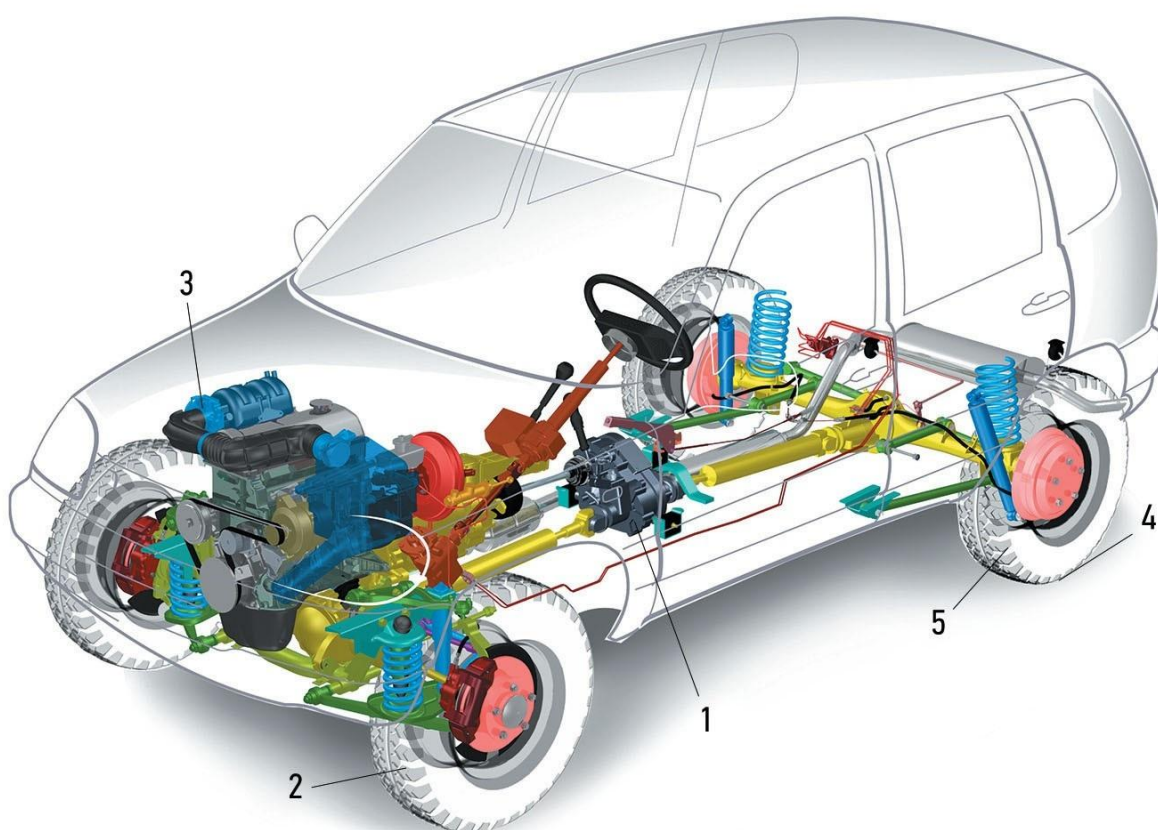


В.В.БЕСПАЛОВ

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ МАШИН



Нижний Новгород 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р. Е. АЛЕКСЕЕВА»
ЗАВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ НГТУ им. Р. Е. АЛЕКСЕЕВА

В.В.БЕСПАЛОВ

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ МАШИН

*Рекомендовано Ученым советом Нижегородского государственного
технического университета им. Р.Е.Алексеева
в качестве учебного пособия для студентов всех
машиностроительных специальностей*

Нижний Новгород 2014

УДК 621 (075.8)
ББК 34.5я73
Б534

Р е ц е н з е н т
доктор экономических наук, профессор *О.Ф.Удалов*

Беспалов В.В.

Б534 Технология сборки машин: учеб. пособие / В.В. Беспалов;
НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2014. – 204 с.

ISBN

Изложены основные понятия технологии сборки машин. Рассмотрены методы достижения заданного качества сборки машин. Приводятся этапы проектирования технологического процесса сборки. Описана технология сборки типовых соединений и сборочных единиц.

Предназначается для студентов всех машиностроительных специальностей.

Рис. 84. Табл. 4. Библиогр.: 27 назв.

