистовое шлифование шеек вала.
10. Шлифование шлицев.
11. Калибрование резьбы и зачистка заусенцев.

12. Промывка.

13. Контроль.

Обработка торцов вала и центрирование

В единичном и мелкосерийном производствах торцы обрабатывают на токарных и фрезерных станках. Центрирование выполняется на сверлильных, токарных, револьверных и горизонтально-расточных станках.

Центрирование может производиться или двумя инструментами (спиральным сверлом и зенкером), или же одним комбинированным центровочным сверлом. Угол конуса сверла обычно равен 60° , однако, для тяжелых заготовок валов его увеличивают до 75° или 90° .

В ряде случаев у режущих инструментов выполняют дополнительную фаску с углом 120° , которая предохраняет центровое отверстие от забоин при случайном повреждении торцов вала.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего производят центрирование валов?
2. Какой инструмент используют для торцевания?
3. Назовите чистовой металлорежущий инструмент для обработки шеек валов.
4. Перечислите основные приспособления, используемые для закрепления валов на токарных станках?
5. Перечислите основные способы повышения производительности.

Тема 9. Технология изготовления крышек

Ключевые вопросы темы

1. Служебные назначение и конструкции крышек.
2. Технические требования, предъявляемые к крышкам.
3. Материалы и методы получения заготовок для крышек.
4. Технология изготовления крышек.

Ключевые понятия: заготовка, КИМ, схемы базирования, режущий инструмент, технология изготовления

Литература: [2, с. 108–117].

Методические рекомендации

Служебное назначение фланцев и крышек и требования к ним

Фланцы и крышки служат для ограничения осевого перемещения вала, расположенного на подшипниках в изделии (машине), за счет создания определенного натяга или гарантированного осевого зазора между торцом наружного кольца подшипника и торцом фланца или крышки. Крышки, кроме того, используются для плотного закрытия различных отверстий и пространств с целью их изоляции от окружающей среды.

Технические требования на изготовление основных поверхностей фланцев и крышек: точность отверстий под подшипники по 6–7 квалитетам, шероховатость $Ra = 0,63–1,25$ мкм; точность наружных установочных

поверхностей по 6–8 качеству, шероховатость $Ra = 0,63–1,0$ мкм; допуск цилиндричности и круглости поверхностей под подшипники 0,01–0,02 мм; допуск соосности внутренних и наружных цилиндрических поверхностей 0,01–0,03 мм; допуск торцового биения (допуск перпендикулярности торца) относительно оси отверстия (наружной цилиндрической поверхности) 0,03–0,05 мм; плоскостность торцовых присоединительных поверхностей с шероховатостью $Ra = 1,25–1,5$.

Материалы и способы получения заготовок для фланцев и крышек

Фланцы и крышки изготавливают из чугуна марок СЧ15, сталей 30, 35, 40, 45 и др. Крышки зачастую изготавливают из алюминиевых сплавов. Заготовками фланцев и крышек в зависимости от серийности выпуска являются стальные и чугунные отливки, поковки, штамповки, а также отрезанные от сортового прутка диски. Литые по выплавляемым моделям обеспечивают получение заготовок с минимальными припусками. Некоторые поверхности, например, отверстия под крепежные болты, не требуют дальнейшей механической обработки. Этот метод применяют при большой серийности изготовления фланцев. Стальные фланцы и крышки в средне- и крупносерийном производстве обычно изготавливают из штампованных заготовок, получаемых на молотах в подкладных закрытых штампах или высадкой на горизонтально-ковочных машинах.

Обработка фланцев и крышек

Обработка цилиндрических и торцовых поверхностей в зависимости от условий производства может производиться на универсальных токарных станках, станках с ЧПУ, вертикально-сверлильных станках, агрегатно-сверлильных станках, многошпиндельных вертикальных токарных полуавтоматах.

В серийном производстве обтачивание выполняется на токарных станках 16К20 и на станках 16К20Т, 16К20ФЗ, РТ725ФЗ с ЧПУ. При изготовлении фланцев и крышек в крупносерийном производстве на многошпиндельных вертикальных токарных полуавтоматах 1К282 и 1К284 возможна полная обработка всех поверхностей (с двумя загрузочными позициями и переустановкой заготовки после ее обработки с одной стороны).

Обработка крепежных отверстий осуществляется на вертикально-сверлильных, радиально-сверлильных станках, станках с ЧПУ, агрегатных станках.

Для фрезерования лысок используют фрезерные станки различных типов. Применяют различные универсальные и специальные приспособления с базированием заготовки по посадочному пояску, торцу и крепежному отверстию. В зависимости от технических требований поверхности цилиндрического пояска и торцов могут подвергаться шлифованию.

Сходные по конструктивным признакам фланцы и крышки обрабатывают по принципу групповой технологии.

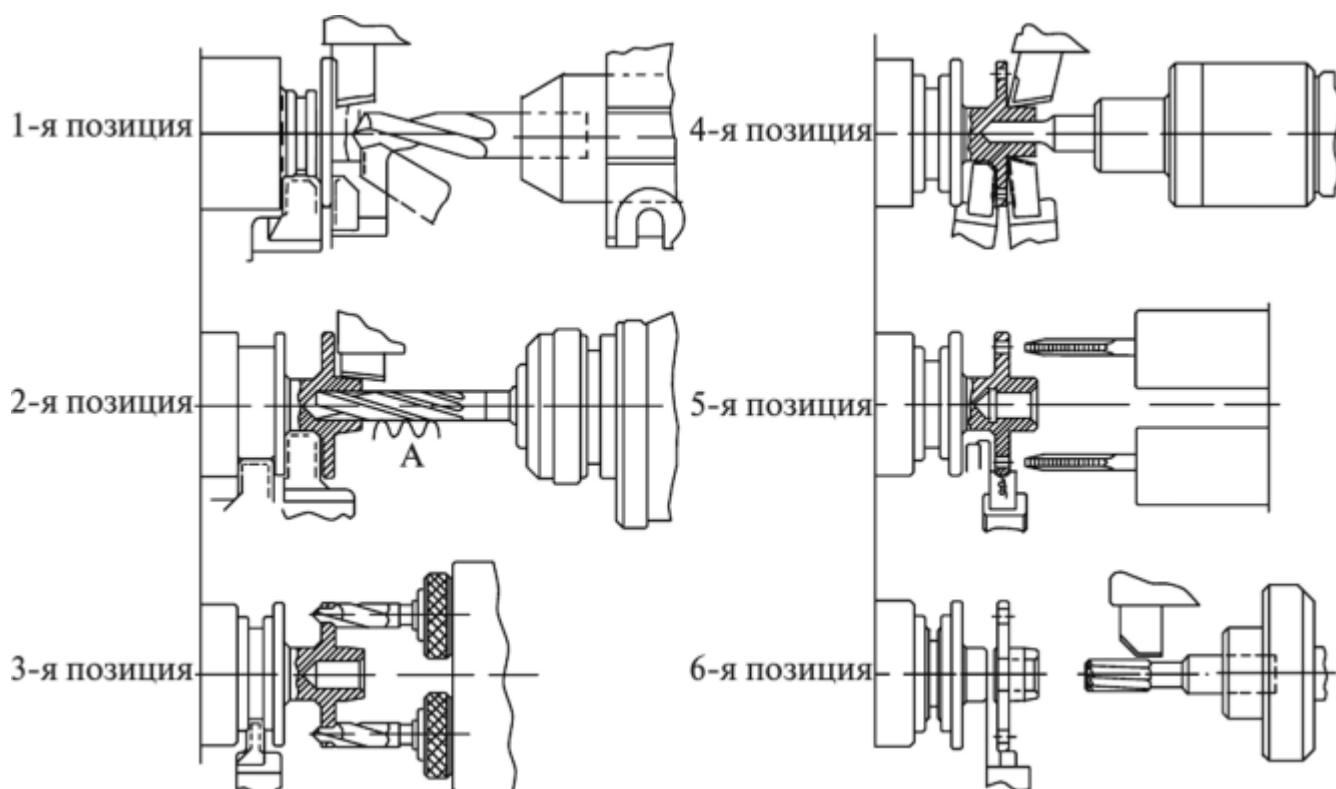


Рисунок 14 – Обработка фланца из круга на горизонтальном шестишпиндельном автомате

Технические требования на изготовление фланцев должны соответствовать ОСТ 26-843-73 и ОСТ 26-291-94. Материал для изготовления фланцев выбирают в зависимости от температуры и среды, в которой они должны работать. Это в основном стали ВСт3сп3, 20К, 16ГС, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т.

Предельные отклонения размеров фланцев следующие.

Смещение осей отверстий d от номинального расположения должно быть не более: 1 мм – для отверстий $d = 12–18$ мм; 1,6 мм – для отверстий $d = 23–33$ мм; 2 мм – для отверстий $d = 40–52$ мм.

Торцевое биение поверхности $Б$ – по XII степени точности ГОСТ 10356. Непараллельность поверхностей $А$ и $Б$ – 0,1 мм в пределах наружного диаметра гайки.

Допускается изготовление фланцев сварными из нескольких частей полосового проката с последующей сваркой мест стыка при условии выполнения швов с полным проваром по всему сечению фланца и 100%-ного контроля качества швов. В этом случае допускается располагать отверстия на сварных швах.

Для сосудов и аппаратов из двухслойной стали фланцы изготавливают из стали основного слоя двухслойной стали (или из стали этого же класса) с защитой уплотнительной и внутренней поверхностей фланца от коррозии наплавкой. Толщина наплавленного слоя после механической обработки должна быть не менее 4^{+2}_{-1} мм, а при наличии требований по межкристаллитной

коррозии – не менее 6^{+2}_{-1} мм. Допускается защита уплотнительной и внутренней поверхностей фланцев облицовкой из хромоникелевой аустенитной стали. Толщина облицовки должна быть не менее 3 мм.

Особенности технологии изготовления. В качестве заготовок для изготовления фланцев используют поковки, штамповки, профильный прокат, бандажные и сварные заготовки. При выборе способа получения заготовки для фланца необходимо учитывать материал и габаритные размеры фланца, размеры сечения обода, коэффициент использования металла, трудоемкость изготовления и другие факторы. О целесообразности применения заготовок каждого из указанных видов решают исходя из конкретных условий производства.

При *штамповке фланцев на молотах* обеспечиваются: высокая производительность, точность размеров заготовок, в результате чего значительно уменьшается отход металла в стружку и снижается трудоемкость обработки. *Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах* имеет ряд преимуществ перед штамповкой на молотах: повышается производительность труда и точность исполнения размеров поковки, увеличивается коэффициент использования металла в результате уменьшения штамповочных уклонов, уменьшается расход электроэнергии и улучшаются условия труда. *Гибку с последующей сваркой* выгодно применять в том случае, когда сечение обода фланца относительно небольшое и когда материал фланца обладает хорошей свариваемостью.

Получение заготовок ковкой с последующей прокаткой на кольцепрокатном стане. Степень проработки материала фланца во всех направлениях, отсутствие сварного шва, сравнительно высокий коэффициент использования металла позволяют рекомендовать этот способ при серийном изготовлении крупногабаритных фланцев. Получение заготовок, сваренных из отдельных секторов, применяют, как правило, для фланцев больших размеров, изготавливаемых из проката большой толщины (более 40 мм) или из марок сталей, на которые отсутствует стандартный профильный прокат.

Операция штамповочная. Фланцы чаще всего штампуют в открытых штампах, на зеркале которых размещают площадку для осадки заготовок площадью более 30 % всей площади зеркала штампа.

