

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

Выполнение курсового проекта

Методические указания для студентов очной формы обучения
по направлению подготовки
15.04.02 — Технологические машины и оборудование

Составитель
И. Д. Соколова

Санкт-Петербург
2023

Утверждено
на заседании кафедры МиТМ
15.11.2022 г., протокол № 2

Рецензент А. А. Таразанов

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Технология машиностроения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование». Методические указания предназначены для магистров очной формы обучения для выполнения курсового проекта.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД
в качестве методических указаний

**Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016,
по паролю. — Загл. с экрана.**

**Дата подписания к использованию 14.02.2023 г. Рег. № 5087/22
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб, ул. Ивана Черных, 4.**

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	5
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	6
2.1. Тема курсового проекта.....	6
2.2. Задание на курсовой проект и исходные материалы для проектирования	6
2.3. Основные разделы расчетно-пояснительной записки.....	7
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ УЗЛА.....	8
3.1. Назначение сборочной единицы, описание ее конструкции и анализ технических требований на сборку	8
3.2. Тип производства и метод работы.....	18
3.3. Технологический анализ конструкции узла	20
3.4. Выбор методов обеспечения заданной точности сборки.....	27
3.5. Разработка технологической схемы сборки	32
3.6. Разработка технологического процесса сборки.....	37
3.6.1. Разработка маршрутной и операционной технологий	37
3.6.2. Проектные расчеты	39
3.6.3. Техническое нормирование операций сборки	44
3.6.4. Оформление технологической документации	47
3.7. Графическое представление результатов проектирования	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	69

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по дисциплине «Технология машиностроения» выполняется в ходе учебного процесса на заключительном этапе изучения дисциплины. «Технология машиностроения» является одной из профилирующих дисциплин в учебном плане подготовки магистра-механика ЦБП. Дисциплина завершает цикл машиностроительных дисциплин, суммирующих знания, полученные студентами на предшествующих стадиях обучения. Знание основ технологии машиностроения способствует более глубокому пониманию особенностей процесса сборки оборудования ЦБП и является базой для организации эффективной эксплуатации и ремонта оборудования. Курсовое проектирование систематизирует, углубляет и закрепляет знания, полученные студентом во время теоретических и практических занятий. Курсовое проектирование должно научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, нормами времени и т. д., сочетать умения и навыки, полученные на практических занятиях, с теоретическими знаниями, а также подготовить студента к дипломному проектированию.

Настоящие методические указания имеют цель дополнить теоретический курс практическими приложениями и привить навыки самостоятельной работы при решении профессиональных задач, творческого анализа типовых процессов сборки, разработки технологических схем общей сборки, операционных эскизов и оформления сопутствующей документации.

В методических указаниях приведены цели и задачи курсового проектирования, освещены тематика, состав и объем курсового проекта, описана структура и содержание разделов пояснительной записки, а также на основе действующих стандартов даны общие правила оформления курсовых проектов.

Предназначены для студентов очного обучения по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование».

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект выполняется по теме «Проектирование технологического процесса сборки изделия».

Технологическая подготовка производства изделий предполагает прохождение следующих этапов:

- 1) отработка конструкций изделий (сборочных единиц) на технологичность;
- 2) выбор и заказ исходных заготовок;
- 3) проектирование технологических процессов изготовления деталей и сборки;
- 4) проектирование средств технологического оснащения;
- 5) контроль и управление ходом реализующихся технологических процессов.

Базовый вариант курсового проекта включает проектирование технологического процесса сборки изделия или отдельной сборочной единицы.

При проектировании процессов сборки изделия предварительно выполняют технологический анализ его конструкции и конструкций его деталей, внося изменения, улучшающие их технологичность.

Технологический процесс сборки представляет собой часть производственного процесса, непосредственно связанную с последовательным соединением, взаимным ориентированием и фиксацией деталей и узлов с целью получения готового изделия, удовлетворяющего заданным требованиям.

Технологическая операция сборки представляет собой законченную часть технологического процесса, выполняемую непрерывно над сборочной единицей одним или группой рабочих на одном рабочем месте.

Переход сборочного процесса – законченная часть сборочной операции, выполняемая над определенным сборочным соединением неизменным методом выполнения работы при использовании одних и тех же инструментов и приспособлений.

Цель курсового проектирования – сформировать компетенции обучающегося в области выполнения конструкторско-технологических расчетов и оформления соответствующей документации при проектировании узлов технологического оборудования.

Задачи курсового проектирования:

- анализ существующих и реализованных технологических решений при проектировании узлов технологического оборудования;
- выбор методов достижения заданной точности сборки;
- разработка технологической схемы сборки и пояснения к ней;
- разработка технологической схемы общей сборки и операционных эскизов с оформлением сопутствующей документации.

Основными задачами проектирования являются анализ существующих и реализованных технологических решений и внесения обязательных, но обоснованных предложений по их усовершенствованию. Усовершенствование

ТП может выражаться в повышении производительности труда, например, за счет применения автоматизированного оборудования, в повышении и стабилизации производственно-технологического и эксплуатационного качества изделий, в снижении себестоимости продукции, необходимых мероприятиях по охране труда и окружающей среды.

Таким образом, в курсовом проекте представлены основные функции технологической подготовки машиностроительного производства, что способствует выработке практических навыков их реализации при выполнении проекта.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1. Тема курсового проекта

Курсовое проектирование по технологии машиностроения – комплексная работа студента по созданию технологических процессов (ТП) изготовления машин и их узлов, обоснованному выбору технологических решений.

Работа над проектом должна опираться на последние научные достижения, передовые технологические решения и инновации, использование современных средств оснащения, систем автоматизации производства и проектирования, позволяющих сократить его трудоемкость и оптимизировать проектные решения.

Тему курсового проекта формулируют при выдаче студенту задания на его выполнение.

В качестве темы предлагается проектирование технологии сборки одного узла (сборочной единицы) с числом деталей не более 30. Курсовой проект может быть посвящен решению реальной производственной задачи, в этом случае его тему и содержание руководитель проекта определяет в индивидуальном порядке.

В тематике проектов могут находить отражение результаты научных исследований студентов.

Примеры тем курсовых проектов: проектирование технологического процесса сборки шпиндельного узла токарного станка с ЧПУ модели 16К20Ф3; проектирование технологического процесса сборки ротора одноступенчатой турбины двигателя; проектирование технологического процесса сборки перепускного клапана.

2.2. Задание на курсовой проект и исходные материалы для проектирования

К началу выполнения курсового проекта студент должен иметь следующие материалы: сборочный чертеж узла (изделия) со спецификацией; базовый ТП сборки узла с эскизами выполнения наиболее характерных операций; чертежи деталей, входящих в изделие; технический паспорт изделия.

При выдаче задания руководитель проекта формулирует его тему, указываемую в задании на курсовой проект. Руководитель проекта назначает тип производства для собираемого узла.

2.3. Основные разделы расчетно-пояснительной записки

Курсовой проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка курсового проекта состоит из следующих разделов:

- титульный лист;
- задание;
- содержание;
- введение;
- технологическая часть, в которой должно быть указано: назначение узла в машине, краткое описание его конструкции и анализ технических требований на сборку; тип производства и методы работы; технологический анализ конструкции узла; выбор методов достижения заданной точности сборки; разработка технологической схемы сборки и пояснения к ней; разработка технологического процесса сборки с заполнением карт, техническим нормированием времени по элементам и определением суммарной трудоемкости сборки узла;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения (спецификации деталей изделия, технологическая документация).

Расчетно-пояснительная записка выполняется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210 х 297 мм). Графический материал (чертежи) должен быть представлен на листах формата А1 (594 х 841 мм).

Текст печатается нормальным шрифтом черного цвета. Размер шрифта – 14 (Times New Roman). Межстрочный интервал – 1,5.

Предусматриваются следующие размеры полей:

- левое – 30 мм;
- правое – 10 мм;
- верхнее – 20 мм;
- нижнее – 20 мм.

Рекомендуется производить выравнивание текста по ширине.

Абзацы в тексте начинаются отступом от левого поля. Отступ равен 1,25 см.

Объем курсового проекта:

- расчетно-пояснительная записка, включая приложения – 40-60 страниц формата А4;
- графический материал – 1 лист формата А1.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ УЗЛА

3.1. Назначение сборочной единицы, описание ее конструкции и анализ технических требований на сборку

Каждая сборочная единица (узел) при эксплуатации машины выполняет определенное множество функций. Сначала необходимо выявить функции, выполняемые данной сборочной единицей, и кратко сформулировать ее основное назначение. Описание конструкции узла должно сопровождаться указанием его основных деталей и функций, выполняемых каждой деталью при эксплуатации данной сборочной единицы. Описание должно содержать сведения об основных деталях узла, указанных в его спецификации. По завершении описания конструкции узла следует указать условия его эксплуатации:

- диапазон изменения и характер нагрузок, действующих на узел или возникающих при его эксплуатации (статический, динамический, знакопеременный и т.д.);
- диапазон температур эксплуатации узла и его отдельных деталей;
- диапазон давлений (окружающей среды, рабочего тела), действующих на узел при его эксплуатации;
- характер внешних сред, воздействующих на узел или его отдельные детали при эксплуатации (агрессивный, нейтральный);
- сведения о возможных диапазонах изменения любых параметров, характеризующих специфику эксплуатации данного узла. При невозможности точной оценки условий эксплуатации узла их оценивают приближенно, используя справочную литературу, а также сведения специальных дисциплин.

Пример 1. Описание конструкции задней опоры оси шпиндельного узла токарного станка (рис. 1).

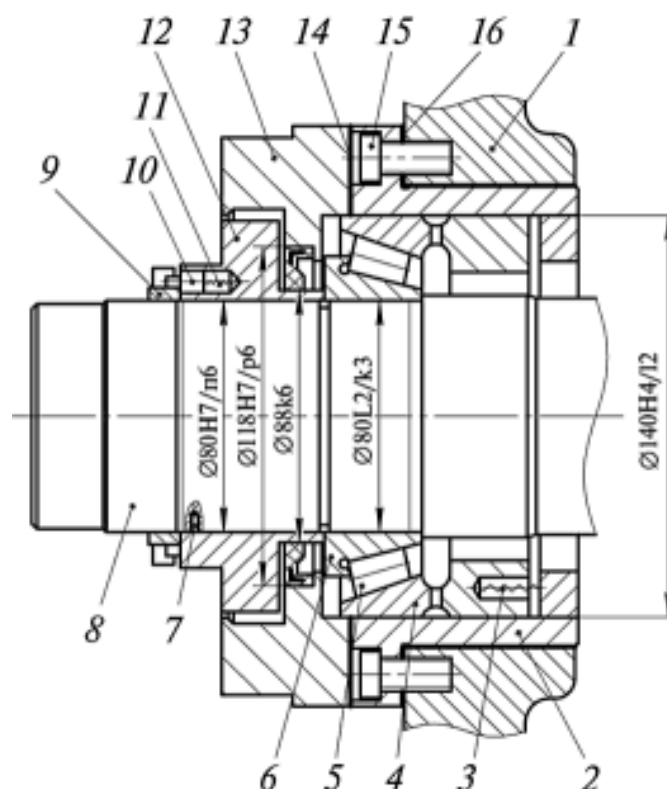


Рис. 1. Задняя опора оси шпиндельного узла токарного станка: 1 – корпус; 2 – фланец; 3 – пружина; 4 – наружное кольцо подшипника; 5 – сепаратор подшипника; 6 – внутреннее кольцо подшипника; 7 – штифт; 8 – шпиндель; 9 – гайка; 10 – фиксатор; 11 – пружина; 12 – втулка; 13 – стакан в сборе; 14 – прокладка; 15 – винт; 16 – прокладка

Задняя опора оси шпиндельного узла предназначена для ориентации шпинделя токарного станка в пространстве и удержания его в требуемом положении в течение всего срока эксплуатации станка. Опора представляет собой прецизионную сборочную единицу, точность посадок ее соединений достигает 2 – 4-го квалитетов ISO.

Основу опоры образует фланец 2, устанавливаемый с гарантированным натягом в корпус 1 шпиндельной бабки. Во фланце 2 по точной посадке ($H4/12$) установлено наружное кольцо конического роликового подшипника 4 с пружинами 3, расположенными по периферии его торца. Положение фланца 2 относительно корпуса регулируют с помощью прокладок 16, после чего фланец закрепляют винтами 15. Внутреннее кольцо конического роликового подшипника 6 напрессовано на шпиндель 8, пропущенный через отверстие опоры. Сепаратор подшипника 5 с роликами размещен между кольцами 4 и 6. Втулка 12 фиксирует подшипник в осевом положении, от проворачивания ее предохраняет штифт 7. Пружины 3 поджимают наружное кольцо подшипника 4 к сепаратору с роликами 5 и внутреннему кольцу подшипника 6.

Стакан в сборе 13 с манжетой предохраняет подшипник опоры от загрязнений и удерживает смазку. Втулку 12 к торцу внутреннего кольца

подшипника 6 поджимает гайка 9, застопоренная подпружиненным фиксатором 10.

Опора оси шпиндельного узла эксплуатируется при динамических нагрузках на шпиндель, определяемых условиями и режимом обработки. Максимальная частота вращения шпинделя 3500 мин^{-1} . Узел эксплуатируется при нормальной температуре окружающей среды ($20 \text{ }^{\circ}\text{C}$). После тепловой стабилизации возможно повышение средней температуры опоры на $20 - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

На сборочном чертеже узла должны быть указаны:

- габаритные размеры (длина, ширина, высота);
- присоединительные размеры (диаметр и длина выступающих частей валов с размерами шпонок или шлицев; диаметр и длина отверстий, центрирующих и направляющих элементов – шпонок, буртиков и т.д.);
- основные расчетные размеры с предельными отклонениями (межосевые расстояния зубчатых и червячных передач; модуль и число зубьев зубчатых и червячных колес; расстояния между центрирующими и направляющими элементами и т.д.);
- размеры сопряжений (диаметры и посадки сопрягаемых цилиндрических поверхностей; диаметры и посадки поршней и штоков гидро- и пневмоцилиндров, плунжеров насосов, толкателей и т.д.).

Характеристики некоторых посадок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики и ориентировочная применяемость посадок в системе отверстия при номинальных размерах от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347-82)

Посадки	Характеристика и ориентировочная применяемость посадок
$\frac{H6}{s5} \text{ } \frac{H6}{r5}$	Неподвижные соединения с гарантированным, строго регламентированным натягом. Для соединения деталей требуются значительные усилия. Применяются для высокоточных прочных соединений деталей, соединяющих неподвижность при значительных усилиях без дополнительного крепления. В общем машиностроении, приборостроении и станкостроении широкого применения не имеют
$\frac{H6}{n5}$	Неподвижное соединение с гарантированным минимальным натягом. Сборка деталей осуществляется под значительным давлением. Применяется в высокоточных узлах, подвергающихся значительным сотрясениям. Широкого применения не имеет
$\frac{H6}{m5}$	Переходная посадка для неподвижных соединений (возможен минимальный зазор) с возможностью частой разборки или при недопустимости деформации сопрягаемых деталей. Требуется дополнительное крепление
$\frac{H6}{k5}$	Переходная посадка для плотных соединений. Сборка и разборка осуществляются без значительных усилий. Требуется безусловное дополнительное крепление. Применяется для неподвижных посадок, требующих точного центрирования

Посадки	Характеристика и ориентировочная применяемость посадок
$\frac{H6}{js5}$	Переходная посадка с возможностью небольшого натяга. Применяется для посадки неподвижных колец высокоточных подшипников качения
$\frac{H6}{h5}$	Подвижное соединение с минимальными зазорами. Применяется при особо высокой точности сборки прецизионных деталей, требующих подвижности с минимальными зазорами.
$\frac{H6}{g5}$	Подвижное высокоточное соединение с гарантированным минимальным зазором. Применяется для высокоточного сопряжения деталей при их взаимном перемещении
$\frac{H6}{f6}$	Подвижное высокоточное соединение с гарантированным зазором. Применяется для деталей, вращающихся с умеренной скоростью, с зазорами, достаточными для помещения смазки
$\frac{H7}{u7}$	Неподвижное соединение с гарантированным натягом. Обеспечивает без дополнительного крепления прочное соединение деталей, на которые действуют значительные моменты. При сборке нагревают охватываемую деталь или глубоко охлаждают охватывающую. В приборостроении и станкостроении широкого применения не имеют
$\frac{H7}{r6}$ (1-120 мм) $\frac{H6}{f6}$ (1-3 и 80-800 мм)	Неподвижные соединения с гарантированным натягом. Применяются для посадки чугунных или бронзовых ступиц при толщине стенки, равной приблизительно радиусу вала; широко применяются для посадки втулок в гнезде при тяжелых ударных нагрузках
$\frac{H7}{p6}$ (1-120 мм) $\frac{H6}{r6}$ (1-3 и 80-500 мм)	Неподвижные соединения с гарантированным минимальным натягом. Относительное расположение деталей сохраняется без дополнительного крепления. Сборка производится под прессом. Примеры применения: бронзовые венцы червячных колес, сборные шестерни, втулки в шестернях и шкивах, постоянные втулки в станинах
$\frac{H7}{r6}$	Неподвижное прочное соединение. При значительных усилиях требует дополнительного крепления от проворачивания и продольного смещения. Сборка под прессом. Разъединение деталей может производиться только при крупном ремонте. Примеры применения: зубчатые венцы на шестернях, постоянные втулки, сильно нагруженные зубчатые колеса на валах, шкивы, насадные бурты на валах и т. д.