УДК 621 (075.8)
ББК 34.5я73

ISBN

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е.Алексеева, 2014

© Беспалов В.В., 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ТЕХНОЛОГИЯ	7
1.1. Эволюция понятий «технология» и «техника».....	8
1.2. Виды технологии.....	9
1.3. Метаморфозы технологии.....	13
1.4. Взаимосвязь технологии с другими науками.....	15
1.5. Современные технологии.....	15
1.6. Технология и ее будущее.....	17
2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	19
2.1. Термины и определения.....	19
2.2. Понятие о машине.....	20
2.3. Классификация видов соединений.....	25
2.4. Классификация видов сборки.....	28
2.5. Виды технологических процессов и операций сборки.....	37
2.6. Организационные формы сборки.....	41
3. КАЧЕСТВО СБОРКИ	51
3.1. Подготовка деталей к сборке.....	53
3.1.1. Пригоночные работы.....	53
3.1.2. Очистка и промывка деталей.....	59
3.1.3. Сортировка и контроль качества деталей.....	60
3.2. Точность сборки.....	61
3.3. Методы достижения заданной точности сборки.....	65
3.3.1. Сборка с полной взаимозаменяемостью.....	66
3.3.2. Сборка с неполной взаимозаменяемостью.....	67
3.3.3. Сборка с групповой взаимозаменяемостью.....	68
3.3.4. Сборка с регулированием.....	71
3.3.5. Сборка с пригонкой.....	73
3.4. Технический контроль качества сборки.....	74
3.4.1. Основные методы контроля.....	75
3.4.2. Обеспечение качества машины при сборке.....	79
3.4.3. Методы контроля точности машины и ее узлов....	80
3.4.4. Испытания собранных машин и сборочных единиц.....	83

3.5.	Окраска изделий.....	86
3.6.	Подготовка изделий к хранению и отправка потребителю.....	88
4.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ МАШИН.....	92
4.1.	Анализ исходных данных.....	93
4.2.	Определение типа производства.....	94
4.3.	Выбор организационной формы сборки.....	95
4.4.	Отработка конструкции изделия на технологичность.....	96
	4.4.1. Технологичность конструкций сборочных единиц	98
	4.4.2. Технологичность конструкций соединений.....	102
4.5.	Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса сборки.....	110
	4.5.1. Этапы типизации сборочных ТП.....	111
	4.5.2. Сущность и преимущества групповой технологии	112
	4.5.3. Этапы проектирования групповой технологии сборки.....	112
4.6.	Размерный анализ конструкции изделия.....	113
4.7.	Составление технологического маршрута сборки изделия.....	114
4.8.	Разработка технологических операций сборки.....	119
4.9.	Нормирование технологического процесса сборки.....	125
4.10.	Определение требований техники безопасности.....	131
4.11.	Оценка экономической эффективности технологических процессов сборки.....	131
4.12.	Технологическая документация на процессы сборки	136
5.	ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ...	140
5.1.	Сборка неподвижных разъемных соединений.....	140
	5.1.1. Сборка резьбовых соединений.....	141
	5.1.2. Сборка шпоночных соединений.....	153
	5.1.3. Сборка шлицевых соединений.....	155
	5.1.4. Сборка неподвижных конических соединений.....	156
5.2.	Сборка неподвижных неразъемных соединений.....	158
	5.2.1. Соединения, собираемые с использованием тепловых методов.....	160
	5.2.2. Соединения, собираемые путем пластической деформации деталей.....	161

5.2.3.	Соединения с использованием упругих деталей...	162
5.2.4.	Сборка продольно-прессовых соединений.....	163
5.2.5.	Сварка.....	164
5.2.6.	Пайка.....	165
5.2.7.	Склеивание.....	167
5.2.8.	Сборка заклепочных соединений.....	168
5.2.9.	Соединения, получаемые заформовкой.....	169
6.	СБОРКА ТИПОВЫХ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ.....	172
6.1.	Сборка зубчатых передач.....	172
6.1.1.	Общая характеристика и технические требования.....	172
6.1.2.	Сборка цилиндрических зубчатых передач.....	173
6.1.3.	Сборка конических зубчатых передач.....	176
6.1.4.	Сборка червячных передач.....	178
6.2.	Сборка ременных и цепных передач	180
6.3.	Балансировка вращающихся масс.....	182
6.4.	Сборка подшипниковых опор.....	183
6.4.1.	Сборка подшипников скольжения.....	184
6.4.2.	Сборка подшипниковых опор качения.....	186
6.4.3.	Сборка составных валов и муфт.....	190
7.	АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРКИ.....	196
7.1.	Условия применения сборки.....	196
7.2.	Ориентация деталей.....	198
7.3.	Разработка технологического процесса сборки.....	200
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	202

*«...Все можно сделать лучше,
чем делалось до сих пор...»
Генри Форд*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время предъявляются высокие требования к точности и долговечности машин.