Заготовки крупных фланцев (до 200–250 мм) осаживают на ковочном молоте, а остальные операции выполняют на штамповочном молоте. Выбирая размеры формы штампа, необходимо учитывать усадку при остывании (15 %). Для предотвращения застревания фланца в штампе боковые стенки ручьев изготавливают с уклоном 3–10°. За один ход пресса прошивают отверстия и обрезают заусеницы на кривошипных прессах в комбинированных штампах. Во время прошивки отверстия и обрезки заусенцев во фланцах ($D_f = 100$ мм) одновременно правят их по плоскости. Фланцы большего диаметра правят на молоте в чистовом ручье штампа.

В связи с тем, что стойкость штампов, имеющих сравнительно малые размеры выступов, низкая, воротниковые фланцы ($D_Y = 30$ мм) штампуют без прошивки отверстия. В некоторых случаях для увеличения срока службы штампов выступы выполняют сменными, по мере износа их заменяют.

Конструкция штампов для *безоблойной штамповки* предусматривает возможность заполнения формы штампа металлом, прежде чем он достигнет выхода в облойную канавку. Значительное влияние на заполнение формы штампа в процессе безоблойной штамповки оказывает форма исходной заготовки, которая должна приближаться к окончательной форме поковки. Указанное достигается предварительной штамповкой в черновых ручьях

Вопросы для самоконтроля

1. Требования к изготовлению крышек и фланцев.
2. Особенности технологии изготовления.
3. Материалы и способы получения заготовок для фланцев и крышек.
4. Технология изготовления фланцев и крышек методами штамповки.

Тема 10. Технология изготовления цилиндрических зубчатых колес

Ключевые вопросы темы

1. Служебное назначение.
2. Технические требования, предъявляемые к цилиндрическим зубчатым колесам.
3. Типовые конструкции цилиндрических зубчатых колес.
4. Материалы и методы получения заготовок для колес.
5. Технология изготовления цилиндрических зубчатых колес.
6. Методы отделки рабочих поверхностей зубьев цилиндрических колес.
7. Контроль точности цилиндрических зубчатых колес.

Ключевые понятия: заготовка, КИМ, схемы базирования, режущий инструмент, технология изготовления

Литература: [4, с. 108–117].

Методические рекомендации

Технология изготовления зубчатых колёс

В современных машинах широко применяют зубчатые передачи. Различают силовые зубчатые передачи, предназначенные для передачи крутящего момента с изменением частоты вращения валов, и кинематические передачи, служащие для передачи вращательного движения между валами при относительно небольших крутящих моментах.

Зубчатые передачи, используемые в различных механизмах и машинах, делят на цилиндрические, конические, червячные, смешанные и гиперболоидные (винтовые и гипоидные).

Наибольшее распространение получили цилиндрические, конические и червячные передачи. Ниже рассмотрены способы формообразования зубьев

цилиндрических зубчатых колес. Цилиндрические зубчатые колеса изготавливают с прямыми и косыми зубьями, реже – с шевронными. Стандарт устанавливает 12 степеней точности цилиндрических зубчатых колес (в порядке убывания Точности): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

По технологическому признаку зубчатые колеса делятся на:

- цилиндрические и конические без ступицы и со ступицей, с гладким или шлицевым отверстием;
- многовенцовые блочные с гладким или шлицевым отверстием;
- цилиндрические, конические и червячные типа фланца;
- цилиндрические и конические с хвостовиком;
- валы-шестерни.

У цилиндрических колес зубья выполняют прямыми, спиральными или шевронными.

Обработка зубчатых колес разделяется на два этапа: обработку до нарезания зубьев и обработку зубчатого венца. Задачи первого этапа соответствуют в основном аналогичным задачам, решаемым при обработке деталей классов: диски (зубчатое колесо плоское без ступицы), втулки (со ступицей) или валов (вал-шестерня). Операции второго этапа обычно сочетают с отделочными операциями обработки корпуса колеса.

Базирование

Базирование в технологии машиностроения вообще и в зубообработке в частности, один из самых важных вопросов. При этом очень много проблем на практике связано именно с базированием. Проблемы могут возникать как на этапе проектирования, так и в производстве, и при контроле готового изделия. При этом ошибки или даже просто недостаточное внимание к этому вопросу при конструировании ведёт к большим затратам и проблемам в производстве. Конструктора часто оставляют решать этот вопрос технологами или даже непосредственно зуборезчикам, надеясь, что это чисто технологический вопрос. Но это не всегда так, и иногда, для достижения требуемой точности нужно проектировать колесо, заранее закладывая наиболее оптимальный вариант базирования при обработке и контроле. Особенно это важно в мелкосерийном и единичном производстве, когда стоимость оснастки может быть сравнима со стоимостью самого изготавливаемого зубчатого колеса, или нет возможности проконтролировать результат. Можно выделить несколько причин, из-за которых возникают сложности:

- способы базирования зубчатых колёс не регламентируются общеупотребительными стандартами и слабо разъяснены в технической литературе;
- конструкторам и технологам, не имея достаточных знаний и опыта, часто сложно назначить требуемую степень точность и комплекс параметров для контроля, сложно перейти от заданных показателей точности готового зубчатого колеса к требованиям точности базирования при обработке;
- часто обработку приходится производить с перебазированием на разных станках и подготовке технологических баз не оказывается достаточного внимания;

– на многих производствах отсутствуют необходимые измерительные средства для контроля зубчатых колёс. Часто обеспечить качество можно только пооперационным контролем непосредственно при обработке, либо по результатам сборки передачи. Это, разумеется, требует дополнительных усилий и времени;

– часть проблем связана не только с установкой детали на станках, но и с наладкой и точностью самих станков;

– желание сэкономить на оснастке.

ГОСТ устанавливает допуски для колёс относительно рабочих осей. То есть для колёс уже установленных в механизме с учётом погрешностей вала, на котором установлено колесо и подшипников. Поэтому при обработке наиболее предпочтительным вариантом является базирование по тем поверхностям, которые используются при сборке передачи. Такие базы обычно называют «конструкторскими» (например, посадочное отверстие зубчатого колеса). Но, достаточно часто такое базирование на станке практически невозможно или требует сложной оснастки, поэтому приходится базировать колесо по поверхностям, не совпадающим с конструкторскими базами, но более удобными для установки и выверки колеса на станке. Такие поверхности называют «технологическими базами», а ось вокруг которой колесо вращается при обработке называется «технологической».

Метод № 1. База задана двумя цилиндрическими или коническими подшипниковыми шейками вала-шестерни. Таким методом, например, базируются длинные вал-шестерни, устанавливаемые в патроне или при помощи люнетов.

Метод № 2. База задаётся отверстием колеса. Таким образом базируются небольшие колёса на оправках или цангах, крупногабаритные колёса иногда базируют таким способом, выверяя биение отверстия в двух плоскостях. Этот метод используется в тех случаях, когда длина отверстия и посадка достаточна для того чтобы однозначно определить ось вращения, т. е. колесо будет установлено на оправке гарантировано без перекоса. Сюда же можно отнести колёса со шлицевыми отверстиями.

Метод № 3. База задана диаметром и торцем. Таким образом, базируются узкие колёса-венцы, устанавливаемые на тумбах или приспособлениях-фланцах.

Методы № 1 и 3 применяются в случаях, когда базовая цилиндрическая поверхность слишком короткая, чтобы однозначно определить ось вращения колеса. В методе № 3 базовый торец рекомендуется выполнять как можно большего диаметра (т. е. ближе к зубчатому венцу)

Метод № 4. База задаётся центровыми отверстиями. Эта база используется одновременно для обработки зубьев и для обработки подшипниковых шеек. Такой метод применяется в основном для небольших вал-шестерней

Для высокоточных зубчатых колёс рекомендуется такой способ назначения баз. В этом случае назначаются базовые торец (слева) и отверстие (оно же рабочее посадочное отверстие) для установки на станке и базы для контроля

и/или выверки колеса на станке, измерительном приборе и при монтаже (буртик справа).

Технологические задачи

Точность размеров. Самым точным элементом зубчатого колеса является отверстие, которое выполняется обычно по 7-му квалитету, если нет особых требований.

Точность взаимного расположений. Несоосность начальной окружности зубчатого колеса относительно посадочных поверхностей допускается не более 0,05–0,1 мм. Неперпендикулярность торцов к оси отверстия или вала (биение торцов) обычно принимается не более 0,01–0,015 мм на 100 мм диаметра. В зависимости от условий работы колеса эта величина может быть повышена или несколько уменьшена.

Твердость рабочих поверхностей. В результате термической обработки поверхностная твердость зубьев цементируемых зубчатых колес должна быть в пределах HRC 45–60 при глубине слоя цементации 1–2 мм. При цианировании твердость HRC 42–53, глубина слоя должна быть в пределах 0,5–0,8 мм.

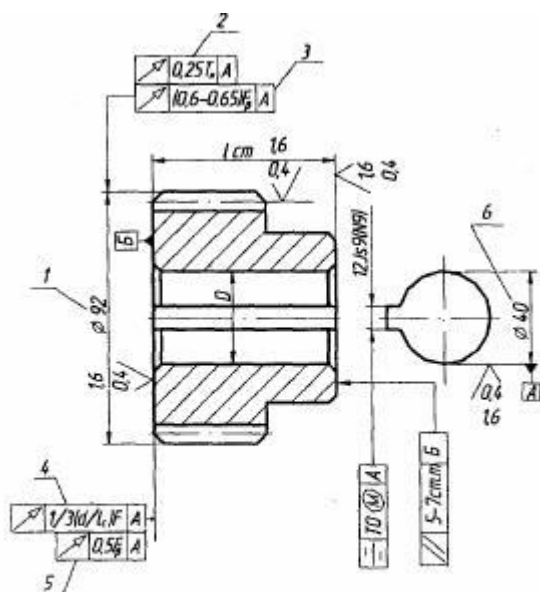


Рисунок 15 – Зубчатое колесо с типовыми требованиями к точности его изготовления

Твердость не закаливаемых поверхностей обычно находится в пределах HB 180–270.

Для рассматриваемого зубчатого колеса:

- посадочное отверстие выполняется по 7-му квалитету;
- точность формы не задается;
- точность взаимного расположения ограничена величиной торцового биения плоских поверхностей относительно оси отверстия не более 0,016 мм, а также величиной несимметричности шпоночного паза относительно оси отверстия не более 0,02 мм;

– шероховатость поверхности зубчатого венца $Ra = 0,63$ мкм, отверстия и торцов – 1,25 мкм. Зубчатый венец закаливается ТВЧ до HRC 45–50 на глубину 1–2 мм.

Различают основные *виды заготовок зубчатых колес* при разных конструкциях и серийности выпуска: заготовка из проката; поковка, выполненная свободной ковкой на ковочном молоте; штампованная заготовка в подкладных штампах, выполненных на молотах или прессах; штампованная заготовка в закрепленных штампах, выполненных на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах.

Заготовки, получаемые свободной ковкой на молотах, по конфигурации не соответствуют форме готовой детали, но структура металла благодаря ковке улучшается по сравнению с заготовкой, отрезанной пилой от прутка.

Штамповка заготовок в закрытых штампах имеет ряд преимуществ: снижается расход металла из-за отсутствия облоя, форма заготовки ближе к готовой детали, снижается себестоимость, экономия металла составляет от 10 до 30 %. Однако отмечается повышенный расход штампов.

Штамповка на прессах имеет большое преимущество перед штамповкой на молотах: получается точная штамповочная заготовка, припуски и напуски меньше на 30 %, по конфигурации заготовка ближе к готовой детали. На прессах можно штамповать с прошиванием отверстия.

Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах изготавливают заготовки зубчатых колес с хвостовиком или с отверстием.

Выбор базовых поверхностей зависит от конструктивных форм зубчатых колес и технических требований. У колес со ступицей (одновенцовых и многовенцовых) с достаточной длиной центрального базового отверстия ($L/D > 1$) в качестве технологических баз используют: двойную направляющую поверхность отверстия и опорную базу в осевом направлении – поверхность торца.

