

Владимирский государственный университет

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Программа, методические указания и контрольные задания
для студентов-заочников
специальности 120100 - «Технология машиностроения».

Направление подготовки дипломированного специалиста
130000 - «Машиностроительные технологии и оборудование».

Владимир2000

Министерство образования РФ

Владимирский государственный университет

Кафедра технологии машиностроения

Одобрено редакционно-
издательским советом

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Программа, методические указания и
контрольные задания для студентов-заочников

Составитель
В.Г. Гусев

УДК 621.9.022

Приведены программа дисциплины «Основы технологии машиностроения», методические указания по ее изучению и выполнению контрольной работы, варианты заданий, а также рекомендуемая литература. Даны вопросы для проверки усвоения материала по темам программы.

Предназначены для студентов заочной формы обучения по специальности 120100 - «Технология машиностроения». Направление подготовки дипломированного специалиста 130000 - «Машиностроительные технологии и оборудование» в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования 2000 г.

Ил Библиогр .

ВВЕДЕНИЕ

В дисциплине «Основы технологии машиностроения» дается общее представление о содержании и задачах технологии машиностроения как науки о процессах и этапах построения качественных и экономичных машин, деталей и узлов. В ней излагаются принципиальные теоретические положения о закономерностях и связях производственного процесса, при помощи которых обеспечивается качество изготавливаемой машины, определяется ее стоимость и уровень производительности труда. Излагается сущность разработки технологического процесса изготовления машины и построения производственного процесса в целом.

В результате изучения дисциплины студенты должны усвоить:

- основные положения и понятия в технологии машиностроения;
- теорию базирования и теорию размерных цепей;
- закономерности, проявляющиеся в процессе изготовления и сборки машины и определяющие ее качество, себестоимость и уровень производительности труда;
- методику разработки технологического процесса изготовления и сборки машины;
- основные задачи, которые необходимо решать в процессе производства машины, подходы к их решению;
- сущность принципиальных положений, лежащих в основе создания конкурентоспособной продукции машиностроения.

Дисциплина «Основы технологии машиностроения» является базовой специальной дисциплиной и изучается после таких курсов, как «Теория резания», «Металлорежущие станки», «Металлорежущие инструменты», «Основы взаимозаменяемости» и др. Она вооружает студентов фундаментальными знаниями для проектирования высокоэффективной технологии не только в области общего машиностроения, но и автомобилестроения, тракторостроения, приборостроения и др. и в значительной степени определяет уровень подготовки и профессиональных знаний инженера по специальности 120100.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Материал дисциплины «Основы технологии машиностроения» самостоятельно изучается согласно программе и методическим указаниям, приведенным ниже. В соответствии с программой студент выполняет одну контрольную работу. В период сессии студенты прослушивают краткие обзорные лекции по дисциплине и выполняют лабораторные работы.

Особое внимание при изучении следует уделить разделам, в которых рассматриваются вопросы обеспечения геометрической точности изготавливаемых деталей (погрешность размеров, формы в продольном и поперечном сечениях, взаимного расположения отдельных поверхностей деталей). Рекомендуется твердо уяснить доминирующие факторы, влияющие на геометрическую точность деталей, физику процесса формирования погрешностей и пути уменьшения этих погрешностей.

Сказанное относится также и к вопросам обеспечения требуемого качества поверхностного слоя обработанной детали. Желаемый результат достигается при тщательной проработке вопросов теории базирования заготовок, теории размерных цепей, формирования качественных показателей поверхностного слоя детали при обработке, упругих деформаций технологической системы, износа режущего инструмента и др.

Очень важно уяснить механизм формирования точностных и качественных показателей детали при ее обработке, научиться рассчитывать ожидаемые при обработке погрешности и находить технологические пути их устранения или уменьшения. Все технологические и технические расчеты следует выполнять в соответствии со стандартом СЭВ 1052-78 «Метрология. Единицы физических величин», введенным в действие с 01.01.1980г.

Изучаемый материал рекомендуется кратко конспектировать, выписывать с подробным их выводом и анализом. На полях конспекта делать отметки об использованной литературе с указанием страниц. Это облегчит процесс подготовки студентов к сдаче экзамена.

2. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

2.1. Основная

1. Основы технологии машиностроения /Под ред. В.С. Корсакова. Изд. 3-е, доп. и перераб.: Учебник для вузов.- М.: Машиностроение, 1977. - 416 с.
2. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1969. - 559 с.
3. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1987. - 320 с.
4. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для вузов. - Л.: Машиностроение, 1985. - 496 с.
- 2.2. Дополнительная
5. Замятин В.К. Технология и автоматизация сборки: Учебник для вузов. -М.: Машиностроение,1993. -464с.
6. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов /В.И. Аверченков, О.А. Горленко, В.Б. Ильицкий и др.: //Под общ. Ред. О.А. Горленко. -М.: Машиностроение, 1988.-192с.
7. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. -М.: Машиностроение, 1972. -216с.
8. Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. А.Г. Касиловой и Р.К. Мещерякова. -М.: Машиностроение, 1985, т.1, 656 с.; т.2, 496с.
9. Допуски и посадки: Справочник в 2-х частях /Под ред. В.Д. Мягкова. -Л.: Машиностроение, 1978, Часть1, 544 с.; Часть2, с.545 - 1032.
10. Горбунов Б.И., Гусев В.Г. Уравновешивающие устройства шлифовальных станков. -М.: Машиностроение, 1976. -167с.
11. Разработка технологического процесса механической обработки валов /Составители: В.Г. Гусев, А.И. Желобов, Т.А. Желобова и др. : Методические указания к практическим занятиям. - Владимир, 1990. - 64с.
12. Разработка технологического процесса сборки узла /Составители: В.Г. Гусев, А.И. Желобов, Т.А. Желобова: Методические указания к практическим занятиям. - Владимир, 1991. -24с.
13. Методические указания по оформлению технологической документации при выполнении курсовых и дипломных проектов /Составители В.Г. Гусев, В.Н. Жарков. - Владимир, 1998. -56с.

3. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Пояснения и методические указания по изучению программного материала. Контрольные вопросы для самопроверки.

3.1. Программа первого раздела .

1. Введение. Основные положения и понятия технологии машиностроения.

История развития технологии машиностроения как науки, решающей проблему создания конкурентоспособных машин. Роль русских ученых и инженеров в развитии технологии машиностроения. Понятие о машине и ее служебном назначении. Качество и экономичность машины, их показатели. Понятие о точности. Качество и точность деталей машин: точность размеров, расстояния между ее поверхностями, поворота одной поверхности относительно другой, точность формы детали в продольном и поперечном сечениях. Производственный и технологический процесс изготовления машины. Технологическая операция, структура операции, переход, проход, установ, прием. Запись содержания операции, переходов. Технологический маршрут. Установка, позиция, рабочий и холостой ход, цикл. Технологическая система, динамическая система. Технологичность конструкции изделия. Трудоемкость, станкочемкость, объем выпуска. Производительность машины (станка), труда рабочего. Себестоимость изготовления машины и ее составных частей.

Типы машиностроительных производств: массовое, серийное, единичное, их характеристика с позиций применяемого металлорежущего оборудования, технологической оснастки, режущего инструмента, квалификации рабочих, себестоимости изготавливаемой детали и производительности. Понятие такта выпуска, коэффициента закрепления операции, определяющего тип производства.

3.2. Пояснения и методические указания по изучению первого раздела .

При изучении вопросов следует обратить внимание на физический смысл понятий и положений. Кроме четкого определения каждого из терминов, студенту необходимо привести простейшие схемы, рисунки, формулы, поясняющие смысл термина и методику количественной оценки с указанием единиц измерения и использования в технологических расчетах. Например, понятие трудоемкости технологической операции представляет собой сумму затрат живого труда (труда одного или нескольких рабочих), необходимых для выполнения рассматриваемой технологической операции. Единица измерения трудоемкости - минута или нормочас. Численная величина трудоемкости является очень важным показателем, т.к. на ее основе рассчитывают численность рабочих для выполнения операции, технологического и производственного процесса на заводе.

Понятие станкочемкости - представляет собой сумму затрат времени работы оборудования при выполнении операции, технологического или производственного процесса. Единица измерения станкочемкости - станкочас.

Численное значение станкоемкости используется для расчета количества станков, потребных для выполнения технологической операции, либо технологического процесса, всего производственного процесса.

Не надо путать термин «Установ» с термином «Установка». Установка - это процесс ориентации заготовки, расположения ее в приспособлении, с целью последующего закрепления и обработки.

Установ - это часть технологической операции, выполняемой с одной установки заготовки в приспособлении станка.

При характеристике понятия «Производительность» следует дать определение технологической, цикловой и фактической производительности с написанием формул для их определения. Кроме этого, существует взаимосвязь между ними, которую следует отразить в своем ответе.

Запись содержания технологической операции начинается с названия операции, которое может быть кратким или полным. При этом равноценно каждое из названий, технологические переходы записывают глаголом в неопределенной форме, например: сверлить, фрезеровать, шлифовать и т.д. При ответе на вопрос о структуре технологической операции необходимо указать сколько установок (переустановок) имеет обрабатываемая заготовка на данной операции, сколько переходов следует выполнить и сколько позиций имеет при этом заготовка.

Тип машиностроительного производства характеризуется не только объемом выпуска деталей в год, но и степенью автоматизации производства, квалификацией рабочих, себестоимостью единицы выпускаемой продукции и др. Так, в условиях крупносерийного и массового производства применяют станки-автоматы, автоматические линии, гибкие производственные системы, которые способны справиться с большим объемом выпускаемой продукции, в то время как в условиях единичного и мелкосерийного производства, где объем выпуска однотипных деталей мал, а номенклатура деталей большая, надо применять универсальные, широкоуниверсальные металлорежущие станки, которые быстро перенастраиваются после обработки конкретной детали на обработку другой детали, отличающейся по конфигурации и размерам от первой детали. Следует уяснить, что квалификация рабочих-станочников в условиях единичного и мелкосерийного производства высокая (4-6 разряд), в крупносерийном и массовом производстве квалификация рабочего-станочника (оператора) низкая (1-2 разряд). В то же время настройку и наладку автоматически действующего металлорежущего оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента осуществляют наладчики высокой квалификации (часто с высшим образованием). Однако численность наладчиков по сравнению с численностью операторов незначительная.

Несмотря на значительные финансовые затраты по приобретению дорогостоящих станков-автоматов-полуавтоматов, автоматических линий,

оснастки, инструмента и др., себестоимость единицы продукции в условиях крупносерийного и массового производства значительно ниже, чем в условиях единичного и мелкосерийного производства, где велика доля ручного труда, характеризующегося низкой производительностью. Это объясняется тем, что при массовом производстве большие финансовые суммы затрат делятся на большой объем выпуска деталей.

Кроме качественной характеристики типа производства, необходимо изложить методику расчета коэффициента закрепления операций, по численной величине которого определяют тот или иной тип производства.

Если коэффициент закрепления операций $K_{3,0} \leq 1$, то это означает, что за каждым рабочим местом закреплена одна и та же технологическая операция и такое производство является массовым. Если $1 < K_{3,0} \leq 10$, то производство крупносерийное, а при $10 < K_{3,0} \leq 20$ - среднесерийное, при $20 \leq K_{3,0} \leq 40$ - мелкосерийное, при $K_{3,0} > 40$ - единичное. Из сказанного следует, что тип производства всецело определяется численным значением коэффициента закрепления операции.

3.3. Вопросы для самопроверки усвоения первого раздела

1. Что является предметом изучения дисциплины «Технология машиностроения» (ТМС)?

2. Назовите имена русских и советских ученых, инженеров, внесших большой вклад в становление ТМС как науки?

3. По каким приоритетным направлениям будет развиваться ТМС в ближайшей перспективе?

4. Что такое качество машины? Какими показателями оно оценивается?

5. Дайте определение служебного назначения машины. Сформулируйте общую и конкретизирующую задачи служебного назначения машины.

6. Назовите показатели геометрической точности детали, изложите методику ее определения.

7. Чем характеризуется качество поверхностного слоя детали?

8. Что называется технологическим и производственным процессом изготовления машины или отдельной детали?

9. Дайте определение технологической операции при механической обработке детали. С чего начинается и где кончается технологическая операция при механической обработке? Что представляют собой технологический переход, проход, рабочий и холостой ход инструмента, установка и рабочая позиция? Приведите примеры, поясняющие их сущность.

10. Что включает в себя понятие «Технологическая система» и чем она отличается от понятия «Динамическая система».

11. Изложите последовательность записи содержания технологической операции. Как формируется краткое и полное название технологической операции. ?

12. Дайте определение технологического маршрута механической обработки детали. Приведите пример.

13. В чем состоит различие в понятиях «Установ» и «Установка» ?

14. Что такое структура технологической операции? Приведите конкретный пример, поясняющий понятие «структура».

15. Дайте определение технологичности конструкции изделия,. Качественную и количественную ее оценку.

16. Что называется трудоемкостью и станкоемкостью, укажите единицы измерения? В каких расчетах используются численные значения трудоемкости и станкоемкости? Как связаны между собой эти понятия?

17. Что понимается под терминами технологическая, цикловая и фактическая производительность? Приведите формулы для их расчета.