Сборка является завершающим и наиболее ответственным этапом производства, на котором формируются основные показатели качества выпускаемых изделий. Сборке принадлежит ведущая роль в процессе производства машин.

Достижение заданных точностных и эксплуатационных параметров изготавливаемых машин в значительной степени зависит от качества выполнения сборочных работ.

В процессе сборки машин возникают отклонения вследствие накопления линейных и угловых погрешностей в цепях сопрягаемых размеров деталей, которые возникают под влиянием их массы, сил закрепления, перераспределения внутренних остаточных напряжений и т.п. Технологический процесс сборки должен учитывать эти факторы и отвечать всем требованиям служебного назначения машины.

На сборке проявляются результаты всех предшествующих этапов производства. Сборка тесно взаимосвязана со всеми предшествующими фазами производства, и ее качество в большей степени зависит от уровня технологии заготовительных процессов, механической обработки заготовок, качества поступающих на сборку деталей и комплектующих изделий. Поэтому на процесс сборки комплексно влияют взаимосвязанные конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы. Влияние сборки возрастает с увеличением уровня качества изготавливаемых машин.

Совершенствование и повышение эффективности сборочных работ предусматривает непрерывный анализ передового опыта и инновационных научных разработок.

1. ТЕХНОЛОГИЯ

Термин *технология* широко трактуется в Большой советской энциклопедии (БСЭ): «Технология - совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемых в различных отраслях промышленности, строительстве и т.д. Научная дисциплина, разрабатывающая такие приемы и способы ... сами операции добычи, обработки, переработки, хранения, которые являются основной составной частью производственного процесса ... описание производственных процессов, инструкции по их выполнению, технологические правила, требования, карты, графики и др. ...»

Более узкую и несколько иную по содержанию трактовку дают авторы политехнического словаря: «Технология - совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, применяемых в процессе производства, для получения готовой продукции ... наука о способах воздействия на сырье, материалы и полуфабрикаты соответствующими орудиями производства».

Сравнивая данные формулировки предмета технологии, можно говорить о различных принципах подхода к обобщающим определениям. В БСЭ *технология* понимается довольно широко и делится на объективную (действующую, функционирующую в различных отраслях народного хозяйства) и субъективную (научную).

В политехническом словаре научная сторона технологии сужается до момента взаимодействия определенных орудий труда с предметами труда, т.е. до производственных операций. А это значит, что субъективная сторона технологии сводится к объективной, функционирующей, и, по существу, научная сторона технологии не признается. В данном случае имеется в виду «совокупность методов ... изготовления ... продукции», «способы воздействия на сырье ... соответствующими орудиями производства» или совокупность процессов и сами процессы, составляющие действующую, практическую технологию, но вовсе не научную, абстрактную сторону этих процессов, которая не включает конкретных орудий труда или человека.

При анализе практической технологии ее нельзя оторвать от техники и средств труда. Из этого следует, что современная технология неоднозначна по своей сути и имеет несколько аспектов. Важнейшие из них - *объективный* и *субъективный*. Последний, в свою очередь, имеет научную и теоретическую сторону.

Таким образом, мы сталкиваемся с проблемой объективного и субъективного в технологии, то есть с практической и теоретической технологиями. Именно в этом скрыта причина различного толкования терминов.

1.1. ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЙ «ТЕХНОЛОГИЯ» И «ТЕХНИКА»

Понятие «технология» впервые появилось в Европе по одним источникам в 1772 г. по другим - 1777 г. В отечественной научной литературе данный термин появился лишь в 1807 г. с выходом первой части учебника по химической технологии И.А.Двигубского «Начальные основания технологии, или краткое показание работ, на заводах и фабриках производимых». С публикацией первого тома книги В.И.Севергина «Начертание технологии минерального царства» (1821 г.), выпуска первого номера сборника «Технологический журнал»

(1840 г.) и учебника П.А.Ильенкова «Курс химической технологии» (1851 г.) он утверждается в химии как специальный термин.

В остальных отраслях практической деятельности людей и науке его заменяли такие термины, как «искусство», «инженерное искусство», «ремесло».

Россия в XVIII в. еще не располагала промышленностью как таковой. Процесс получения товарной продукции называли *ремеслами*. Лишь с зарождением в конце XVIII - начале XIX вв. инженерной деятельности понятие «ремесло» заменяют сначала «делом», затем «искусством» и только в химии «технологией».

Тогда термина *техника* еще не было, его заменяли «орудия» и «принадлежности». Точного времени проникновения в Россию термина «техника» не установлено. Например, в работе П.К.Энгельмейера появление данного термина в России зафиксировано 1862 г.