У одновенцовых колес типа дисков ($L/D < 1$) длина поверхности отверстия недостаточна для образования двойной направляющей базы. Поэтому после обработки отверстия и торца установочной базой для последующих операций служит торец, а поверхность отверстия – двойной опорной базой. У валов шестерен в качестве технологических баз используют, как правило, поверхности центровых отверстий.

На первых операциях черновыми технологическими базами являются наружные необработанные «черные» поверхности. После обработки отверстия и торца их принимают в качестве технологической базы на большинстве операций. Колеса с нарезанием зубьев после упрочняющей термообработки при шлифовании отверстия и торца (исправление технологических баз) базируют по эвольвентной боковой поверхности зубьев для обеспечения наибольшей соосности начальной окружности и посадочного отверстия.

Для обеспечения наилучшей концентричности поверхностей вращения колеса применяют следующие варианты базирования. При обработке штампованных и литых заготовок на токарных станках за одну установку, заготовку крепят в кулачках патрона за черную поверхность ступицы или

черную внутреннюю поверхность обода. При обработке за две установки заготовку сначала крепят за черную поверхность обода и обрабатывают отверстие, а при второй установке заготовки на оправку обрабатывают поверхность обода и другие поверхности колеса.

Вопросы для самоконтроля

1. Служебное назначение.
2. Технические требования, предъявляемые к цилиндрическим зубчатым колесам.
3. Типовые конструкции цилиндрических зубчатых колес.
4. Материалы и методы получения заготовок для колес.
5. Технология изготовления цилиндрических зубчатых колес.
6. Методы отделки рабочих поверхностей зубьев цилиндрических колес.
7. Контроль точности цилиндрических зубчатых колес.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков интерпретации и обработки результатов научных исследований.

Практические занятия по дисциплине «Технология машиностроения» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

Работу необходимо производить с соблюдением следующей методики:

- внимательно прочитать условие задачи или задания;
- определиться с тем, какие исходные величины или параметры даны, что они собой представляют;
- выяснить какие параметры или величины требуется рассчитать, а какие выбрать из справочных материалов;
- понять, какие дополнительные исходные данные можно получить из справочных материалов;
- большое внимание обращать на единицы измерения всех величин, фигурирующих в задаче или задании;
- понять алгоритм решения данной задачи (при необходимости построить схему или проанализировать формулы, используемые при решении);

Темы занятий предполагают выполнение заданий, согласно варианту.

Решение каждого задания оформляется студентом в его тетради для практических занятий.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой практического занятия.

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
1	Анализ технических требований и функционального назначения поверхностей детали
2	Расчёт сборочной размерной цепи механизма машины
3	Анализ технологичности конструкции детали
4	Выбор заготовки и разработка ее чертежа
5	Определение последовательности механической обработки поверхности детали и аналитический расчет припусков и межпереходных размеров на поверхность детали
6	Разработка технологических схем и циклограмм сборки сборочных единиц механизма машины
7	Разработка маршрута изготовления детали. Выбор оборудования, его основные технические характеристики
8	Разработка маршрутной карты изготовления детали
9	Разработка операционных карт и карт эскизов на изготовление детали. Выбор режимов резания
10	Техническое нормирование технологических операций изготовления детали

Практическая работа № 1. Анализ технических требований и функционального назначения поверхностей детали

Цель работы: приобретение практических навыков анализа машины и конструкции детали

Задачи:

- 1) Ознакомиться со служебным назначением машины, одного из ее механизмов, в который входит заданная деталь.
- 2) Дать характеристику марки материала детали, описать конструктивные элементы и основные поверхности детали.
- 3) Провести анализ технических требований, предъявляемых к конструкции заданной детали, и анализ функционального назначения поверхностей детали.

Порядок выполнения работы

1. Сформулировать служебное назначение машины, механизма машины, в который входит заданная деталь и самой детали. Привести описание работы механизма машины.
2. Дать характеристику марки материала детали (вид поставки (прокат, лист; поковки и кованые заготовки), назначение, химический состав марки материала, механические и технологические свойства материала).

3. Описать конструктивные элементы детали и основные ее поверхности (исполнительные поверхности, основные и вспомогательные конструкторские базы).

4. Провести анализ технических требований, предъявляемых к детали.

4.1 Проверить правильность назначения отклонений на размеры детали в соответствии с ГОСТ 25346-89 [1] и ГОСТ 25347-82 [2].

4.2 Дополнить при необходимости технические требования на деталь с целью выполнения ею служебного назначения в полном объеме (точность размеров сопрягаемых поверхностей относительно других с учетом ГОСТ 24643-89 [3]).

4.3 Проверить правильность назначения и обозначения параметров шероховатости на все поверхности детали в соответствии с ГОСТ 2789 [4] и ГОСТ 2.309 [5].

4.4 Указать с какой целью на чертеже детали заданы требования твердости поверхности детали и предусмотрено нанесение покрытия на ее поверхности.

5. Разработать доработанный чертеж детали с учетом результатов проведенного анализа конструкции детали и ее технических требований.

6. Составить отчет.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику служебному назначению объекта (машина, механизм, деталь).

2. Какую информацию включает характеристика марки материала?

3. Какие конструктивные элементы включает заданная деталь?

4. Назовите основные поверхности детали.

5. Назовите функциональную роль конструктивных элементов заданной детали.

6. Назовите функциональную роль исполнительных поверхностей детали.

7. Назовите функциональную роль основных конструкторских баз детали.

8. Назовите функциональную роль вспомогательных конструкторских баз детали.

9. Какова роль свободных поверхностей детали?

10. Какова методика анализа технических требований, предъявляемых к детали?

Практическая работа № 2. Расчёт сборочной размерной цепи механизма машины

Цель работы – получить навыки построения и расчёта сборочной размерной цепи механизма машины.

Задачи:

– Ознакомиться с терминологией, применяемой при построении и расчёта сборочной цепи.

– Ознакомиться с методикой построения и расчета сборочной размерной цепи заданного механизма машины.

– Приобрести навыки построения схемы сборочной размерной цепи механизма машина и её расчёта.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с терминологией, применяемой при построении и расчёте сборочной размерной цепи.

Размерная цепь – совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур.

Обозначение: прописная буква русского или строчная буква греческого (кроме буквы α , δ , ξ , λ , ω) алфавитов без индексов.

Звено размерной цепи – один из размеров, образующих размерную цепь.

Схема размерной цепи – графическое изображение размерной цепи.

Замыкающие звено – звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате её решения.

Обозначение: прописная буква русского (A_{Δ} , B_{Δ} и т. д.) или строчная буква греческого (β_{Δ} , γ_{Δ}) (кроме буквы α , δ , ξ , λ , ω) алфавитов с индексом Δ .

Составляющее звено – звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном.

Обозначение: прописная буква русского алфавита с индексом, соответствующим порядковому номеру звена для линейных размеров (A_1 , A_2 и т. д.) или строчная буква греческого алфавита (кроме буквы α , δ , ξ , λ , ω) с индексом для угловых размеров (β_1 , β_2 и т. д.).

Увеличивающее звено – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается.

Уменьшающее звено – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается.

Компенсирующие звено – составляющее звено размерной цепи, изменением значения которого достигается требуемая точность замыкающего звена.

Конструкторская размерная цепь – размерная цепь, определяющая расстояние или относительный поворот между поверхностями или осями поверхностей деталей в изделии.

Линейная размерная цепь – размерная цепь, звеньями которой являются линейные размеры.

Угловая размерная цепь – размерная цепь, звеньями которой являются угловые размеры.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчёта отклонений.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Допуск – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Координата середины поля допуска – координата, определяющая положение середины поля допуска относительно номинального размера.

Коэффициент риска – коэффициент, характеризующий вероятность выхода отклонений замыкающего звена за пределы допуска.

Передаточное отношение составляющего звена – коэффициент характеризующий степень влияния отклонения составляющего звена на отклонение замыкающего.

Метод полной взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается во всех случаях её реализации путём включения составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Метод неполной взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается с некоторым риском путём включения в неё составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Метод регулирования – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением значения компенсирующего звена без удаления материала с компенсатора.

Прямая задача – задача, при которой заданы параметры замыкающего звена (номинальное значение, допустимые отклонения, допуск и т. д.) и требуется определить параметры составляющих звеньев.

Обратная задача – задача, в которой известны параметры составляющих звеньев (номинальные значения, допуски, координаты их середин и т. д.) и требуется определить параметры замыкающего звена.

Способ расчёта на максимум-минимум – способ расчёта, учитывающий только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания.

Вероятностный способ расчёта – способ расчёта, учитывающий рассеивание размеров и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев размерной цепи.

2. Ознакомиться с методикой построения и расчёта сборочной размерной цепи заданного механизма машины.

Анализ выбранной сборочной размерной цепи рекомендуется проводить в следующей последовательности.

Размерная цепь должна представлять собой совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи, образующих замкнутый контур размеров деталей механизма машины с обязательным включением в сборочную размерную цепь размера заданной детали.

Рассматриваемая сборочная размерная цепь должна определять расстояния или относительные повороты между поверхностями или осями поверхностей деталей, входящих в заданный механизм машины.

Построение размерной цепи следует начинать с выявления замыкающего звена (расстояния или углового положения между исполнительными поверхностями деталей, входящих в сборочную размерную цепь), точность которого требуется обеспечить.

В сборочной размерной цепи замыкающим звеном может быть зазор, линейный или угловой размер, точности которого оговаривается в технических требованиях механизма машины.

Выявление составляющих звеньев сборочной размерной цепи и включение их в размерную цепь рекомендуется вести в такой последовательности:

- расстояния или относительные повороты между исполнительными поверхностями (или их осями) деталей механизма и основными базами (или их осями) деталей, несущих исполнительные поверхности;
- звенья, характеризующие несовпадение (вследствие зазоров или иных причин) основных или вспомогательных баз сопрягаемых деталей;
- расстояния и относительные повороты между вспомогательными и основными базами (или их осями) деталей, на которых устанавливаются предшествующие детали, и так далее до образования замкнутого контура размеров.

Иными словами, с целью нахождения всех составляющих звеньев сборочной размерной цепи необходимо осуществлять последовательный переход от поверхностей (осей) деталей, образующих исходное или замыкающее звено, к их основным базам, далее через сопряжение к вспомогательным базам деталей, к которым они присоединяются. От вспомогательных баз переходят к основным базам присоединяемых деталей, снова через сопряжения к вспомогательным базам и так далее, вплоть до прихода с другой стороны к замыкающему (исходному) звену и образования замкнутого контура размеров рассматриваемой размерной цепи.

Анализ выбранной сборочной размерной цепи завершается выбором метода достижения точности замыкающего (исходного) звена размерной цепи и способа расчёта размерной цепи с учётом типа производства, конструкции механизма машины, числа звеньев в размерной цепи и требуемой точности замыкающего (исходного) звена.

Параметры выбранных составляющих звеньев размерной цепи сводятся в таблицу 4.

Таблица 4 – Параметры составляющих звеньев размерной цепи

Обозначение звена A_i	Сущность звена	Номинальное значение размера, мм	Переда-точное отноше-ние ξ_i	Допуск T_i , мкм	Предельное отклонение, мкм		Координата середины поля допуска E_{Ci} , мкм
					верхнее E_s	нижнее E_i	
1	2	3	4	5	6	7	8

В графе 1 приводятся принятые для данной размерной цепи обозначения замыкающего звена и составляющих звеньев заглавными буквами русского алфавита (A_Δ – замыкающее звено; A_1, A_2 и т. д. – составляющие звенья) для линейных размерных цепей и строчными буквами греческого алфавита (β_Δ – замыкающее звено; β_1, β_2 и т. д. – составляющие звенья) для угловых размерных цепей.