Посадки	Характеристика и ориентировочная применяемость посадок
$\frac{H7}{m6}$	Переходная посадка для неподвижных соединений. Применяется для неподвижных соединений, но с возможностью более частой разборки или при недопустимости деформации деталей при запрессовке (тонкостенные детали, легкие материалы и т.д.); возможен минимальный зазор. Требуется дополнительное крепление соединяемых деталей
$\frac{H7}{k6}$	Переходная посадка для неподвижных соединений. Применяется для плотных соединений, когда сборка и разборка осуществляются без значительных усилий. Детали безусловно должны предохраняться от проворачивания и сдвигов. Применяется для соединения деталей, требующих точного центрирования, туго насаживаемых на шпонках, – зубчатых колес, поводков, муфт, установочных колец и т.д.
$\frac{H7}{js6}$	Переходная посадка с возможностью небольшого натяга. Применяется для посадки неподвижных колец подшипников качения
$\frac{H7}{h6}$	Подвижное соединение с минимальными зазорами. Применяется для соединений, требующих продольного перемещения (после смазки) без вращения и для посадки точных деталей, требующих легкой сборки с минимальными зазорами, – для сменных шестерен на валах, шпинделей задних бабок, шпиндельных гильз сверлильных станков, передвигающихся муфт и шестерен, сменных рукояток, маховиков и т. д.
$\frac{H7}{g6}$	Подвижное соединение с гарантированным минимальным зазором. Применяется при взаимном перемещении сопрягаемых деталей. Для уменьшения износа помимо других средств (термообработки, смазки и т.п.) необходима высокая чистота соприкасающихся поверхностей деталей
$\frac{H7}{f7}$	Подвижное соединение с гарантированным зазором. Применяется для деталей, вращающихся с умеренной скоростью, с заметным зазором, достаточным для размещения смазки при достаточном центрировании. Типичная посадка для подшипников скольжения (подшипники металлорежущих станков, подвижные шестерни на валах коробок скоростей и подач, подвижные части сцепных муфт, распорные кольца, направляющие втулки и т. д.)
$\frac{H7}{e8}$	Подвижное соединение с гарантированным зазором. Применяется как посадка $\frac{H7}{f7}$, но для деталей, вращающихся со значительной скоростью
$\frac{H7}{d8}$	Подвижное соединение со значительным гарантированным зазором. Применяется для деталей, вращающихся со значительной скоростью при пониженных требованиях к центрированию
$\frac{H7}{c8}$	Подвижное соединение с большим гарантированным зазором. Применяется для деталей, вращающихся с большой скоростью, когда требуется обеспечить гарантированный зазор при нагреве сопрягаемых деталей

Посадки	Характеристика и ориентировочная применяемость посадок
$\frac{H8}{u8}, \frac{H8}{s7}$	Неподвижные соединения с гарантированным натягом. Для соединения деталей требуются значительные усилия. Применяются для прочных соединения деталей, сохраняющих неподвижность при значительных усилиях без дополнительного крепления
$\frac{H8}{n7}$	Неподвижное прочное соединение. Область применения та же, что и для посадки $\frac{H7}{n6}$, но с более свободными требованиями к допускам
$\frac{H8}{m7}, \frac{H8}{k7}$	Переходные посадки для неподвижных соединений. Области применения, как у посадок $\frac{H7}{m6}, \frac{H7}{k6}$ и $\frac{H7}{js6}$, но с меньшими требованиями к допускаемым отклонениям
$\frac{H8}{js7}$	Подвижные соединения. Ориентировочная применяемость, как у посадок $\frac{H7}{h6}$ и $\frac{H7}{f7}$
$\frac{H8}{h7}, \frac{H8}{f8}, \frac{H8}{x8}$ (3-30 мм) $\frac{H8}{u8}$ (3-100 мм)	Неподвижные соединения с гарантированным натягом. Применяются в случаях, когда сопряженные детали должны противостоять значительным усилиям без дополнительного крепления, но при условии, что возникающие напряжения не вызовут нарушения прочности деталей, а деформация не имеет значения, например, при запрессовке валиков, втулок с толстыми стенками, штифтов, пальцев кривошипов и т. п.
$\frac{H8}{s7}$ (65-500 мм)	Подвижные соединения с малыми зазорами. Обеспечивают довольно легкое перемещение одной детали относительно другой, невысокой точности. Применяется для тех же целей, что и посадка $\frac{H7}{h6}$, но при меньших требованиях к качеству сборки, например, для поршневых штоков, поршней и поршневых золотников в цилиндрах, вкладышей разъемных подшипников скольжения, сальников и т. п.
$\frac{H8}{h8}, \frac{H9}{h8}, \frac{H8}{h9}, \frac{H9}{h9}$	Подвижные соединения с гарантированным зазором. Применяются для деталей, требующих невысокой точности, для вращающихся валов с несколькими или далеко расставленными опорами, для валов в длинных подшипниках и т. п.
$\frac{H9}{f8}, \frac{H8}{f9}, \frac{H8}{d9}, \frac{H9}{d9}, \frac{H8}{d10}, \frac{H9}{d10}$	Подвижные соединения со значительными гарантированными зазорами. Применяются для тех же целей, что и посадки $\frac{H9}{f8} - \frac{H8}{e9}$, но при меньших требованиях к качеству сборки
$\frac{H10}{h10}$	Подвижное соединение с малыми зазорами. Применяются для тех же целей, что и посадки $\frac{H8}{h8} - \frac{H9}{h9}$, но с более грубыми допусками, дающими возможность вести обработку на автоматах и револьверных станках

Технические требования на изготовление изделия, сборочной единицы, характеризующие основные параметры их качества, проверяемые при окончательном контроле или испытаниях, отражают:

- точность взаимного расположения собираемых деталей и сборочных единиц: допуски перпендикулярности и параллельности осей валов и плоскостей, радиальные и торцевые биения валов, роторов, зубчатых колес, фланцев и т.д.;

- точность монтажных зазоров и натягов, обеспечивающих нормальную работу подшипников, зубчатых и червячных зацеплений;

- характер и точность выполнения сопряжений;

- требуемое усилие или момент затяжки резьбовых соединений (шпилек, гаек болтов, винтов);

- плотность и герметичность стыков;

- вид балансировки и допустимый остаточный дисбаланс валов и роторов.

Анализ технических требований, состоящий в мотивированном заключении о целесообразности их назначения с точки зрения функционирования узла в изделии и возможности их технологического обеспечения, выполняют в такой последовательности:

1. Приводят полную формулировку анализируемого технического требования, например:

- «Допуск перпендикулярности торца кронштейна оси головки – не более 0,02 мм на длине 100 мм»;

- «Допуск радиального биения периферии диска компрессора оси ротора – не более 0,03 мм».

2. Указывают, из каких соображений исходил конструктор узла, назначая приведенное техническое требование.

3. Указывают, что может произойти в работе изделия при не обеспечении данного требования при сборке.

4. Определяют методы проверки технических требований, средства и принципиальные схемы контроля (рис. 2).

Схема должна отражать физическую сущность контроля требования в условиях реального производства и при необходимости может быть и конструктивной.

5. Приводят рекомендации по технологическому обеспечению анализируемого технического требования, например:

- «Совпадение оси червяка с осью симметрии червячного колеса в пределах $\pm 0,04$ мм может быть обеспечено регулировкой положения червяка и червячного колеса при помощи набора компенсационных прокладок»;

- «Допуск соосности вала электродвигателя и входного вала механизма перемещения в пределах 0,05 мм обеспечивается:

- в вертикальной плоскости – установкой компенсационных прокладок под электродвигатель;

в горизонтальной – выверкой при помощи индикаторного приспособления с последующим центрированием штифтами механизма перемещения, отверстия под которые окончательно обрабатывают при сборке».

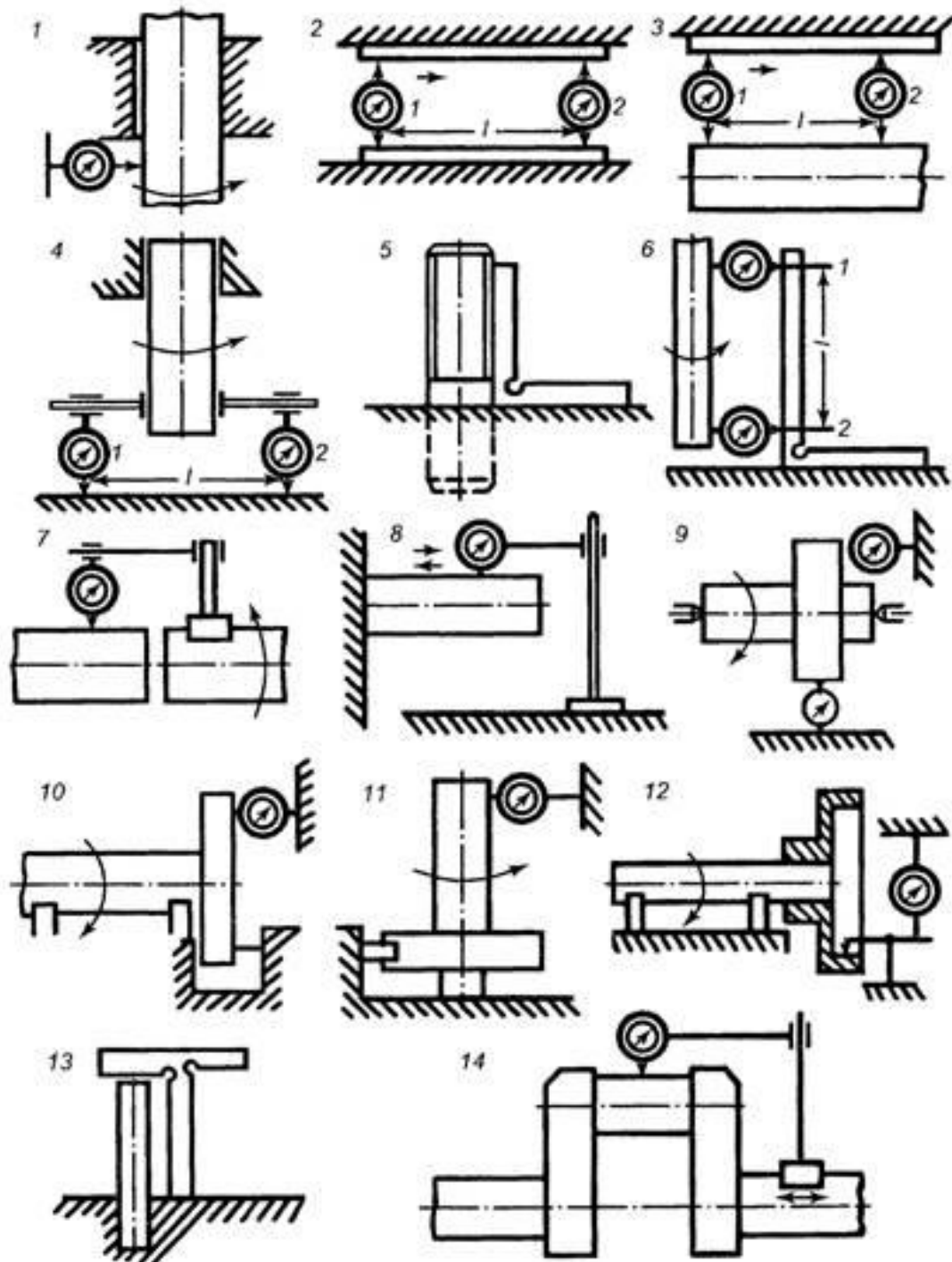


Рис. 2. Схемы контроля при сборке: 1 – замер зазора; 2, 3, 8 – контроль непараллельности; 4 – 6 – контроль неперпендикулярности; 7 – определение несоосности; 9 – 12 – контроль биения; 13 – контроль высоты; 14 – проверка параллельности осей мотылевой и коренной шеек

Пример 2. Требуется обеспечить расчетный натяг в соединении внутреннего кольца радиально-упорного подшипника передней опоры ротора компрессора газотурбинного двигателя с валом (посадка $\varnothing 80H6/js6$). Требование назначено из условия гарантированного обеспечения соединения внутреннего кольца подшипника с валом в условиях нестационарных тепловых полей, возникающих при работе двигателя. Невыполнение данного требования может привести:

- при недостаточности натяга – к потере прочности соединения вследствие теплового расширения внутреннего кольца;
- к нерасчетному изменению рабочего зазора между телами качения и внутренней поверхностью беговой дорожки наружного кольца подшипника.

Изменение рабочего зазора в условиях нестационарных тепловых полей может привести к заклиниванию и разрушению подшипника вследствие увеличения сил трения на поверхностях тел качения.

Номинальный диаметральный натяг в соединении составляет 0,009 мм. Проконтролировать натяг в собранном соединении не представляется возможным, поэтому его обеспечивают подбором внутреннего кольца подшипника к валу по результатам контроля посадочных диаметров (рис. 3).

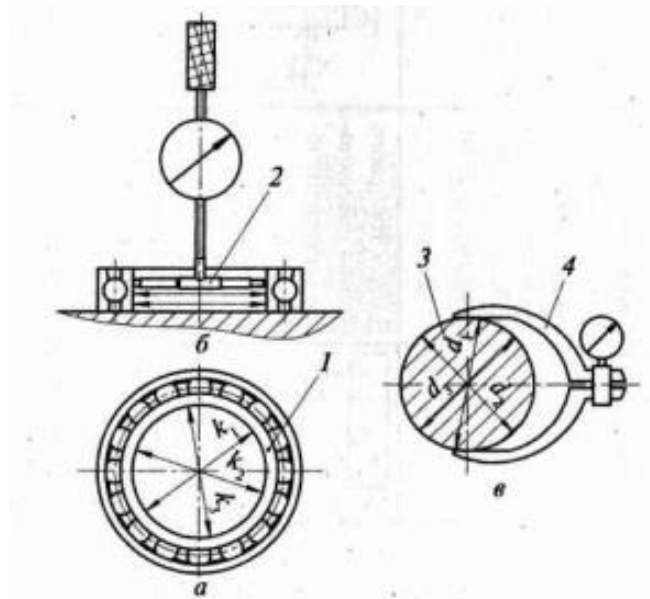


Рис. 3. Контроль размеров посадочных поверхностей внутреннего кольца подшипника (а, б) и вала (в): 1 – внутреннее кольцо подшипника; 2 – индикаторный нутромер; 3 – вал; 4 – приспособление

Диаметр внутреннего кольца подшипника 1 (рис. 3, а, б) измеряют с помощью индикаторного нутромера 2 повышенной точности с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм (предельная погрешность измерения – 0,0015 мм). Измерение выполняют в трех сечениях по ширине кольца и в трех направлениях (k_1 , k_2 , k_3) по окружности. Диаметр вала 3 измеряют (рис. 3, в) с

помощью приспособления 4 головкой рычажно-зубчатой с ценой деления 0,001 мм и пределом измерения $\pm 0,05$ мм в трех сечениях по оси посадочной поверхности и трех направлениях (d_1 , d_2 , d_3) по окружности. Результаты измерений усредняют и делают заключение о целесообразности образования соединения вала с контролируемым подшипником. При целесообразности такого соединения описанные действия повторяют для другого подшипника.

Пример 3. Обеспечить правильность зацепления червячного колеса редуктора с червяком. При нарушении правильности зацепления контакт зубьев колеса и червяка смещается относительно средней плоскости червячного колеса, что приводит к одностороннему неравномерному изнашиванию рабочих поверхностей элементов зацепления.

Правильность зацепления червячного колеса с червяком проверяют по краске, которую наносят на винтовую поверхность червяка. При повороте червяка получают отпечатки на зубьях червячного колеса. При правильном зацеплении краска должна покрывать поверхность зуба не менее, чем на 50 – 70 %, а пятно контакта должно располагаться по обе стороны от оси симметрии зуба (рис. 4).

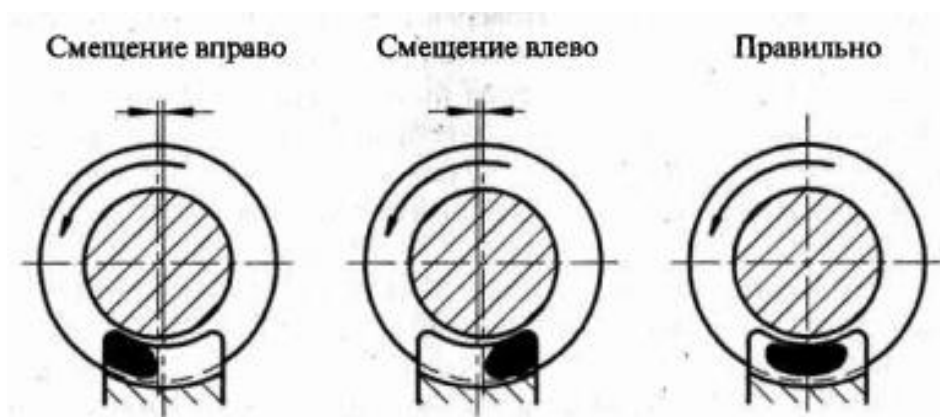


Рис. 4. Пятно контакта червячного зацепления

При одностороннем расположении пятна контакта на поверхностях зубьев положение червячного колеса относительно червяка исправляют перемещением колеса в осевом направлении, а иногда и разворотом наружных колец подшипников червяка и вала червячного колеса для направления эксцентриситетов колец в нужную сторону.

Пример 4. Допуски радиального биения цапфы ротора компрессора высокого давления газотурбинной установки (поверхность «Е», рис. 5) и периферии барабана (поверхность «И», рис. 5) на поясе L , не более:

- поверхность «Е» – 0,02 мм;
- поверхность «И» – 0,04 мм.

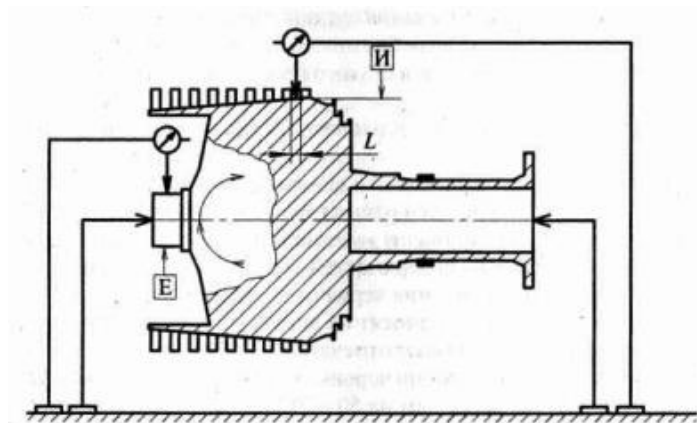


Рис. 5. Контроль радиальных биений ротора компрессора высокого давления газотурбинной установки

Требование, обеспечиваемое тонким (алмазным) точением поверхностей «Е» и «И» собранного ротора с установленными рабочими лопатками, назначено из условий обеспечения минимального дисбаланса собранного ротора. По поверхности «Е» (рис. 5) происходит сопряжение ротора компрессора высокого давления и ротора компрессора низкого давления. Выполнение требования способствует тому, что собранный ротор будет вращаться относительно оси установки. Поверхность «И» – наиболее удаленная от оси поверхность периферии барабана.

3.2. Тип производства и метод работы

Тип производства заданного узла обычно указывают в задании на проект. При выполнении данного пункта задания студент должен обоснованно выбрать один из трех методов работы – непрерывно-поточный, переменнo-поточный, непоточный.

Непрерывно-поточный (поточный) метод работы характерен для производств массового и крупносерийного типов. Для его реализации при сборке необходим высокий уровень автоматизации ТП и тщательная отработка конструкции изделия на технологичность. Основной формой реализации рассматриваемого метода является поточная линия со строгим разделением процесса сборки и синхронно выполняемые операции. При курсовом проектировании процессов сборки непрерывно-поточный метод работы выбирают сравнительно редко.

Переменно-поточный метод работы характерен для производств серийного типа. Сборку изделий (узлов) осуществляют партиями, объемы которых принимают равными:

- для сложных изделий – трехмесячному объему;
- для изделий средней сложности – месячному объему;

- для простых изделий и большого годового объема выпуска – двухнедельному объему.