18. Какие статьи затрат включает в себя себестоимость изделия?

19. Охарактеризуйте крупносерийное и массовое производство изделий.

20. Охарактеризуйте единичное и мелкосерийное производство.

21. Охарактеризуйте средне-серийное производство.

22. Как рассчитывают коэффициент закрепления операций и каковы его численные значения для различных типов производства?

23. Что такое такт выпуска изделий и величина партии деталей? Для какого типа производства применим каждый из терминов?

3.4. Программа второго раздела.

Основы базирования заготовок в приспособление. Положения теоретической механики, составляющие основу теории базирования. Понятия: базирование, база, опорная точка, закрепление, установка. Классификация баз, комплект баз. Погрешности базирования и закрепления заготовок в различных приспособлениях (призме, центрах, оправке с зазором и без зазора). Черновая и чистовая база. Принципы базирования: совмещение (единства) и постоянства баз. Рекомендации по выбору и смене баз.

3.5. Пояснения и методические указания по изучению второго раздела.

Прежде всего, следует четко уяснить смысл термина «базирование» как процесса доведения заготовки в контакт с установочными элементами приспособления. База - это совокупность поверхностей, линий и точек заготовки, которые контактируют с элементами приспособления и определяют пространственное положение заготовки относительно инструмента при механической обработке (в этом случае такая база называется технологической базой), сборке (сборочная база), в узле машины (конструкторская база), при контроле размеров детали (измерительная база). Теория базирования основывается на положении теоретической механики о том, что всякое твердое тело имеет в пространстве шесть степеней свободы (три поступательные перемещения по осям X, Y, Z и три вращательные движения

вокруг тех же осей). Чтобы обработать заготовку на станке, ее нужно установить и закрепить с помощью приспособления и сориентировать ее относительно режущего инструмента, то есть перед обработкой заготовку лишают всех шести степеней свободы относительно приспособления (заготовка после установки в приспособление и ее закрепления становится неподвижной относительно приспособления). Затем при обработке заготовки включают принудительно рабочие движения в станке: главное движение, движение подачи, с помощью которых происходит снятие материала заготовки при обработке. Степени свободы, которые имеет заготовка при механической обработке рассматривать не следует, нужно рассматривать лишь степени свободы и их лишение у заготовки при ее установке. Таким образом, чтобы сбазировать заготовку на станке, необходимо лишить ее всех шести степеней свободы относительно приспособления.

Если принять во внимание, что одна степень свободы может быть отнята у заготовки путем размещения одной точки на заготовке, которой она контактирует с приспособлением, то можно заключить, что заготовка будет неподвижной относительно приспособления, если она будет иметь шесть точек контакта с приспособлением. Отсюда следует правило шести точек при базировании.

Если заготовку установить в приспособление (например, поставить плоскостью, имеющей наибольшую площадь), то заготовка может стоять в приспособлении на трех точках, а это значит, что заготовка потеряет три степени свободы относительно приспособления (после установки заготовки на указанную плоскость контакт между заготовкой и приспособлением в трех точках нарушать нельзя).

Поверхность, имеющая наибольшую площадь и контактирующая с приспособлением в трех точках называется установочной технологической базой (для краткости будем называть установочной базой).

Установочная база, как было сказано выше, лишает заготовку трех степеней свободы: поступательное перемещение относительно оси \vec{Z} и два поворота вокруг осей \vec{X} и \vec{Y} .

Оставшиеся три степени свободы заготовка потеряет, если ввести в контакт с приспособлением другие плоскости заготовки: вторая плоскость наибольшей длины, перпендикулярной установочной базе, (направляющая база) и третья плоскость перпендикулярная одновременно установочной и направляющей базе (опорная плоскость). Направляющая технологическая база лишает заготовку двух степеней свободы (поворот заготовки вокруг оси \vec{Z} и поступательное перемещение по оси \vec{X}), а опорная технологическая база - одной степени свободы (поступательное перемещение по оси \vec{Y}). Таким образом, установочная, направляющая и опорная технологические базы обеспечивают контакт заготовки с приспособлением в шести

точках (установочная - три точки, направляющая - две точки и опорная база - одна точка), следовательно эти базы лишают у заготовки всех шести степеней свободы. В этом случае совокупность всех трех технологических баз носит название комплекта баз.

Кроме установочной, направляющей и опорной базы существуют двойная направляющая база и двойная опорная база, первая из них лишает заготовку четырех степеней свободы (четыре базовые точки), вторая - двух степеней свободы (две базовые точки). Двойная направляющая база используется при базировании, например, валов в длинной втулке.

Базовые точки могут создавать не только плоскости, линии, но и любые другие поверхности заготовки, например, глухие, сквозные отверстия заготовки, торцы, прилегающие к отверстиям, центровые отверстия, имеющие коническую форму и др. Базирование заготовки на каждой технологической операции может отличаться и влияет на точность детали после ее обработки.

Ранее отмечалось, что технологическая база - это совокупность поверхностей, линий, точек, принадлежащих обрабатываемой заготовке и контактирующих с приспособлением, измерительная база - совокупность поверхностей, линий и точек, которые также принадлежат заготовке или готовой детали от которых отсчитывается контролируемый размер после обработки.

Если базирование заготовки, выбранное технологом, не обеспечивает совпадения (совмещения, единства) технологической базы с измерительной базой, то при обработке партии деталей настроенным на заданный размер инструментом, возникает погрешность базирования в виде отклонения численного значения размера (или нескольких размеров).

Погрешностью базирования называется разность предельных расстояний от измерительной базы до установленного на размер инструмента. Она зависит от схемы базирования заготовки в приспособлении перед ее обработкой, а также точности размеров заготовки, полученных на предшествующих операциях обработки. Погрешность базирования следует рассматривать конкретно для каждого размера заготовки в отдельности.

Погрешность базирования цилиндрических заготовок в призме подробно рассмотрена в литературе [1, с.42-44], где приведены формулы для вычисления погрешности и изложены пути ее уменьшения и устранения. В этом же источнике на с.43 рассмотрена схема установки заготовки базовым отверстием на цилиндрический палец (оправку) приспособления с закреплением по торцам и приведена формула для расчета численного значения погрешности базирования.

Погрешность базирования заготовки в центрах, когда передний центр является жестким (т.е. неподатливым при действии силы закрепления заготовки), определяется по формуле

$$E_u = \frac{T_D}{2 \operatorname{tg} \alpha / 2},$$

где $T_D = D_{\max}^u - D_{\min}^u$ - допуск на диаметр центрального отверстия при зацентровке заготовки, D_{\max}^u, D_{\min}^u - наибольший и наименьший предельные диаметры центрального отверстия у партии заготовок, α - угол при вершине конуса центрального отверстия заготовки.

Следует учитывать, что погрешность базирования заготовки в центрах характерна лишь для линейных, а не диаметральных размеров партии заготовок, обработанных на настроенном на размер станке.

Чтобы устранить погрешность базирования заготовок в центрах следует передний центр выполнить «плавающим», он смещается под действием силы закрепления, действующей со стороны заднего центра, а левый торец центрального отверстия заготовки вводится в контакт с жестким упором. Чтобы передний центр мог смещаться, его поджимают пружиной.

Сразу после изготовления заготовки, из которой в процессе последующей механической обработки получают готовую деталь, заготовка не имеет обработанных поверхностей, и все ее поверхности перед первой технологической операцией являются черными. На первой технологической операции заготовку базируют по черным (не обработанным) поверхностям. Такие поверхности, контактирующие с приспособлением, называются черновыми технологическими базами.

На первой операции в первую очередь обрабатывают те поверхности, которые в дальнейшем будут использоваться в качестве чистовых технологических баз. Чистовые технологические базы - это обработанные поверхности, используемые на второй, третьей и др. операциях.

Точность обработанных деталей зависит от правильности выбора черновых и чистовых технологических баз на каждой из операций. Выбирать следует базы так, чтобы соблюдались два принципа базирования: принцип совмещения (единства) баз и принцип постоянства баз.

Принцип совмещения баз косвенно упоминался выше и состоит в том, что базирование заготовки надо осуществлять таким образом, чтобы технологическая и измерительная базы совпадали. В этом случае погрешность базирования будет равна нулю, и точность обработанной детали будет выше. Принцип постоянства баз состоит в том, что на всех технологических операциях, кроме первой, где используются черновые базы, следует в качестве чистовых баз использовать одни и те же поверхности, линии, точки. В этом случае уменьшаются погрешности, вызванные сменой баз, и точность деталей будет выше. Следует отметить, что соблюсти второй принцип базирования вследствие ряда причин нет возможности. Тогда технолог вынужден сменить чистовые технологические базы. Если такая ситуация возникнет, смену чистовых баз надо осуществлять в соответствии с реко-

мендациями: в качестве новых технологических баз надо выбирать наиболее чистые и наиболее точные поверхности; вновь выбранные базы должны обеспечивать однозначное и устойчивое пространственное положение относительно режущего инструмента (простоту силового приспособления, достаточно высокую жесткость технологической системы станок- приспособление-инструмент- заготовка и др.).

При изучении второго раздела важно научиться практически определять погрешность базирования для различных схем установки заготовок в призмах, оправках с зазором и без зазора, в центрах, для схем установки корпусных деталей на плоскость и два отверстия, оси которых перпендикулярны упомянутой плоскости и др. Этому будет способствовать решение задач по базированию, приведенных в источнике [6, с.24-54].

3.6. Вопросы для самопроверки усвоения второго раздела

1. Что называется базированием заготовки. Что такое технологическая база?
2. Откуда появилось правило шести точек при базировании?
3. Дайте определение установочной технологической базы. Каких степеней свободы лишает у заготовки установочная технологическая база?
4. Какая база называется направляющей и двойной направляющей технологической базой? Какие степени свободы теряет заготовка при использовании направляющей и двойной направляющей технологической базы?
5. Какая технологическая база является опорной? Что такое комплект баз?
6. Дайте определение измерительной, конструкторской и сборочной базам.
7. Что называется погрешностью базирования, когда она возникает?
8. Напишите формулы погрешности базирования заготовки в призме, проанализируйте ее и предложите схемы базирования цилиндрической заготовки, в которых погрешность базирования уменьшается и устраняется совсем.
9. Нарисуйте схему обработки втулки при базировании ее на оправку (штифт) с зазором и без зазора. Проанализируйте формулу погрешности базирования и предложите технологическое решение по ее уменьшению.
10. Как базируют корпусные детали, валы, фланцы, шестерни, диски?
11. Что называется черновой и чистой технологической базой?
12. Назовите два принципа базирования, изложите их смысл.
13. Сформулируйте правила выбора черновых и чистовых технологических баз.
14. Изложите рекомендации по смене чистовых технологических баз.

3.7. Программа третьего раздела

Теория размерных цепей. Основные понятия и определения. Классификация размерных цепей. Методика выявления конструкторских и технологических размерных цепей. Основное уравнение размерной цепи. Погрешность замыкающего звена. Пути повышения точности замыкающего звена: уменьшение полей рассеивания составляющих звеньев, величины передаточных отношений. Расчет линейных размерных цепей методом полной взаимозаменяемости и вероятностным методом. Прямая и обратная задачи. Методы достижения требуемой точности замыкающего звена.

3.8. Пояснения и методические указания по изучению третьего раздела.

Теоретические вопросы третьего раздела программы рекомендуется изучать по источнику [Часть 2, с.551-633]. Здесь же приведены конкретные примеры решения размерных цепей, которые следует тщательно проработать наряду с теоретическими положениями размерных цепей. При знакомстве с основными понятиями и определениями следует уяснить принципиальное различие уменьшающих звеньев цепи от увеличивающих и четко научиться находить замыкающее звено для любой размерной цепи. Выявлять звенья и составлять конструкторские и технологические размерные цепи надо на основе анализа сборочного чертежа изделия и конкретной технологической наладки механической обработки изделия. Прежде всего отыскивается замыкающее звено, после чего все составляющие звенья и передаточные отношения. Затем составляют размерную цепь, выбирают метод достижения точности замыкающего звена и решают размерную цепь. На основе размерного анализа определяют условия, при которых гарантировано получение точности замыкающего звена. При рассмотрении основного уравнения размерной цепи следует уяснить физический смысл передаточного отношения и уметь определять численные их значения для каждого из составляющих размеров как для линейных, так и плоских размерных цепей.

Важно усвоить пути повышения точности замыкающего звена на конкретных практических примерах. При изучении методики решения размерных цепей уяснить исходные данные для прямой и обратной задачи и какие величины необходимо получить в результате решения. Так, например, при решении прямой задачи известно номинальное значение, верхнее и нижнее отклонение замыкающего звена и номинальные размеры составляющих звеньев. Требуется определить верхние, нижние отклонения составляющих звеньев их допуски и др. После нахождения искомым величин необходимо проверить правильность расчетов, исходя из равенства допуска замыкающего звена сумме допусков составляющих звеньев. Если это равенство не соблюдается, то в расчетах имеется ошибка и ее следует найти и исправить. Необходимо отметить, что как при решении прямой, так и обратной задачи, имеется несколько путей, поэтому перед решением вы-

бирается один из них. При изучении методов достижения требуемой точности замыкающего звена, прежде всего, следует разобраться в каких производственных ситуациях применяется тот или иной метод, после чего освоить методику расчета. Например, достижение точности замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости надо применять в том случае, когда конструкторский допуск на замыкающее звено больше или равен технологическому допуску. В этом случае технолог без затруднения может организовать производство такого изделия и все изделия в партии окажутся годными и взаимозаменяемыми.