В графе 2 следует кратко описать, чем является рассматриваемое звено: размер, ширина (например, подшипника, кольца), зазор, расстояние между поверхностями или осями, смещение и поворот поверхностей или осей, отклонение от соосности, параллельности, перпендикулярности и т. д. В этой графе также следует указать к каким деталям, поверхностям и осям относятся описываемые расстояния, смещения или повороты.

В графе 3 указывают номинальные значения размеров звеньев в миллиметрах. Следует иметь в виду, что номинальные значения зазоров, отклонений расположения поверхностей и осей в том числе осевого и радиального биений будут равны нулю. Правильность заполнения графы следует проверить по формулам (1) и (2).

В графе 4 указывается передаточное отношение составляющего звена, которое характеризует степень влияния отклонения составляющего звена на отклонение замыкающего звена.

В графе 5 указывают величины допусков размеров в микрометрах, назначенные на чертежах деталей, входящих в размерную цепь или полученные в результате расчетов и окончательно откорректированные и принятые. Величина допуска размера или расположения поверхности (оси) для покупных и стандартных деталей определяется по соответствующим справочникам, государственным стандартам или другим нормативно-техническим документам.

В графах 6 и 7 указывают верхнее и нижнее отклонения размеров звеньев в микрометрах. Эти отклонения определяются по чертежам деталей, к которым относятся соответствующие размеры.

Для покупных и стандартных деталей в эту графу заносят отклонения, указанные в технической документации и государственных стандартах.

В графе 8 указывают расчетные значения координат середин полей допусков в микрометрах.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятием «размерная цепь», «звено размерной цепи» и «схема размерной цепи».
2. Дайте определение понятием «составляющее звено», «замыкающее звено», «увеличивающее звено», «уменьшающее звено» и «компенсирующее звено».
3. Назовите методы достижения точности замыкающего звена.
4. Назовите сущность прямой и обратной задач при решении сборочной размерной цепи.
5. Дайте характеристику способам расчета конструкторский размерных цепей.
6. В чем различие между методом полной и неполной взаимозаменяемости.
7. Приведите рекомендации, которыми следует руководствоваться при проведении анализа сборочной размерной цепи.
8. Как проверяются номинальное значение и допуск замыкающего звена сборочной размерной цепи?
9. Как достигается требуемая точность замыкающего звена сборочной размерной цепи при методе регулирования?
10. Приведите рекомендации по построению схемы сборочной размерной цепи.

Практическая работа № 3. Анализ технологичности конструкции детали

Цель работы – получить навыки проведения анализа технологичности конструкции заданной детали машины.

Задачи:

- по чертежу заданной детали оценить качественные и количественные показатели технологичности конструкции детали на всех стадиях ее создания и изготовления: на этапе проектирования детали, на этапе обработки резанием заготовки, на этапе термообработки детали и на этапе нанесения защитного покрытия;
- на этапе проектирования детали определить количественные показатели технологичности: коэффициент точности обработки детали, среднюю шероховатость поверхностей детали и коэффициент унификации элементов конструкции детали;
- на этапе обработки резанием определить коэффициенты обрабатываемости материала детали инструментами из твердого сплава и быстрорежущей стали, а также описать качественные показатели технологичности;
- на этапах термообработки и нанесения покрытия описать качественные показатели технологичности.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучить конструкцию заданной детали машины по ее чертежу, с целью выявления возможности ее изготовления наиболее экономичными и производительными технологическими методами за счет изменения при необходимости ее конструкции, правильного назначения технических требований и норм точности при обязательном условии обеспечения ее служебного назначения и заданного качества.

Конструкция детали должна представлять собой сочетание простых геометрических форм, обеспечивающих удобные и надежные основные конструкторские базы для установки детали в механизме машины и технологические базы для установки заготовки в процессе ее обработки.

2. Анализ технологичности конструкции детали проводится на всех стадиях ее создания и изготовления в следующей последовательности:

- на этапе проектирования детали определяются количественные показатели технологичности: коэффициент точности обработки детали, средняя шероховатость поверхностей детали и коэффициент унификации элементов конструкции детали;

- на этапе обработки резанием заготовки оцениваются технологические требования описанием количественных и качественных показателей технологичности;

- на этапе термообработки и нанесения защитного покрытия, если они предусмотрены на чертеже детали, рассматриваются технологические требования описанием качественных и количественных показателей технологичности.

Типовой перечень показателей технологичности приведен в ГОСТ 14.20.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику понятию «технологичность детали».
2. Какую конструкцию детали принято называть технологичной?
3. Назовите две группы показателей технологичности детали.
4. Дайте характеристику качественным показателям технологичности детали.
5. Дайте характеристику количественным показателям технологичности детали
6. Назовите количественные показатели технологичности детали на этапе ее проектирования.
7. Назовите количественные и качественные показатели технологичности на этапе обработки резанием заготовки.
8. Назовите показатели технологичности на этапе термообработки.
9. Назовите показатели технологичности на этапе нанесения защитного покрытия.
10. Дайте характеристику технологичности детали с учетом унификации элементов конструкции детали.

Практическая работа № 4. Выбор заготовки и разработка ее чертежа

Цель работы – приобрести навыки выбора, экономического обоснования метода получения заготовки и разработки чертежа заготовки.

Задачи:

- ознакомиться с факторами, влияющими на выбор метода получения заготовки;
- освоить упрощенную методику расчета коэффициента использования материала и экономического расчета изготовления заготовки;
- научиться разрабатывать чертеж заготовки.

Порядок выполнения работы

1. По методическим указаниям ознакомиться с факторами, влияющими на выбор метода получения заготовки.

2. Исходя из анализа факторов по пункту 1 выбирать два возможных варианта получения заготовки.

Для каждого выбранного варианта получения заготовки выполнить расчеты:

- коэффициента использования материала;
- себестоимости заготовки.

Из двух рассмотренных вариантов получения заготовки выбирается заготовка, которая изготавливается с наименьшей себестоимостью.

3. Для выбранного варианта получения заготовки разрабатывается ее чертеж с учетом требований нормативных документов.

Контрольные вопросы

1. Какие методы получения заготовки нашли широкое применение?
2. Назовите методы получения заготовок для изготовления валов.
3. Назовите методы получения заготовок для изготовления крышек.
4. Назовите факторы, влияющие на выбор метода получения заготовок.
5. Назовите основные количественные и качественные показатели технологичности заготовок при выборе метода их получения.
6. Назовите основные количественные показатели технологичности заготовок, по которым проводится сравнение выбранных вариантов методов получения заготовок.
7. Назовите нормативные документы необходимые для разработки чертежа заготовки.
8. Как определяется исходный индекс поковки штампованной?
9. Как назначаются размеры и допуски на чертежах заготовок, полученных разными методами?

Практическая работа № 5. Определение последовательности механической обработки поверхности детали и аналитический расчет припусков и межпереходных размеров на поверхность детали

Цель работы – получение практических умений и навыков определения последовательности механической обработки поверхности детали, проведения аналитического расчета припусков и межпереходных размеров на поверхность детали

Задание по практической работе: определить количество технологических переходов при обработке заданной поверхности детали и выполнить аналитический расчет припусков и межпереходных размеров для той же поверхности детали.

Контрольные вопросы

Перечислите названия параметров точности поверхностей детали и заготовки, необходимые для определения последовательности механической обработки.

С какой целью определяются общие уточнения по заданным параметрам точности поверхности детали?

Как определяется общее уточнение по параметру шероховатости заданной поверхности?

Как определяется общее уточнение по допуску на размер заданной поверхности?

Назовите источники получения исходных данных для определения величин общих уточнений.

Поясните в общем виде понятия «общее уточнение» и «частное уточнение».

Дайте определение понятиям «технологическая операция» и «технологический переход».

Поясните методику определения частных уточнений по технологическим переходам при механической обработке поверхности.

С какой целью определяются частные уточнения по технологическим переходам?

Дайте определение понятиям «припуск», «межпереходный размер» и «операционный размер».

Какие в машиностроении применяются методы установления припусков на обработку поверхностей заготовок?

Дайте характеристику опытно-статистическому методу назначения припусков на обработку.

Дайте характеристику расчетно-аналитическому методу определения припусков на обработку.

Для компенсации каких погрешностей и неровностей поверхностей деталей машин необходимы припуски на обработку заготовок?

Поясните порядок заполнения таблицы 8 или таблицы 9.

Как проводится проверка правильности выполнения расчетов предельных значений припусков аналитическим методом?

Практическая работа № 6. Разработка технологических схем и циклограмм сборки сборочных единиц механизма машины

Цель работы – получение практических умений и навыков разработки технологических схем и циклограмм сборки сборочных единиц механизма машины

Задание по практической работе: разработать технологические схемы и циклограмма сборки сборочных единиц заданного механизма машины.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятиям «сборка», «базовая деталь», «сборочная единица».
2. Назовите классификацию сборочных единиц машины.
3. Дайте характеристику технологическим схемам сборки изделия (машины).
4. Поясните порядок построения технологической схемы сборки сборочной единицы.
5. Приведите основные рекомендации по разработке технологических схем и технологического процесса сборки изделия.
6. Дайте общую характеристику циклограмме сборки сборочной единицы машины.
7. Какую информацию включает циклограмма сборки составных частей машины?

Практическая работа № 7. Разработка маршрута изготовления детали. Выбор оборудования, его основные технические характеристики

Цель работы – получение практических умений и навыков разработки маршрута изготовления детали. Выбор оборудования, его основные технические характеристики.

Задание по практической работе: разработать маршрут изготовления заданной детали и выбрать необходимое технологическое оборудование.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «технологический маршрут».
2. Назовите рекомендуемые этапы проектирования типового технологического маршрута изготовления детали.
3. Сформулируйте общие рекомендации для проектирования технологического маршрута изготовления детали.
4. Назовите последовательность выполнения работ по разработке маршрута изготовления детали и его структуры.

5. Назовите два принципа построения технологических операций при формировании маршрута изготовления детали.
6. В чём сущность принципа концентрации технологических операций?
7. В чём сущность принципа дифференциации технологических операций?
8. На основе каких требований определяется стратегия последовательности применения методов обработки поверхностей заготовки?
9. Назовите рекомендации выполнения последовательности выбора методов обработки поверхностей детали.
10. Назовите основные факторы, влияющие на выбор оборудования.
11. На какие группы можно разделить металлорежущие станки с технологической точки зрения и для каких типов производства рекомендуется применять эти группы станков?

Практическая работа № 8. Разработка маршрутной карты изготовления детали

Цель работы – получение практических умений и навыков разработки маршрутной карты изготовления детали.

Задание по практической работе: разработать маршрутную карту (МК) технологического процесса изготовления заданной детали и оформить ее в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1118-82.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям «машиностроительное производство» и «серийное производство».
2. Дайте определения понятиям «технологический маршрут» и «технологический процесс».
3. Дайте определение понятия «технологическая операция» и «рабочее место».
4. Что относится к предметам труда?
5. Дайте характеристику понятиям «маршрутное описание технологического процесса» и «маршрутная карта (МК)».
6. Назовите методы обработки и формообразования, связанные с процессами резания.
7. Дайте характеристику методам: термическая обработка и нанесение покрытия.
8. Назовите средства технологического оснащения необходимые для выполнения технологического процесса изготовления детали машины.
9. Назовите средства технологического оснащения, относящиеся к технологической оснастке.

10. Назовите служебные символы, используемые в маршрутной карте (МК).
11. Назовите содержание информации, обозначенной служебным символом М.
12. Назовите содержание информации, обозначенной служебным символом А.
13. Назовите содержание информации, обозначенной служебным символом Б.
14. Назовите содержание информации, обозначенной служебным символом Т и в какой последовательности она излагается.

Практическая работа № 9. Разработка операционных карт и карт эскизов на изготовление детали. Выбор режимов резания

Цель работы – получение практических умений и навыков разработки операционных карт и карт эскизов на изготовление детали.