Переменно-поточный метод может быть рекомендован для сборки изделий, точность которых достигается методами полной и неполной взаимозаменяемости.

Непоточный метод работы применяют при сборке изделий в производствах единичного и мелкосерийного типов. Его используют при незначительных объемах выпуска, частых сменах выпускаемых изделий, сборке крупногабаритных изделий, а также изделий высокой ответственности, например, газотурбинных двигателей. При непоточном методе строгого закрепления операций за конкретными рабочими местами не проводят, длительность операций не синхронизируют, на рабочих местах создают заделы сборочных единиц, необходимые для обеспечения загрузки рабочих мест. На каждом рабочем месте стремятся осуществить максимальное технологическое воздействие на предмет производства, операции строят по принципу концентрации переходов. Непоточный метод также рекомендуют при использовании методов групповой взаимозаменяемости, пригонки и регулировки для обеспечения заданной точности сборки. Таким образом, выбранный метод работы может быть уточнен после выбора метода обеспечения заданной точности сборки.

В расчетно-пояснительной записке следует указать: «Проектирование технологического процесса сборки (наименование узла) производится для условий (тип) производства. В этих условиях производства наиболее целесообразным методом работы при сборке узла является (наименование метода). Выбор указанного метода определяется ... (мотивированное пояснение)».

Вместо типа производства в задании на курсовой проект может быть указан годовой объем выпуска изделий $N_{и}$, шт. Годовой объем выпуска узлов $N_{у}$, определяют по формуле:

$$N_{у} = N_{и} \cdot m_{у},$$

где $m_{у}$ – число узлов данного наименования в изделии.

Определяют действительный такт сборки $\tau_{с}$, мин/шт.:

$$\tau_{с} = \frac{F_{д} \cdot 60}{N_{у}},$$

где $F_{д}$ – действительный (эффективный) годовой фонд времени, ч.

Для оборудованных рабочих мест действительный (эффективный) годовой фонд времени зависит от выбранного режима работы производственной системы (односменный, двухсменный, трехсменный, табл. 2).

Эффективный фонд времени рабочих: при работе в одну-две смены – 1720 ч; при работе в три смены – 1650 ч; при продолжительности рабочей недели 36 ч – 1570 ч.

Таблица 2 – Эффективный годовой фонд времени работы сборочного оборудования и рабочих мест, ч

Рабочие места сборки, сборочное оборудование	Режим работы		
	1-я смена	2-я смена	3-я смена
Рабочие места сборки:			
ручной	2000	4000	6000
механизированный	2000	4000	6000
Сборочное оборудование	2000	3900	5900
Автоматические линии	-	3700	5500
Испытательные стенды	2000	3900	5900
Главный конвейер сборки	-	3800	5800

Тип производства оценивают по коэффициенту закрепления операций K_{30} , определяемому при курсовом проектировании по формуле:

$$K_{30} = \frac{\tau_c}{(t_{шт})_{ср}},$$

где $(t_{шт})_{ср}$ – среднее штучное время по операциям действующего на производстве или аналогичного технологического процесса. Значение $(t_{шт})_{ср}$ можно определить и по укрупненным нормативам на различные комплексы сборочных работ, для чего по сборочному чертежу узла предварительно составляют их перечень.

Определены следующие значения K_{30} :

- мелкосерийное производство – $20 < K_{30} \leq 40$;
- серийное производство – $10 < K_{30} \leq 20$;
- массовое производство – $K_{30} = 1$.

Если K_{30} близок к единице, то сборку ведут по принципам массового производства, закрепляя за каждым рабочим местом определенную сборочную операцию, т.е. поточным методом. При $\tau_c \leq 2$ мин процесс сборки дифференцируют, выделяя небольшие по объему сборочные операции. Если это затруднено, дублируют рабочие места.

Если $\tau_c \gg (t_{шт})_{ср}$, сборку ведут по принципам серийного производства. На каждом рабочем месте собирают различные узлы. Сборка может быть переменнo-поточной или непоточной.

3.3. Технологический анализ конструкции узла

Анализ технологичности конструкции изделия, сборочной единицы (узла) проводят с учетом выбранных типа производства и метода выполнения сборочных работ.

Оценка технологичности конструкции изделия и его элементов по ГОСТ 14.201 – 83 может быть качественной и количественной.

Качественная оценка выражается в терминах «хорошо» – «плохо», «допустимо» – «недопустимо», «лучше» – «хуже». Она характеризует технологичность изделия обобщенно с позиции его производства, эксплуатации и ремонта.

Количественная оценка часто позволяет выбрать лучший вариант конструктивного исполнения изделия или сборочной единицы (узла); установить целесообразность определения численных показателей технологичности, т.е. количественной оценки технологичности.

При качественной оценке устанавливают, насколько полно и конкретно в рассматриваемой конструкции изделия или сборочной единицы (узла) отражены основные требования технологичности:

- минимальное число деталей и составных частей;
- удобство сборки и разборки;
- возможность расчленения конструкции с учетом принципа агрегатирования на рациональное число составных частей, сборку которых можно проводить независимо друг от друга;
- соблюдение принципа взаимозаменяемости;
- полное устранение или сокращение до минимума пригоночных работ разборки и повторной сборки, механической обработки в процессе сборки;
- совмещение конструкторских, сборочных, установочных и измерительных баз;
- обеспечение удобного доступа к местам контроля и регулировки;
- возможность механизации и автоматизации сборочных работ;
- использование стандартных, нормализованных и унифицированных сборочных единиц и деталей;
- рациональное размещение такелажных устройств и легкость захвата их грузоподъемными средствами;
- удобство замены быстро изнашиваемых деталей;
- возможность сборки без сложных приспособлений.

Кроме перечисленных общих требований технологичности следует учитывать и частные требования, предъявляемые к конструкциям различных соединений. К узлам, являющимся, например, сварными конструкциями, предъявляются дополнительные требования технологичности:

- применение комплексной технологии изготовления сварного узла (использование в конструкции составных частей простой формы, полученных наиболее рациональными для данных условий методами формообразования);
- применение наиболее прогрессивных и производительных методов сварки;
- свободный доступ к швам для сварки, осмотра и контроля;
- расчленение конструкций с большим числом пространственно расположенных элементов на отдельные узлы;
- возможность одновременной сварки максимального числа деталей;
- предпочтительность горизонтальных швов перед вертикальными и потолочными;

- уменьшение числа сварных швов и объема направляемого металла;
- симметричное расположение сварных швов;
- недопущение скученного расположения сварных швов и их пересечения;
- отсутствие резких переходов в сечениях свариваемых деталей;
- защита обработанных поверхностей от повреждений и возможных деформаций при сварке;
- расположение стыков элементов сборочных единиц в одной плоскости;
- возможность наложения швов в любой последовательности.

Качественная оценка технологичности конструкции не сводится к простому перечислению приведенных требований. Она состоит в мотивированном заключении об их выполнении или невыполнении в анализируемой конструкции, например: «Функциональный анализ показал, что в конструкции узла сведено до минимума число деталей в соответствии с его назначением...». Следует помнить, что приведенные требования относятся к абстрактной конструкции изделия или сборочной единицы (узла), а анализу подлежит конкретная конструкция. Последнее должно найти отражение в результатах анализа.

Проводя качественную оценку технологичности, студент может предложить новый, более технологичный, вариант исполнения конструкции изделия или его отдельных элементов. Авторский вариант должен быть изображен либо в графической части, либо в расчетно-пояснительной записке к проекту в сопоставлении с существующим. Необходимо также дать соответствующее обоснование преимуществ предлагаемого варианта.

Количественную оценку проводят по показателям таблицы 3.

Определение количественных показателей технологичности конструкции имеет смысл, если определен базовый вариант конструкции и известны данные по трудоемкости, себестоимости изготовления, материалоемкости вариантов конструкций или заданы контрольные значения показателей технологичности. Вне сравнения абсолютные значения показателей слабо характеризуют технологичность конструкции. Следует помнить, что каждый из показателей характеризует конструкцию лишь с определенной стороны. Для того, чтобы определить, является предлагаемая конструкция более технологичной по сравнению с базовой или нет, необходимо решить задачу многокритериального выбора.

Базовый вариант конструкции, используемый для количественной оценки технологичности, должен отвечать определенным требованиям:

- 1) быть изделием (элементом изделия) одного и того же функционального класса, что и изделие предлагаемого варианта;
- 2) быть максимально близким к предлагаемому варианту по исполнению и основным техническим параметрам;
- 3) быть по возможности близким к предлагаемому варианту по времени разработки.

Таблица 3 – Показатели технологичности конструкции изделия
(ГОСТ 14.201-83)

Вид показателя	Наименование показателя	Обозначение	Расчетная формула	Желаемые направления изменения	Граничные значения	Примечания
Основной	Трудоемкость изготовления изделия	$T_{\text{и}}$	$T_{\text{и}} = T_{\text{ис}} + T_{\text{ид}} + T_{\text{сб}} + T_{\text{ист}}$	$T_{\text{и}} \rightarrow \min$	—	$T_{\text{ис}}$ – трудоемкость изготовления сборочных единиц; $T_{\text{ид}}$ – трудоемкость изготовления деталей, не вошедших в сборочные единицы; $T_{\text{сб}}$ – трудоемкость сборки изделия; $T_{\text{ист}}$ – трудоемкость испытания изделия
	Уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления	$K_{\text{ути}}$	$K_{\text{ути}} = \frac{T_{\text{и}}}{T_{\text{би}}}$	$K_{\text{ути}} \rightarrow \min$	$K_{\text{ути}} \leq 1$	$T_{\text{би}}$ – трудоемкость изготовления базового варианта изделия
	Технологическая себестоимость изделия	$C_{\text{ти}}$	$C_{\text{ти}} = C_{\text{м}} + C_{\text{з}} + C_{\text{цр}}$ или $C_{\text{ти}} = C_{\text{м}} + C_{\text{з}} \cdot \left(1 + \frac{A_{\text{цр}}}{100}\right)$	$C_{\text{ти}} \rightarrow \min$	—	$C_{\text{м}}$ – стоимость материалов, затраченных на изготовление изделия; $C_{\text{з}}$ – заработная плата основных производственных рабочих; $C_{\text{цр}}$ – цеховые накладные расходы; $A_{\text{цр}}$ – процентная доля цеховых накладных расходов к фонду заработной платы основных производственных рабочих
	Уровень технологичности по себестоимости изготовления	$K_{\text{уси}}$	$K_{\text{уси}} = \frac{C_{\text{ти}}}{C_{\text{бти}}}$	$K_{\text{ути}} \rightarrow \min$	$K_{\text{ути}} \leq 1$	$C_{\text{бти}}$ – себестоимость изготовления базового варианта изделия

Продолжение табл. 3

Вид показателя	Наименование показателя	Обозначение	Расчетная формула	Желаемые направления изменения	Граничные значения	Примечания
Дополнительный	Удельная трудоемкость изготовления изделия	$t_{\text{и}}$	$t_{\text{и}} = \frac{T_{\text{и}}}{P}$	$t_{\text{и}} \rightarrow \min$	—	P — основной технический параметр изделия (мощность, производительность, тяга и др.)
	Удельная технологическая себестоимость изготовления изделия	$C_{\text{ути}}$	$C_{\text{ути}} = \frac{C_{\text{ти}}}{P}$	$C_{\text{ути}} \rightarrow \min$	—	То же
	Коэффициент сборности конструкции	$K_{\text{сб}}$	$K_{\text{сб}} = \frac{E}{E + Д}$	$K_{\text{сб}} \rightarrow 1$	$0,1 \leq K_{\text{сб}} \leq 0,25$	E — число сборочных единиц в изделии; $Д$ — число деталей изделия, не вошедших в сборочные единицы
	Коэффициент стандартизации изделия	$K_{\text{ст}}$	$K_{\text{ст}} = \frac{E_{\text{ст}} + Д_{\text{ст}}}{E + Д}$	$K_{\text{ст}} \rightarrow 1$	$0,2 \leq K_{\text{ст}} \leq 0,4$	$E_{\text{ст}}$ — число стандартных сборочных единиц в изделии;
	Коэффициент стандартизации сборочных единиц	$K_{\text{стс}}$	$K_{\text{стс}} = \frac{E_{\text{ст}}}{E}$	$K_{\text{стс}} \rightarrow 1$	$0,2 \leq K_{\text{стс}} \leq 0,4$	$Д_{\text{ст}}$ — число стандартных деталей в изделии, не вошедших в стандартные сборочные единицы
	Коэффициент стандартизации деталей	$K_{\text{стд}}$	$K_{\text{стд}} = \frac{Д_{\text{ст}}}{Д}$	$K_{\text{стд}} \rightarrow 1$	$0,2 \leq K_{\text{стд}} \leq 0,4$	
	Коэффициент унификации изделия	$K_{\text{у}}$	$K_{\text{у}} = \frac{E_{\text{у}} + Д_{\text{у}}}{E + Д}$	$K_{\text{у}} \rightarrow 1$	$0,2 \leq K_{\text{у}} \leq 0,4$	$E_{\text{у}}$ — число унифицированных сборочных единиц в изделии;
	Коэффициент унификации сборочных единиц	$K_{\text{ус}}$	$K_{\text{ус}} = \frac{E_{\text{у}}}{E}$	$K_{\text{ус}} \rightarrow 1$	$0,2 \leq K_{\text{ус}} \leq 0,4$	$Д_{\text{у}}$ — число унифицированных деталей в изделии, не вошедших в унифицированные сборочные единицы
	Коэффициент унификации деталей	$K_{\text{уд}}$	$K_{\text{уд}} = \frac{Д_{\text{у}}}{Д}$	$K_{\text{уд}} \rightarrow 1$	$0,2 \leq K_{\text{уд}} \leq 0,4$	

Вид показателя	Наименование показателя	Обозначение	Расчетная формула	Желаемые направления изменения	Граничные значения	Примечания
Дополнительный	Коэффициент эффективности взаимозаменяемости	$K_{вз}$	$K_{вз} = 1 - \frac{T_{пр} + T_{пс} + T_{мо}}{T_{сб}}$	$K_{вз} \rightarrow 1$	$0,9 \leq K_{вз} \leq 1$	$T_{сб}$ – трудоемкость сборки изделия; $T_{пр}$ – трудоемкость пригоночных работ; $T_{пс}$ – трудоемкость разборки и повторной сборки; $T_{мо}$ – трудоемкость механической обработки, выполняемой при сборке
	Масса изделия	$M_{и}$	–	$M_{и} \rightarrow min$	–	–
	Коэффициент материалоемкости изделия	$K_{ми}$	$K_{ми} = \frac{M_{и}}{M_{би}}$	$K_{ми} \rightarrow min$	$K_{ми} \leq 1$	$M_{би}$ – масса базового варианта изделия
	Удельная материалоемкость изделия	$K_{ум}$	$K_{ум} = \frac{M_{и}}{P}$	$K_{ум} \rightarrow min$	–	–
	Коэффициент использования материала	$K_{стс}$	$K_{стс} = \frac{E_{ст}}{E}$	$K_{стс} \rightarrow 1$	$0,2 \leq K_{стс} \leq 0,4$	–
	Коэффициент стандартизации деталей	$K_{им}$	$K_{им} = \frac{M_{и}}{M_{м}}$	$K_{им} \rightarrow 1$	$0,8 \leq K_{им}$	$M_{м}$ – масса материала, израсходованного на изготовление изделия
	Коэффициент применяемости материала	$K_{пм}$	$K_{пм} = \frac{M_i}{M_{и}}$	$K_{пм(i)} \rightarrow 1$	–	

Примечание. Граничные значения показателя соответствуют конструкции, технологичной по данному показателю; процентную долю цеховых накладных расходов к фонду заработной платы основных производственных рабочих ($A_{пр}$) принять: для массового производства 250 – 300 %; для серийного производства – 100 %; для единичного производства – 50 %.

Результаты количественного и качественного анализов технологичности приводятся в расчетно-пояснительной записке.

Текст должен заканчиваться мотивированным выводом о технологичности или не технологичности предлагаемого варианта конструкции изделия или сборочной единицы (узла) для производства заданного типа.

Если предлагаемый вариант конструкции признан не технологичным, то должны быть указаны ее необходимые изменения, повышающие технологичность (с графическими иллюстрациями).

Пример 5. Технологический анализ конструкции задней опоры шпиндельного узла токарного станка (рис. 1) для условий серийного производства.

В конструкции опоры шпиндельного узла сведено до минимума функциональное число входящих в нее элементов (деталей и сборочных единиц). Опора устанавливается в заднее отверстие корпуса 1 шпиндельной бабки, шпиндель 8 проходит через это отверстие при установленном фланце 2. Это усложняет сборку, но в остальном сборка и разборка конструкции достаточно удобна. В конструкции всего лишь две сборочные единицы – стакан 13 и сепаратор подшипника 5, поэтому сборка узла осуществляется в основном последовательно. При обеспечении точности сборки используют метод регулировки – осевое положение фланца 2 регулируют, подбирая необходимую толщину прокладки 16, а также метод групповой взаимозаменяемости – при подборе необходимой длины пружин 3, определяющих осевое положение наружного кольца подшипника 4. Применение метода регулировки затрудняет установка фланца 2 с натягом по наружной поверхности (посадка Н6/с7). При подборе толщины прокладок 16 возможна переустановка фланца 2. Доступ к местам регулировки не затруднен. В конструкции предусмотрена механическая обработка при сборке – сверление и развертывание отверстия под штифт 7.

Конструкция не позволяет автоматизацию сборочных работ, однако механизация сборки возможна и необходима. Доступ механизированного сборочного инструмента к местам сборки не затруднен.

В конструкции использованы стандартные элементы. Коэффициент стандартизации

$$K_{\text{ст}} = \frac{E_{\text{ст}} + D_{\text{ст}}}{E + D},$$

где E , $E_{\text{ст}}$ – общее число сборочных единиц и стандартных сборочных единиц в конструкции; D , $D_{\text{ст}}$ – число деталей и число стандартных деталей, не входящих в сборочные единицы. Соответственно

$$K_{\text{ст}} = \frac{1+7}{2+14} = 0,5.$$

Это свидетельствует о достаточно высоком уровне стандартизации конструкции.

В целом узел имеет простую компоновку, не вызывает затруднений при сборке и не требует применения сложных приспособлений и инструментов.

Вывод: на основании проведенного анализа считаем представленную конструкцию задней опоры шпиндельного узла токарного станка технологичной для условий серийного производства.

3.4. Выбор методов обеспечения заданной точности сборки

Под точностью сборки понимают оценку соответствия фактического значения размера замыкающего звена размерной цепи его значению, заданному в конструкторской документации (сборочном чертеже или модели) (табл. 4).