Такой метод применяется в условиях крупносерийного и массового производства.

Если же конструкторский допуск меньше технологического, то метод полной взаимозаменяемости применять не рекомендуется, вместо него следует выбрать другой метод. В любом случае заданная точность замыкающего звена должна достигаться с наименьшими технологическим и эксплуатационными затратами. При прочих равных условиях рекомендуется выбирать в первую очередь методы достижения точности (решения размерных цепей), при которых сборка выполняется без подбора, пригонки и регулирования и собранные изделия отвечают всем требованиям взаимозаменяемости, т.е. использовать метод полной взаимозаменяемости или вероятностный метод. Если применение указанных методов экономически нецелесообразно или технически невозможно, следует перейти к применению одного из методов неполной взаимозаменяемости (метода групповой взаимозаменяемости, метода регулирования или метода пригонки).

Практическое усвоение теоретических положений размерных цепей, методов их решения обеспечивается решением конкретных технологических задач, приведенных в источнике [6, с.12-24]. При решении этих задач необходимо в первую очередь проанализировать схему базирования заготовки, простановку размеров при выполнении технологической операции, найти замыкающее и составляющие звенья (размеры), выяснить какие из них являются увеличивающими и уменьшающими, составить размерную цепь и лишь после этого приступить к решению указанным в задаче методом.

Этот анализ практически невозможен, если студент не проработал и хорошо не изучил раздел базирования заготовок при механической обработке.

3.9. Вопросы для самопроверки усвоения третьего раздела.

1. Дайте определение размерной цепи. Для чего применяются размерные цепи, какие конструкторские и технологические задачи решаются с их помощью?

2. Какая размерная цепь называется конструкторской, технологической, пространственной, плоской, линейной и угловой? Какое звено называется замыкающим, увеличивающим и уменьшающим?

3. Как найти увеличивающие и уменьшающие звенья в размерной цепи методом обхода контура?

4. Напишите основное уравнение размерной цепи, содержащей передаточные отношения. Что называется передаточным отношением в размерной цепи?

5. Напишите формулы для определения номинального размера, верхнего, нижнего отклонения, допуска и середины поля допуска замыкающего звена.

6. Найдите замыкающее звено на рабочем сборочном чертеже какого-либо изделия, увеличивающие и уменьшающие звенья. Составьте линейную размерную цепь.

7. Решите составленную в п.6 цепь методом полной взаимозаменяемости (обратная задача).

8. Решите размерную цепь методом полной взаимозаменяемости (прямая задача).

9. Решите размерную цепь п.6 вероятностным методом (прямая задача).

10. Решите размерную цепь п.6 вероятностным методом (обратная задача).

11. Составьте простейший технологический эскиз механической обработки вала на токарном станке. Проставьте технологические базы и размеры вала. Составьте технологическую размерную цепь и решите ее методом полной взаимозаменяемости.

12. Решите технологическую размерную цепь п.11 вероятностным методом.

13. Как достигается точность замыкающего звена по методу полной взаимозаменяемости, вероятностному методу.

14. Изложите достижение заданной точности замыкающего звена методом групповой взаимозаменяемости.

15. Как достигается точность замыкающего звена методом пригонки?

16. Как достигается точность замыкающего звена методом регулировки?

17. Как рассчитывают размерные цепи по методу максимума-минимума?

18. Как рассчитывают размерные цепи по вероятностному методу ?

3.10. Программа четвертого раздела.

Достижение требуемой точности размеров, формы и относительного положения поверхностей деталей в процессе изготовления.

Три этапа выполнения технологической операции: установка и закрепление заготовки, настройка технологической системы, обработка и снятие детали. Погрешность установки, ее сущность и причины возникновения, пути уменьшения погрешности. Факторы, действующие в процессе обработки заготовки и влияющие на точность детали.

Понятие о жесткости технологической системы, ее классификация и влияние на точность обработки. График жесткости. Жесткость заготовки. Жесткость технологической системы при токарной обработке вала, установленного в центах. Методы измерения статической и динамической жесткости. Расчет абсолютной и относительной погрешности заготовки при обработке вследствие упругих деформаций технологической системы. Порядок расчета погрешности при обработке заготовок, вызванной упругими деформациями технологической системы. Износ режущего инструмента при различных видах механической обработки. Расчет погрешностей деталей при механической обработке вследствие износа режущего инструмента. Геометрические неточности станка, влияние их на погрешности обрабатываемых заготовок. Тепловые деформации технологической системы, погрешности, вызываемые тепловыми деформациями. Погрешность настройки режущего инструмента на заданный размер, влияние ее на точность обработанных деталей. Вибрация элементов технологической системы, влияние на микро-макрогеометрию деталей. Остаточные напряжения в материале заготовки, влияние их на точность детали. Суммарная погрешность обработки как результат геометрического сложения вышеназванных элементарных погрешностей. Пути повышения геометрической точности обработанных деталей.

3.11. Пояснения и методические указания по изучению четвертого раздела.

В результате качественного усвоения данного раздела студент получит достаточные знания в области механизмов формирования элементарных погрешностей деталей, вызванных такими доминирующими факторами, действующими в динамической системе, как упругие деформации элементов технологической системы под действием силы резания, погрешность установки, геометрические неточности станка, прогрессирующий размерный износ режущего инструмента, погрешность настройки станка на заданный размер, тепловые деформации технологической системы, неравномерность величины припуска и твердости заготовки, а также вибрация элементов системы станок-приспособление-инструмент-заготовка.

Под действием названных факторов возникают погрешности у обрабатываемой заготовки, которые носят название элементарных погрешностей и которые, векторно складываясь, образуют суммарную погрешность детали после обработки.

Технолог (инженер-механик специальности 120100- Технология машиностроения) должен уметь прогнозировать и численно определять ожидаемую суммарную погрешность и предложить технологические меры по ее уменьшению, если в процессе производства нельзя обеспечить точность детали, заданную конструктором в ее рабочем чертеже. Справиться с этой задачей можно при глубоком изучении механизма возникновения каждой элементарной погрешности и нахождении путей управления процессом обработки с целью уменьшения, а лучше устранения той или иной элементарной погрешности. Поскольку по мнению составителя настоящих методических указаний этот раздел раскрыт в учебной литературе не в полной мере, то в нем будут изложены результаты собственных исследований, касающихся важнейшего вопроса обеспечения высокой точности изделий при механической обработке.

3.11.1. Упругие деформации технологической системы

При снятии с заготовки стружки возникает сила резания, которая непостоянна во времени вследствие затупления и износа режущего инструмента (при затуплении сила резания возрастает), непостоянства размеров заготовки в партии, запущенной одновременно в производство, нестабильности механических свойств материала заготовки и др. Сила резания действует на все элементы технологической системы (станок- приспособление-инструмент-заготовка) и упруго их деформирует. Величина упругой деформации зависит как от направления и численного значения силы резания, так и от жесткости элементов системы, то есть способности элементов противостоять действующей силе. Нестабильность силы резания и жесткости элементов в различных направлениях и сечениях обрабатываемой заготовки вызывает неравномерность упругих отжатий элементов системы, в результате чего появляются погрешности формы обработанной поверхности каждой из заготовок и изменение их размеров в партии. Таким образом, точность обработанных поверхностей зависит в первую очередь от жесткости технологической системы.

Жесткость - это способность каждого из элементов или технологической системы в целом противостоять действию внешних сил, в нашем случае силе резания, вектор которой может быть заменен составляющими силы резания: P_z - главной или тангенциальной, P_y - нормальной (радиальной) и P_x - осевой составляющих.

В технологии машиностроения под жесткостью понимают отношение радиальной составляющей P_y силы резания к упругой деформации (смещению) U , измеренной в направлении действия силы P_y , то есть жесткость $j = P_y/U$. Величина обратная жесткости называется податливостью $\omega = 1/P_y$. Единицы измерения жесткости Н/мкм, податливости - мкм/Н.

Различают жесткость собственную и контактную, статическую и динамическую, осевую, радиальную и крутильную (угловую).

Собственная жесткость элемента - жесткость которая определяется свойствами материала, из которого изготовлен элемент и зависит от модуля упругости E . Для стали $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па (Н/м²). Чем больше численное значение E , тем выше жесткость элемента. Контактная жесткость - это жесткость, которая определяется качеством поверхностного слоя (твердостью поверхностного слоя, микрогеометрией поверхности и др). Контактная жесткость рассматривается лишь для стыков двух или нескольких деталей, когда они контактируют своими поверхностями друг с другом. Статическая жесткость - это жесткость элемента системы при неработающем станке. Динамическая жесткость - жесткость элемента системы, измеренная при работающем станке и зависит от частоты внешнего воздействия.

Численные значения статической и динамической жесткости могут значительно отличаться друг от друга, поэтому более важным показателем при расчете точности деталей является динамическая жесткость.

Жесткость зависит от направления, в котором действует сила, поэтому осевая, радиальная и крутильная жесткости вычисляются соответственно по формулам $j_x = P_x/x$, $j_y = P_y/y$ и $j_\varphi = M_k/\varphi$, где x, y - упругие деформации элемента системы в осевом и радиальном направлении соответственно; $M_k = P_z \cdot R$ - крутящий момент, который создает сила P_z , R - радиус обработанной поверхности заготовки; φ - максимальный угол поворота поперечного сечения заготовки под действием крутящего момента M_k . Единица измерения крутильной жесткости Н·м.

Поскольку осевая и крутильная жесткости несущественно влияют на точность обработанных деталей, то при расчетах достаточно учитывать лишь радиальную жесткость j_y как наиболее доминирующую из всех названных.

Жесткость заготовки как элемента технологической системы зависит не только от модуля упругости E материала заготовки, но и ее размеров, схемы установки в приспособлении. Если заготовка закреплена консольно в трех - четырехкулачковом патроне или цанге, то ее жесткость $j_3 = 3EI/l^3$; при установке в центрах $j_3 = 48EI/l^3$, а при установке в патроне и заднем центре $j_3 = 100EI/l^3$, где $I = \pi d^4/64$ - момент инерции поперечного сечения заготовки, d - диаметр обрабатываемой поверхности.

Из курса «Сопротивление материалов» известны формулы для определения максимальных упругих деформаций деталей типа вал, закрепленных консольно, портално на двух жестких опорах и др. В первом случае максимальные упругие деформации $U_{max} = P_y l^3 / 3EI$, во втором случае -

$U_{max} = P_y l^3 / 48EI$. Если один конец детали защемлен, а второй конец находится на жесткой опоре, то $U_{max} = P_y l^3 / 100EI$.

Жесткость таких элементов технологической системы, как передняя бабка, задняя бабка и суппорт станка с инструментом рассчитать сложно, т.к. каждый из них состоит из большого числа деталей, различным образом собранных друг с другом. Поэтому их жесткости проще найти экспериментальным путем. Для этого к заданному элементу системы прикладывают силовую нагрузку P_y и индикатором измеряют величину упругой деформации y в направлении действия силы P_y , затем P_y делят на y и получают численное значение статической жесткости. Таким образом, жесткость элементов технологической системы известна.

Однако в технологических расчетах на точность недостаточно знания численных значений жесткости элементов, необходимо знать значение жесткости всей технологической системы в произвольном сечении заготовки по длине обработки.

Жесткость технологической системы находят по известным жесткостям ее элементов для конкретной схемы обработки.

Так, при точении гладкого вала, установленного в центрах, жесткость j_c системы определяется из уравнения

$$\frac{1}{j_c} = \frac{1}{4j_{н.б.}} \left(l - \frac{x}{l} \right)^2 + \frac{1}{4j_{з.б.}} \left(\frac{x}{l} \right)^2 + \frac{1}{j_{суп}} + \frac{x^2(l-x)^2}{48EIl}, \quad (1)$$

где $j_{н.б.}$, $j_{з.б.}$, $j_{суп}$ - жесткость передней бабки, задней бабки и суппорта соответственно;

x - расстояние поперечного сечения заготовки до левого крайнего ее торца,

l - длина обрабатываемой поверхности вала.

В уравнении(1) первый член представляет собой величину упругой деформации передней бабки под действием единичной радиальной силы резания, второй член - задней бабки, третий член - суппорта и последний член - заготовки. Уравнение (1) позволяет вычислить жесткость всей системы в любом положении x режущего инструмента по длине обрабатываемой поверхности заготовки.

Зная жесткость технологической системы и ее элементов и вычислив численное значение силы P_y по известному режиму резания, можно рассчитать упругие деформации технологической системы, а через них перейти к определению элементарной погрешности детали, вызванной податливостью системы.

Рассмотрим конкретные примеры расчета элементарной погрешности детали, обусловленной податливостью технологической системы.

Пример 1. Определить абсолютную и относительную погрешность цилиндрической детали - вала, вызванную упругими деформациями технологической системы. Заготовка установлена консольно в трехкулачковом самоцентрирующем патроне при исходных данных: диаметр заготовки $d = 60$ мм, длина обрабатываемой поверхности $l = 500$ мм, продольная подача резца $S = 0,15$ мм/об, материал режущей части Т5К10, предел прочности обрабатываемого материала заготовки $\sigma_B = 750$ Мпа, глубина резания 1,0 мм, скорость резания $V = 110$ м/мин.