Задание по практической работе: разработать три-четыре операционные карты с картами эскизов на разнохарактерные технологические операции технологического процесса изготовления заданной детали и оформить их в соответствии требованиям ГОСТ 3.1404-86 и ГОСТ 3.1702-79.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям «технологическая операция» и «рабочее место».
2. Дайте характеристику понятию «операционная карта».
3. Назовите элементы технологических операций.
4. Дайте определение понятиям «технологический переход» и «установ».
5. Дайте определение понятиям «цикл технологической операции» и «технологический режим».
6. Какими параметрами характеризуется обработка резанием?
7. Дайте характеристику понятиям «припуск», «операционный припуск» и «промежуточный припуск».
8. Что понимается под понятиями «техническое нормирование» и «производственные ресурсы»?
9. Дайте определение понятиям «норма штучного времени», «норма оперативного времени», «норма основного времени» и «норма вспомогательного времени».
10. Что относится к средствам технологического оснащения?
11. Что понимается под главным движением резания?
12. Дайте характеристику движению подачи.
13. Каким нормативным документом устанавливаются правила записки технологических операций и переходов при обработке резанием?
14. Какую информацию включает содержание перехода?

15. В чём отличие полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием?

16. Какие служебные символы применяются в операционной карте и что они означают?

Практическая работа № 10. Техническое нормирование технологических операций изготовления детали

Цель работы – получение практических умений и навыков технического нормирования технологических операций изготовления детали.

Задание по практической работе: выполнить техническое нормирование трех-четырех технологических операций изготовления заданной детали.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям «техническое нормирование» и «производственные ресурсы».

2. Дайте определение понятиям «техническое нормирование труда» и «норма времени».

3. Назовите методы нормирования труда.

4. Поясните сущность технического нормирования технологической операции.

5. Поясните сущность опытно-статистического метода нормирования технологических операций.

6. При каких типах производства применяется техническое нормирование или аналитический метод определения нормы времени при выполнении технологических операций?

7. При каких типах производства применяется опытно-статистический метод нормирования технологических операций?

8. Дайте определение понятиям «норма штучного времени» и «норма оперативного времени».

9. Назовите составляющие элементы штучного времени при выполнении технологической операции.

10. Дайте определение понятиям «основное время» и «вспомогательное время».

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Для студентов заочной формы обучения предусмотрено выполнение двух контрольных работ.

Контрольные работы проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков интерпретации и обработки результатов научных исследований.

Контрольные работы по дисциплине «Технология машиностроения» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к контрольной работе необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой.

Необходимым этапом освоения дисциплины является выполнение контрольной работы.

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1.1 Контрольная работа включает три задания на тему:

- 1 Служебное назначение машины и механизма.
- 2 Анализ конструкции и технологичности детали.
- 3 Выбор метода получения заготовки.

Студентам предлагается сборочный чертеж одного из четырех механизмов, входящие в машину набивочную ИНА115 и машину укладочную универсальную ИНА125.

Каждому студенту выдается индивидуальное задание в виде заводского чертежа детали, входящего в механизм машины.

Контрольная работа включает следующие разделы:

1. Служебное назначение машины и ее механизма.
2. Анализ конструкции детали.
 - 2.1 Служебное назначение и характеристика материала детали.
 - 2.2 Функциональное назначение поверхностей детали.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Выбор заготовки.

Контрольная работа включает два приложения:

Приложение А. Доработанный заводской чертеж заданной детали.

Приложение Б. Чертеж заготовки.

1. Служебное назначение машины и её механизма

С точки зрения технологии машиностроения, машина является (либо объектом, либо средством производства. Машину как систему, созданную трудом человека для качественного преобразования исходного продукта в

полезную для человека продукцию. Процесс преобразования может вестись механическим, физическим, химическим путем как каждым в отдельности, так и в сочетаниях.

Объектами производства машиностроительной промышленности являются различные машины. Понятие о «машине» формировалось на протяжении многих веков. Неоднократно оно уточнялось, меняло содержание. Однако с давних времен под машиной понимали устройство, предназначенное для действия в нем сил природы сообразно потребностям человека.

В настоящее время понятие «машина» трактуется с разных позиций и в различном смысле. Например, с точки зрения механики: ***машина – это система, созданная трудом человека для преобразования одного вида энергии в другой с целью получения полезного эффекта или производства полезной работы.***

В зависимости от основного назначения различают два класса машин:

1) ***машины-двигатели***, с помощью которых один вид энергии преобразуется в другой, удобный для использования;

2) ***машины-орудия*** (рабочие машины), с помощью которых производится изменение формы, свойств и положения объекта труда.

Исходным продуктом процесса, осуществляемого машиной, могут быть предметы природы, сырье или полуфабрикаты. Под сырьем понимается предмет труда, на добычу или производство которого был затрачен труд. Сырье, которое подверглось обработке, но не может быть потреблено как готовый продукт, называют полуфабрикатом.

Продукция – это результат производства в виде сырья, полуфабрикатов, созданных материальных и культурных благ или выполненных работ производственного характера.

Под служебным назначением машины понимают четко сформулированную конкретную задачу, для решения которой предназначена машина.

Формулировка служебного назначения машины должна содержать подробные сведения, конкретизирующие общую задачу и уточняющие условия, при которых эта задача может быть решена.

Служебное назначение машины описывают не только словесно, но и системой количественных показателей, определяющих ее конкретные функции, условия работы и ряд дополнительных моментов в соответствии с задачей, которую предстоит решать с помощью создаваемой машины. Формулировка служебного назначения машины является важнейшим документом в задании на ее проектирование.

Машины и все ее составляющие в процессе производства их на машиностроительном предприятии являются изделиями.

Изделие – это предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделия в зависимости от их назначения делят на изделия основного и вспомогательного производства. **Изделия основного производства**, предназначены для поставки (реализации) потребителем. **Изделия вспомогательного производства** – используются только для собственных нужд изготавливающего их предприятия.

ГОСТ 2.101-68 устанавливает следующие виды изделий:

– **деталь** – это изделие (составная часть изделия), изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Характерный признак детали – отсутствие в ней разъемных и неразъемных соединений. Например, валик из одного металла, литой корпус и т. п.;

– **сборочная единица** – это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии – изготовителе путем сборочных операций (свинчивания, сочленения, клепки, сварки, пайки, склеивания т. п.).

Например: автомобиль, станок, редуктор, сварной корпус, маховичок из пластмассы с металлической арматурой;

– **комплекс** – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например: цех-автомат, бурильная установка;

– **комплект** – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, которые имеют общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей и т. п.;

– **комплектующее изделие** – это изделие предприятия-поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого предприятием-изготовителем. Составными частями изделия могут быть детали и сборочные единицы.

Для построения эффективного технологического процесса сборки необходимо расчленить изделие на ряд сборочных единиц и деталей. Каждая сборочная единица включает в себя определенные виды соединений.

По возможности относительного перемещения составных частей соединения подразделяются на **подвижные** и **неподвижные**.

По сохранению целостности при сборке соединения подразделяются на разъемные и неразъемные. Соединение считается **разъемным**, если при его разборке сохраняется целостность его составных частей, и **неразъемным**, если при разборке его составные части повреждаются и их целостность нарушается.

При этом соединения могут быть: **неподвижными разъемными** (резьбовые, пазовые, конические), **неподвижными неразъемными** (соединения запрессовкой, развальцовкой, клепкой); **подвижными разъемными** (подшипники скольжения, плунжеры-втулки, зубья зубчатых колес, каретки-станины), **подвижными неразъемными** (подшипники качения, запорные клапаны).

Количество разъемных соединений в современных машинах и механизмах составляет 65–85 % от всех соединений.

Неразъемные соединения в процессе эксплуатации и ремонта нередко подвергаются разборке, вызывающей большие затруднения и часто приводящей к порче сопряженных поверхностей (одной или обеих деталей соединения), а также дополнительной пригонке, доработке или замене.

Основным служебным назначением машины являются ожидаемые результаты ее действия. Например, если в результате работы должна быть получена какая-либо продукция, то формулировка технических требований должна включать сведения о виде, качестве и количестве производимой продукции. Для изделий типа коробок передач, редукторов указывается коэффициент редукции, частота вращения входного вала, передаваемая мощность.

Другую группу данных по служебному назначению машины могут составлять показатели производительности, которыми должна обладать машина. Это может быть объемная (л/мин) или поштучная производительность, производительность, измеренная, например, в т/км, и т. п.

В перечень технических условий должно включаться перечисление требований к параметрам внешней среды, в которой машине предстоит работать. Это и степень загрязненности атмосферы, и температура воздуха, влажность, подверженность осадкам.

Отдельную группу требований составляют требования эргономики: усилия на рукоятках (рычагах) управления, интенсивность шума, вибраций, создаваемых машиной; требования к внешнему виду и характеру окраски машины в целом и отдельных ее частей.

Важную группу требований представляет перечень испытаний, которым должна подвергаться машина, чтобы быть признанной годной к эксплуатации: испытания на холостом ходу и под нагрузкой, длительность испытаний, режим испытаний, число машин, подвергаемых тем или иным испытаниям.

Формулировка технических требований по большинству контролируемых параметров должна включать не только номинальное значение параметра, но и технически обоснованную величину допускаемых отклонений параметра. Например, *производительность насоса 120 л/мин; минимально – 115 л/мин.*

Опыт показывает, что каждая ошибка, допущенная при анализе служебного назначения машины, приводит к созданию недостаточно качественной машины, вызывает лишние затраты труда при ее изготовлении. Ужесточение технических требований повышает качество машины, но приводит к резкому повышению ее стоимости и ограничению спроса. Слишком низкие технические требования приводят к низкому качеству машины, к большим затратам в процессе эксплуатации и в итоге – к потере рынка сбыта.

Первоначально служебное назначение машины формулируется заказчиком под его потребности. Для конструктора формулировка служебного назначения машины является исходным документом, который впоследствии прилагается к чертежам машин. От технолога, приступающего к разработке технологии сборки машины и являющегося ответственным за сдачу готовой машины,

требуется критическая оценка формулировок служебного назначения машины с точки зрения возможностей производства.

Разработка технических требований и норм точности является достаточно сложным процессом. Нередки случаи, когда конструктор уклоняется от обоснования заданных норм или задает технические требования в неявной форме (*«Вал должен легко вращаться»*). Технологи в таком случае приходится уточнять или даже дополнять недостающие требования (*«Вал должен проворачиваться с усилием не более 0,2 Нм»*),

Одним из важнейших показателей машины, выполнение которого связано с наибольшими трудностями, является размерная и геометрическая точность.

Чтобы перейти от служебного назначения машины к определению технических требований по нормам точности необходимо:

- выявить исполнительные поверхности (ИП) машины; виды связей ИП, посредством которых машина должна осуществлять процесс или производить продукцию; оценить требуемую точность движения ИП;
- осуществить переход от параметров процесса или продукции к параметрам связей исполнительных поверхностей;
- преобразовать эти связи ИП в размерные цепи и установить нормы точности размеров, относительного положения и движения ИП машины.

2. Анализ конструкции детали включает в себя рассмотрение двух вопросов: служебное назначение и характеристика материала детали и функциональное назначение поверхностей детали.

2.1 Служебное назначение и характеристика материала детали

Этот раздел контрольной работы начинают с описания конструкции заданной детали, ее служебного назначения. Приводят техническую характеристику детали, анализируют чертеж детали.

В случае отсутствия технических требований на чертеже детали, они разрабатываются студентом, исходя из служебного назначения детали и условий их изготовления.

Служебное назначение детали должно включать функциональное назначение и перечень условий, в которых она должна работать в узле или механизме. Если назначение детали неизвестно, то следует описать назначение ее как типовой детали и назначение поверхностей.

Из описания назначения и конструкции детали должно быть ясно, какие поверхности и размеры имеют основное значение для служебного назначения, и какие - второстепенное.