Целесообразность выбора метода обеспечения заданной точности сборки подтверждают размерным анализом и расчетом сборочных размерных цепей. Методы взаимозаменяемости применяют при значительных объемах выпуска узлов (изделий) и при соблюдении необходимых условий их реализации.

Таблица 4 – Методы обеспечения заданной точности сборки

Метод	Область применения	Рекомендации по применению
Полной взаимозаменяемости. Требуемая точность достигается у всех объектов сборки соединением деталей, размеры которых составляют размерную цепь, без предварительного подбора или изменения их размеров	Серийное, крупносерийное, массовое производства. Высокие требования к точности замыкающего звена. Размерные цепи с малым числом (не более трех-четырех) звеньев	Выполняют расчет размерной цепи на максимум и минимум, учитывающий только предельные отклонения звеньев и самые неблагоприятные их сочетания. Сборочные единицы тщательно отрабатывают на технологичность. Допуски на составляющие звенья ужесточаются пропорционально их числу
Неполной взаимозаменяемости. Требуемая точность достигается у заранее обусловленной части объектов сборки соединением деталей без предварительного подбора или изменения их размеров	Серийное производство. Многозвенные размерные цепи (более трех звеньев)	Расчет размерной цепи вероятностным методом с учетом фактического распределения истинных размеров внутри полей их допусков и вероятности их различных сочетаний при сборке. Допуски на размеры составляющих звеньев цепи увеличивают до экономически приемлемых значений. У части изделий погрешность замыкающего звена может быть за пределами допуска на сборку – возникает риск появления брака (несобираемости)

Метод	Область применения	Рекомендации по применению
Групповой взаимозаменяемости (селективной сборки). Требуемая точность достигается соединением деталей, принадлежащих разным заранее определенным группам (по размерам, массе или другим параметрам)	Все типы производства. Высокие требования к точности замыкающего звена. Размерные цепи с числом звеньев не более трех. Невозможность достижения точности методом полной взаимозаменяемости	Детали сортируют по группам (в частности, размерным), маркируют, хранят и транспортируют в специальной таре. Соединением деталей из разных групп селекции добиваются заданной точности сборки
Регулировки (метод подвижного компенсатора). Требуемая точность достигается изменением размеров или положения одной из деталей (подвижного компенсатора) без удаления материала	Серийное, мелкосерийное производства. Высокие требования к точности замыкающего звена. Многозвенные размерные цепи. Необходимость периодического восстановления заданной точности	Допуски на размеры составляющих звеньев размерной цепи – экономически приемлемые. Выделяют деталь – подвижный компенсатор, позволяющую изменение размера или положения
Пригонки (метод неподвижного компенсатора). Требуемая точность достигается изменением размера одной из деталей (неподвижного компенсатора) путем удаления материала	Серийное, мелкосерийное производства. Высокие требования к точности замыкающего звена. Многозвенные размерные цепи	Допуски на размеры составляющих звеньев размерной цепи – экономически приемлемые. Выделяют деталь – неподвижный компенсатор, удаление материала с которой не вызывает затруднений. Трудоемкость сборки увеличивают разборка, удаление материала с компенсатора, повторная сборка

Метод	Область применения	Рекомендации по применению
Сборки с компенсирующими материалами. Требуемая точность сборки достигается применением компенсирующего материала, вводимого в зазор между сопрягаемыми поверхностями деталей после их установки в требуемое положение	Мелкосерийное, единичное производства. Соединение в узлы, базирующиеся по плоскостям. Ремонт и восстановление работоспособности сборочных единиц. Изготовление технологической оснастки	Детали сборочной единицы предварительно устанавливают в требуемое положение. Зазоры заполняют компенсирующим материалом

Так как узел содержит несколько размерных цепей с разным числом звеньев и различными требованиями к точности замыкающего звена, то при сборке одного и того же узла могут использоваться несколько методов обеспечения заданной точности, например, методы полной, групповой взаимозаменяемости и метод пригонки.

Выполняя проект, целесообразно выделить размерную цепь, обеспечение точности замыкающего звена которой является одной из основных технологических задач, решаемых при сборке узла. Для этой цели выполняют тщательный анализ и дают мотивированное заключение о выборе метода обеспечения заданной точности сборки. По остальным цепям подробного анализа не делают, ограничиваясь использованием общих рекомендаций (табл. 3).

Пример 6. Расчет размерных цепей, определяющих совпадение средней плоскости червячного колеса редуктора с осью червяка (рис. 6).

В конструкции регулирование осевого положения червячного вала выполняют изменением толщины прокладок, устанавливаемых под правый фланец (размер A_2). Толщину и число прокладок определяют из решения размерной цепи A .

Зазор в подшипниках регулируют перемещением наружного кольца левого конического роликового подшипника за счет изменения положения левого фланца. Последнее возможно подбором необходимой толщины прокладок (размер B_3), устанавливаемых под левый фланец. Толщину и число прокладок определяют из решения размерной цепи B .

В размерной цепи A замыкающим является размер A_4 (рис. 7). Размер A_1 – уменьшающий, размеры $A_3, \dots, A_9$ – увеличивающие, размер A_2 – размер компенсирующего звена. Размеры A_8 и A_9 учитывают торцевое биение

червячного вала (червяка) относительно его подшипника и торцевое биение средней плоскости червячного колеса.

Номинальные размеры и допуски размеров составляющих звеньев размерной цепи A определены из сборочного чертежа редуктора и рабочих чертежей деталей, входящих в размерную цепь.

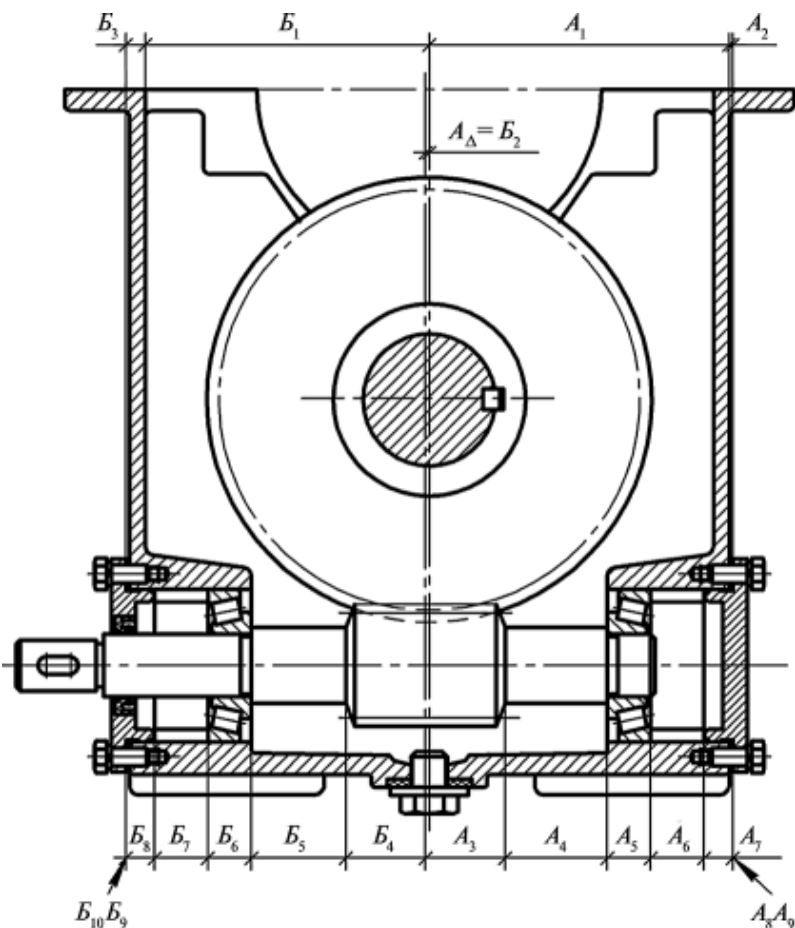


Рис. 6. Размерные цепи, определяющие совпадение средней плоскости червячного колеса с осью червяка

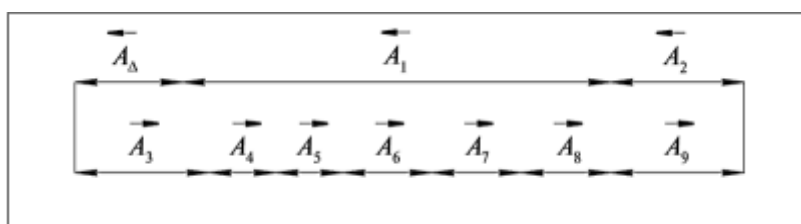


Рис. 7. Схема размерной цепи A

$A_{\Delta} = (0 \pm 0,04)$ мм – допуск на отклонение средней плоскости червячного колеса от оси червяка.

$$A_1 = (140 \pm 0,032) \text{ мм};$$

$$A_3 = 38_{-0,039} \text{ мм};$$

$$A_4 = 45_{-0,039} \text{ мм};$$

$$A_5 = 20_{-0,5} \text{ мм};$$

$$A_6 = 25_{-0,033} \text{ мм};$$

$$A_7 = 14^{+0,027} \text{ мм};$$

$$A_8 = (0 \pm 0,01) \text{ мм};$$

$$A_9 = (0 \pm 0,0125) \text{ мм}.$$

Номинальный размер компенсатора A_k определяют из уравнения:

$$A_{\Delta} = \sum A_{yB} - \sum A_{yM} - A_k,$$

где A_{yB}, A_{yM} – номинальные размеры увеличивающих и уменьшающих звеньев цепи соответственно. Тогда:

$$0 = (38 + 45 + 20 + 14 + 0 + 0) - 140 - A_k;$$

$$A_k = 2 \text{ мм.}$$

Верхнее отклонение компенсатора $Es(A_k)$ находят из соотношения:

$$Es(A_{\Delta}) = \sum Es(A_{yB}) - \sum Ei(A_{yM}) - Es(A_k),$$

где $Es(A_{yB})$ – верхнее отклонение увеличивающего размера; $Ei(A_{yM})$ – нижнее отклонение уменьшающего размера; $Es(A_{\Delta})$ – верхнее отклонение замыкающего размера,

$$0,04 = (0,027 + 0,01 + 0,0125) - (-0,032) - Es(A_k);$$

$$Es(A_k) = 0,042 \text{ мм.}$$

Нижнее отклонение компенсатора $Ei(A_k)$ определяют из соотношения:

$$Ei(A_{\Delta}) = \sum Ei(A_{yB}) - \sum Es(A_{yM}) - Ei(A_k),$$

где $Ei(A_{yB})$ – нижнее отклонение увеличивающего размера; $Es(A_{yM})$ – верхнее отклонение уменьшающего размера; $Ei(A_{\Delta})$ – нижнее отклонение замыкающего размера,

$$-0,04 = (-0,039 - 0,039 - 0,5 - 0,033 - 0,01 - 0,0125) - (-0,032) -$$

$$Ei(A_k);$$

$$Ei(A_k) = -0,616 \text{ мм.}$$

Максимальный $A_{k \max}$ и минимальный $A_{k \min}$ размеры компенсирующего звена:

$$A_k = 2^{+0,042}_{-0,616} \text{ мм;}$$

$$A_{k \max} = 2,042 \text{ мм; } A_{k \min} = 1,384 \text{ мм.}$$

Число регулировочных прокладок:

$$N = \frac{V_k}{TA_{\Delta}} + 1,$$

где V_k – диапазон регулирования; TA_{Δ} – допуск на размер замыкающего звена цепи.

$$V_k = Es(A_k) - Ei(A_k) = 0,042 - (-0,616) = 0,658 \text{ мм;}$$

$$TA_{\Delta} = Es(A_{\Delta}) - Ei(A_{\Delta}) = 0,04 - (-0,04) = 0,08 \text{ мм.}$$

$$N = \frac{0,658}{0,08} + 1 = 9,23 \approx 10.$$

Толщина прокладки:

$$S = \frac{V_k}{N} = \frac{0,658}{10} \approx 0,066 \text{ мм.}$$

По ряду $R_a 10$ принимаем толщину прокладки $S = 0,065 \text{ мм.}$

$$N = \frac{V_k}{S} = \frac{0,658}{0,065} = 10,1.$$

Принимаем число компенсирующих прокладок $N = 11.$

Толщина постоянной прокладки

$$S_1 = S_{\text{пост}} \leq A_{k \min} = 1,384 \text{ мм.}$$

По ряду $R_a 10$ принимаем толщину постоянной прокладки равной 1,350 мм.

Последовательные размеры компенсирующего звена:

$$S_2 = S_1 + S = 1,350 + 0,065 = 1,415 \text{ мм};$$

$$S_3 = S_2 + S = 1,480 \text{ мм};$$

$$S_4 = S_3 + S = 1,545 \text{ мм};$$

$$S_5 = S_4 + S = 1,610 \text{ мм};$$

$$S_6 = S_5 + S = 1,675 \text{ мм};$$

$$S_7 = S_6 + S = 1,740 \text{ мм};$$

$$S_8 = S_7 + S = 1,805 \text{ мм};$$

$$S_9 = S_8 + S = 1,870 \text{ мм};$$

$$S_{10} = S_9 + S = 1,935 \text{ мм};$$

$$S_{11} = S_{10} + S = 2,000 \text{ мм};$$

$$S_{12} = S_{11} + S = 2,065 \text{ мм}.$$

Размерная цепь Б рассчитывается аналогично. Замыкающим звеном (B_A) в ней является значение осевого зазора в роликовом подшипнике (рис. 6).

Требуемая точность угла скрещивания осей вращения червяка и колеса достигается методом полной или неполной взаимозаменяемости. Регулированием положения наружных колец подшипников, приданием определенного направления эксцентриситету их наружных поверхностей можно повысить точность угла скрещивания осей вращения червяка и колеса.

3.5. Разработка технологической схемы сборки

Технологическая схема – графическое изображение последовательности сборки изделия и его составных частей, выполняемое по определенным правилам и отражающее технологическую структуру машины.

Технологическая структура определяет иерархию сборочных единиц, входящих в изделие (рис. 8).

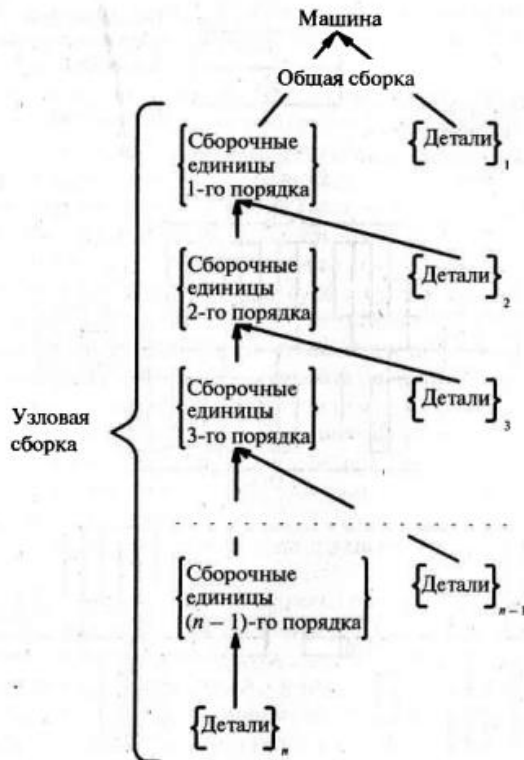


Рис. 8. Технологическая структура машины

Изделие (сборочная единица) разбирается на сборочные единицы 1-го порядка и соответствующее множество деталей. В свою очередь, сборочные единицы 1-го порядка разбираются на сборочные единицы 2-го порядка и множество деталей. Сборочные единицы наибольшего ($n - 1$)-го порядка разбираются только на детали.

Сборку выполняют в обратной последовательности. Сборочные единицы порядков 1, ..., ($n - 1$), соответствующие законченным этапам изготовления изделия (машины), принято называть узлами, а соответствующую сборку – узловой. Сборку, объектом и продуктом которой является изделие, называют общей (рис. 8). Различают схемы общей и узловой сборки.

В курсовом проекте в роли изделия чаще всего выступает сборочная единица (узел). Общей сборкой считают процесс, продуктом которого является сборочная единица, указанная в задании. Узловой считают сборку узлов более высокого порядка, входящих в заданное изделие. Иерархию сборочных единиц обязательно отражают на технологических схемах сборки.

Любую сборочную единицу или деталь на схеме сборки изображают прямоугольником (рис. 9, а).

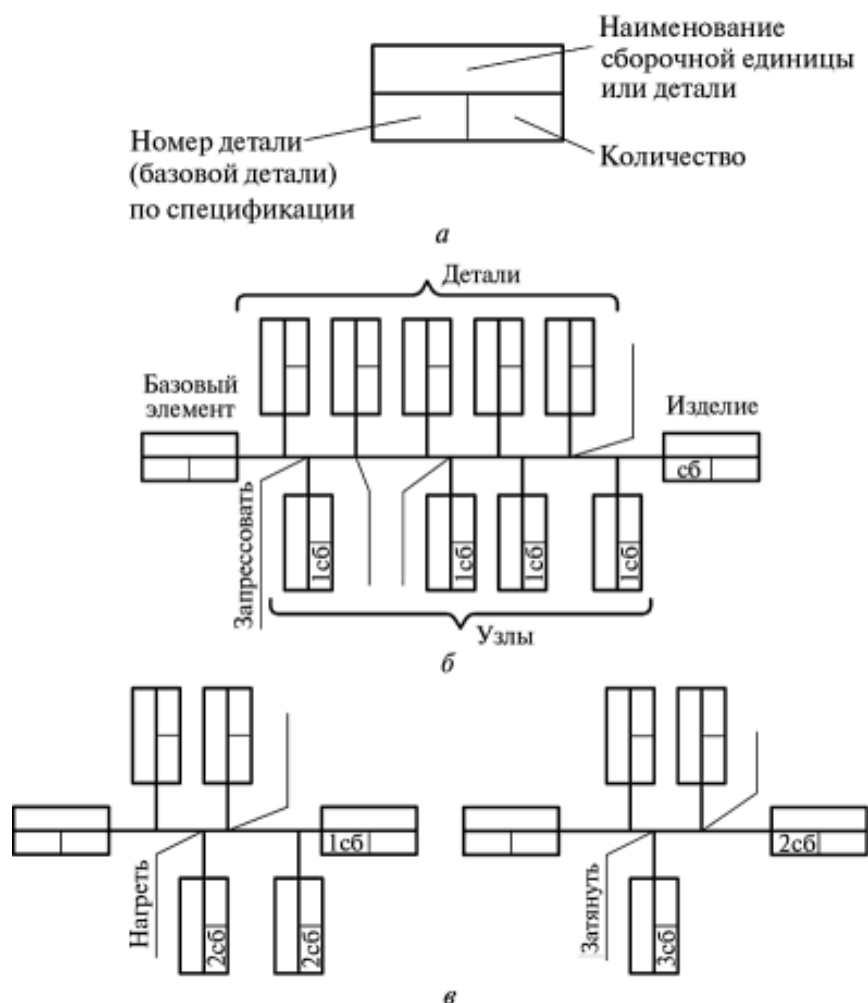


Рис. 9. Технологические схемы сборки: *а* – изображение детали (сборочной единицы); *б* – общая сборка; *в* – узловая сборка

У сборочной единицы в поле «Номер детали» указывают базовую деталь, на основе которой собрана эта сборочная единица. Перед номером базовой детали следует написать цифру, означающую порядок сборочной единицы, и буквы «сб», например: «1сб25» – сборочная единица первого порядка на базе детали 25.