Решение. Вычерчиваем в произвольном масштабе технологический эскиз обтачивания вала, закрепленного консольно (рис. 1,а), обрабатываемую поверхность 1 обводим жирными линиями. Наносим размеры детали d и l и указываем стрелками рабочие движения станка: вращение патрона 2 вместе с заготовкой 3 вокруг оси вектором скорости резания V , и вектором S , изображающим направление рабочей продольной подачи суппорта 4 с резцом 5. Реальную схему обработки (см. рис. 1, а) заменяем расчетной схемой (рис. 1, б), на которой место закрепления вала заменяем защемлением, а сам вал - упругой линией.

Радиальную составляющую P_y силы резания прикладываем перпендикулярно линии 1 в правом крайнем положении, где упругие деформации максимальные. Изображаем упругую линию 2 (оси вала) под действием силы P_y , указываем наибольшее значение упругой деформации заготовки U_{max} . Строим эпюры упругих перемещений всех элементов технологической системы, участвующих в процессе обработки: передней бабки, суппорта с инструментом и заготовки (рис. 1, в). Для этого проводим линию О-О и относительно нее изображаем упругие деформации суппорта $U_{суп}$, передней бабки $U_{н.б}$ и заготовки $U_{заг}$. Находим поперечные сечения заготовки, в которых сумма упругих деформаций экстремальна, т.е. где имеется U_{max}^{TC} и U_{min}^{TC} технологической системы.

Максимальные упругие деформации Y_{max}^{TC} будут в сечении 1-1, а минимальные Y_{min}^{TC} - в сечении II - II. Численные их значения равны

$$Y_{max}^{TC} = Y_{cyn} + Y_{н.б.} + Y_{заг},$$

$$Y_{min}^{TC} = Y_{cyn} + Y_{н.б.}$$

Абсолютное значение погрешности вала после обработки определяется разностью максимальных и минимальных упругих деформаций

$$\Delta_a = Y_{max}^{TC} - Y_{min}^{TC} = (Y_{cyn} + Y_{н.б.} + Y_{заг}) - (Y_{cyn} - Y_{н.б.}) = Y_{заг}. \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что абсолютная погрешность вала при рассмотренной схеме базирования и обработки определяется лишь упругими деформациями заготовки. При установке вала консольно величина $Y_{заг} = P_y l^3 / 3EI$. Чтобы вычислить $Y_{заг}$, необходимо определить радиальную составляющую P_y силы резания, другие величины известны, или их можно определить, зная размеры вала и материал из которого вал изготовлен.

Радиальную составляющую P_y силы резания вычисляем по источнику [8, т.2] на основе известных элементов режима резания, материала режущего инструмента, обрабатываемого материала заготовки по формуле $P_y = C_p t^{X_p} S^{Y_p} V^{n_p} \cdot K_p$, где t , S и V - соответственно глубина, подача и скорость резания; C_p - постоянная для данных условий резания; X_p , Y_p , n_p - показатели степеней при глубине, подаче и скорости резания соответственно; K_p - поправочный коэффициент, учитывающий изменение против табличных условий резания. Величины C_p , X_p , Y_p , n_p , находим в таблицах источника [8]. По данным указанного справочника-технолога вычисляем K_p . В целях сокращения излагаемого материала математические действия по вычислению силы P_y не приводим, эту процедуру студенты усвоили при изучении дисциплины «Теория резания». Пусть в результате расчета сила $P_y = 400$ Н, тогда

$$Y_{mar} = P_y l^3 / 3EI = 400 \text{ Н} \cdot (500 \text{ мм})^3 / 3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot \frac{\pi (60 \text{ мм})^4}{64} =$$

$$= 4 \cdot 10^2 \text{ Н} \cdot 125 \cdot 10^6 \text{ мм}^3 / 6,3 \cdot 10^{11} \frac{\text{н}}{\text{м}^2} \cdot \frac{3,14 \cdot 2,16 \cdot 10^6 \text{ мм}^4}{64} =$$

$$=$$

$$5 \cdot 10^{10} / 6,68 \cdot 10^{10} \text{ мм}^{-1} = 0,75 \text{ мм}$$

Таким образом абсолютное значение погрешности $\Delta_a = 0,75$ мм; вал имеет после обработки в продольном сечении нецилиндрическую форму. Разброс диаметров вала $\Delta d = d_{max} - d_{min} = (d_{min} + 2\Delta_a) - d_{min} =$

$2\Delta_a = 2\Delta \cdot 0,75\text{мм} = 1,5\text{ мм}$. Относительная погрешность $\Delta_0 = \Delta_a/l = 1,5\text{ мм}/500\text{ мм} = 1500\text{ мкм}/500\text{ мм} = 3\text{ мкм}/\text{мм}$.

Пример 2. Для условий задачи, рассмотренной в примере 1, определить элементарную погрешность вала, установленного в центрах, после обтачивания по наружному диаметру. Жесткость передней бабки станка $j_{н.б.} = 70\text{ Н/мкм}$, а жесткость задней бабки $j_{з.б.} = 20\text{ Н/мкм}$.

Решение. Изображаем технологический эскиз обработки вала, заменяем его на расчетную схему и строим эпюру упругих перемещений (рис. 2 а, б, в). При изображении расчетной схемы передний б и задний



7 центры, поддерживающие вал 8, заменяем опорами 9, 10, силу P_y прикладываем в середине вала между опорами, где упругие деформации заготовки наибольшие. Относительно линии О-О строим эпюры упругих перемещений всех элементов технологической системы с учетом знака перемещений. Находим поперечные сечения заготовки, в которых суммарные упругие перемещения технологической системы максимальны и минимальны. Максимальные значения упругих перемещений возникают в поперечном сечении с

координатой $X = 0,5 l$, а минимальные значения - при $X = 0$.

Вычислим эти экстремальные значения упругих перемещений технологической системы

$$y_{max}^{TC} = y_{суп} + y_{з.б.}/2 + y_{н.б.}/2 + y_{заг.}$$

$$y_{min}^{TC} = y_{суп} + y_{н.б.}$$

Находим абсолютную погрешность

$$\begin{aligned} \Delta_a &= y_{max}^{TC} - y_{min}^{TC} = (y_{суп} + y_{з.б.}/2 + y_{н.б.}/2 + y_{заг.}) = \\ &= y_{з.б.}/2 - y_{н.б.}/2 + y_{заг.} \end{aligned}$$

Жесткость заготовки, установленной в центрах,

$$j_{заг.} = \frac{48EI}{l^3} = \left(48 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \frac{3,14 \cdot (60\text{мм})^4}{64} \right) \cdot (500\text{мм})^3 \approx 51,3 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{мкм}}$$

тогда $\Delta_a = P_y/2j_{з.б.} - P_y/2j_{н.б.} + P_y/j_{заг.} = 400\text{Н}(1/2 \cdot 20\text{ Н/мкм} - 1/2 \cdot 70\text{ Н/мкм}$

$$+ 1/51,3 \text{ Н/мкм} = 0,015 \text{ мм.}$$

Относительная погрешность формы вала

$$\Delta = \Delta_a/l = 15 \text{ мкм}/500 \text{ мм} = 0,03 \text{ мкм/мм.}$$

Информация, представленная на рис. 2, в многосторонняя. На ее основе можно анализировать и вычислять погрешность, вызванную упругими деформациями для различных случаев. Например, если осуществляется обработка вала большого диаметра и его жесткость

$j_3 \gg j_{n.б}$ и $j_3 \gg j_{з.б}$, $j_3 \gg j_{суп}$ то кривая С на эпюрах упругих перемещений будет отсутствовать, т.к. жесткость заготовки в этом случае можно принять j_3 следовательно, $U_{заг} = P_y/j_3 = 0$. В этом случае изменение упругих деформаций по длине обработки будет характеризоваться прямой АВ (см. рис. 2, в), а $U_{max}^{TC} = U_{суп} + U_{з.б}$, $U_{min}^{TC} = U_{суп} + U_{n.б}$. Абсолютная погрешность

$$\begin{aligned} \Delta_a &= U_{max}^{TC} - U_{min}^{TC} = (U_{суп} + U_{з.б}) - (U_{суп} + U_{n.б}) = U_{з.б} - U_{n.б} = \\ &= 400 \text{ Н} (1/2 \cdot 20 \text{ Н/мкм} - 1/2 \cdot 70 \text{ Н/мкм}) = 10 \text{ мкм} - 2,86 \text{ мкм} = \\ &= 7,14 \text{ мкм, то есть точность вала после обтачивания по сравнению с предыдущим случаем увеличится в } 15 \text{ мкм}/7,14 \text{ мкм} \approx 2,1 \text{ раза.} \end{aligned}$$

Аналогично можно проанализировать точность вала при $j_{n.б} \gg j_{з.б}$ или $j_{n.б}/j_{з.б} = K$, где K - положительное число.

Как показали расчеты погрешность детали значительно зависит от схемы установки и жесткости технологической системы. Если рассмотренный вал устанавливать консольно, то погрешность измеряется единицами мм, а при установке в центрах - сотыми долями мм, что свидетельствует о возможности управления погрешностями технологическими мерами.

После рассмотрения конкретных примеров решения задач, связанных с жесткостью технологической системы, можно изложить общую методику нахождения абсолютной и относительной погрешностей, вызванных податливостью технологической системы.

Прежде всего, из условия задачи надо уяснить как происходит установка заготовки в приспособлении, как она в нем закреплена. Где находится инструмент, в чем он закреплен и какой размер необходимо получить после обработки. После уяснения группы станка и схемы обработки вычерчивается технологический эскиз обработки детали, на котором изображаются установочные элементы приспособления, обрабатываемая заготовка. Наносятся базовые технологические точки, помня о том, что эти точки должны быть нанесены на базовые поверхности заготовки, а не приспособления.

На технологических эскизах обрабатываемые поверхности заготовки обводят жирными линиями, проставляют размеры, которые получают при обработке, наносят стрелки, отражающие направления движения подачи и

главного движения. Этот эскиз представляет собой реальную схему обработки заготовки.

Реальную схему заготовки заменяют расчетной схемой при этом руководствуются положениями дисциплины «Сопротивление материалов». Прикладывают силу резания в сечении, где заготовка имеет наибольшую податливость. Строят эпюру упругих перемещений по длине обработки для каждого элемента технологической системы с учетом вектора деформации.

Находят два сечения обрабатываемой заготовки, где величина упругих деформаций технологической системы максимальна и минимальна. Вычисляют максимальную и минимальную величины упругих деформаций технологической системы и находят их разность, которая будет представлять собой погрешность обработанной детали (чаще всего это погрешность формы и разброс диаметров детали). В конце расчета находят относительную погрешность.

3.11.2. Погрешность установки заготовок в приспособлении

На станках, настроенных на автоматическое получение размера, заданного рабочим чертежом детали, обрабатывают партию заготовок. В процессе поочередной установки заготовок в приспособление разные заготовки в партии не занимают абсолютно точного (однозначного) пространственного положения относительно режущего инструмента. Эта погрешность в пространственном расположении заготовок зависит от многих факторов (износ установочных элементов приспособления, неравномерность усилия закрепления и др.).

Погрешность установки определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2} , \quad (3)$$

где ε_0 - погрешность базирования (рассмотрена выше);

ε_3 - погрешность закрепления, обусловленная непостоянством силы закрепления;

ε_n - погрешность положения заготовки, которая определяется неточностью изготовления и сборки установочных элементов приспособления, их износом и неточностью установки самого приспособления на станке.

Поскольку погрешность установки подробно изучается в дисциплине «Основы конструирования приспособлений», то в настоящих методических указаниях погрешности ε_3 , ε_n рассматриваться не будут. Будет учитываться лишь погрешность базирования. Ее влияние на погрешность размеров обработанных деталей рассмотрено во втором разделе «Основы базирования заготовок в приспособление».

3.11.3. Геометрические неточности станка

Металлорежущий станок состоит из ряда конструктивных узлов, одни узлы связаны с обрабатываемой заготовкой, другие - с режущим инструментом. Эти узлы расположены в пространстве друг относительно друга с погрешностями, которые вызваны неточностями сборки станка. Эти погрешности станка переносятся на детали, обрабатываемые на этом станке. Примерами геометрических погрешностей станка могут быть отклонение от перпендикулярности оси шпинделя к направлению поперечной подачи резца с суппортом, отклонение от прямолинейности направляющей станины, от параллельности двух направляющих, осевое и радиальное биение шпинделя станка, отклонение от соосности оси шпинделя и оси пиноли задней бабки и др. Допустимые погрешности станков различного типа регламентированы нормами точности на их приемку и приводятся в соответствующих ГОСТах. Геометрические погрешности станков влияют на точность обрабатываемых поверхностей деталей. Оба эти понятия отождествлять нельзя. Геометрическая точность станков всегда выше точности деталей, обработанных на этом станке.

Виды погрешностей станков и их влияние на характер и численную величину погрешностей обработанных на этом станке деталей рассмотрены в источнике [1, с. 55-56]. При изучении этого материала рекомендуется проанализировать по указанному источнику качественную и количественную стороны формирования погрешностей обработанных деталей.