В технической характеристике детали должны быть указаны все технические требования, предъявляемые к детали, и указанные на чертеже. Это требования к точности, качеству обрабатываемых поверхностей и другие технические указания на изготовление детали.

В этом же разделе следует привести данные о материале детали, его назначении и области применения в деталях машиностроения. Например: «Сталь 20Х ГОСТ 4543-71 легированная конструкционная применяется для деталей средних размеров с твердой износостойчивой поверхностью при

достаточно прочной и вязкой сердцевине, работающей при больших скоростях и средних давлениях. Из стали 20Х рекомендуется изготавливать зубчатые колеса, кулачковые муфты, втулки, плунжеры, копры, шлицевые валики, работающие в подшипниках скольжения и т. д.».

Необходимо также указать химический состав и механические свойства материала детали. Эти данные сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Химический состав стали 45 (ГОСТ 1050-74), %

С	Si	Mn	S не более	P не более	Ni	Cr
0,40–0,50	0,17–0,37	0,50–0,80	0,045	0,045	0,30	0,30

Таблица 6 – Механические свойства стали 45

σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	σ_5 , %	ψ , %	α_n , Дж/см ²	НВ (не более)	
не менее					горячекатаной	отожженной
360	610	16	40	50	241	197

Кроме того, необходимо сделать заключение о правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле.

2.2 Функциональное назначение поверхностей детали

Конструктивная форма детали, набор поверхностей, которые её образуют, размерные соотношения между ними и их точность не являются плодом вольной фантазии конструктора, а определяются теми задачами служебного назначения, решение которых должна обеспечивать деталь. Другими словами, каждая поверхность детали имеет своё определенное функциональное назначение. С этой точки зрения любая деталь может быть классифицирована на следующие поверхности, имеющие своё определённое функциональное назначение:

- исполнительные поверхности;
- основные базы;
- вспомогательные базы;
- свободные поверхности.

Виды поверхностей деталей машин. Различные поверхности деталей машин в общем случае могут быть классифицированы по функциональному назначению на четыре вида:

1. Исполнительные поверхности – это поверхности, которыми деталь выполняет свое служебное назначение (поверхности детали, с помощью которых реализуется ее служебное назначение).

2. Основные базирующие поверхности (основные конструкторские базы детали) – поверхности, при помощи которых определяется положение детали в машине. Основные базы детали должны включать три базовые поверхности, определяющие одну из трех типовых схем базирования.

3. Вспомогательные базирующие поверхности – поверхности детали, при помощи которых определяется положение других деталей, присоединяемых к данной. У многих деталей вспомогательные базы выполняют функцию исполнительных поверхностей.

4. Свободные поверхности – поверхности, которые не соприкасаются, не контактируют с поверхностями других деталей. Во многих случаях вспомогательные базы деталей выполняют роль исполнительных поверхностей. Исполнительными поверхностями зубчатого колеса являются боковые поверхности зубьев, обеспечивающие передачу крутящего момента от одного колеса к другому.

Основными конструкторскими базами зубчатого колеса являются базовое отверстие, левый торец и шпоночный паз в отверстии, по которым зубчатое колесо устанавливается на вал. В свою очередь, основными базами вала являются опорные шейки под подшипники, торец буртика и шпоночный паз на конце вала, через который передается крутящий момент на вал. Подшипники, определяющие положение вала, установлены в отверстие корпуса. Основными базами подшипника являются цилиндрическая поверхность наружного кольца и его торец, который упирается в крышку. Две крышки закрывают отверстие в корпусе. Основными базами крышки являются фланец и центрирующий пояс, по которым крышка базируется в корпусе.

Размерное описание конструктивной формы детали по объекту описания методически можно описать следующим образом:

1. Размеры и технические требования к форме и качеству комплекта ИП, а также размеры и технические требования взаимного положения поверхностей внутри комплекта ИП и между комплектами ИП. В соответствии с этим пунктом на чертеже указываются: размер самой поверхности (например, делительный диаметр, шаг зубьев), допустимые отклонения формы (отклонения от формы заданного профиля, радиальное биение и др.), шероховатость, особые требования к качеству поверхностного слоя материала (цементация, закалка, поверхностно-пластическое деформирование и другие виды поверхностного упрочнения). Технические требования и точность к комплектам ИП должны быть обоснованы и исходить из СН детали.

2. Размеры и технические требования к форме и качеству поверхностей комплекта ОБ, а также размеры и технические требования взаимного положения поверхностей внутри комплекта ОБ. В соответствии с этим пунктом на чертеже указываются: размер самой поверхности (например, диаметр подшипника), допустимые отклонения формы (отклонения от цилиндричности, круглости, радиальное биение и др.), шероховатость, особые требования к качеству поверхностного слоя материала (цементация, закалка, поверхностно-пластическое деформирование и другие виды поверхностного упрочнения), требования соосности осей подшипников, перпендикулярности осей подшипников и торца. Все технические требования и точности, предъявляемые

к комплекту ОБ должны быть обоснованы и исходить из условий работы детали.

3. Размеры и технические требования к форме и качеству поверхностей комплектов ВБ, а также размеры и технические требования взаимного положения поверхностей внутри комплекта ВБ и между комплектами ВБ. В соответствии с этим пунктом на чертеже указываются: размер самой поверхности (например, диаметр поверхности под зубчатое колесо, ширина паза под шпонку и др.), допустимые отклонения формы (отклонения от цилиндричности, круглости, плоскостности и др.), шероховатость, особые требования к качеству поверхностного слоя материала (цементация, закалка, поверхностно-пластическое деформирование и другие виды поверхностного упрочнения), требования соосности осей поверхностей под зубчатые колёса, перпендикулярности этих осей к торцам и т. д. Все технические требования и точности, предъявляемые к комплектам ВБ должны быть также обоснованы, которые, как правило, исходят из условий работы детали.

4. Размеры и технические требования к форме и качеству каждой отдельно взятой СП, а также размеры и технические требования взаимного положения СП между собой. В отличие от рассмотренных выше поверхностей на чертеже детали указывается только размер СП и размеры между СП. Допустимые отклонения формы и взаимного положения поверхностей между собой записывают одним пунктом в технических требованиях над основной надписью, например, «Неуказанные предельные отклонения принимать для валов по h14, отверстий H14, остальных $\pm IT14/2$ ». Неуказанную на свободных поверхностях шероховатость записывают в верхнем правом углу. Особые требования к качеству поверхностного слоя материала, как правило, не предъявляют. Все технические требования и точность, предъявляемые к СП невысоки и исходят из условия работы детали и её экономичного изготовления.

5. Размеры и технические требования взаимного расположения комплектов поверхностей разного функционального назначения. На этом этапе размерного описания детали обеспечивается взаимное положение комплектов между собой (между комплектами ИП и ОБ, ОБ и ВБ, ВБ и СП и т. д.).

Положение всех поверхностей стараются задавать по отношению к основной базе детали, для обеспечения высокой точности их взаимного положения.

3. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия направлен на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на технологическую подготовку производства. Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление изделия и удовлетворяет следующим требованиям:

1. Конфигурация деталей и их материалы позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки (точное кокильное литье, литье под давлением, объемную штамповку и вытяжку, холодную штамповку различных видов и т. п.).

2. При конструировании изделий используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства. Предусмотрена удобная и надежная технологическая база в процессе обработки.

3. Обоснованы заданные требования к точности размеров и формы детали.

4. Использованы стандартизация и унификация деталей и их элементов.

5. Для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей.

6. Обеспечена достаточная жесткость детали.

7. Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали.

8. Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки.

9. Учтена возможность одновременной установки нескольких деталей.

Конструкция изделия в значительной мере определяет содержание технологического процесса, его построение (маршрут), структуру операции, применяемые методы обработки, оборудование, оснастку и инструменты. С другой стороны, принятая технология производства предъявляет свои требования к конструкции изделия, ее технологичности.

Технологичность конструкции детали оценивают на двух уровнях - качественном и количественном. Качественная оценка предшествует количественной и сводится к определению соответствия конструкции детали выше указанным требованиям.

Качественная оценка технологичности конструкции детали указывается словами «хорошо-плохо», «допустимо-не допустимо» или «+», «-».

Если в контрольной работе не анализируется заводской технологический процесс, то количественную оценку технологичности конструкции детали выполнять не требуется.

Количественную оценку технологичности конструкции детали производят по следующим коэффициентам:

1. Коэффициент использования материала

$$K_{им} = M_d / M_z$$

где M_d – масса детали по чертежу, кг; M_z – масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг.

2. Коэффициент точности обработки детали

$$K_{т} = T_n / T_o$$

где T_n – число размеров не обоснованной степени точности обработки; T_o – общее число размеров, подлежащих обработке.

3. Коэффициент шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = Ш_{н}/Ш_{о}$$

где $Ш_{н}$ – число поверхностей детали, не обоснованной шероховатости, шт; $Ш_{о}$ – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

4. Трудоемкость изготовления детали

$$T_{\partial} = \sum_{i=1}^n t_{шт}$$

где $t_{шт}$ – штучное время i -той операции, мин; n – количество технологических операций.

5. Технологическая себестоимость детали

$$C_{д} = C_{м} + C_{з} + C_{об},$$

где $C_{м}$ – стоимость исходного материала, руб.; $C_{з}$ – стоимость получения заготовки, руб.; $C_{об}$ – стоимость обработки детали, руб.

Технологичность конструкции по трудоемкости и может быть определена после завершения разработки технологического процесса.

В результате проведенного анализа должен быть сделан вывод о конструкции в целом: технологична она или нет.

В процессе анализа рабочий чертеж детали корректируют, вносят соответствующие изменения.

4. Выбор заготовки

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильного выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависит характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента и в итоге – стоимость изготовления детали.

При выборе заготовки необходимо решить следующие вопросы:

- установить способ получения заготовки;
- рассчитать припуски на обработку каждой поверхности;
- рассчитать размеры и указать допуски на заготовку;
- разработать чертеж заготовки.

На выбор заготовки влияют следующие показатели: назначение детали, материал, технические условия, объем выпуска и тип производства, тип и конструкция детали; размеры детали и оборудования, на котором они изготавливаются; экономичность изготовления заготовки, выбранной по предыдущим показателям. Все эти показатели должны учитываться одновременно, так как они тесно связаны. Окончательное решение принимают на основании экономического расчета с учетом стоимости метода получения заготовки и механической обработки.

Если в работе анализируется базовый технологический процесс, то делается краткий анализ существующего способа получения заготовки на заводе, в котором отражена экономичность способа в условиях завода, качество заготовки, техпроцесс получения заготовки и т. п.

Целесообразно сделать сопоставление двух возможных способов получения заготовки (предлагаемый с существующим на заводе) и выбрать оптимальный.

Наиболее часто на производстве применяют заготовки из проката, штампованные заготовки и отливки.

Заготовки из проката

Для изготовления деталей методами резания может применяться сортовой и специальный прокат. Сортовой прокат следует применять в тех случаях, когда профиль детали близко подходит к профилю проката. Прокат может также применяться в качестве исходных товарных заготовок – болванок под ковку и штамповку.

Простые сортовые профили общего назначения – круглые и квадратные (ГОСТ 2590-71), шестигранные (ГОСТ 2879-69) и полосовые (ГОСТ 103-76) используют для изготовления гладких ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней, стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, фланцев.

Фасонные профили общего назначения – сталь угловая равнополочная и неравнополочная (ГОСТ 8509-72 и ГОСТ 8510-72), балки двутавровые (ГОСТ 8239-72) и швеллеры (ГОСТ 8240-72) – применяют при изготовлении металлоконструкций (рам, плит, подставок, кронштейнов).

Трубный прокат – стальной бесшовный холодный, горячекатаный, холодноотянутый (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75) – служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, стаканов, барабанов, роликов, пустотелых валов.