Сначала составляют схему общей сборки (рис. 9, б), затем – схемы узловой сборки (рис. 9, в). Сборку начинают с базового элемента (рис. 9, б). Им может быть деталь или сборочная единица (узел). Если базовый элемент – узел, то на схеме общей сборки он должен обозначаться как узел первого порядка, как и другие узлы, приводимые на схеме, независимо от того, являются ли они изготавливаемыми или покупными (рис. 9, б). Изделие должно иметь номер базового элемента с указателем перед ним букв «сб». Наименование базового элемента и изделия могут различаться. Так, например, при изображении технологической схемы сборки ротора турбины базовая деталь может называться «вал», а изделие – «ротор». Узел, собранный на базе детали «корпус», можно назвать «корпусом в сборе». Если «корпус» был корпусом клапана, а сборка – общей, то он может быть назван «клапаном».

На схемах сборки над вертикальными линиями-выносками пишут краткие указания об основных выполняемых технологических воздействиях с приведением глаголов в повелительном наклонении: «запрессовать», «нагреть», «затянуть» и т.д.

Вследствие разработки схем сборки лишь на основе сборочного чертежа изделия или сборочной единицы (узла) возможно возникновение ошибок при выявлении узлов высоких порядков. Для их избегания следует помнить, что характерным признаком узла является возможность его сборки независимо от других элементов изделия. Узел после сборки должен представлять собой единое целое, не распадающееся при перемене положения. Поэтому соединение вала со втулкой по посадке с зазором не является узлом: при изменении положения при транспортировке такое соединение может самопроизвольно распасться на составляющие его детали.

Схемы узловой сборки (рис. 9, в) изображают по аналогичным правилам со строгим соблюдением иерархии сборочных единиц.

Последовательность соединения деталей и узлов машины не может быть произвольной. Для простых узлов чаще всего возможна лишь одна последовательность сборки. Для сложных узлов и машин возможны различные варианты последовательности сборки.

При определении последовательности сборки производят анализ размерных цепей изделия. Если в изделии существуют несколько размерных цепей, то даже при их равноценности по точности полученных результатов сборку начинают с наиболее сложной и ответственной цепи. В каждой размерной цепи сборку завершают установкой элементов, образующих замыкающее звено.

При наличии размерных цепей с общими звеньями сборку начинают с элементов той цепи, которая в наибольшей степени влияет на точность изделия.

Схема сборки отражает последовательность присоединения деталей. Но возникают трудности с точным указанием на схеме истинного места установки той или иной детали.

Пример 7. На рисунке 10 изображена схема общей сборки задней опоры оси шпиндельного узла токарного станка (рис. 1).



Рис. 10. Технологическая схема общей сборки задней опоры оси шпиндельного узла токарного станка: НКТ, ВКП – наружное и внутреннее кольцо подшипника соответственно

Сборку начинают с установки в корпус 1 фланца 2 с размещенными в нем тремя пружинами 3 и наружным кольцом подшипника 4. Такой набор взаимно сориентированных, соединенных, но не закрепленных деталей называют комплектом. Детали комплекта поступают на сборку вместе.

После пропуска шпинделя 8 через отверстие фланца 2, закрепленного в корпусе 1, ряд деталей (внутреннее кольцо подшипника 6, штифт 7, втулку 12 и др.) устанавливают на шпиндель, который становится базовой деталью. В частности, штифт 7 запрессовывают в шпиндель 8, предварительно просверлив и развернув посадочное отверстие.

На общую сборку поступают узлы первого порядка, сепаратор (1сб5) и стакан (1сб13). Сепаратор – покупной узел, входящий в комплект подшипника. Стакан – предварительно собираемый узел (установка манжеты).

Пример 8. На рисунке 11 изображены схемы общей и узловой сборки масляного насоса (рис. 12).

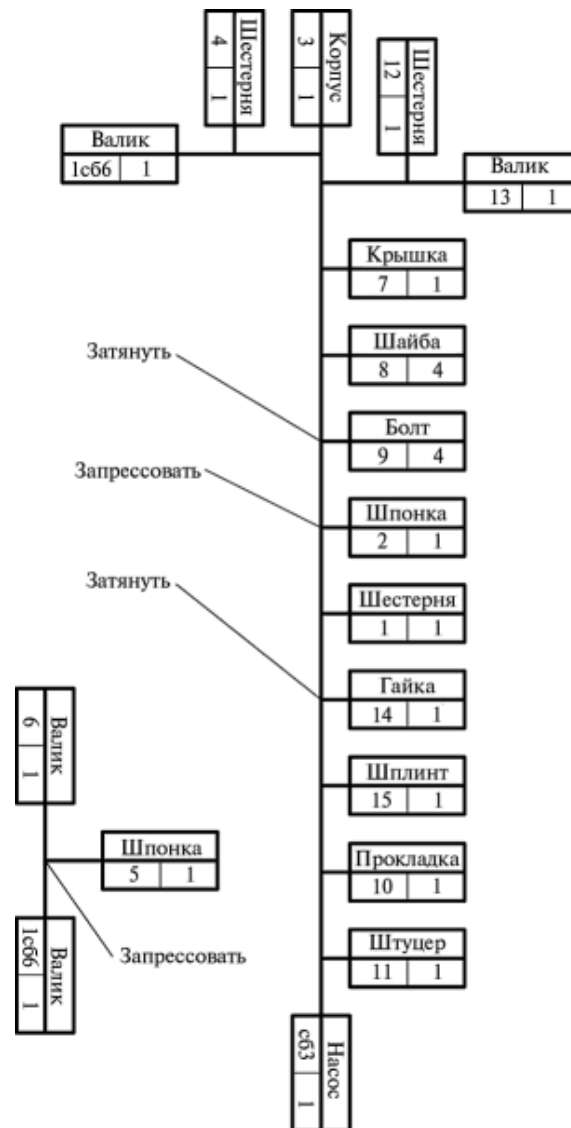
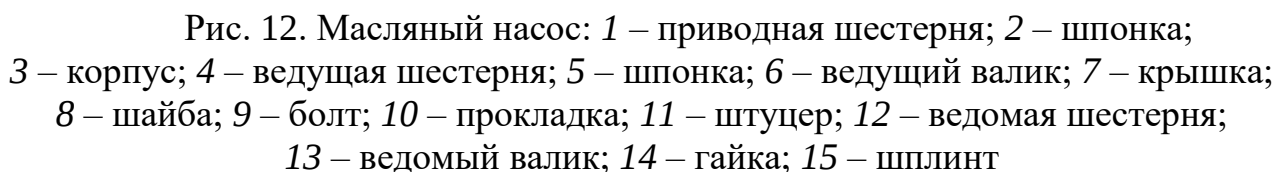


Рис. 11. Технологические схемы сборки масляного насоса



При обеспечении точности сборки методами пригонки и регулировки частичные разборки собранных узлов и повторную сборку на технологических схемах не отражают.

3.6.1. Разработка маршрутной и операционной технологий

При разработке маршрутной технологии устанавливают последовательность и основное содержание технологических и вспомогательных операций сборки. Схемы сборки определяют последовательность основных технологических воздействий на предмет производства. Значительное число таких воздействий связано с выполнением соединений деталей и узлов.

- основного приема, во время которого изменяется состояние предмета производства, т.е. осуществляется соединение;

37

Например, сборочный переход – напрессовать на вал внутреннее кольцо конического роликового подшипника – состоит из следующих приемов: взять кольцо и сцентрировать его по посадочной шейке вала; включить пресс; напрессовать кольцо на вал; выключить пресс. Здесь основным (технологическим) приемом является – напрессовать кольцо на вал. Остальные – вспомогательные.

Кроме указанных работ, маршрутная технология должна учитывать действия, обусловленные пригонкой и регулировкой, как выбранными методами обеспечения заданной точности сборки. К ним относят: измерение размера замыкающего звена; частичную разборку узла; снятие материала с неподвижного компенсатора; подбор и установку регулировочных прокладок; регулировку положения подвижных компенсаторов; повторную сборку и т.д.

Обязательным является представление в маршрутной технологии работ по проверке правильности выполнения соединений деталей и узлов при сборке: проверке свободного вращения вала в подшипниках; проверке диаметра отверстия втулки, запрессованной в корпус; проверке соосности двух втулок, запрессованных в противоположные стенки корпуса, и др.

Также в маршрутной технологии учитывают механическую обработку, выполняемую при сборке (например, сверление и развертывание отверстия под установку штифта) и другие дополнительные действия, вызванные конструктивными, технологическими или эксплуатационными особенностями узла или изделия.

Все указанные действия при разработке маршрутной технологии должны быть разделены по отдельным технологическим операциям.

При определении содержания операций сборки применяют два подхода.

1. В операцию объединяют все действия, непрерывно выполняемые на одном рабочем месте над одним или несколькими предметами производства, результатом которых является сборка узла. Пример: узел масляного насоса (рис. 11) может быть полностью собран на одном оборудованном рабочем месте. Маршрутный ТП сборки будет состоять в этом случае из двух операций: «комплекточной» (комплектная поставка на рабочее место необходимых деталей); «сборочной» (сборка масляного насоса).

2. В операцию объединяют технологически однородные работы, характеризующиеся законченностью. Пример: при установке крышки подшипника на корпус редуктора в самостоятельную сборочную операцию могут быть включены действия:

- взять крышку подшипника;
- взять болт (6 шт.) и надеть на него шайбу (6 шт.);
- сориентировать крышку на корпусе редуктора;
- наживить болт (6 шт.) по резьбе крепежного отверстия в корпусе;
- затянуть 6 болтов в заданном порядке.

Одним из признаков, характеризующих законченность действия, является невозможность самопроизвольного разделения собранного узла на отдельные элементы при изменении его положения или транспортировке.

Первый подход характерен для сборки несложных узлов в единичном и мелкосерийном производствах. Второй соответствует условиям серийного, крупносерийного и массового производств, а также всем типам производства сложных изделий высокой ответственности, например, газотурбинных установок. Содержание операций зависит от типа производства и метода работы.

При серийном производстве содержание операций определяют так, чтобы на отдельных местах узловая и общая сборки изделий периодически сменяемыми партиями обеспечивали достаточно высокую загрузку рабочих мест.

При массовом производстве содержание операции должно быть таким, чтобы ее длительность была равна или кратна такту выпуска. Длительность операций оценивают укрупненно с последующим уточнением и корректировкой. Средняя загрузка рабочих мест сборочной линии должна быть не менее 0,9 – 0,95.

Механическую обработку при сборке, сложный инструментальный контроль, сварку, пайку чаще всего выделяют в самостоятельные операции.

При разработке операционной технологии конкретизируют и полностью определяют содержание сборочных операций.

Выбирают оборудование, на котором должна выполняться сборка: слесарные верстаки, сборочные столы или сборочные станды, соответствующие габаритам и форме собираемого изделия.

Затем определяют способ подачи базового элемента (детали, сборочной единицы) и присоединяемых деталей и узлов на рабочее место; схему установки, закрепление, повороты и перестановки базового элемента при сборке; намечают конструктивно-технологические требования к необходимым приспособлениям.

Выбирают технологические методы выполнения соединений, оборудование, механизированный и ручной рабочий и вспомогательный инструменты для выполнения соединений, а также измерительный инструмент и приспособления для его проверки.

Проводят необходимые технологические расчеты, определяющиеся спецификой технологического метода выполнения соединения, например, усилий запрессовки, развальцовки или клепки; температуры нагрева или охлаждения соединяемых деталей и др. Результаты расчетов необходимы для выбора сборочного оборудования или определения режимов его работы.

После уточнения состава намеченных ранее сборочных работ и окончательного определения содержания операции выполняют их техническое нормирование и оформляют необходимую технологическую документацию.

3.6.2. Проектные расчеты

Резьбовые соединения. Качество сборки соединения определяет сила затяжки P_3 :

$$P_3 = \sigma_3 \cdot F_6, \quad (1)$$

где F_6 – площадь поперечного сечения болта; σ_3 – напряжение затяжки,

$$\sigma_3 \in \{\sigma_{3 \min}; \sigma_{3 \max}\}, \quad (2)$$

где $\sigma_{3 \min}$ – минимальное напряжение затяжки, определяемое из условия нераскрытия стыка; $\sigma_{3 \max}$ – максимальное напряжение затяжки. Для ответственных резьбовых соединений

$$\sigma_{3 \max} = (0,8 \dots 0,9)\sigma_T, \quad (3)$$

где σ_T – предел текучести материала болта. Допустимое отклонение силы затяжки – $\pm 6\% \dots \pm 20\%$.

Момент резьбозавертывающего инструмента (ключа, гайковерта), обеспечивающий требуемую силу затяжки:

$$M_3 = P_3 \cdot \left(\frac{d_2}{2f_p} + \frac{D_{пр}}{2f_T} \right), \quad (4)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы, для метрических резьб $d_2 = 0,9d$; d – номинальный наружный диаметр болта; f_p – коэффициент трения в резьбе; f_T – коэффициент трения под торцом гайки или головки винта, $f_T \approx 0,15$; $D_{пр}$ – приведенный диаметр головки болта или гайки.

$$D_{пр} = \frac{D^3 - d_{отв}^3}{3(D^2 - d_{отв}^2)}, \quad (5)$$

где D – наружный диаметр гайки или головки болта; $d_{отв}$ – диаметр отверстия соединяемых деталей. Значение M_3 может быть использовано:

- при выборе гайковерта;
- при настройке динамометрического ключа (ключа предельного момента);
- при определении длины гаечного ключа:

$$l_k = \frac{M_3}{P_p}, \quad (6)$$

где l_k – расчетная длина рукоятки гаечного ключа; P_p – предельно допустимое усилие на рукоятке ключа ($P_p = 150$ Н).

Наиболее точно фактическую силу затяжки определяют по удлинению болта λ , измеряемому специальным микрометром:

$$P_3 = \frac{\lambda E_6 F_6}{l_6}, \quad (7)$$

где l_6 – номинальная длина болта; E_6 – модуль упругости материала болта. Этот метод контроля качества сборки применяется для ответственных резьбовых изделий (турбостроение, двигателестроение, тяжелое машиностроение).

Затяжку крепежных деталей в групповом соединении выполняют постепенно и в определенной последовательности, зависящей от формы стыка.

Соединения с натягом (сборка силовым воздействием). Требуемая сила запрессовки $P_{зап}$, Н:

$$P_{зап} = f p \pi d L, \quad (8)$$

где f – коэффициент трения, для стальных сопрягаемых деталей $f = 0,06 \dots 0,22$ – давление на поверхности контакта, Мпа; d – номинальный диаметр соединения, мм; L – длина соединения, мм.

$$p = \frac{\delta_\phi \cdot 10^{-3}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (9)$$

где δ_{ϕ} – фактический натяг, мкм; E_1, E_2 – модули упругости материалов сопрягаемых деталей; C_1, C_2 – коэффициенты.

$$\delta_{\phi} = \delta_n = 1,2(R_{z_1} + R_{z_2}), \quad (10)$$

где δ_n – номинальный диаметральный натяг, мкм; R_{z_1}, R_{z_2} – значения параметра шероховатости R_z сопрягаемых поверхностей. Для качественного выполнения соединения значение R_z не должно превышать 6 – 12 мкм.

$$C_1 = \frac{d^2 + d_{\text{отв}}^2}{d^2 - d_{\text{отв}}^2} - \mu_1;$$

$$C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_2, \quad (11)$$

где d – номинальный наружный диаметр охватываемой детали; $d_{\text{отв}}$ – диаметр отверстия в охватываемой детали; D – наружный диаметр охватывающей детали (если охватывающая деталь имеет форму плиты $d/D = 0$); μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона (для стали $\mu = 0,3$, для чугуна $\mu = 0,25$).

Рекомендуемые значения коэффициентов трения: сталь 0,06–0,22; чугун 0,06–0,14; магниево-алюминиевые сплавы 0,0 – 0,07; латунь 0,05–0,1; пластмасса 0,4–0,5.

Усилие пресса выбирают по силе запрессовки:

$$P_{\text{пр}} = (1,5 - 2)P_{\text{зап}}. \quad (12)$$

Сила выпрессовки, определяющая прочность соединения:

$$P_{\text{вып}} = (1,1 - 1,15)P_{\text{зап}}. \quad (13)$$

Наибольшая прочность соединения достигается при скорости запрессовки менее 3 мм/с.

Для сборки соединений с натягом применяют прессы:

а) винтовые ручные: одностоечные – усилие до 7,5 кН, двухстоечные – до 50 кН;

б) реечные верстачные: простые – усилие до 10 кН, с промежуточным усилителем – до 30 кН;

в) пневматические – усилие 30–100 кН;

г) гидравлические – усилие до 100 кН и более.

Соединения с натягом (сборка тепловым воздействием). Рассчитывают температуру нагрева или охлаждения и определяют необходимое для этого время.

Конечная температура нагрева охватывающей детали:

$$T_{\text{кн}} = \frac{\delta_n + \Delta_c}{\alpha_n d} + T_c, \quad (14)$$

где δ_n – номинальный диаметральный натяг, мм; Δ_c – гарантированный зазор в момент сборки, мм; α_n – коэффициент линейного расширения, для стальных деталей $\alpha_n = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; d – номинальный диаметр соединения, мм; T_c – температура окружающей среды, принять $T_c = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$. Значение Δ_c выбирают из соотношений:

- для диаметров $d = 30 - 40$ мм $\Delta_c = 0,018 - 0,028$ мм;

- для диаметров $d = 40 - 100$ мм $\Delta_c = 0,028 - 0,11$ мм.

Конечная температура охлаждения охватывающей детали

$$T_{\text{к}_0} = T_{\text{с}} - \frac{\delta_{\text{н}} + \Delta_{\text{с}}}{\alpha_0 d}, \quad (15)$$

где α_0 – коэффициент линейного сжатия при охлаждении, $\alpha_0 = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{°C}^{-1}$.