3.11.4. Размерный износ режущего инструмента (РИ)

При механической обработке заготовок возникает процесс резания - трения, под действием которого первоначальные размеры режущего инструмента уменьшаются. Уменьшение размера инструмента, например, диаметра сверла приводит к погрешности обработанной детали в виде уменьшения диаметра обработанного отверстия. Износ, вызываемый трением протекает в процессе обработки непрерывно. Размерный износ инструмента определяется в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности, так как именно в этом направлении износ оказывает наибольшее влияние на точность детали.

Для упрощения расчета закономерность, связывающую износ с временем работы инструмента, принимают в виде линейной зависимости износа от длины L пути резания или от времени. пути. В общем виде размерный износ РИ определяется по формуле

$$\Delta_u = U_n + U_0 L \quad , \quad (4)$$

где U_n - начальный износ, который получает РИ на этапе приработки после его заточки, [мкм];

U_0 - относительный износ, который характеризует интенсивность износа в процессе резания [мкм/км], т.е. износ, приходящийся на единицу

длины пути инструмента в материале заготовки. Величина начального U_n и относительного U_0 износа зависит от материала режущего инструмента и приводится для разных инструментальных материалов в источнике [1, с. 80]. Определив длину пути L режущего инструмента в мм в материале заготовки, можно по формуле 4 вычислить износ Δ_u , а от него перейти к погрешности размера и формы обработанной детали.

При продольном точении износ

$$\Delta_u = U_n + \frac{U_0 \pi d l}{10^6 \cdot S}, \quad (5)$$

где d и l - соответственно диаметр и длина обрабатываемой поверхности в мм, S - подача в мм/об.

При строгании износ

$$\Delta_u = U_n + \frac{U_0 l B}{10^6 S}, \quad (6)$$

где l и B - длина и ширина обрабатываемой прямоугольной поверхности в мм, S - подача в мм на двойной ход инструмента (мм/2. X)

При протягивании партии заготовок

$$\Delta_u = U_n + \frac{U_0 l n}{10^6} \quad (7)$$

где l - длина протягиваемого отверстия в мм, n - число заготовок в партии.

При обработке заготовок больших размеров размерный износ РИ искажает форму их поверхностей. Если обтачивают длинный вал большого диаметра, то по мере перемещения резца от задней бабки к передней диаметр обрабатываемой поверхности непрерывно возрастает и поверхность получается конической. Появление конусности также наблюдается при растачивании глубоких отверстий.

При обработке партии коротких заготовок искажение формы поверхности невелико. Размерный износ инструмента в этом случае проявляется в непрерывном увеличении размеров обработанных деталей в партии. При обтачивании партии валов диаметр вала увеличивается на величину

$$\Delta d = 2\Delta_u. \quad (8)$$

При решении задач по износу режущего инструмента следует по известному материалу РИ выписать из [1, с.80] значения начального U_n и относительного U_0 износа, затем на основе известного режима резания и размеров обрабатываемой заготовки вычислить длину пути L в материале заготовки. Подставив численные значения U_n , U_0 , L в формулу (4), получим износ РИ за время обработки заданной поверхности. По формуле (8)

находим разброс диаметров детали. Погрешность формы в продольном сечении для одной длинной детали определяется по формуле $\Delta_\phi = \Delta_u$

Пример. На токарно-револьверном станке обрабатывают партию заготовок из стали 45. Диаметр обрабатываемой поверхности заготовки $d = 20$ мм, длина $l = 30$ мм. Подача $S = 0,3$ мм/об., скорость резания 100 м/мин; резец с пластиной из твердого сплава Т15К6. Требуется определить увеличение диаметра последней детали в партии 500 штук, если обработка ведется без поднастройки режущего инструмента на размер.

Решение. По таблице 4 [1] находим для обрабатываемого материала заготовки (сталь 45) и материала режущего инструмента (Т15К6) износ начальный износ $U_H = 2 - 8$ мкм (принимаем $U_H = 5$ мкм) относительный износ $U_0 = 2 - 10$ мкм/км (принимаем $U_0 = 10$ мкм/км).

Вычисляем длину пути РИ в материале заготовки при условии, что мы обработали всю партию $n = 500$ шт. без поднастройки инструмента на размер

$$L = \frac{\pi d l n}{10^6 \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 20 \text{ мм} \cdot 30 \text{ мм} \cdot 500}{10^6 \cdot 0,3 \text{ мм / об}} = 3,14 \text{ км}$$

По формуле (4) находим износ РИ после обработки всей партии заготовок

$$\Delta_u = U_H + U_0 L = 5 \text{ мкм} + 10 \text{ мкм/км} \cdot 3,14 \text{ км} = 36,8 \text{ мкм}$$

Следовательно, погрешность диаметрального размера деталей после обработки всей партии составит $\Delta_d = 2\Delta_u = 2 \cdot 36,8 = 73,6$ мкм.

3.11.5. Погрешности настройки станка на размер.

В процессе механической обработки режущий инструмент затупляется, теряет свою режущую способность и его необходимо периодически затачивать, чтобы восстановить режущую способность. Время, в течение которого инструмент снимает стружку (машинное, основное время) от одной переточки до другой, называется стойкостью режущего инструмента.

Для того, чтобы заточить инструмент, его раскрепляют и снимают со станка, при этом его положение относительно заготовки, обеспечивающее получение годного размера при обработке, достигается новой настройкой на размер. В дальнейшем под терминами «настройка инструмента» и «настройка станка» будем понимать одно и то же, а именно установку, ориентацию режущего инструмента относительно приспособления, обеспечивающую при обработке получение заданного чертежом детали размера.

Известны два принципиально различных метода настройки: метод пробных деталей (проходов, промеров) и метод автоматического получения размера. По первому методу инструмент устанавливают последовательным приближением к заданному настроечному размеру в результате

обработки на станке пробных деталей (или выполнения пробных проходов), размеры которых проверяют универсальными измерительными инструментами или предельными калибрами. По результатам измерения определяют величину и направление необходимого смещения инструмента. По второму методу инструмент устанавливают в требуемое, заранее рассчитанное по эталону положение. Инструмент устанавливают при неработающем станке или вне станка (при использовании съемных суппортов, расточных борштанг, револьверных головок и др. устройств).

После каждой смены инструмента невозможно обеспечить такую установку, чтобы инструмент занимал абсолютно одно и то же положение на станке, иными словами, возникает погрешность настройки инструмента на размер.

Погрешность настройки - это расстояние между двумя предельными положениями инструмента (или поле рассеяния), которые он занимает после выполнения нескольких настроек, необходимых для обработки всей партии заготовок.

Погрешность настройки обозначим Δ_n . Она зависит от метода настройки и представляет собой разность между максимальным и минимальным настроечными размерами. При выполнении настройки по пробным деталям о точности настройки судят по результатам измерений обработанных деталей. Если средне-арифметическое значение размеров партии деталей отличается от настроечного размера, то настройщик регулирует положение инструмента с помощью лимба или другого устройства. Таким образом погрешность настройки инструмента на размер по первому методу определяется формулой

$$\Delta_n = 2K \sqrt{\Delta_{изм}^2 + \Delta_{рег}^2}, \quad (8)$$

где $\Delta_{изм}$ - погрешность измерения пробных деталей;

$\Delta_{рег}$ - погрешность корректировки (регулирования) положения инструмента;

$\Delta_{изм}$ и $\Delta_{рег}$ - случайные величины;

$K = 1,0 - 1,2$ - коэффициент, учитывающий отклонение закона распределения погрешностей измерения и регулирования от нормального закона (Гаусса).

С учетом погрешности метода расчета необходимого смещения инструмента погрешность настройки

$$\Delta_n = 2K \sqrt{\Delta_{изм}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{рас}^2} \quad (9)$$

$\Delta_{рас} = \pm \sigma / \sqrt{n}$, где $\sigma = T/6$ - среднеквадратическое отклонение; T - допуск на выдерживаемый размер; $n = 5-10$ - число пробных заготовок.

С достаточной точностью в приближенных технологических расчетах погрешность настройки можно принять равной 2σ или $0,1 T$.

Настройка по эталону осуществляется обычно при использовании фрезерных и токарных станков. Щупом проверяют расстояние между эталоном, закрепленном на корпусе приспособления и зубом фрезы. Точность установки инструмента по щупу зависит от квалификации рабочего, биения зубьев фрезы, а также износа эталона и щупа. Погрешность установки по щупу ориентировочно можно принять 15-45 мкм. Погрешность настройки по эталону

$$\Delta_n = K \sqrt{\Delta_{изг.эт.}^2 + \Delta_{уст.инс.}^2}, \quad (10)$$

где $\Delta_{изг.эт.}$ - погрешность изготовления эталона, $\Delta_{уст.инс.}$ - погрешность установки инструмента по щупу или полоскам бумаги. Можно принять, что $\Delta_{изг.эт.}=10-20$ мкм, эксцентриситет шеек эталона 5 мкм, а $\Delta_{уст.инс.}=20-50$ мкм; $K = 1,2$. При этих значениях $\Delta_n = 25-60$ мкм.

Настройка по пробным деталям обеспечивает высокую точность, но она трудоемка и часть деталей идет в брак.

Настройка по эталону менее трудоемка, обеспечивает стабильную точность и особенно эффективна при многоинструментной обработке.

Рекомендуется изучить материал подраздела 3.11.5 по источнику [1, с. 83-85], обратив внимание на методы настройки, последовательность их выполнения, достигаемую при этом точность, преимущества и недостатки каждого из методов. Следует практически усвоить методику расчета, погрешности настройки.

Тепловые деформации технологической системы, остаточные напряжения и погрешности, вызываемые ими, изложены в источнике [1 с. 88-102].

3.11.6. Вибрация элементов технологической оснастки.

Вибрация элементов технологической системы обусловлена непостоянством силы резания, трения, глубины резания, величиной и направлением действия на систему неуравновешенных центробежных сил и моментов, непостоянством жесткости системы в различных направлениях и по длине обработки и др. Вибрация приводит к относительному смещению режущего инструмента и заготовки в радиальном направлении, что непосредственно влияет на точность обработки. Учет всех вышеназванных факторов весьма сложен, поэтому формирование погрешностей детали при механической обработке следует рассматривать, прежде всего, под влиянием доминирующих факторов процесса.

Особенно важно рассматривать формирование погрешностей деталей на финишных операциях, например, при шлифовании, поскольку именно

на этой операции окончательно формируются точностные и качественные показатели деталей. Внешними воздействиями на технологическую систему являются сила резания и неуравновешенная центробежная сила, обусловленная дисбалансами шлифовального круга и шпиндельного узла в целом.

Поскольку действие силы резания и неуравновешенной центробежной силы проявляется лишь в динамике, то для качественной и количественной оценки погрешностей детали необходимо установить характер вибрации шпиндельного узла. Для этого следует составить и решить дифференциальные уравнения движения оси шпинделя с установленным на нем шлифовальным кругом.

Эти уравнения для шпинделя шлифовального станка имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{P}{g} \left[\ddot{y}_2 + \frac{(\ddot{y}_2 - \ddot{y}_1)(e/2 - l_1)}{l} - C_1 Y_1 + C_2 Y_2 + P_{рез} \cos \delta \right] = \\ = Q \cos \omega \tau, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{P}{g} \left[\ddot{z}_2 + \frac{(\ddot{z}_2 - \ddot{z}_1)(l_1 + b/2)}{l} - d_1 z_1 + d_2 z_2 + P_{рез} \sin \delta \right] = \\ = Q \sin \omega \tau, \end{aligned}$$

где P - вес шпиндельного узла; g - ускорение земного тяготения; B - высота круга, l_1 - длина консоли круга, l - межопорное расстояние, Y_1, Y_2, Z_1, Z_2 - упругие перемещения оси шпинделя в горизонтальном и вертикальном направлении соответственно в каждой из опор.

$P_{рез}$ - равнодействующая составляющих сил резания, Q - неуравновешенная центробежная сила, вызванная дисбалансами шлифовального круга; C_1, C_2, d_1, d_2 - соответственно жесткость опор шпинделя в горизонтальном и вертикальном направлении; δ - угол наклона силы резания к горизонтальной плоскости; ω - угловая скорость вращения шлифовального круга, τ - время шлифования.

Частное решение системы (11) представляет вынужденные колебания шпинделя с кругом и имеет вид

$$\begin{aligned} Y_1 = Y_{10} + A \cos \omega \tau; & \quad Y_2 = Y_{20} + E \cos \omega \tau \\ Z_1 = Z_{10} + C \sin \omega \tau, & \quad Z_2 = Z_{20} + D \sin \omega \tau \end{aligned} \quad (12)$$

где $Y_{10}, Y_{20}, Z_{10}, Z_{20}$ - перемещения оси шпинделя в плоскостях опор, под действием силы резания $P_{рез}$ и веса шпиндельного узла P ; A, E, C, D - амплитуды вынужденных колебаний шпиндельного узла.