Гнутые профили – U-образные, С-образные и корытообразные (ГОСТ 8278-83, ГОСТ 8281-80, ГОСТ 8283-77) – используют для изготовления опор, кронштейнов, консолей, ребер жесткости.

Горячепрессованные профили сложной формы (пустотелые, полузамкнутые) применяют при изготовлении скоб, направляющих элементов, прижимов.

Периодические профили проката соответствуют изготавливаемым из них деталям.

Профили продольной прокатки (ГОСТ 8319.0-75, ГОСТ 8319.13-75 и ГОСТ 8531-78) служат для изготовления балок передних осей автомобиля, лопаток, осей.

Поперечно-винтовой прокатки (ГОСТ 8320.0-83, ГОСТ 8320.13-83) – для изготовления валов электродвигателей, шпинделей машин, осей рычагов.

Поперечно-клиновой прокатки – для изготовления валов коробки передач автомобиля, валиков и других деталей типа тел вращения крупносерийного и массового производства.

Поперечной прокатки (ГОСТ 7524-83) – для изготовления шариков подшипников качения, профилированных трубчатых деталей (втулки).

Точность горячекатаного проката ориентировочно соответствует 12–14 качеству, холодноотянутого – 9–12 качеству.

Кованые и штампованные заготовки

Кузнечно-штамповочное производство уступает литейному в возможной сложности конфигурации получаемых деталей, но имеет преимущества в прочности и надежности выпускаемой продукции. Поэтому, наиболее ответственные детали машин изготавливают из кованых и штампованных заготовок, так как механические свойства металла выше чем у литых материалов. Технологический процесс получения заготовок обработкой давлением отличается также высокой производительностью.

Обработкой давлением получают заготовки с помощьюковки, штамповки и других специальных процессов.

Ковкой получают поковки простой формы до 350 т с большими напусками в единичном и мелкосерийном производствах.

Поковки массой до 500–1000 кг получают на паровоздушных молотах, а более крупные на гидравлических прессах. Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали при ковке на молотах определяют по ГОСТ 7829-79, а для поковок, изготавливаемых ковкой на прессах по ГОСТ 7062-90.

Главное преимуществоковки состоит в возможности обрабатывать тяжелые слитки стали и получать поковки, массой десятки и сотни тонн, диаметром в несколько метров и длиной в десятки метров.

Ковкой изготавливают колонны, валы-тяги, штанги, шпиндели, прокатные и шестеренчатые валки, ротора генераторов и турбин и др.

Штамповка на кривошипных прессах в 2–3 раза производительнее по сравнению со штамповкой на молотах, припуски и допуски уменьшаются на 20–35 %, расход металла снижается на 10–15 %.

Припуски и допуски на поковки, получаемые горячей объемной штамповкой определяют по ГОСТ 7505-89 в зависимости от массы поковки (не более 250 кг с линейным габаритным размером не более 2500 мм), группы материала, степени сложности, класса точности и шероховатости поверхности детали.

Различают три группы материалов:

M1 – углеродистая сталь с содержанием углерода до 0,35 % и легированная сталь при суммарном содержании легирующих элементов до 2 %;

M2 – сталь с содержанием углерода 0,35–0,65 % или легирующих элементов 2–5 %;

M3 – сталь, содержащая углерода свыше 0,65 % или легирующих элементов свыше 5 %.

Установлены четыре степени сложности поковок:

C1 – при $0,63 < K_c < 1$; C2 – при $0,32 < K_c < 0,63$;

C3 – при $0,16 < K_c < 0,32$; C4 – при $K_c < 0,16$.

Расчетная масса поковки определяется исходя из ее номинальных размеров.

ГОСТ 7505-89 предусматривает поковки пяти классов точности:

T1 – поковки, подвергаемые после штамповки объемной калибровке;

T2 – поковки, получаемые закрытой (безоблойной) штамповкой на кривошипных прессах и горячештамповочных автоматах;

ТЗ – поковки, получаемые выдавливанием, а также в закрытых штампах на молотах;

Т4, Т5 – поковки, штампуемые в открытых штампах (облойная штамповка) на кривошипных прессах, паровоздушных молотах, горизонтально-ковочных машинах. Класс точности зависит от состояния инструмента, оборудования и может уточняться соглашением заказчика и производителя исходя из предъявленных требований к точности.

Отливки

Одним из методов получения заготовок в машиностроении является литье. Преимущество литых заготовок заключается в том, что их можно изготовить максимально приближенными к заданной форме и размерам, и практически любой конфигурации.

Отливки применяют для изготовления корпусных и других деталей сложной формы (корпусов, кронштейнов, стоек, фланцев и т. п.). Для получения отливок наиболее распространенными видами литья являются: литье в песчаные формы, в кокиль, по выплавляемым моделям, под давлением, в оболочковые формы.

Выбор того или иного метода литья зависит от материала детали, точности размеров и шероховатости поверхностей, от конфигурации, размеров и массы детали, а также от типа производства.

Литье в песчаные формы является наиболее универсальным методом. Однако изготовление формы требует больших затрат времени.

Литьем в землю по металлическим моделям при машинной формовке получают отливки массой до 10...15 т при наименьшей толщине стенок 3–8 мм.

Литье в оболочковые формы применяют главным образом при получении ответственных фасонных алюминиевых и стальных отливок массой до 150 кг.

Литье в кокиль экономически целесообразно при величине партии не менее 300–500 шт. для мелких отливок и 30–50 шт. для крупных отливок. Этим способом можно получать отливки массой 0,25–7 т.

Литье по выплавляемым моделям экономически целесообразно для литых деталей сложной конфигурации из любых сплавов при партии свыше 100 шт.

Литье под давлением применяется в основном для получения фасонных отливок из цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Способ считается целесообразным при величине партии 1000 и более деталей и массой отливки до 100 кг.

Центробежное литье может применяться при выполнении заготовок, имеющих форму тел вращения и массой 0,01...3 т [4].

Точность отливок в целом характеризуется классом размерной точности (22 класса, с 1 по 16), степенью коробления (11 степеней), степенью точности поверхностей (22 степени), классом точности массы (22 класса), ГОСТ 22645-85.

Обязательному применению подлежат классы размерной точности и точности массы отливки. На отдельные размеры и поверхности отливок допускается устанавливать более жесткие нормы точности, чем в целом на отливку.

На чертеже отливки следует указывать измерительные базы (базы разметки) и базы первоначальной обработки поверхностей (исходные базы), а также все радиусы литейных сопряжений и литейные уклоны по ГОСТ 3212-80.

В технических требованиях чертежа отливки должны быть указаны группа и нормы точности отливки, а также допускаемые дефекты. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы отливки. Например:

Точность отливки 8-5-4-7 ГОСТ 26645-85.

Ненормируемые показатели точности отливок заменяют нулями. Например:

Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.

Экономическое обоснование выбора заготовки

При выборе вида заготовки для вновь проектируемого технологического процесса возможны следующие варианты:

1. Метод получения заготовки принимается аналогичным существующему на данном производстве.

2. Метод изменяется, однако не вызывает изменений в технологическом процессе механической обработки.

3. Метод изменяется и влечет за собой изменения в ряде операций механической обработки детали.

В первом варианте достаточно ограничиться обоснованием оптимальности метода, ссылаясь на справочную и техническую литературу. Это должно быть отмечено также и при анализе заводского технологического процесса. Так как стоимость заготовки не изменяется, она не учитывается при определении технологической себестоимости.

Во втором случае предпочтение следует отдавать заготовке, характеризующейся лучшим использованием металла и меньшей стоимостью. Рассчитать стоимость заготовки можно до определения технологической себестоимости варианта техпроцесса.

В третьем случае вопрос о целесообразности определенного вида заготовки может быть решен лишь после расчета технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам. Предпочтение следует отдавать заготовке, которая обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали. Если же сопоставляемые варианты оказываются равноценными, предпочтение следует отдавать варианту заготовки с более высоким коэффициентом использования материала.

Таблица 7 – Варианты индивидуальных заданий по контрольной работе

№ варианта задания	Наименования детали	Обозначение заводского чертежа детали	Обозначение сборочного чертежа механизма машины
1	Вал	Н40-ИНА 125.02.096	Механизм периодического поворота машины ИНА125 Н40-ИНА 125.02.10СБ
2	Вал	Н40-ИНА 125.02.121	
3	Вал	Н40-ИНА 125.02.106	
4	Вал	Н40-ИНА 125.02.251	
5	Вал	Н40-ИНА 125.02.081	
6	Крышка	Н40-ИНА 125.02.107	
7	Крышка	Н40-ИНА 125.02.104	
8	Крышка	Н40-ИНА 125.02.082	
9	Крышка	Н40-ИНА 125.02.101	
10	Крышка	Н40-ИНА 125.02.103	
11	Крышка	Н40-ИНА 125.02.104	
12	Вал	ИНА 115.02.106	Механизм периодического поворота машины ИНА115 Н20-ИНА 115.02.10СБ
13	Вал	ИНА 115.02.121	
14	Вал	ИНА 115.02.096	
15	Вал	ИНА 115.02.081	
16	Крышка	ИНА 115.02.082	
17	Крышка	ИНА 115.02.083	
18	Крышка	ИНА 115.02.101	
19	Крышка	ИНА 115.02.103	
20	Крышка	ИНА 115.02.104	
21	Крышка	ИНА 115.02.107	
22	Крышка	ИНА 115.02.198	
23	Колесо зубчатое	ИНА 115.02.112	Механизм ножа машины ИНА125 Н40-ИНА 125.24.000СБ
24	Крышка	Н40-ИНА 125.24.002	
25	Крышка	Н40-ИНА 125.24.004	
26	Вал	Н40-ИНА 125.24.003	
27	Шестерня	Н40-ИНА 125.24.006	
28	Вал	ИНА 115.02.213	Механизм ножа машины ИНА115 Н20-ИНА 115.02.020СБ
29	Вал	ИНА 115.02.214	
30	Крышка	ИНА 115.02.198	
31	Шестерня	ИНА 115.02.206	
32	Шестерня	ИНА 115.02.207	

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1. Провести качественный анализ конструкции детали по чертежу на технологичность.

1. Рассчитать показатели технологичности детали.

2. Сравнить расчетные величины со средними нормативными значениями коэффициентов технологичности.

3. Сделать вывод о технологичной целесообразности конструкции детали.

Таблица 8 – Исходные данные

№ варианта	Количество поверхностей детали	Количество унифицированных элементов	Масса, кг		Трудоемкость, мин		Себестоимость, руб.		Средний квалитет точности	Средняя шероховатость
			детали	базового аналога	детали	базового аналога	детали	базового аналога		
1	19	12	0,8	1,1	28	31	1,7	2,1	8	0,63
2	28	17	0,3	0,4	16	24	0,9	1,3	9,5	3,2
3	73	45	3,1	3,8	78	86	3,4	4,1	7,3	1,1
4	41	27	0,2	0,4	31	39	1,2	1,4	6,8	0,4
5	55	40	4,8	5,5	68	89	4,8	5,3	7,9	2,5
6	47	33	3,5	4,0	42	48	5,3	6,0	8,4	1,2
7	26	15	1,4	2,2	36	44	4,2	4,8	9,2	0,68
8	44	30	0,25	0,32	58	64	0,8	1,2	11,4	3,6
9	64	38	0,6	0,9	98	110	1,4	1,8	8,6	2,5
10	34	22	2,4	3,0	24	30	2,0	2,2	7,2	1,6

Задача 2. Определите коэффициенты основного времени и использования токарного станка по мощности при токарной обработке вала диаметром d и длиной l , массой 3 кг из конструкционной стали в 3-х кулачковом патроне с поджатием задним центром. Условия обработки: глубина резания $t=2,75\text{мм}$, подача s , один рабочий ход, частота вращения шпинделя n , сила резания P_z .