С учетом неизбежных потерь на охлаждение (нагрев) детали при ее извлечении из нагревательного (охлаждающего) устройства (формулы (14) и (15)):

$$T_{\text{к}_\text{н}} = \frac{\delta_{\text{н}} + \Delta_{\text{с}}}{\alpha_{\text{н}} d} + T_{\text{с}} + (25 \dots 30) \text{°C}, \quad (16)$$

$$T_{\text{к}_0} = T_{\text{с}} - \frac{\delta_{\text{н}} + \Delta_{\text{с}}}{\alpha_0 d} - (25 \dots 30) \text{°C}. \quad (17)$$

Температуру нагрева охватывающей детали ограничивают: $T_{\text{к}_\text{н}} \leq 350 \text{°C}$.

Температура охлаждения ограничивается температурой хладагента:

- для твердой углекислоты $T_{\text{к}_0} = -78,5 \text{°C}$;
- для жидкого кислорода $T_{\text{к}_0} = -182,5 \text{°C}$;
- для жидкого азота $T_{\text{к}_0} = -195,8 \text{°C}$.

Сборку тепловым воздействиям не применяют при $d \leq 15$ мм. При $15 \text{ мм} < d < 40$ мм тепловому воздействию подвергают обе соединяемые детали. При $d > 40$ мм возможна сборка тепловым воздействием на одну из соединяемых деталей.

Сборка с охлаждением охватываемой детали обеспечивает прочность соединения на 10–15 % выше, чем сборка с нагревом охватывающей детали.

Время нагрева (охлаждения) детали зависит от требуемой конечной температуры, массы детали, теплоемкости ее материала, скорости нагрева (охлаждения). В индукционных нагревательных устройствах время нагрева до 300°C составляет 10–12 с на каждый килограмм массы детали.

Установка с натягом колец подшипников (сборка силовым воздействием). Усилие прикладывают к кольцу подшипника, устанавливаемому с натягом. Сила запрессовки, Н:

$$P_{\text{зап}} = \frac{\delta_{\text{ф}} f E \pi B}{2N}, \quad (18)$$

где $\delta_{\text{ф}}$ – фактический натяг, определяемый по (10), мм; E – модуль упругости ($E = 2,15 \cdot 10^5$ МПа); B – ширина напрессовываемого кольца, мм; f – коэффициент трения (при напрессовке $f = 0,1 - 0,15$; при снятии кольца $f = 0,15 - 0,25$).

$$N = \frac{1}{\left(1 - \frac{d}{d_0}\right)^2},$$

где $d_0 \approx d + \frac{D-d}{4}$, d – номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца, мм; D – наружный диаметр подшипника, мм.

Важнейшей технологической задачей, решаемой при сборке узлов с подшипниками качения, является обеспечение заданного радиального зазора e между телами качения и беговыми дорожками подшипника. Для радиально-упорных подшипников

$$e = \frac{e_0^2}{4(2r - d_{\text{ш}})}, \quad (19)$$

где e_0 – осевой зазор в подшипнике (осевая игра); r – радиус желоба беговой дорожки; $d_{ш}$ – диаметр шарика.

При запрессовке подшипников на вал с большими натягами происходит уменьшение зазора e или даже защемление тел качения. Уменьшение зазора Δ'_e рассчитывают по формуле:

$$\Delta'_e = \frac{0,8\delta_n dk}{d+5,85(1-k^2)}, \quad (20)$$

где δ_n – номинальный натяг в сопряжении кольца подшипника с валом; d – номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника; $k = \frac{d}{d_n}$; d_n – наружный диаметр приведенного внутреннего кольца подшипника, имеющего прямоугольную форму сечения при той же ширине и площадь, равную площади сечения реального кольца.

При запрессовке внутреннего кольца $\Delta'_e \approx (0,55 \dots 0,6)\delta_n$; при запрессовке наружного кольца в корпус $\Delta'_e \approx (0,65 \dots 0,7)\delta_n$.

Если по условиям эксплуатации возможен неодинаковый нагрев колец подшипника, то возможно дополнительное уменьшение зазора

$$\Delta''_e = 1,2 \cdot 10^6 d_1 \Delta T, \quad (21)$$

где d_1 – диаметр дорожки качения внутреннего кольца; ΔT – разность температур внутреннего и наружного колец.

Фактический радиальный зазор

$$e_{\phi} = e - \Delta'_e - \Delta''_e. \quad (22)$$

Условие работоспособности подшипника:

$$e_{\phi} \geq e_{min}, \quad (23)$$

где e_{min} – минимальное значение зазора, определяемое по техническим условиям на подшипник. Расчет по (19) – (23) обязателен для узлов, работающих в условиях мощных и нестационарных тепловых полей, например, опор роторов газотурбинных двигателей.

Установка с натягом колец подшипников (сборка с тепловым воздействием), температуру нагрева подшипника, устанавливаемого с натягом на вал $T_{кн}$, определяют по (14), (16) при ограничении:

$$T_{кн} \leq 100^\circ\text{C}.$$

Подшипник нагревают в масляной ванне в течение 15–20 мин и в горячем виде устанавливают на вал. Если только одного нагрева подшипника недостаточно для компенсации натяга, дополнительно охлаждают вал.

Охлаждение подшипника целесообразно при запрессовке подшипника в корпус (натяг по наружному кольцу). Подшипники и валы охлаждают до температур $-75 \dots -77^\circ\text{C}$ в термостатах с твердой углекислотой (сухим льдом). При необходимости корпус нагревают погружением его в масляную ванну (при небольших габаритах) или обдувкой горячим воздухом.

Заклепочные соединения. Силу холодной клепки определяют по формуле, Н:

$$P_{кл} = K_{\Gamma} d^{1,75} \sigma_B^{0,75}, \quad (24)$$

где K_r – коэффициент формы замыкающей головки; d – диаметр стержня заклепки, мм; σ_b – временное сопротивление материала заклепки, МПа.

Значение K_r :

- для сферических головок $K_r = 28,6$;
- для потайных головок $K_r = 26,2$;
- для плоских головок $K_r = 15,2$;
- для трубчатых головок $K_r = 4,33$.

При горячей клепке стальную заклепку нагревают до температуры 1050–1100 °С. Силу горячей клепки определяют по формуле:

$$P_{кл} = P_{ку} F, \quad (25)$$

где $P_{ку}$ – удельная сила клепки ($P_{ку} = 0,65 - 0,80 \frac{\text{кН}}{\text{мм}^2}$); F – площадь сечения стержня заклепки, мм².

Заклепочные соединения выполняют на клепальных машинах и прессах. При работе на прессах время выполнения одного соединения составляет 3 с (0,05 мин). При горячей клепке усилие пресса не менее $100F$, а при холодной – $250F$.

Разновидностями заклепочных являются соединения, получаемые развальцовкой или раскаткой.

Паяные соединения. Различают пайку мягкими (оловянисто-свинцовыми) припоями (температура плавления менее 400 °С) и твердыми (медными, медно-цинковыми, серебряными) припоями (температура плавления 400–1200 °С).

При пайке стальных деталей твердыми припоями зазор между сопрягаемыми поверхностями составляет 0,03 – 0,05 мм, мягкими припоями – 0,050–0,2 мм; при пайке медных сплавов зазор принимают равным 0,08–0,35 мм.

Важной особенностью технологических расчетов, выполняемых при проектировании сборочных операций, является необходимость исключительного внимания к размерностям величин, входящих в расчетные, зачастую эмпирические формулы, а также к использованию справочных данных из разных источников, в особенности существенно различающихся по времени создания.

3.6.3. Техническое нормирование операций сборки

После определения содержания операций, последовательности переходов в каждой из них, характера технологического воздействия в каждом переходе, выбора оборудования и режимов сборки, подтвержденными технологическими расчетами, выполняют техническое нормирование операций сборки.

Целью технического нормирования является определение штучного времени $T_{шт}$ для каждой технологической операции, а также трудоемкости сборки узла.

Штучное время определяют по следующим формулам:

а) массовое и крупносерийное производство:

$$T_{шт} = \sum T_{оп} \left(1 + \frac{\alpha_0 + \alpha_n}{100} \right) K K_2; \quad (26)$$

б) серийное производство:

$$T_{шт} = \sum T_{оп} \left(1 + \frac{\alpha_0 + \alpha_n + \alpha_{пз}}{100} \right) K_1 K_2, \quad (27)$$

где $\sum T_{оп}$ – сумма оперативного времени операции по всем переходам нормируемой операции;

$\alpha_0, \alpha_n, \alpha_{пз}$ – соответственно время на обслуживание рабочего места, личные надобности работающего и подготовительно-заключительное время в процентах от оперативного времени (Приложение 1, табл.1-5);

K, K_1, K_2 – коэффициенты, учитывающие соответственно число приемов и комплексов приемов, выполненных одним рабочим, число деталей в партии, условие выполнения работ (Приложение 1, табл. 6).

В таблице 5 (Приложение 1) время на отдых и личные надобности дано для монотонных работ с применением подъемно-транспортных средств и продолжительности повторяющихся операций 1–3 мин. При иных условиях работы значение $T_{шт}$ увеличивают:

- в зависимости от грузооборота в смену: 0,5–1 т – на 1 %; до 3 т – на 2 %; до 5 т – на 3 %; до 8 т – на 4 %;

- при работе с автоматическим инструментом (в зависимости от времени вибрации и шума): до 50 % рабочего времени – на 2 %; более 50 % рабочего времени – на 4 %;

- при продолжительности повторяющихся операций: 0,5–1 мин – на 1 %; до 0,5 мин – на 2 %.

Каждый переход нормируемой операции разбивают на отдельные приемы. Для каждого приема определяют (Приложение 1, табл. 7–48) норму оперативного времени. Суммируя оперативное время по переходам, вычисляют значение $\sum T_{оп}$, и по формулам (26) и (27) – $T_{шт}$.

Трудоемкость сборки:

$$T_{сб} = \sum_{i=1}^m T_{шт i}, \quad (28)$$

где $T_{шт i}$ – штучное время для i -ой операции процесса сборки; m – число операций в ТП сборки.

Пример 9. Нормирование сборочной операции. Операция 020 (МК/КТП, рис. 12). В таблице 5 приведен пример нормирования сборочной операции, ссылки даны на таблицы Приложения 1.

Таблица 5 – Пример нормирования сборочной операции

№ п/п	Содержание переходов и приемов; размеры, необходимые для нормирования, мм	Оперативное время, мин	№ таблицы Приложения 1
1	Взять шпонку 2 (12x8x28)	0,109	43
2	Взять молоток и медную проставку		
3	Установить шпонку в паз валика 6		

№ п/п	Содержание переходов и приемов; размеры, необходимые для нормирования, мм	Оперативное время, мин	№ таблицы Приложения 1
4	Посадить шпонку до упора		
5	Отложить молоток и проставку		
6	Взять приводную шестерню 1 (масса 1,5 к)	0,36	37
7	Установить шестерню на ведущий валик 6 до упора (длина перемещения $\Delta = 30$ мм)		
8	Взять гайку 14 (М20)	0,067	48
9	Наживить гайку на резьбовой конец ведущего валика		
10	Взять гаечный ключ, установить на гайку	0,047	48
11	Затянуть гайку 14 окончательно		
12	Вставить шплинт 15 в отверстие валика	0,058	34
13	Отогнуть усики шплинта		
$\sum T_{\text{оп}}$		0,64	-

Размеры, необходимые для нормирования, даны условно.

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = \sum T_{\text{оп}} \left(1 + \frac{\alpha_o + \alpha_n + \alpha_{\text{пз}}}{100} \right) K_1 K_2.$$

Значения α_o , α_n , $\alpha_{\text{пз}}$ определены по табл. 1 – 5 (Приложение 1). Группа сложности сборки – I; $\alpha_o = 1\%$; $\alpha_n = 6\%$; $\alpha_{\text{пз}} = 2\%$; $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1$.

$$T_{\text{шт}} = 0,64 \cdot \left(1 + \frac{1+6+2}{100} \right) \cdot 1,2 \cdot 1 = 0,84 \text{ (мин.)}.$$

Аналогичным образом определены нормы штучного времени для других операций нормируемого процесса, представленные в МК/КТП.

Трудоемкость сборки масляного насоса определена по (28) и составила:

$$T_{\text{сб}} = 10,96 \text{ мин.}$$

Точное нормирование комплектовочных, испытательных и других подобных операций при курсовом проектировании затруднительно из-за отсутствия соответствующих нормативов. Для таких операций оценку штучного времени выполняют приближенно, используя данные, заимствованные из ТП-аналогов, укрупненные нормы или сведения других доступных источников.

В расчетно-пояснительной записке к курсовому проекту приводят пример нормирования сборочной операции со ссылкой на источник информации.

3.6.4. Оформление технологической документации

Технологическое документирование завершает разработку процесса сборки и выполняется в соответствии с требованиями действующих стандартов.

Для ТП сборки наиболее целесообразно их маршрутно-операционное описание с использованием в качестве основного документа «Маршрутная карта/карта технологического процесса (МК/КТП)» по ГОСТ 3.1118-82. Документ МК/КТП специализирован по одному основному технологическому методу, где для ряда операций принято операционное описание, а для других, имеющих дополнительный характер, – маршрутное. При документировании ТП сборки собственно сборочные операции в МК/КТП описывают по переходам, другие, например, контрольные, – в маршрутном изложении. Правила записи информации в технологических документах, входящих в комплект документов единого ТП, установлены ГОСТ 3.1119-83.

При заполнении МК/КТП процессов сборки с учетом специфики курсового проектирования наиболее часто заполняют строки карт, соответствующие следующим служебным символам (по ГОСТ 3.1118-82):

А – код и наименование операции;

Б – код и наименование оборудования, информация по трудозатратам $T_{шт}$;

О – содержание операции (перехода);

Т – информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке.

Для выделения содержания операции в МК/КТП между описанием операций и переходов оставляют не менее одной строки.

В описании содержания операции (перехода) указывают размерность всех величин за исключением величин, размерность которых указана в наименовании графы или задается в миллиметрах.

Предельные отклонения размеров с симметричным расположением поля допуска записывают в строку со знаком $\pm$. Предельные отклонения размеров с односторонним или двухсторонним расположением поля допуска записывают в строку, например, $25,5 + 0,1$. Информацию, относящуюся к одному размеру, если имеется несколько размеров, записывают через разделительный знак, например, $40 - 0,1 - 0,3$; $20 - 0,1 + 0,03$. Предельные отклонения не разделяют.

Запись информации о содержании операции (строка О) выполняют в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки. Номер перехода проставляют в начале строки.

Информацию о применяемой в операции технологической оснастке (строка Т) записывают в такой последовательности: приспособление (ПР), вспомогательный инструмент (ВИ), режущий инструмент (РИ), слесарно-монтажный инструмент (СМИ), специальный инструмент (СПИ), средства

измерения (СИ), средства индивидуальной защиты (СИЗ). Информацию по каждому наименованию оснастки записывают через разделительный знак «;». Условное обозначение применяют перед указанием состава соответствующей технологической оснастки, например: «СИ: Пробка; Шаблон.».

Правила записи содержания операций и переходов на слесарные и слесарно-сборочные работы приведены в ГОСТ 3.1703-79.

При технологическом документировании, выполняемом в курсовом проекте, допускается не указывать в картах стандарты на вспомогательный и слесарно-монтажный инструмент, средства индивидуальной защиты и средства измерения, если этого не требует специфика выполняемого проекта.

В Приложении 2 (табл. 1) приведен пример оформления МК/КТП для сборочной единицы (рис. 12) по технологической схеме сборки, изображенной на рисунке 11. В приведенном примере узловая сборка не выделена в самостоятельный этап, а включена как самостоятельная операция в процесс общей сборки.

Изложение последовательности сборочных и вспомогательных действий в МК/КТП должно полностью соответствовать разработанным при проектировании технологическим схемам узловой и общей сборки.

Объем технологического документирования определяет руководитель проекта. Для ТП сборки узлов с числом деталей не более 30–40 возможно документирование процесса полностью (пример 7). Если число сборочных операций велико, то можно ограничиться документированием и нормированием процесса общей сборки, а в отдельных случаях, наоборот, лишь узловой.

Число карт при курсовом проектировании не должно превышать 10–12.

3.7. Графическое представление результатов проектирования

По результатам проектирования ТП сборки узла выполняют графическую часть проекта на листе формата А1, на котором представляют:

- 1) сборочный чертеж узла – формат А2;
- 2) технологическую схему сборки узла – формат А2.

На сборочный лист можно вынести изображение размерной цепи, рассчитываемой в проекте, с основными результатами расчета.

Технологические схемы сборки и изображения размерных цепей должны быть приведены в расчетно-пояснительной записке.

Требования, предъявляемые к графической и текстовой информации:

- а) строгое соответствие изображаемого результатам проектирования;
- б) логическая связь отдельных изображений, как с основным содержанием проекта, так и между собой;
- в) полное соблюдение стандартов ЕСКД;
- г) строгое соответствие изображаемого общетехнологическим принципам и правилам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии описана методика выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения», приведены подробные методические указания по проектированию технологического процесса сборки изделия, расчету размерных цепей, нормированию операций и оформлению технологической документации.

Особое внимание уделено технологическому анализу конструкции изделия, подразумевающего ее качественную и количественную оценку.