Исключив параметр τ из (12), получим траекторию движения точек оси шпинделя в плоскостях опор, которая описывается уравнениями

$$\frac{(Y_1 - Y_{10})^2 \Delta^2}{\Delta A^2} + \frac{(Z_1 - Z_{10})^2 \Delta^2}{\Delta C^2} = 1, \quad (13)$$

$$\frac{(Y_2 - Y_{20})^2 \Delta^2}{\Delta B^2} + \frac{(Z_0 - Z_{20})^2 \Delta^2}{\Delta C^2} = 1,$$

где Δ - определитель системы алгебраических уравнений, полученных в результате подстановки решений (12) в систему уравнений (11) и сравнения коэффициентов; ΔA , ΔE , ΔC и ΔD - определители, полученные из определителя Δ системы заменой последовательно каждого его столбца на столбец $Q - Q - 0 - 0$.

Равенства (13) представляют собой канонические уравнения эллипсов. Это свидетельствует о том, что каждая точка оси шпинделя описывает в пространстве эллипс. Режущая линия шлифовального круга периодически прижимается и удаляется от заготовки в течение каждого оборота, вызывая изменение глубины резания и вышлифовывая больше материала в случае прижатия круга к заготовке и меньше материала в случае удаления круга от заготовки.

При равномерном вращении заготовки и шлифовального круга и кратности частот вращения круга n_k и заготовки n_3 (при $n_k/n_3 =$ целому числу) возникает погрешность в поперечном сечении заготовки в виде огранки с числом граней $r = n_k/n_3$ и шагом граней по окружности $t = \pi d n_3 / n_k$, где d - диаметр детали после обработки.

В случае некрatности частот вращения n_k и n_3 то есть при $n_k/n_3 \neq$ целому числу, происходит дробление огранки, образовавшейся на первом обороте заготовки, на более мелкие грани. Численную величину огранки можно определить как разность максимальных и минимальных упругих перемещений шлифовального круга и заготовки.

В продольном сечении заготовки образуются наклонные вышлифованные участки на обработанной поверхности детали, в виде наклонных желобов. Для уменьшения погрешностей формы шлифованных деталей как в поперечном, так и продольном направлениях, необходимо тщательно балансировать шлифовальный круг без снятия его со станка, включать подачу смазочно-охлаждающей жидкости только после включения вращения круга, чтобы не происходила неравномерная пропитка круга СОЖ по всему объему. Дальнейшее изучение подраздела 3.11.6 рекомендуется по источнику [10, с. 113-149].

3.11.7. Суммарная погрешность обработки

Суммарная погрешность механической обработки возникает вследствие векторного сложения элементарных погрешностей, вызванных упругими деформациями элементов технологической системы, износом инструмента, тепловыми деформациями системы, геометрическими неточностями станка, погрешностью установки и настройки станка на размер. Суммирование элементарных погрешностей можно выполнять подобно определению допуска на замыкающее звено, то есть как было отражено в третьем разделе настоящих методических указаний. Суммарную погрешность можно определить по методу максимума-минимума или вероятностным методом. В первом случае суммарная погрешность обработки

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_y + \varepsilon + \Delta_H + \Delta_I + \Delta T + \Sigma\Delta_{\phi} \quad (14)$$

где Δ_y , ε , Δ_H , Δ_I , ΔT , $\Sigma\Delta_{\phi}$ - элементарные погрешности, вызванные упругими деформациями, погрешностью установки, настройки станка на размер, износом инструмента, тепловыми деформациями и геометрическими неточностями станка.

Расчет суммарной погрешности по (14) прост, однако численные значения ее получаются завышенными.

При определении величины Δ по вероятностному методу, она равна

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_y^2 + \varepsilon^2 + \Delta_H^2 + 3\Delta_I^2 + 3\Delta T^2} + \Sigma\Delta_{\phi} \quad (15)$$

Формула (15) справедлива, если технологическая операция для всей партии заготовок осуществляется на одном станке. В случае использования нескольких станков для выполнения одной и той же операции, последний член $\Sigma\Delta_{\phi}$ необходимо вводить под корень квадратный. Найденная суммарная погрешность должна быть меньше допуска на рассматриваемый размер, т.е. $T \geq K_1\Delta$, где K_1 - коэффициент запаса, который больше единицы.

Изучая четвертый раздел, кроме глубокого усвоения программных вопросов, необходимо научиться практически решать технологические задачи по определению погрешности базирования и др. элементарных погрешностей, а также по расчету суммарной погрешности обработки. Для этой цели необходимо тщательно проработать не только теоретический материал настоящих указаний и рекомендованной учебной литературы, но и решение задач по источнику [6, с. 65-68].

Основные пути повышения точности обработки вытекают из зависимостей, которые характеризуют элементарные погрешности. Чтобы повысить точность, нужно применять такие схемы базирования и закрепления, которые обеспечивают совпадение технологической и измерительной базы, а

также минимальные контактные деформации в стыках базовых поверхностей заготовки с установочными элементами приспособления.

Необходимо повышать собственную жесткость технологической системы, для этого надо контролировать и своевременно регулировать зазоры в подшипниковых узлах шпинделей и в подвижных исполнительных органах станков, использовать материалы с большим модулем упругости, износостойких инструментальных материалов. Это позволяет уменьшать износ режущего инструмента, а следовательно, и погрешность обработки, вызванную износом.

Более точные станки обеспечивают и более точную обработку, поэтому в прецизионном машиностроении используют высокоточные металлорежущие станки класса А и С. Очень важно не только уменьшать, но и выравнивать температуру различных узлов станков, для этого применяют новые материалы для шпиндельных и др. узлов станков, например, керамику, углепластики и др., имеющие небольшой коэффициент линейного расширения. Это позволяет существенно уменьшить тепловые деформации системы и тем самым повысить точность обработки. Этому способствует также применение смазочно-охлаждающих жидкостей, уменьшающих трение в зоне резания, являющееся одним из основных источников тепловыделения в зоне обработки.

В нанотехнологии, где геометрические параметры деталей после обработки, измеряется единицами, десятками нанометров (1 нанометр = 10^{-9} метра), станки изолируют от окружающей среды, чтобы избежать ее влияние на ход технологического процесса.

Точность обработанных поверхностей деталей зависит также точностью настройки инструмента на размер, которую можно повысить применением более точных измерительных приборов при настройке, а также применением автоматических подналадчиков, корректирующих пространственное положение режущего инструмента относительно заготовки.

Для уменьшения уровня вибрации элементов технологической системы, влияющей на геометрическую точность обработанных деталей, необходимо тщательно балансировать быстровращающиеся элементы станков (например, шлифовальные круги) и стабилизировать припуск и разброс твердости не только в объеме одной заготовки, но и в пределах всей партии заготовок, запущенной одновременно в производство.

3.12. Вопросы для самопроверки усвоения четвертого раздела.

1. Что понимается под точностью размеров деталей? Приведите примеры.

2. Что понимается под точностью формы в поперечном и продольном сечениях детали? Приведите примеры.

3. Что понимается под точностью относительного расположения поверхностей детали? Приведите примеры. Как обозначается на рабочем чертеже то или иное требование по точности взаимного расположения поверхностей детали?

4. Охарактеризуйте установку заготовки в приспособление станка в последовательности ее выполнения. Как нужно прикладывать усилие закрепления к заготовке. Приведите пример.

5. Что понимается под настройкой технологической системы, для чего она нужна и когда она применяется?

6. Что представляет из себя обработка заготовки, приведите пример.

7. Что называется погрешностью установки заготовки в приспособление, в чем ее суть?

8. Напишите формулу погрешности установки, проанализируйте ее, найдите пути уменьшения погрешности установки.

9. Назовите доминирующие факторы, действующие в технологической системе и влияющие на точность обработки.

10. Что представляет собой жесткость технологической системы в целом и жесткость ее составных элементов?

11. Назовите виды жесткости, приведите формулы для ее определения и единицы измерения?

12. Постройте график жесткости и укажите какую информацию он несет и где она может быть использована?

13. Охарактеризуйте жесткость заготовки, приведите формулы для различных схем установки заготовки в приспособление.

14. Изложите суть методов измерения статической и динамической жесткости технологической системы и ее элементов.

15. Как определить жесткость технологической системы, если известна жесткость ее элементов в процессе одноинструментной токарной обработки вала?

16. Рассчитайте погрешность обработки (абсолютную и относительную), вызванную упругими деформациями элементов технологической системы при точении на токарном станке консольно закрепленной заготовки.

17. Рассчитайте погрешность обработки из-за упругих деформаций вала, при обтачивании его в центрах.

18. Что такое технологический эскиз механической обработки заготовки на станке? Как его следует оформлять на чертеже?

19. Что такое реальная схема обработки заготовки и как она заменяется расчетной схемой?

20. Как строится эпюра упругих деформаций технологической системы, для чего она нужна?

21. Изложите методику расчета элементарной погрешности обработки, вызванной упругими деформациями технологической системы?

22. Что называется износом режущего инструмента при механической обработке? Причины износа и его влияние на точность детали.

23. Что такое начальный и относительный износ, напишите общую формулу для численного определения износа.

24. Напишите и проанализируйте формулу износа при точении.

25. Напишите и проанализируйте формулу износа при фрезеровании.

26. Напишите и проанализируйте формулу износа при строгании и протягивании.

27. Изложите методику расчета элементарной погрешности механической обработки, вызванной износом режущего инструмента.

28. Что такое геометрические неточности станка, приведите примеры.

29. Какие погрешности у деталей вызывает та или иная геометрическая неточность станка?

30. Какая форма в продольном сечении вала получается, если вершина резца при его обтачивании перемещается не параллельно оси вала?

31. Какая форма вала возникнет при его продольном точении, если вершина резца перемещается с погрешностью с вертикальной плоскости.

32. Какую погрешность и почему вызывают тепловые деформации элементов технологической системы?

33. Что такое настройка станка (режущего инструмента) на размер? Для чего она нужна? Что такое настроечный размер?

34. Какие методы настройки инструмента на размер известны? В чем их суть?

35. Как рассчитать погрешность обработки из-за неточности настройки инструмента на размер при различных методах?

36. Назовите причины возникновения вибрации в технологической системе, на что они влияют?

37. Опишите вибрацию шпиндельного узла шлифовального станка и охарактеризуйте траекторию перемещения оси шпинделя в опорных плоскостях под действием внешнего динамического воздействия.

38. Какая форма образуется в поперечном сечении шлифованной детали, если шлифовальный круг имеет дисбалансы?

39. Какая форма образуется в продольном сечении детали, шлифованной неуравновешенным кругом?

40. Что понимается под остаточными напряжениями в материале заготовки? На что они влияют?

41. Что такое суммарная и элементарная погрешности обработки? Какая связь между ними?

42. Напишите формулу суммарной погрешности обработки, для чего она рассчитывается?

43. Изложите основные технологические пути уменьшения погрешностей деталей при механической обработке.

3.13. Программа пятого раздела

Достижение требуемых свойств материала детали.

Качество продукции, показатели качества. Качество детали: геометрия обработанных поверхностей, физико-механические свойства поверхностного слоя (остаточные напряжения, прижоги, микротвердость и микроструктура). Влияние качества детали на ее эксплуатационные свойства. Изменение свойств материала заготовки в ходе технологического процесса механической обработки заготовки. Требования к качеству материала исходной заготовки. Формирование требуемых свойств материала заготовки на финишных операциях.

3.14. Пояснения и методические указания по изучению пятого раздела.

Свойства деталей и машины в целом, заложенные в рабочих чертежах должны достигаться на протяжении всего производственного процесса их изготовления, сборки, контроля и испытания.

Качество продукции - совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением (ГОСТ 15467-79).

В современных условиях качество продукции охватывает не только потребительские, но и технологические свойства, конструкторско-художественные особенности, надежность, уровень стандартизации и унификации деталей и узлов и др.

Качество машин характеризуется рядом показателей (ГОСТ 1546-79), которое можно разделить на следующие три группы.

1. Технологический уровень, определяющий степень совершенства машины: мощность, КПД, производительность, экономичность и др.

2. Производственно-технологические показатели (или показатели технологичности конструкций), фиксирующие эффективность конструктивных решений с точки зрения обеспечения оптимальных затрат труда и средств на изготовление изделия, его эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт.

3. Эксплуатационные показатели: а) надежность изделия; б) эргономическая характеристика или степень учета комплекса гигиенических, физиологических и других потребностей человека в системе человек - машина - среда; в) эстетическая оценка, т.е. совершенство художественной композиции, внешнее оформление изделия и др.

При оценке качества изделия следует также учитывать степень его патентной чистоты. Показатели качества позволяют дать количественную характеристику всех ее свойств. Различают единичные и комплексные по-

казатели. Единичный показатель (например, экономичность изделия, производительность машины) относится только к одному из свойств. Комплексный показатель характеризует качество по двум или нескольким оцениваемым свойствам. Применяют также интегральный комплексный показатель, оценивающий эффективность машины. Он, в частности, может выражаться отношением общего полезного эффекта от эксплуатации машины к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию за весь период срока службы.

В соответствии с принципами Единой системы государственного управления качеством продукции установлена следующая номенклатура основных групп показателей качества по характеризующим ими свойствам продукции: показатели назначения: показатели надежности (безотказность, долговечность, сохраняемость, ремонтпригодность); эргономические показатели; эстетические показатели; показатели технологичности; показатели транспортабельности; показатели стандартизации и унификации; патентно-правовые показатели; экологические показатели; показатели безопасности.