Вариант 1. $d = 70\text{ мм}$, $l = 360\text{ мм}$, $s = 0,48\text{ мм/об}$, $n = 305\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 464\text{ кг}$, станок 1А62.

Вариант 2.. $d = 60\text{ мм}$, $l = 400\text{ мм}$, $s = 0,4\text{ мм/об}$, $n = 400\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 450\text{ кг}$, станок 1В62Г.

Вариант 3. $d = 100\text{ мм}$, $l = 450\text{ мм}$, $s = 0,5\text{ мм/об}$, $n = 380\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 260\text{ кг}$, станок 1А62.

Вариант 4. $d = 80\text{ мм}$, $l = 450\text{ мм}$, $s = 0,5\text{ мм/об}$, $n = 400\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 328\text{ кг}$, станок 1В62Г.

Вариант 5. $d = 85\text{ мм}$, $l = 250\text{ мм}$, $s = 0,6\text{ мм/об}$, $n = 500\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 340\text{ кг}$, станок 16К20;.

Вариант 6. $d = 75\text{ мм}$, $l = 450\text{ мм}$, $s = 0,4\text{ мм/об}$, $n = 480\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 280\text{ кг}$, станок 1А62Г;.

Вариант 7. $d = 80\text{ мм}$, $l = 400\text{ мм}$, $s = 0,6\text{ мм/об}$, $n = 400\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 350\text{ кг}$, станок 1В62Г.

Вариант 8. $d = 60\text{ мм}$, $l = 500\text{ мм}$, $s = 0,7\text{ мм/об}$, $n = 630\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 394\text{ кг}$, станок 1К62.

Вариант 9. $d = 105\text{ мм}$, $l = 200\text{ мм}$, $s = 1,0\text{ мм/об}$, $n = 630\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 210\text{ кг}$, станок 16К20.

Вариант 10. $d = 84\text{ мм}$, $l = 300\text{ мм}$, $s = 1,11\text{ мм/об}$, $n = 600\text{ мин}^{-1}$, $P_z = 200\text{ кг}$, станок 1А62.

Задача 3. Определите коэффициенты основного времени и использования станка по мощности при фрезеровании плиты длиной l , массой 20 кг в тисках с выверкой средней сложности за несколько рабочих ходов i торцевой фрезой диаметром d с подачей s_0 , глубиной резания $t=2,5\text{мм}$, частотой вращения фрезы n и силой резания P_z .

Вариант 1. $l=200\text{ мм}$, $i=1$, $d=80\text{ мм}$, $s_0=0,7\text{ мм/об}$, $n=50\text{ мин}^{-1}$, $P_z=1880\text{ кг}$, станок 6Р11.

Вариант 2. $l=500$ мм, $i=2$, $d=100$ мм, $s_0=0,71$ мм/об, $n=63$ мин⁻¹, $P_z=1300$ кг, станок 6P11.

Вариант 3. $l=400$ мм, $i=3$, $d=100$ мм, $s_0=0,68$ мм/об, $n=80$ мин⁻¹, $P_z=1060$ кг, станок 6P11.

Вариант 4. $l=200$ мм, $i=1$, $d=100$ мм, $s_0=0,79$ мм/об, $n=31,5$ мин⁻¹, $P_z=2700$ кг, станок 6P12.

Вариант 5. $l=500$ мм, $i=2$, $d=80$ мм, $s_0=0,78$ мм/об, $n=40$ мин⁻¹, $P_z=2980$ кг, станок 6P12.

Вариант 6. $l=400$ мм, $i=3$, $d=80$ мм, $s_0=0,8$ мм/об, $n=50$ мин⁻¹, $P_z=2480$ кг, станок 6P12.

Вариант 7. $l=500$ мм, $i=1$, $d=100$ мм, $s_0=0,62$ мм/об, $n=40$ мин⁻¹, $P_z=4190$ кг, станок 6P13.

Вариант 8. $l=400$ мм, $i=2$, $d=100$ мм, $s_0=0,6$ мм/об, $n=50$ мин⁻¹, $P_z=3360$ кг, станок 6P13.

Вариант 9. $l=400$ мм, $i=3$, $d=125$ мм, $s_0=0,6$ мм/об, $n=63$ мин⁻¹, $P_z=2100$ кг, станок 6P13.

Вариант 10. $l=550$ мм, $i=1$, $d=125$ мм, $V_s=40$ мм/мин, $n=63$ мин⁻¹, $P_z=2000$ кг, станок 6P13.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основные направления развития машиностроения
2. Особенности пищевого машиностроения
3. Производственный и технологический процессы
4. Технологические процессы обработки и сборки
5. Рабочее место. Технологическая операция и ее элементы: технологический и вспомогательный переход, установ, позиция, рабочий и вспомогательный ход
6. Технологический режим
7. Средства технологического оснащения
8. Служебное назначение машины
9. Основы разработки конструктивных форм машины
10. Базовые детали. Функции, которые они выполняют в сборочной единице.
11. Виды поверхностей детали, их функциональное назначение
12. Качество машины. Основные показатели качества машины. Точность машины и ее показатели
13. Точность детали. Основные показатели точности детали
14. Взаимосвязи между показателями точности детали. Последовательность назначения допусков и их соотношение по величине и последовательность измерения показателей точности детали
15. Классификация сборочных единиц машин
16. Основные виды связей между поверхностями деталей машины. Кинематические и размерные связи
17. Методика проведения анализа соответствия технических требований и норм точности служебному назначению машины
18. Определение размерной цепи, звена, составляющих и замыкающего звеньев
19. Увеличивающее и уменьшающее звенья, компенсирующее звено

20. Размерные цепи по назначению: конструкторские, технологические и измерительные цепи, примеры размерных цепей по назначению
21. Задачи и способы расчета размерных цепей. Прямая и обратная задача. Вероятностный способ расчета и способ расчета на максимум-минимум
22. Основные расчетные формулы определения номинального размера и допуска замыкающего звена и два правила, вытекающие из этих основных уравнений размерных цепей
23. Параметры звеньев размерных цепей
24. Правило короткой размерной цепи
25. Пути повышения точности замыкающего звена размерной цепи
26. Методы достижения точности замыкающего звена
27. Основные понятия о базировании. Определение базирования и базы. Комплект баз. Опорная точка. Схемы базирования трех деталей: призматической, валика и диска
28. Основные положения теории базирования
29. Классификация баз по назначению: конструкторские, технологические и измерительные
30. Виды баз по лишаемым степеням свободы и по характеру проявления
31. Принципы единства, постоянства и последовательной смены баз
32. Основные типы машиностроительного производства и его характерные особенности
33. Классификация технологических процессов
34. Принципы построения технологических процессов
35. Последовательность разработки технологического процесса изготовления и сборки машин и ее составных частей (сборочных единиц и деталей)
36. Виды и организационные формы сборки
37. Монтаж валов на опорах скольжения и качения
38. Сборка цилиндрических зубчатых передач
39. Сборка конических зубчатых передач
40. Сборка червячных передач
41. Служебное назначение и классификация корпусных деталей
42. Основные технические требования, предъявляемые к корпусным деталям
43. Основные схемы базирования корпусных деталей
44. Последовательность обработки корпусных деталей
45. Типовая маршрутная технология изготовления корпусной детали
46. Служебное назначение и классификация валов
47. Материалы и способы получения заготовок для валов
48. Технические требования, предъявляемые к валам машины
49. Заготовительные операции при изготовлении валов
50. Типовой технологический процесс изготовления ступенчатых валов
51. Служебное назначение и технические требования, предъявляемые к фланцам
52. Материалы и методы получения заготовок для фланцев

53. Типовой технологический процесс механической обработки фланцев
54. Служебное назначение и технические требования, предъявляемые к цилиндрическим зубчатым колесам
55. Типовые конструкции цилиндрических зубчатых колес
56. Маршрутное описание технологии изготовления цилиндрических зубчатых колес типа диск
57. Материалы и методы получения заготовок для цилиндрических зубчатых колес
58. Методы нарезания и способы окончательной отделки зубьев цилиндрических зубчатых колес
59. Технологические процессы обработки и сборки

По результатам защиты практических работ и контрольной работы студент получает допуск к экзамену.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Зубарев, Ю. М. Технология машиностроения. Специальные разделы: учебник для ВУЗов / Ю. М. Зубарев, М. В. Александров. – Санкт-Петербург, Лань, 2025. – 308 с.
2. Торбин, А. В. Создание и эффективное развитие механообрабатывающего производства. Учебник для ВУЗов / А. В. Торбин, М. В. Соколов. – Санкт-Петербург, Лань, 2025. – 72 с.
3. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: учеб. пособие для ВУЗов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. – Санкт-Петербург, Лань, 2025. – 352 с.

Дополнительная литература

1. Ковшов, А. В. Технология машиностроения: учебник / А. Н. Ковшов. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008. – 319 с.
2. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2010. – 512 с.
3. Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения: учебник для студентов вузов / Б. М. Базров. – Москва: Машиностроение, 2005. – 736 с.
4. Суслов, А. Г. Технология машиностроения: учебник / А. Г. Суслов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2007. – 430 с.
5. Технология машиностроения: учебник: в 2 т. / В. М. Бурцев, А. С. Васильев, О. М. Деев [и др.]; под ред. Г. Н. Мельникова. – 2-е изд., стер. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – Т. 2: Производство машин. – 2001. – 640 с.
6. Основы технологии машиностроения: учебник / А. С. Ямников [и др.]. – Тула: ТулГУ, 2006. – 269 с.

7. Анурьев, В. И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х т. Девятое издание. – Москва: Машиностроение, 2006.

Периодические издания

1. Журнал «Технология машиностроения»: обзорно-аналит., науч.-техн. и произв. журнал / учредитель Издательский центр «Технология машиностроения». – Москва: Технология машиностроения, б. г. – 29 см. – ISSN 1562-322X. – Выходит ежемесячно.

2. Журнал «Вестник молодежной науки»: сб. науч. трудов молодых ученых и студентов; сетевое издание / учредитель и издатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет». – Калининград: КГТУ. – ISSN 2541-8254. – Периодичность 5 раз в год. – URL: <http://vestnikmolnauki.ru/>.

Учебно-методические пособия, нормативная литература

1. Правдин, Ю. Ф. Документы текстовые, учебные. Общие требования к содержанию, построению и оформлению: учеб.-метод. пособие для студ., обуч. в бакалавриате по напр. подготовки 150700 Машиностроение и спец. 151001.65 «Технология машиностроения» / Ю. Ф. Правдин, В. Ф. Усынин, Т. П. Колина; ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 70 с.

2. Документы технологические учебные. Общие требования к содержанию и оформлению иллюстративных листов с операционными эскизами: метод. указ. по оформ. ил. листов с операц. эскизами при вып. курс. и вып. квалификац. раб. (проектов) студ., обуч. по напр. подгот. Машиностроение и Технолог. машины и оборудование / Ю. Ф. Правдин; рец.: Ю. П. Александров; ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 31 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Калининградский государственный технический университет»

Институт агроинженерии и пищевых систем

Кафедра _____
наименование кафедры

Контрольная работа

допущена к защите

Руководитель: _____

(уч. степень, звание,
должность)

_____ И.О. Фамилия

«__» _____ 202__ г.

Контрольная работа

защищена

Руководитель: _____

(уч. степень, звание, должность)

_____ И.О. Фамилия

«__» _____ 202__ г.

Контрольная работа №__

(указывается, если по дисциплине более 1 работы)

по дисциплине

«Наименование дисциплины»

Шифр студента _____

Вариант № _____

Работу выполнил:

студент гр. _____

_____ И.О. Фамилия

«__» _____ 202__ г.

Калининград

202__

Локальный электронный методический материал

Владлен Григорьевич Мосур

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Редактор С. Кондрашова

Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 6,8. Печ. л. 5,4.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1