Приведены необходимые расчеты резьбовых, заклепочных, паяных соединений, соединений с натягом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверченков, В. И. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В 2-х т. Т. 1 / В. И. Аверченков [и др.]. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 756 с.
2. Андреев, В. Н. Справочник технолога-машиностроителя. [Текст]. В 2-х т. Т. 2 / В. Н. Андреев [и др.]. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 818 с.
3. Балабанов, А. Н. Технологичность конструкций машин [Текст] / А. Н. Балабанов. – М. : Машиностроение, 1987. – 333 с.
4. Боярская, Р. В. Проектирование технологических процессов сборки [Текст]: методические указания / Боярская Р. В. , Максимович Б. Д. , Холодкова А. Г. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 56 с.
5. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков : справ. [Текст] / А. К. Горошкин. – Изд. 7-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 344 с.
6. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов [Текст] / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – Изд. 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
7. Дунаев, П. Ф. Расчет допусков размеров [Текст] / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – Изд. 5-е, испр. – М.: Инновационное машиностроение, 2021. – 400 с.
8. Колганов, Л. А. Сварочные работы. Сварка, резка, пайка, наплавка [Текст] : учебное пособие / Л. А. Колганов. – М.: Дашков и К°, 2003. – 408 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч. 1: Нормативы времени [Текст]. – М.: Экономика, 1990. – 206 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях массового, крупносерийного и среднесерийного типов производства [Центральное бюро нормативов по труду государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам] [Текст] – М.: Экономика, 1991. – 160 с.
11. Жолобов, А. А. Проектирование технологических процессов сборки машин [Текст] : учебник / А. А. Жолобов и др.; под общ. ред. проф. А. А. Жолобова. – Минск: Новое знание, 2005. – 410 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1 – Время на организационно-техническое обслуживание рабочего места при массовом и крупносерийном производстве

Время на организационно-техническое обслуживание рабочего места			Массовое и крупносерийное производство	
Номер позиции	Состав затрат рабочего времени	Место работы	Работа с применением	
			Механизированного инструмента	простого инструмента
			% от оперативного времени	
1	1. Раскладка инструмента в начале смены и уборка его в конце смены. 2. Уборка рабочего места в процессе работы и в конце смены.	Конвейер	5	3
2	3. Регулировка (подналадка) механизированного инструмента и приспособлений в процессе работы. 4. Смена инструмента. 5. Инструктаж рабочего мастером	Сборочный стол, стенд	4	2

Таблица 2 – Подготовительно-заключительное время. Время на обслуживание рабочего места при серийном производстве

Подготовительно-заключительное время. Время на обслуживание рабочего места		Среднесерийное производство
Характеристика сборочных работ (группы сложности)		
Группа сложности		
Шифр	Вид	
I	Простая	Число наименований деталей, входящих в сборочную единицу, – до 26. Сборка осуществляется с применением универсального, немеханизированного инструмента
II	Средней сложности	Число наименований деталей, входящих в сборочную единицу, – до 100. Сборка осуществляется с применением универсального и специального инструмента и приспособлений, требующих несложной выверки и настроек
III	Сложная	Число наименований деталей, входящих в сборочную единицу, – более 100. Сборка осуществляется с применением универсального и специального инструмента, приспособлений и оборудования, требующих точной выверки и настроек

Таблица 3 – Нормативы времени на подготовительно-заключительное время, на обслуживание рабочего места в зависимости от группы сложности сборки

Нормативы времени				
Время	Содержание работы	Группы сложности сборки		
		I	II	III
		Время, в % от оперативного времени		
Подготовительно-заключительное время	1. Получение наряда, чертежей, документации, инструмента, материалов, деталей и сборочных единиц на рабочем месте. 2. Ознакомление с заданием и получение инструктажа от мастера. 3. Осмотр, смазка и опробование механизированного инструмента и приспособлений до начала работы. 4. Сдача чертежа, документации, собранных изделий, инструмента и приспособлений после выполнения задания.	1,5	2	3
На обслуживание рабочего места	1. Регулирование механизированного инструмента, приспособлений и оборудования в процессе работы. 2. Чистка и смазка инструмента, приспособления и оборудования в процессе работы. 3. Смена и заправка инструмента. 4. Изучение чертежей, инструкций и технологического процесса. 5. Уборка рабочего места.	2,5	3,5	4,5

Таблица 4 – Подготовительно-заключительное время. Время на обслуживание рабочего места при среднесерийном производстве

Подготовительно-заключительное время. Время на обслуживание рабочего места		
Время	Содержание работы	Время, в % от оперативного времени
Подготовительно-заключительное время	1. Получение инструмента и чертежей. 2. Ознакомление с работой. 3. Оформление документации и сдача работы. 4. Подключение и отключение механизированного инструмента на рабочем месте.	2
На обслуживание рабочего места	Раскладка, смена, правка рабочего инструмента и его уборка.	1

Таблица 5 – Время на отдых и личные надобности

Время на отдых и личные надобности		Все типы производства
Отдых	Личные надобности	Всего
Время, в % от оперативного времени		
4	2	6

Таблица 6 – Поправочные коэффициенты на оперативное время

Поправочные коэффициенты на оперативное время				
В зависимости от числа приемов и комплексов приемов выполняемых работ			Массовое и крупносерийное производство	
Номер позиции	Число приемов и комплексов приемов		Коэффициент K	
1	1-3		0,95	
2	4-6		1	
3	7-12		1,05	
4	13-24		1,1	
5	25-50		1,16	
В зависимости от числа деталей (сборочных единиц) в партии			Среднесерийное производство	
Число деталей до				
30	50	100	200	500
Коэффициент K_1				
1,2	1,1	1	0,9	0,8
В зависимости от условий работы		Все типы производства		
Номер позиции	Условия выполнения работы		Коэффициент K_2	
1	Установка, соединение и крепление деталей (сборочных единиц) производится	Сверху, руки на уровне груди	1	
2		Внизу	1,1	
3		Внутри изделия	1,2	
4		В потолочном положении руки над головой	1,3	

Таблица 7 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Застропливание или отстропливание

Застропливание или отстропливание		Все типы производства		
Номер позиции	Способ застропливания	Число стропов (захватов)	Время на застропливание, мин.	Время на отстропливание, мин.
1	Крюками	1	0,037	0,026
2		2	0,058	0,039
3		3	0,076	0,055
4		4	0,096	0,07
5	Захватами	1	0,07	0,05
6		2	0,09	0,07
7		3	0,11	0,08
8		4	0,14	0,09
9	Канатом	1	0,06	0,043
10		2	0,074	0,05
11	Тросом	1	0,066	0,047
12		2	0,084	0,06
13	Подвесками	1	0,042	0,036
14	Цепью	1	0,06	0,043
15		2	0,074	0,05
16	Спецприспособлением	1	0,82	0,063

Таблица 8 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Навешивание и снятие деталей (сборочных единиц) на транспортный подвесной конвейер

Навешивание и снятие деталей (сборочных единиц) на транспортный подвесной конвейер		Все типы производства
Содержание работы		Норма времени, мин.
Навешивание	1. Взять деталь массой M , кг, переместить к конвейеру на расстояние K , м. 2. Навесить деталь на конвейер.	$T = 0,0258K^{0,9}M^{0,5}$
Снятие	1. Снять деталь массой M , кг. 2. Переместить к месту установки на расстояние K , м, вернуться обратно.	$T = 0,02K^{0,9}M^{0,5}$

Таблица 9 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Перемещение деталей по рольгангу и склизу

Перемещение деталей по рольгангу и склизу		Все типы производства
Содержание работы		Норма времени, мин.
По рольгангу	Переместить деталь массой M , кг, по рольгангу на определенное расстояние K , м.	$T = 0,087K^{0,23}M^{0,35}$
По склизу	Столкнуть деталь по склизу	$T = 0,006M^{0,48}$

Таблица 10 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Перемещение деталей при помощи грузоподъемных механизмов

Перемещение деталей при помощи грузоподъемных механизмов					Все типы производства	
№ позиции	Грузоподъемные механизмы	Грузо-подъем-ность, кг, до	Скорость, м/мин.		Норма времени на 1 м, мин.	
			Подъем	Передвижение	Подъем	Передвижение
1	—	125	12-14	Вручную	0,083-0,079	—
2	—	250	8		0,125	—
3	—		9		0,111	—
4	—		18-20		0,058-0,05	—
5	—	500	3		0,332	—
6	Тали электрические		8	18,5	0,125	0,054
7				30		0,033
8				8,5	Вручную	0,118
9	Тельферы		12-16	27,5-31	0,083-0,063	0,034
10		750	8	30	0,125	0,033
11	Кран-балки	1000	6	20	0,167	0,05
12			7,5	30	0,134	0,033
13	Пневмоподъемники		8	Вручную	0,125	—
14				20		0,05
15				30		0,033
16				32		0,031
17				34		0,029
18	—	1500	8	Вручную	0,125	—
19		2000	7,5	30	0,125	0,033
20				20		0,05
21			8	28		0,036
22				30		0,033
23		3000	8	20		0,05
24				30		0,033
25		По монорельсу	Без груза			—
26	С грузом по прямой			—	0,03	
27	С грузом по кривой			—	0,05	

Примечание. На прием «включить» или «выключить подъемник» к приведенной в таблице норме времени прибавлять 0,015 мин.

Таблица 11 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Перемещение изделий к месту сборки вручную

Перемещение изделий к месту сборки вручную	Все типы производства
Содержание работы	Норма времени, мин.
1. Взять деталь, сборочную единицу массой M , кг, ящик с деталями и инструментом. 2. Переместить к месту сборки на расстояние K , м.	$T = 0,014K^{0,9}M^{0,34}$

Таблица 12 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Перемещение рабочего на необходимое расстояние

Перемещение рабочего на необходимое расстояние	Все типы производства
Характер перемещения	Норма времени, мин.
Спуск по ступеням	$T = 0,03K^{0,91}$
Подъем по ступеням	$T = 0,036K^{0,91}$
По горизонтали при сопровождении груза, перемещаемого подъемником	$T = 0,05K$

Таблица 13 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Перемещение инструмента на необходимое расстояние

Перемещение инструмента на необходимое расстояние K , м		Все типы производства
Вид инструмента	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Ручной (молоток, ключ, отвертка и т.п.)	Взять инструмент, переместить	$T = 0,02K^{0,25}$
	Отложить	$T = 0,015K^{0,25}$
Съемный пневмо- или электроинструмент	Снять инструмент, переместить, включить	$T = 0,035K^{0,58}$
	Выключить, переместить, отложить	$T = 0,019K^{0,59}$
Подвесной инструмент	Подвести инструмент к рабочей точке, включить	$T = 0,023K^{0,45}$
	Выключить и отпустить	$T = 0,016K^{0,45}$

Таблица 14 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Перемещение инструмента на необходимое расстояние при последовательном завертывании гаек, болтов

Перемещение инструмента массой M , кг, на необходимое расстояние K , м, при завертывании нескольких гаек, болтов и т.п. последовательно	Все типы производства
Содержание работы	Норма времени, мин.
Переместить гайковерт или ручной ключ	$T = 0,0013K^{0,25}M^{0,22}$

Таблица 15 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Угловое повертывание и перевертывание изделий и деталей вручную

Повертывание и перевертывание деталей массой M , кг, и сборочных единиц вручную на угол φ , °		Все типы производства
Способ	Содержание приемов	Норма времени, мин.
На столе	Повернуть в горизонтальной плоскости	$T = 0,0025\varphi^{0,33}M^{0,29}$
	Повернуть в вертикальной плоскости	$T = 0,0044\varphi^{0,33}M^{0,29}$
В приспособлении	Вынуть фиксатор, повернуть приспособление с деталью, вставить фиксатор	$T = 0,0039\varphi^{0,6}M^{0,16}$

Таблица 16 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Укладка изделий и деталей в тару вручную

Укладка деталей и сборочных единиц массой M , кг, в тару вручную		Все типы производства
Способ	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Навалом	Взять, уложить в тару произвольно	$T = 0,015M^{0,55}$
Тщательно с ориентацией	Взять, уложить в тару с аккуратной ориентацией	$T = 0,025M^{0,55}$

Таблица 17 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Связывание деталей проволокой

Связывание деталей массой M , кг, количества K , шт., проволокой		Все типы производства
Способ	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Диаметр проволоки 1 мм	Взять проволоку и комплект деталей, нанизать на проволоку или обвести ею комплект деталей один раз, скрутить концы проволоки и отложить комплект	$T = 0,032M^{0,28}K^{0,75}$

Примечания: 1. При связывании деталей проволокой 2 мм норму времени умножать на 1,2.

2. При связывании деталей в двух местах норму времени умножать на 1,3.

3. При связывании деталей с укладкой или подсчетом норму времени умножать на 1,1.

Таблица 18 – Нормативы времени на освобождение деталей от бумаги

Освобождение деталей диаметром D , мм, от оберточной бумаги		Все типы производства
Способ	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Снять оберточную бумагу	Взять деталь (сборочную единицу), развернуть оберточную бумагу, отложить деталь, отбросить бумагу в тару для отходов.	$T = 0,013D^{0,38}$
Развязать шпагат, снять бумагу		$T = 0,016D^{0,38}$
Раскрутить проволоку, снять бумагу		$T = 0,019D^{0,38}$

Таблица 19 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Протирка деталей сухой салфеткой

Протирка деталей с шириной B , диаметром D (сборочных единиц), мм, сухой салфеткой, замшей		Все типы производства
Характер деталей (сборочных единиц)	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Простые с гладкой поверхностью длиной L	1. Взять салфетку. 2. Протереть деталь. 3. Отложить салфетку.	$T = 0,0064D^{0,24}L^{0,82}$ $T = 0,005B^{0,24}L^{0,82}$
Сложные с выступами, карманами и отверстиями		$T = 0,0083D^{0,24}L^{0,82}$ $T = 0,0065B^{0,24}L^{0,82}$

Таблица 20 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Осмотр деталей

Осмотр деталей массой M , кг, шириной B , мм, диаметром D , мм, длиной L , мм		Все типы производства
Характер деталей	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Призматические	1. Взять деталь.	$T = 0,00525M^{0,73}B^{0,15}L^{0,21}$
Тела вращения	2. Осмотреть со всех сторон.	$T = 0,00621M^{0,73}D^{0,15}L^{0,21}$

Таблица 21 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Промывание деталей

Промывание деталей (тары с деталями) массой M , кг количеством K , шт.			Все типы производства
Способ промывания	Тип деталей	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Промывание в ванне струей из шланга			
От пыли и стружки	С гладкой поверхностью	Уложить деталь в тару и опустить в ванну, взять шланг, открыть вентиль, промыть детали, закрыть вентиль, отложить шланг, вынуть тару с деталями из ванны	$T = 0,221/K^{0,62}$
	С резьбой и карманами		$T = 0,442/K^{0,62}$
От масла	С гладкой поверхностью		$T = 0,276/K^{0,62}$
	С резьбой и карманами		$T = 0,552/K^{0,62}$
Промывание окунанием в ванну			
От пыли и стружки	С гладкой поверхностью	Уложить детали в тару, опустить в ванну, вынуть тару с деталями из ванны	$T = 0,158/K^{0,62}$
	С резьбой и карманами		$T = 0,316/K^{0,62}$
От масла	С гладкой поверхностью		$T = 0,198/K^{0,62}$
	С резьбой и карманами		$T = 0,396/K^{0,62}$
Промывание деталей длиной L , мм, шириной B , мм, диаметром D , мм, массой до 20 кг в ванне поштучно щеткой, салфеткой			
От пыли и стружки	С гладкой поверхностью	Взять деталь, опустить в промывочную ванну, взять щетку, промыть деталь, отложить щетку, вынуть деталь и отложить.	$T = 0,052B^{0,3}L^{0,4}$
	С резьбой и карманами		$T = 0,073D^{0,3}L^{0,4}$
От масла	С гладкой поверхностью		$T = 0,0755B^{0,3}L^{0,4}$
	С резьбой и карманами		$T = 0,0106D^{0,3}L^{0,4}$
От масла	С гладкой поверхностью		$T = 0,074B^{0,3}L^{0,4}$
	С резьбой и карманами		$T = 0,0105D^{0,3}L^{0,4}$
От масла	С гладкой поверхностью		$T = 0,0108B^{0,3}L^{0,4}$
	С резьбой и карманами		$T = 0,015D^{0,3}L^{0,4}$

Таблица 22 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Обдувка деталей

Обдувка деталей (сборочных единиц) с шириной поверхности В, мм, диаметром Д, мм		Все типы производства
Характер деталей (сборочных единиц)	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Простые с гладкой поверхностью длиной Л	1. Взять шланг, включить воздух. 2. Обдуть деталь.	$T = 0,0029Д^{0,24}Л^{0,41}$ $T = 0,0022В^{0,24}Л^{0,41}$
Сложные с выступами, карманами и отверстиями	3. Выключить воздух, отложить шланг.	$T = 0,0037Д^{0,24}Л^{0,41}$ $T = 0,0028В^{0,24}Л^{0,41}$

Таблица 23 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Смазывание деталей кистью

Смазывание (покрытие) деталей (сборочных единиц) с шириной поверхности В, мм, диаметром Д, мм, длиной Л, мм		Все типы производства
Вид смазки (покрытия)	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Масло	1. Взять кисть, обмакнуть в масло (краску).	$T = 0,0037Д^{0,33}Л^{0,47}$ $T = 0,0025В^{0,33}Л^{0,47}$
Краска	2. Нанести смазку (покрытие) на поверхность. 3. Отложить кисть или масленку.	$T = 0,0053Д^{0,33}Л^{0,47}$ $T = 0,0036В^{0,33}Л^{0,47}$

Таблица 24 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Смазывание деталей с помощью масленки

Смазывание (покрытие) деталей (сборочных единиц) с шириной поверхности В, мм, диаметром Д, мм, длиной Л, мм		Все типы производства
Вид смазки (покрытия)	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Масло	1. Взять масленку (пульверизатор). 2. Нанести смазку (покрытие) на поверхность.	$T = 0,0029Д^{0,33}Л^{0,47}$ $T = 0,0036В^{0,33}Л^{0,47}$
Краска	3. Отложить масленку (пульверизатор).	$T = 0,0037Д^{0,33}Л^{0,47}$ $T = 0,0026В^{0,33}Л^{0,47}$

Таблица 25 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Смазывание деталей погружением в ванну

Смазывание (покрытие) деталей (сборочных единиц) с шириной поверхности В, мм, диаметром Д, мм, длиной Л, мм		Все типы производства
Вид смазки (покрытия)	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Масло	1. Взять детали. 2. Погрузить в ванну с маслом (покрытием).	$T = 0,0044Д^{0,33}Л^{0,47}$
Краска	3. Вынуть деталь и отложить.	$T = 0,003В^{0,33}Л^{0,47}$

Таблица 26 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Контрольные измерения деталей

Контрольные измерения деталей размером Р, мм, длиной поверхности Л, мм			Все типы производства
Инструмент	Точность измерения Н, мм	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Микрометр	0,01	1. Взять инструмент. 2. Произвести измерение. 3. Отложить инструмент.	$T = 0,0195P^{0,25}L^{0,27}$
Штангенциркуль	0,01-0,1		$T = \frac{0,011P^{0,2}L^{0,28}}{H^{0,32}}$
Индикатор	0,01		$T = 0,018P^{0,18}L^{0,27}$
Линейка	—		$T = 0,0254L^{0,22}$
Угломер	0,05°		$T = 0,26$
Скоба односторонняя	—		$T = \frac{0,0122L^{0,81}}{H^{0,4}}$
Скоба двухсторонняя	—		$T = \frac{0,0285L^{0,19}}{H^{0,4}}$
Шаблон фасонный простой	—		$T = \frac{0,012L^{0,19}}{H^{0,9}}$
Шаблон фасонный сложного профиля	—		$T = \frac{0,0087L^{0,22}}{H^{1,2}}$
Проверка бокового зазора зубьев в зацеплении			$T = 0,09$ на одну пару

Таблица 27 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Маркировка деталей

Маркировать детали числом знаков Н			Все типы производства
Вид поверхности	Тип инструмента	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Плоская	Ударное клеймо без подбора	1. Взять инструмент. 2. Маркировать деталь. 3. Сменить инструмент. 4. Повторить приемы 2-3 раза по числу знаков. 5. Отложить инструмент.	$T = 0,1Н^{0,65}$
Цилиндрическая			$T = 0,11Н^{0,65}$
Плоская	Ударное клеймо с подбором		$T = 0,15Н^{0,65}$
Цилиндрическая			$T = 0,165Н^{0,65}$
Плоская	Электрограф		$T = 0,065Н^{0,6}$
Цилиндрическая			$T = 0,07Н^{0,6}$
Плоская	Кислотой, тушью, краской		$T = 0,07Н^{0,6}$
Цилиндрическая			$T = 0,075Н^{0,6}$
Плоская	Краской по трафарету		$T = 0,04Н^{0,6}$
Цилиндрическая			$T = 0,044Н^{0,6}$

Таблица 28 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Установка деталей в тиски и снятие

Установка деталей (сборочных единиц) массой M , кг, в тиски и снятие		Все типы производства
Способ крепления	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Винтовым зажимом	1. Взять деталь. 2. Установить и закрепить.	$T = 0,16M^{0,26}$
Пневматическим зажимом	3. Открепить, снять и отложить.	$T = 0,13M^{0,26}$

Таблица 29 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Притупление острых кромок

Притупление острых кромок длиной L , мм		Все типы производства
Вид инструмента	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Пневматическая машинка	1. Взять инструмент. 2. Зачистить острую кромку.	$T = 0,009L^{0,4}$
Напильник	3. Отложить инструмент.	$T = 0,01L^{0,4}$

Примечание. При обработке кромок внутренних поверхностей применить коэффициент 1,2. При обработке кромок на деталях из закаленных сталей применять коэффициент 1,4.