Уровень качества - относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении показателей качества данного изделия с базовыми значениями соответствующих показателей. Систематическое повышение уровня качества - ответственная задача и конструктора изделия и технолога.

В нашей стране установлены единые и обязательные для всех министерств и ведомств правила аттестации промышленной продукции по двум категориям качества (высшей и первой).

К высшей категории качества относится продукция, которая по технико-экономическим показателям находится на уровне лучших мировых достижений или превосходит их, соответствует требованиям стандартов для вновь разработанной (модернизированной) продукции и отвечает нормативно-техническим документам. Такая продукция должна характеризоваться стабильностью показателей качества, основанной на совершенном техническом уровне изготовления, строгом соблюдении технологической дисциплины и высокой культуре производства. Промышленная продукция высшей категории качества маркируется государственным Знаком качества.

К первой категории качества относится продукция, отвечающая ее нормативно-техническим документам и имеющая зарегистрированное решение государственной аттестационной комиссии.

Продукция, подлежащая аттестации, но не представленная государственной аттестационной комиссии в установленный срок или получившая отказ в аттестации, должна сниматься с производства.

Надежность - свойство изделия сохранять значения установленных параметров функционирования в определенных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность - комплексное свойство, которое в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость в отдельности или в определенном сочетании этих свойств, относящихся как к изделию в целом, так и отдельным его частям.

Количественные параметры надежности определяются набором показателей. Для каждого типа изделий существуют свои рекомендации по выбору показателей надежности (ГОСТ 27.002-83, ГОСТ 27.003-83). Определение показателей надежности тесно связано с понятиями работоспособного состояния и отказа. Работоспособное состояние - это такое состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.

Отказ - это событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта. Для оценки надежности изделий, которые могут находиться в двух возможных состояниях - работоспособном и неработоспособном применяют следующие показатели: среднее время работы до возникновения отказа T_{cp} - наработка до первого отказа; среднее время работы, приходящееся на один отказ; T - наработка на отказ; интенсивность отказов $\lambda(t)$; параметр потока отказов $\omega(t)$; среднее время восстановления работоспособного состояния t_v ; вероятность безотказной работы за время t [$P(t)$]; коэффициент готовности K_r .

В процессе эксплуатации изделий важное значение имеет долговечность их службы. Долговечность - это свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Предельное состояние изделия определяется в зависимости от его схемо-конструктивных особенностей, режима эксплуатации и сферы использования. Показатель, характеризующий долговечность изделия по наработке, называется ресурсом; по календарному времени - сроком службы. Различают ресурс и срок службы до первого капитального ремонта, между капитальными ремонтами, до выбраковки.

Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств конструкции, которые обеспечивают изготовление, ремонт и техническое обслуживание изделия по наиболее эффективной технологии в сравнении с аналогичными конструкциями при одинаковых условиях их изготовления, эксплуатации, при одних и тех же показателях качества.

Состав работ по обеспечению технологичности конструкции изделий на всех стадиях их создания устанавливается Единой системой технологической подготовки производства ЕСТПП. Для каждого понятия технологичности установлены термины и определения (ГОСТ 14.201-83 и ГОСТ 14.205-83).

В ЕСТПП технологичность рассматривается как совокупность свойств конструкции, характеризующих один из показателей качества изделия.

Единым критерием технологичности конструкции изделия является ее экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства. Обязательность отработки конструкций изделий на технологичность на всех стадиях их создания устанавливается стандартами ЕСТПП.

Различают производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность конструкции изделий (ТКИ).

Производственная ТКИ проявляется в сокращении средств и времени на конструкторскую подготовку производства (КПП); технологическую подготовку производства; процессы изготовления, в том числе контроль и испытания; монтаж вне предприятия-изготовителя.

Эксплуатационная ТКИ проявляется в сокращении средств и времени на подготовку к использованию изделия по назначению и технологическое и техническое обслуживание, текущий ремонт, утилизацию.

Ремонтная технологичность проявляется в сокращении средств и времени на все виды ремонтов, кроме текущего.

Главными факторами, определяющими требования к ТКИ, являются вид изделия, объем выпуска, тип производства.

Существует два вида оценки технологичности конструкции изделий: качественная и количественная.

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции на основе опыта исполнителя. Качественная сравнительная оценка вариантов конструкции допустима на всех стадиях проектирования, когда осуществляется выбор лучшего структурного решения и не требует определения степени различия технологичности сравниваемых вариантов. Качественная оценка при сравнении вариантов конструкции в процессе проектирования изделия предшествует количественной и определяет целесообразность количественной оценки и соответственно - затрат времени на определение числовых значений показателей технологичности сравниваемых вариантов.

Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается показателем, числовое значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции. Количественная оценка технологичности конструкции изделия зависит от признаков, которые существенно влияют на технологичность рассматриваемой

конструкции. Цель количественной оценки технологичности разрабатываемой конструкции изделия - обеспечение эффективной отработки изделия на технологичность при снижении затрат средств и времени на ее разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, монтаж вне предприятия-изготовителя.

Методика определения показателей качества приведена в источнике [3, с. 29-42]. При изучении материала, касающегося расчета численных значений показателей качества, рекомендуется твердо усвоить расчет трудоемкости изготовления изделия, его материалоемкости, себестоимости, коэффициентов точности и шероховатости.

При изучении подраздела «Качество детали» понимают геометрические характеристики обработанных поверхностей деталей (шероховатость, волнистость, форму в продольном и поперечном сечениях, взаимное расположение одной какой-то поверхности детали относительно другой), а также физико-механические свойства поверхностного слоя (прижоги, остаточные напряжения, фазовые и структурные превращения и др.).

Выше упомянутые вопросы, а также влияние качества детали на ее эксплуатационные свойства рекомендуется прорабатывать по [1, с. 117-149].

Качественная деталь получается только в том случае, если на каждой из технологических операций обеспечивается выполнение всех требований, указанных в рабочем чертеже заготовки и готовой детали.

В этой связи роль технолога, проектирующего и реализующего технологический процесс изготовления детали резко возрастает, поскольку от уровня его профессионализма зависит не только выпуск качественной продукции, но и ее себестоимость. Последнее обстоятельство особенно важно при работе в условиях рыночной экономики.

При решении вопроса выпуска качественной и конкурентоспособной продукции технолог анализирует всю технологию, начиная от операции получения заготовки и кончая операцией контроля, уделяя главное внимание применяемым технологическим методам и средствам производства, способным обеспечить требуемое качество при наименьшей себестоимости. Особая роль здесь принадлежит финишным (окончательным) операциям, при выполнении которых достигаются окончательно все показатели качества деталей. Формирование требуемых свойств материала заготовки на финишных операциях методами технологического воздействия рассмотрено в [1, с. 136-139].

3.15. Вопросы для самопроверки усвоения пятого раздела

1. Охарактеризуйте значение и дайте определение качества продукции по ГОСТ 15467-79. Роль стандартизации в обеспечении высокого качества продукции.

2. Назовите три группы показателей качества (ГОСТ 15467-79).

3. Охарактеризуйте показатели, определяющие степень совершенства машины (мощность, КПД, производительность, экономичность).

4. Назовите производственно-технологические и эксплуатационные показатели качества.

5. Изложите правила аттестации промышленной продукции по двум категориям качества (высшей и первой).

6. Дайте определение надежности изделий и охарактеризуйте количественные показатели надежности (среднее время работы до возникновения отказа, наработка до первого отказа, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности и др.).

7. Комплексность понятия надежности изделия, включающей безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

8. Что такое долговечность изделия?

9. Чем характеризуется ремонтпригодность изделия?

10. Что такое ресурс работы и срок службы изделия?

11. Что называется микрогеометрией поверхности, каково ее влияние на эксплуатационную надежность изделия.

12. Как рассчитать параметры шероховатости поверхности по ГОСТ 25142-82 (Ст.СЭВ 1156-78)?

13. Что называется волнистостью поверхности и погрешностью формы в продольном и поперечном сечениях детали?

14. Чем определяется физико-механическое состояние поверхностного слоя?

15. Что называется прижогом в поверхностном слое обработанной детали? Изложите пути устранения прижогов при механической обработке.

16. Что называется остаточными напряжениями (ОН) в поверхностном слое, какие ОН называются технологическими?

17. Как влияют остаточные напряжения и прижоги на эксплуатационную надежность деталей?

18. Какова методика измерения прижогов и остаточных напряжений в поверхностном слое деталей?

19. Какими технологическими методами достигаются в поверхностном слое сжимающие остаточные напряжения?

20. Что такое искусственное и естественное «старение» заготовок, для чего оно применяется?

21. Как изменяются свойства поверхностного слоя деталей при механической обработке?

22. Какие свойства материала заготовки обеспечиваются на финишных операциях? Назовите технологические методы, которые позволяют получить качественный поверхностный слой на финишных операциях.

3.16. Программа шестого раздела

Теория размерных цепей.

Основные понятия и определения. Классификация размерных цепей. Методика выявления конструкторских и технологических размерных цепей. Основное уравнение размерной цепи. Погрешность замыкающего звена. Решение размерных цепей по методу максимума-минимума и вероятностному методу. Решение прямой и обратной задачи. Пути повышения точности замыкающего звена: уменьшением поля допуска на составляющие звенья, числа составляющих звеньев, величины передаточных отношений. Методы достижения точности замыкающего звена: полной, неполной, групповой взаимозаменяемости, пригонки и регулировки.

3.17. Пояснения и методические указания по изучению шестого раздела.

Материал шестого раздела подробно изложен в [9, Часть 2, с. 550-633]. Здесь же приведены конкретные практические примеры решения задач по размерным цепям. Поэтому рекомендуется проработка вышеназванного источника при самостоятельной подготовке к выполнению контрольного задания по технологии машиностроения.

3.18. Вопросы для самопроверки усвоения шестого раздела.

1. Что называется размерной цепью. Какие технические задачи решаются с помощью размерных цепей.

2. Какие размерные цепи знаете? Что называется замыкающим звеном и составляющими звеньями?

3. Какие звенья называются увеличивающими и уменьшаемыми?. Напишите основное уравнение размерной цепи.

4. Какие методы решения размерных цепей известны?

5. На основании каких формул решаются размерные цепи по методу максимума и минимума?

6. Какие формулы используются при решении размерных цепей по вероятностному методу?

7. Как решается прямая задача размерной цепи?

8. Как решается обратная задача размерной цепи?

9. Какие методы достижения точности замыкающего звена известны?

10. В чем суть метода полной и неполной взаимозаменяемости, когда он используется?

11. В чем суть метода групповой взаимозаменяемости, область его применения?

12. Как выявляются конструкторские и технологические размерные цепи?

13. В чем суть метода пригонки?

14. В чем суть метода регулировки?

3.19. Программа седьмого раздела

Информационное обеспечение производственного процесса. Понятие об информации. Назначение и роль технологической информации в производственном процессе. Информационный процесс на рабочем месте. Информационные задачи, их возникновение и решение в неавтоматизированном и автоматизированном производственном процессе. Управление ходом производственного процесса.

3.20. Пояснения и методические указания по изучению седьмого раздела

Без информации о ходе производственного процесса изготовления продукции невозможно решать задачи, связанные с выпуском качественной и конкурентоспособной продукции. Поэтому получению достоверной информации на рабочем месте придается первостепенное значение как в автоматизированном, так и неавтоматизированном производстве.

При изучении этого раздела рекомендуется усвоить материал по [7, с. 25-40] кривые распределения погрешностей обработки на металлорежущих станках и оценку точности обработки на их основе. Статистический метод оценки точности применим в условиях производства большого числа одинаковых деталей, обрабатываемых на настроенных станках.

Непрерывную информацию о ходе технологического процесса получают на основе точечных и точностных диаграмм. Применение кривых распределения, точечных и точностных диаграмм подробно изложено в [1, с.23-37]. На основании информации о точности обрабатываемых поверхностей возникают задачи корректировки хода технологического процесса. В автоматизированном производстве для этого вводят в технологическую систему приборы активного контроля, которые непрерывно контролируют размер обрабатываемой поверхности. Как только размер попадает в поле допуска, прибор активного контроля подает электрический сигнал на остановку процесса обработки. Применяются успешно также автоподладчики, поднастраивающиеся системы, которые по мере износа режущего инструмента и увеличения размеров выходящих из зоны обработки деталей подается электрический сигнал на подвод режущей вершины резца или шлифовального круга по направлению к обрабатываемой заготовки.

3.21. Вопросы для самопроверки усвоения седьмого раздела

1. Что называется информацией?
2. Как получают информацию на рабочем месте?
3. Какие задачи решают с помощью информации, поступающей с конкретной технологической операции?

4. Что такое поток информации, где он используется?
5. Как осуществляется управление ходом производственного процесса на основе непрерывно поступающей информации о его протекании?
6. Какие кривые распределения показателей точности и качества известны?
7. Как строят точностные диаграммы?
8. Для чего служат средства активного контроля?
9. Как работают автоподладчики и адаптивные системы?
10. Какую роль играют системы адаптивного контроля?