Таблица 30 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Сверление отверстий дрелью

Сверление отверстий длиной L , мм, диаметром D , мм, пневматической или электрической, ручной или настольной дрелью		Все типы производства
Тип отверстия	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Первое	1. Взять инструмент и изделие. 2. Подвести к месту сверления.	$T = 0,002L^{0,57}D^{0,43}$
Каждое последующее	3. Включить инструмент, сверлить отверстие. 4. Вывести сверло, выключить инструмент. 5. Очистить сверло, отложить инструмент и изделие.	$T = 0,001L^{0,57}D^{0,43}$

Таблица 31 – Нормативы оперативного времени на вспомогательные работы. Калибрование резьбы

Калибрование резьбы длиной L , мм, диаметром D , мм		Все типы производства
Вид инструмента	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Метчик	1. Взять инструмент. 2. Смазать маслом.	$T = 0,08L^{0,77}/D^{0,45}$
Плашка	3. Калибровать резьбу. 4. Вывернуть и отложить инструмент. 5. Очистить инструмент от стружки.	$T = 0,1L^{0,7}/D^{0,6}$

Примечание. При калибровании резьбы в глухом отверстии принимать коэффициент 1,2. При нарезании резьбы принимать коэффициент 2,1.

Таблица 32 – Нормы времени на сборочные работы. Установка пружинных колец вручную

Установка пружинных колец толщиной В, мм, в выточку отверстий или вала диаметром Д, мм, вручную	Все типы производства
Содержание приемов	Норма времени, мин.
1. Взять деталь. 2. Установить и закрепить. 3. Открепить, снять и отложить.	$T = 0,015B^{0,6}D^{0,88}$

Таблица 33 – Нормы времени на сборочные работы. Запрессовывание деталей на вал или в отверстие

Запрессовывание деталей массой М, кг, на вал или в отверстие на прессе на длину Л, мм		Все типы производства
Тип прессы	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Гидравлический или механический	1. Взять деталь и установить. 2. Включить пресс, запрессовать.	$T = 0,035M^{0,2}L^{0,24}$
Винтовой	3. Выключить пресс, отложить деталь, сборочную единицу.	$T = 0,065M^{0,2}L^{0,24}$
Реечный		$T = 0,065M^{0,2}L^{0,24}$

Таблица 34 – Нормы времени на сборочные работы. Стопорение резьбовых деталей

Стопорение резьбовых деталей		Все типы производства
Тип стопорения	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Стопорными шайбами или плашками толщиной Н, мм, количеством К, шт.	1. Взять стопорную деталь. 2. Надеть на болт или шпильку. 3. Взять отвертку, отогнуть и обжать лапки (после затяжки гайки).	$T = 0,058K^{0,58}H^{0,28}$
Стопорение кернением	1. Взять керн и молоток. 2. Закернить резьбу детали. 3. Отложить инструмент.	$T = 0,06K^{0,37}$

Таблица 35 – Нормы времени на сборочные работы. Развальцовка трубок

Развальцовка трубок длиной Л = 400 ... 1000 мм в пневматическом приспособлении		Все типы производства
Материал трубки	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Медные	1. Взять изделие, установить в приспособление. 2. Развальцевать конец трубки.	0,096-0,128
Стальные	3. Снять изделие, повернуть и отложить.	0,125-0,166

Таблица 36 – Нормы времени на сборочные работы. Установка деталей на плоскость простым наложением

Установка деталей (сборочных единиц) массой M , кг, наибольшего размера P , мм, на плоскость простым наложением			Все типы производства
Вручную			
Способ установки		Содержание приемов	Норма времени, мин.
Без ориентации	$M \leq 3$ кг	1. Взять деталь (сборочную единицу). 2. Установить на плоскость. 3. Отложить узел.	$T = 0,012M^{0,7}P^{0,16}$
	$M > 3$ кг		$T = 0,0095M^{0,3}P^{0,16}$
С совмещением по отверстиям количеством K	$M \leq 3$ кг		$T = 0,015M^{0,07}P^{0,16}K^{0,2}$
	$M > 3$ кг		$T = 0,118M^{0,3}P^{0,16}K^{0,2}$
С совмещением кромок или рисок	$M \leq 3$ кг		$T = 0,0154M^{0,07}P^{0,16}$
	$M > 3$ кг		$T = 0,0122M^{0,3}P^{0,16}$
С использованием подъемных средств			
Без ориентации		1. Взять деталь (сборочную единицу). 2. Установить на плоскость. 3. Отложить узел.	$T = 0,011M^{0,29}P^{0,17}$
С совмещением по отверстиям количеством K			$T = 0,03M^{0,25}P^{0,12}K^{0,14}$
С совмещением кромок или рисок			$T = 0,012M^{0,29}P^{0,17}$

Таблица 37 – Нормы времени на сборочные работы. Установка деталей на вал или в отверстие с передвижением до упора

Установка деталей (сборочных единиц) массой M (не более 20 кг), на вал или в отверстие с передвижением до упора на длину L , мм			Все типы производства
Вручную			
Тип посадки	Диаметр	Содержание приемов	Норма времени, мин.
С гарантированным зазором	≤ 200 кг	1. Взять деталь (сборочную единицу).	$T = 0,0225M^{0,18}L^{0,12}$
	> 200 кг		$T = 0,0037M^{0,18}L^{0,42}$
H/h	≤ 200 кг	2. Установить на вал или в отверстие до упора.	$T = 0,0376M^{0,18}L^{0,12}$
	> 200 кг		$T = 0,0062M^{0,18}L^{0,42}$
С использованием подъемных средств ($M = 20 \dots 1000$ кг)			
С гарантированным зазором	≤ 200 кг	1. Подвести деталь (сборочную единицу).	$T = 0,01M^{0,37}L^{0,37}$
	> 200 кг		$1,2T$
H/h	≤ 200 кг	2. Установить на вал или в отверстие до упора.	$1,4T$
	> 200 кг		$1,7T$

Таблица 38 – Нормы времени на сборочные работы. Установка деталей на шпильки или шпильками в отверстие с передвижением до упора

Установка деталей (сборочных единиц) массой M , кг, на шпильки или шпильками в отверстие с передвижением до упора на длину L , мм		Все типы производства
Вид приема	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Вручную $M \leq 20$ кг	1. Взять деталь (сборочную единицу). 2. Установить на вал или в отверстие до упора.	$T = 0,029M^{0,2}L^{0,19}$
С применением подъемных средств $M > 20$ кг	1. Подвести деталь (сборочную единицу). 2. Установить на вал или в отверстие до упора.	$T = 0,0088M^{0,41}L^{0,43}$

Таблица 39 – Нормы времени на сборочные работы. Установка уплотнительных колец, сальников с передвижением до упора

Установка уплотнительных колец, сальников диаметром D , мм, с передвижением до упора на длину L , мм		Все типы производства
Вид поверхностей	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Гладкие валы и отверстия	1. Взять уплотнительное кольцо и инструмент. 2. Установить на вал или в отверстие до упора.	$T = 0,004D^{0,38}L^{0,38}$
На болты, шпильки и отверстия с резьбой	3. обжать по диаметру для плотного прилегания. 2. Отложить инструмент.	$T = 0,005D^{0,38}L^{0,38}$

Таблица 40 – Нормы времени на сборочные работы. Установка пружин

Установка пружин диаметром D , мм, с диаметром проволоки D_{Π} , мм, высотой H , мм		Все типы производства
Вид поверхностей	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Цилиндрические пружины без растяжения	1. Взять пружину. 2. Установить на вал или в отверстие, продвинуть до упора.	$T = 0,002H^{0,22}D^{0,38}D_{\Pi}^{0,51}$
Цилиндрические пружины с растяжением	1. Взять пружину и плоскогубцы. 2. Завести один конец пружины в отверстие и закрепить. 3. Растянуть пружину и закрепить второй конец.	$T = 0,022D^{0,42}D_{\Pi}^{0,48}$

Установка пружин диаметром D , мм, с диаметром проволоки $D_{\text{п}}$, мм, высотой H , мм		Все типы производства
Вид поверхностей	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Спиральных пружин в отверстие	1. Взять пружину. 2. Вставить ее концы в отверстие.	$T = 0,05H^{0,2}D_{\text{п}}^{0,18}$
Спиральных пружин с креплением на штифт	1. Взять пружину и плоскогубцы. 2. Надеть ее конец на штифт. 3. Сжать пружину и закрепить второй конец.	$T = 0,08H^{0,2}D_{\text{п}}^{0,28}$
Плоских пружин шириной B , мм, в паз	1. Взять пружину. 2. Вставить ее концы в паз.	$T = 0,055H^{0,24}B^{0,28}$
Плоских пружин с креплением на штифт	1. Взять пружину и плоскогубцы. 2. Надеть ее конец на штифт. 3. Сжать пружину и закрепить второй конец.	$T = 0,06H^{0,24}B^{0,28}$

Таблица 41 – Нормы времени на сборочные работы. Установка болтов, пальцев в отверстия

Установка болтов, пальцев диаметром D , мм, в отверстия с длиной соединения L , мм, числом K		Все типы производства
Вид поверхностей	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Гладкие отверстия	1. Взять болт или палец. 2. Установить болт или палец в отверстие до упора.	$T = \frac{0,0077D^{0,29}L^{0,19}}{K^{0,16}}$

Таблица 42 – Нормы времени на сборочные работы. Установка прокладок

Установка прокладок длиной L , мм, шириной B , мм		Все типы производства
Вид прокладки	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Прямоугольная и фасонная на плоскость	1. Взять прокладку. 2. Установить на плоскость с совмещением по отверстиям или кромке.	$T = 0,0078L^{0,27}B^{0,18}$
Круглая на плоскость		$T = 0,0081D^{0,43}$, где D – сопрягаемый диаметр прокладки
Прямоугольная, фасонная на шпильки		$T = 0,0045L^{0,33}H^{0,19}K^{0,27}$, где H – высота шпильки, мм, K – число шпилек
Круглая на шпильки		$T = 0,0077D^{0,33}H^{0,19}K^{0,29}$

Таблица 43 – Нормы времени на сборочные работы. Установка шпонок в паз вала

Установка шпонок в паз вала											Все типы производства		
Содержание работы: взять шпонку и медный молоток, установить шпонку в паз вала и посадить до упора, отложить инструмент													
Установка призматических шпонок													
Раз- меры, мм	Длина шпонки, мм												
	10	20	28	40	50	63	70	80	100	125	160	200	
	Норма времени T, мин												
5×5	0,064	0,071	0,075	0,079	0,086	—	—	—	—	—	—	—	
6×6	—	0,080	0,083	0,088	0,095	0,101	0,104	—	—	—	—	—	
8×7	—	0,089	0,092	0,097	0,106	0,110	0,113	0,125	—	—	—	—	
10×8	—	—	0,100	0,106	0,115	0,120	0,122	0,134	0,143	—	—	—	
12×8	—	—	0,109	0,116	0,124	0,129	0,131	0,145	0,154	0,159	—	—	
14×9	—	—	—	0,124	0,134	0,139	0,141	0,156	0,164	0,170	0,184	—	
16×10	—	—	—	—	0,143	0,149	0,151	0,165	0,175	0,180	0,194	—	
18×11	—	—	—	—	0,153	0,158	0,175	0,184	0,190	0,205	0,205	0,222	
20×12	—	—	—	—	—	0,168	0,170	0,186	0,195	0,202	0,216	0,242	
Установка сегментных шпонок													
Ширина шпонки, мм	Высота шпонки, мм	Длина шпонки, мм											
		25					32						38
		Время T, мин											
4—5	5—10	0,06					—						—
6—8	9—13	—					0,07						—
9—10	11—15	—					—						0,08

Таблица 44 – Нормы времени на сборочные работы. Установка шайб на болты, винты, шпильки

Установка шайб диаметром Д, мм, на болты, винты, шпильки с продвижением на длину Л, мм		Все типы производства
Вид поверхности	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Резьбовая	1. Взять шайбу. 2. Установить шайбу и продвинуть до упора.	$T = 0,0062Д^{0,21}Л^{0,21}$ на одну деталь

Таблица 45 – Нормы времени на сборочные работы. Установка трубок

Установка трубок диаметром Д, мм, длиной Л, мм		Все типы производства
Вид поверхности	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Гладкая	1. Взять трубку. 2. Установить трубку и подогнать ее по месту.	$T = 0,029Д^{0,38}Л^{0,3}$

Таблица 45 – Нормы времени на сборочные работы. Установка ремней и цепей на шкивы и звездочки

Установка ремней и цепей развернутой длины Л, мм, на шкивы и звездочки		Все типы производства
Установка ремней		
Вид установки	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Без регулировки натяга	Взять ремень, надеть на два шкива с натягом.	$T = 0,0064Л^{0,52}$
С регулировкой натяга	Взять ремень, надеть на два шкива, отрегулировать натяг.	$T = 0,0117Л^{0,6}$
Установка цепей		
Без соединения звеньев	Без регулировки	1. Взять цепь, надеть на две звездочки. $T = 0,0048Л^{0,6}$
	С регулировкой	2. Отрегулировать натяг. $T = 0,0089Л^{0,6}$
С соединением звеньев	Без регулировки	1. Взять цепь, надеть на две звездочки, соединить звенья. $T = 0,052Л^{0,35}$
	С регулировкой	2. Отрегулировать натяг. $T = 0,087Л^{0,34}$

Таблица 46 – Нормы времени на сборочные работы. Запрессовывание штифтов вручную

Запрессовывание штифтов диаметром Д, мм, длиной Л, мм, вручную		Все типы производства
Вид штифта	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Цилиндрический	1. Взять штифт и молоток. 2. Вставить штифт в отверстие.	$T = 0,0012Д^{0,24}Л^{0,52}$
Конический	3. Запрессовать. 4. Отложить молоток.	$T = 0,06Д^{0,26}$

Таблица 47 – Нормы времени на сборочные работы. Завертывание болтов, винтов, гаек, пробок

Завертывание болтов, винтов, гаек, пробок и т.п. с размером резьбы Д, мм, шагом резьбы С, мм, на длину Л, мм		Все типы производства
Предварительно на 3-4 нитки вручную (наживление)		
Вид инструмента	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Вручную	1. Взять деталь. 2. Наживить деталь.	$T = 0,04Д^{0,17}$ на одну деталь
Завинчивание окончательно многошпиндельным инструментом		
—	1. Взять инструмент, установить на болты, гайки. 2. Включить инструмент, завернуть детали окончательно.	$T = 0,0068Д^{0,65}K^{0,54}$, где K – число шпинделей
Завертывание болтов, гаек окончательно после наживления		
Одношпиндельный пневматический или электрический	1. Взять инструмент, установить на болт, гайку. 2. Завернуть окончательно, переместить к следующей детали.	$T = 0,0053Л^{0,73}/C^{0,62}$
Ключ коловоротный		$T = 0,016Л^{0,73}/C^{0,62}$
Ключ торцовый		$T = 0,018Л^{0,73}/C^{0,62}$
Ключ гаечный		$T = 0,028Л^{0,73}/C^{0,62}$
Затягивание болтов, гаек после окончательного завертывания		
Динамометрический ключ.	1. Установить ключ на деталь. 2. Затянуть. 3. Переместить к следующей детали.	$T = 0,015Д^{0,43}$
Ключ гаечный		$T = 0,013Д^{0,43}$
Ключ торцовый		$T = 0,012Д^{0,43}$
Вручную	1. Взять деталь. 2. Наживить деталь, ввернуть на всю длину.	$T = 0,0415Л^{0,6}/C^{0,85}$

Таблица 48 – Нормы времени на сборочные работы. Ввертывание винтов, шурупов

Ввертывание винтов, шурупов с шагом С, мм, длиной Л, мм		Все типы производства
Инструмент	Содержание приемов	Норма времени, мин.
Пнеumo- или электроотвертка	1. Взять винт, шуруп, завернуть на 2-3 нитки.	$T = 0,012Л^{0,77}/С^{0,44}$
Механическая отвертка	2. Взять отвертку, установить в шлиц, завернуть винт окончательно.	$T = 0,0135Л^{0,77}/С^{0,44}$
Коловоротная отвертка	3. переместить отвертку к следующему винту.	$T = 0,015Л^{0,77}/С^{0,44}$
Ручная слесарная отвертка		$T = 0,012Л^{0,88}/С^{0,55}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1 – Пример оформления МК/КТП

Разраб.	Иванов	24.02.09	Кафедра МТ-3 Группа МТЗ-101															
Пров.																		
Уч.	Петров	28.02.09					Масляный насос											
Наконтр.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										Тип		
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тиз			
Б	Код, наименование оборудования															Тип		
	К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. раск.				
А01					005	Сборочная												
Б02	Сборочный стол.																	
О03 1. Обдуть детали сжатым воздухом.																		
Т04	ВН: Шланг пневмосети; Насадка;																	
Т05	СИЗ: Очки защитные; костюм х/б; рукавицы.																	
О6																		
О07 2. Протереть детали хлопчатобумажной салфеткой.																		
Т08	ВН: Салфетка хлопчатобумажная.																	
10																		
О11 3. Связать поверхности трения сопрягаемых деталей маслом "Индустриальное-20".																		
Т12	СМН: Шпатель																	
13																		
А14				010	Сборочная											0.42		
Б15	Сборочный стол.																	
О16 1. Вдеть шланг всасывающий пол. б и установить в приспособление.																		
Т17	ПР: Призма.																	
МК/КТП																		

[illegible]

71

[illegible]