3.22. Программа восьмого раздела

Обеспечение эффективности производственного процесса. Затраты времени на выполнение технологической операции, технологического процесса, производственного процесса. Фонд времени. Норма времени, норма выработки. Штучное, штучно-калькуляционное время. Нормирование операций. Цикловые, внецикловые потери рабочего времени. Сокращение цикла обработки изделия. Обеспечение ритмичности работы производства. Автоматизация производственных процессов. Трудоресурсосберегающая технология.

3.23. Пояснения и методические указания по изучению восьмого раздела

Трудоемкость выполнения технологических операций является критерием эффективности технологического процесса и определяется на основе технически обоснованных норм рабочего времени (ГОСТ 3.1109-82).

Норма времени - регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Норма выработки - регламентированный объем работы, которая должна быть выполнена в единицу времени в определенных организационно-технических условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Время, которое необходимо затратить рабочему на выполнение одной технологической операции в расчете на одну деталь носит название штучного времени. Штучное время представляет собой затраты времени на технологическую операцию в массовом и единичном производстве.

Для серийного производства время на выполнение операции называется штучно-калькуляционным временем.

Затраты времени на технологический процесс механической обработки - это сумма времени на выполнение всех технологических операций, входящих в технологический процесс. Сумма времени, необходимого на выполнение всех технологических процессов представляет собой затраты

времени на производственный процесс, включающий в себя технологические процессы.

Нормированием операции называется процесс определения штучного или штучно-калькуляционного времени.

Имеются три метода установления норм времени: на основе изучения затрат рабочего времени наблюдением; по нормативам; сравнением и расчетом по типовым нормам. При первом методе норму времени устанавливают путем изучения затрат времени непосредственно в производственных условиях на рабочих местах. Этот метод используют для обобщения передового опыта и для разработки нормативов. При втором методе производят расчет длительности операции, используя нормативы длительности выполнения отдельных элементов работы (операции). При третьем методе нормирование операции осуществляется приближенно с использованием типовых норм. Первые два метода нормирования применяют в серийном и массовом производствах, третий - в единичном и мелкосерийном.

В автоматизированном производстве время обработки одной детали (цикл) равен

$$T_{ц} = T_{р.х.} + T_{х.х.},$$

где $T_{р.х.}$, $T_{х.х.}$ - время на выполнение рабочих и холостых ходов. Время холостых ходов считается потерей рабочего времени, так как при выполнении холостых ходов обработка не производится. Время холостых ходов исполнительных органов станков входит во время цикла и поэтому называется цикловыми потерями.

Кроме цикловых существуют внецикловые потери, которые вызваны организационными недостатками (не подали во время заготовки для обработки, аварийное отключение электроэнергии и др.). Внецикловые потери приводят к неритмичности работы производства, поэтому их надо устранять. Надежно и автоматически действующее оборудование позволяет сократить цикловые и внецикловые потери времени и обеспечивает высокую производительность при выполнении технологических операций.

Автоматизация производственных процессов позволяет реализовать трудосберегающие технологии, повысить качество и снизить себестоимость изделий. Методику нормирования технологических операций рекомендуется изучить по [3, с. 21-23].

3.24. Вопросы для самопроверки усвоения восьмого раздела

1. Что понимается под фондом рабочего времени и времени работы оборудования?
2. Что называется штучным и штучно-калькуляционным временем?
3. Как определяется штучное время на технологическую операцию?
4. Как определяется штучно-калькуляционное время на технологическую операцию?

5. Что такое норма времени и норма выработки?
6. Что понимается под нормированием технологической операции? Какие три метода определения норм времени известны?
7. Что представляет собой цикл обработки, где он используется?
8. Какие потери времени называются цикловыми?
9. Что представляют собой внецикловые потери?
10. Как обеспечивается ритмичность производства?
11. В чем суть трудосберегающей технологии?

3.25. Программа девятого раздела.

Исходные данные для разработки технологического процесса сборки.

Этапы разработки технологического процесса сборки. Изучение служебного назначения машины, рабочих чертежей, норм точности. Критический анализ соответствия норм точности служебному назначению. Выбор формы организации производственного процесса сборки машины. Выбор методов и средств достижения точности замыкающего звена. Выявление технологических и конструкторских размерных цепей и их расчет. Разработка последовательности сборки машины. Построение схемы сборки. Назначение переходов, объединение их в операцию. Выбор средств облегчения труда. Нормирование сборочных операций.

3.26. Пояснения и методические указания по изучению девятого раздела.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки является базовая, руководящая и справочная информация.

Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на собираемое изделие, программа выпуска данного изделия и существующая технология сборки в условиях базового завода. Руководящей информацией являются данные, содержащиеся в стандартах всех уровней на технологические процессы и методы управления ими, оборудование и оснастку; в производственных инструкциях документации на действующие и перспективные единичные, типовые и групповые технологические процессы; в классификаторах технико-экономической информации; в материалах по выбору технологических нормативов (режимов сборки, норм времени, затрат труда и др.); в документации по технике безопасности и промышленной санитарии. Справочная информация включает данные, содержащиеся в технологической документации опытного производства; в каталогах, паспортах, справочниках, альбомах прогрессивных средств технологического оснащения сборки; в описаниях прогрессивных способов сборки; в планировках сборочных участков; в методических материалах по проектированию и управлению процессов сборки; в прогнозах научно-технического прогресса и планах повышения техниче-

ского уровня сборочного производства. Этапы разработки технологического процесса сборки подробно рассмотрены в [5, с. 201-236 и 12], поэтому вышеупомянутые вопросы девятого раздела рекомендуется изучить по вышеназванному источнику [5 и 12].

3.27. Вопросы для самопроверки усвоения девятого раздела.

1.Какая информация входит в исходные данные для проектирования технологического процесса сборки?

2.Какие основные этапы разработки технологического процесса сборки?

3.Как проводят анализ исходных данных для разработки технологического процесса сборки?

4.Изложите методику расчета такта и ритма сборки, определения типа производства и организационной формы сборки?

5.Какие существуют методы достижения точности замыкающего звена?

6.Как выявляются конструкторская и технологическая размерная цепь?

7.Как анализируется собираемое изделие на технологичность?

8.Изложите методику выбора схемы базирования собираемых деталей при сборке?

9.Как разрабатывается технологический маршрут сборки?

10.Как разрабатывается технологическая операция сборки?

11.Как вычеркивается схема сборки?

12.Как осуществляется нормирование сборочной операции?

3.28. Программа десятого раздела.

Исходные данные для разработки технологического процесса изготовления детали. Этапы проектирования технологического процесса механической обработки детали. Изучение и анализ исходной информации. Определение типа и организационной формы производства. Выбор метода получения заготовки. Качественная и количественная оценка технологичности детали. Выбор баз. Составление маршрута обработки и выбор оборудования.

Разработка технологической операции механической обработки. Расчет припусков на механическую обработку. Расчет режимов резания. Нормирование технологических операций механической обработки.

3.29. Пояснения и методические указания по изучению десятого раздела.

Изучение этого раздела рекомендуется по [1, с. 227-277] и [3, с. 79-88]. Особое внимание следует уделить определению типа производства, так как от типа производства зависит построение самой технологии. Тип производства определяют ориентировочно либо более точно по коэффициенту закрепления операций. При решении контрольного задания по дисциплине

«Основы технологии машиностроения» студентам разрешается определять тип производства ориентировочно по массе детали и программе выпуска в год в соответствии с таблицей 1.

Тип производства по коэффициенту закрепления операций студенты будут определять в процессе выполнения последующего контрольного задания и выполнения курсового и дипломного проекта. Следует серьезно отнестись к выбору схемы базирования и закрепления, так как от правильности решения этого вопроса зависит точность получаемых размеров детали. Перечисленные выше этапы проектирования, начиная с изучения и анализа исходных данных и кончая нормированием операций рекомендуется выполнять по [8, т. 1 и 2], [2, 4,11-13].

Таблица 1

Тип (вид) машиностроительного производства	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования и типоразмера		
	крупных тяжелых большой трудоемкости с массой свыше 30 кг	средних размеров и трудоемкости массой от 8 до 30 кг	небольших легких малотрудоемких массой до 8 кг
Единичное (индивидуальное)	< 5	< 10	< 100
Мелкосерийное	5÷100	10÷200	100÷500
Среднесерийное	100÷300	200÷500	500÷5000
Крупносерийное	300÷1000	500÷5000	5000÷50 000
Массовое	> 1000	> 5000	> 50 000

После выполнения названных этапов студент оформляет комплект документов на 2-3 операции технологического процесса механической обработки детали в соответствии с указаниями [11-13]

3.29. Вопросы для самопроверки усвоения десятого раздела

1. Перечислите исходные данные для разработки технологического процесса механической обработки детали.

2. Назовите основные этапы проектирования технологического процесса механической обработки детали.

3. Как анализируются исходные данные для проектирования технологического процесса механической обработки детали?

4. Что такое коэффициент закрепления операций и как он влияет на выбор типа производства?

5. Как проводят экономическое обоснование выбора метода получения заготовки?

6. Назовите показатели, характеризующие технологичность детали.

7. Как выбираются черновые и чистовые базы?

8. Как выбирается металлорежущее оборудование для обработки детали?

9. Как составляется технологический маршрут механической обработки детали?

10. Как нормируют технологические операции механической обработки детали?

4. Методические указания по выполнению контрольных заданий

Прежде чем приступить к выполнению контрольного задания необходимо прочесть соответствующие разделы по настоящим методическим указаниям, приобрести рекомендуемую учебную и справочную литературу. Проработать соответствующий раздел и убедившись по ответам на вопросы для самопроверки в твердом усвоении материала, можно приступать к решению задачи контрольного задания по проработанному разделу.

Аналогично поступают и с задачами других разделов.

В состав контрольного задания по дисциплине «Основы технологии машиностроения» входит решение 5 задач, разработка технологического маршрута сборки и схемы сборки узла, а также разработка технологического маршрута процесса механической обработки конкретной детали.

При решении задач рекомендуется использовать [6, 11, 12], где приведены контрольные примеры их решения, разработки маршрутов сборки и механической обработки детали.

Для оформления маршрутных карт на обработку детали рекомендуется использовать [13]. В маршрутную технологию должны входить формы: [13, приложение 7 (с.27)], маршрутные карты по форме 1, ГОСТ 1118-82 (13, с. 28,29)] и контроля по форме 2, ГОСТ 3.1502-85 [13, с. 55].

5. Варианты контрольных заданий

Номер варианта студент выбирает по двум последним цифрам своего шифра.

Номер варианта 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Две последние

цифры шифра 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15

Номера задач, которые необходимо решить в зависимости от номера выбранного варианта, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Номер варианта	Номера задач по источнику [6]								
	по теоретическим разделам курса					по сборке		по механической обработке	
1	1.1	1.19	1.27	1.45	1.77	3.2, рис.3.3		3.22, МП	
2	1.2	1.20	1.28	1.46	1.79	3.2, рис.3.4		3.22, МСП	
3	1.4	1.22	1.29	1.47	1.80	3.2, рис.3.5		3.21, ССП	

4	1.5 1.23 1.31 1.48 1.81	3.3, рис.3.6	3.21, КСП
5	1.7 1.24 1.32 1.49 1.82	3.3, рис.3.7	3.21, МП
6	1.8 1.25 1.33 1.50 1.83	3.3, рис.3.8	3.23, ССП
7	1.9 1.43 1.34 1.52 1.84	3.2, рис.3.7	3.23, КСП
8	1.10 1.44 1.35 1.53 1.85	3.2, рис.3.8	3.24, МСП
9	1.11 1.32 1.36 1.54 1.79	3.4, рис.3.9	3.24, ССП
10	1.12 1.29 1.37 1.55 1.82	3.8, рис.3.9	3.24, МП
11	1.14 1.27 1.38 1.56 1.83	3.18, табл. 3.6	3.25, ЕП
12	1.19 1.28 1.39 1.57 1.80	3.2, рис.3.6	3.25, КСП
13	1.20 1.24 1.40 1.59 1.79	3.2, рис.3.7	3.25, МП
14	1.21 1.25 1.41 1.63 1.77	3.2, рис.3.8	3.26, МСП
15	1.22 1.20 1.42 1.64 1.81	3.2, рис. 3.3	3.27, КСП

Примечание: МП - массовое производство, КСП - крупносерийное производство, ССП - среднесерийное производство, МСП - мелкосерийное производство, ЕП - единичное производство.

Условия задач, приведенных в табл. 2, даны в [6].

Контрольные задания оформляются в виде пояснительной записки, сброшюрованной из листов формата А4 со сквозной нумерацией страниц.

Перед решением задачи следует должны написать их условия задачи с необходимыми исходными данными и рисунками, затем излагается ход решения с расчетами, схемами и пояснениями. Схема сборки представляется также на листе формата А1, а технологическая документация - на стандартных формах, заполненных черными или синими чернилами. Заполнение указанных выше стандартных форм стандартных форм карандашом не допускается.

Контрольное задание должно быть сдано в деканат заблаговременно, чтобы преподаватель успел его проверить до аттестации студента.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Общие методические указания.....	5
2. Список рекомендуемой литературы.....	6
3. Программа дисциплины «Основы технологии машино- строения», пояснения и методические указания по изучению программного материала. Контрольные вопросы для самопроверки.....	6
4. Методические указания по выполнению контрольных заданий.....	54

5. Варианты контрольных заданий..... 55