Термин «техника», по сути, заменял нынешнее понятие «технология». Под ним часто подразумевали профессиональную, целенаправленную, инженерную либо иную творческую деятельность в определенной области.

В 40-е – 50-е годы прошлого столетия в отечественной литературе происходит дифференциация понятий *технология* и *техника*.

Выделение технологии в самостоятельную научную дисциплину, отграничение ее от практической, признание термина как самостоятельного понятия – явление вполне обоснованные. Термин же «техника» не выделен, по существу он растворился в первом.

В процессе эволюции понятий «техника» и «технология» можно установить особенности, характеризующие их сущность. Одна из них – объединение объективного и субъективного в приведенных понятиях, вторая – диалектическое единство их объективных частей в процессе развития формы и содержания. Из этого можно сделать вывод:

- при определении направлений развития общественного производства и экономики в целом отрывать технику от технологии нельзя;

- для изучения законов и закономерностей развития производства и отдельных производственных систем необходимо путем дифференциации технологии раскрыть ее противоположности и установить связь между ними;

- субъективная часть технологии не может быть однозначной, это разносторонняя и разноплановая система;

- содержанием диалектического единства технологии и техники, движущим началом остается технология.

Выделяют шесть характерных периодов развития понятий «техника» и «технология»:

1) (начало XIX в. - третья четверть XIX в.)

Проникновение термина «технология» в специальную литературу и его закрепление в химии и химических производствах.

2) (третья четверть XIX в. - конец XIX в.)

Распространение термина «техника» и его толкование как совокупности навыков, умений, приемов и знаний по овладению силами природы.

3) (конец XIX в. - первая четверть XX в.)

Господство термина «техника» и толкование его как мастерства в отдельных сферах человеческой деятельности.

4) (вторая четверть XX в.)

Возрождение термина «технология», его распространение. Технология дифференцируется на научную и практическую. Термином *техника* стали обозначать в основном материальные носители труда.

5) (третья четверть XX в.)

Строгое разграничение терминов «техника» и «технология» при дальнейшей дифференциации последней (описательная, инструктивная, контрольная и т.д.). Сделана попытка сформулировать предмет теоретической технологии: «...наука, изучающая процессы целенаправленного преобразования форм существования материи...».

6) (последняя четверть XX в.)

Дальнейшая дифференциация технологии, становление и развитие ее теоретической части. Термин «техника» окончательно отделен и стал вполне самостоятельным [5].

1.2. ВИДЫ ТЕХНОЛОГИИ

На всех иерархических уровнях организации технология делится на практическую (объективную), научную и теоретическую (субъективные). С практической технологией непосредственно связана научная, а с научной – теоретическая.

Практическая технология – это отработанная опытом совокупность процессов и операций по созданию определенного вида потребительной стоимости. Данная технология может быть представлена, изображена, описана и т.д.

Задачи действующей технологии меняются от условий ее функционирования. К основным задачам в области материального производства относят: изыскание и реализацию средств интенсификации технологических процессов; контроль технологических средств производства, изменение условий производства; подготовку производства к выпуску новых товаров или товаров улучшенного качества.

Характерными признаками объективной, действующей технологии являются: динамизм, конкретность, материальная обусловленность и логичность (строгая последовательность действий, операций, движений).

Динамизм технологии отражает выполнение каких-либо процессов, движений, действий, промежуточные состояния которых можно изобразить в виде условных обозначений, рисунков, схем, чертежей, а полностью – с помощью современных технических средств (телевидения либо словесного описания). Это могут быть производственные процессы (как изготовить изделие), физиологические (как сделать прическу), управленческие или инструктивные (как обработать информацию и принять решение), а также творческие (как получить новые технологии).

Эти процессы совершаются при обязательном участии человека благодаря его творчеству и труду. Простыми моментами процесса труда являются: целесообразная деятельность, или сам труд, предмет труда и средства труда. На данной триаде основаны все виды деятельности, любая технология и любое производство. Два других элемента производительных сил – предметы и средства труда, совокупность которых называют *средствами производства*. Предметы труда – все то, на что он направлен. Сами по себе они не создают динамики, а выступают лишь как материальные носители целенаправленных воздействий, в результате чего они либо перемещаются в пространстве, либо переходят из одного состояния в другое, либо изменяют свою структуру, превращаясь постепенно в потребительную стоимость или товар.

Соединение труда с его предметом и составляет содержание технологического процесса преобразования последнего в готовую продукцию, суть взаимодействия человека с природой.

Чтобы получить результат своей деятельности, человек должен знать законы, по которым происходит изменение предмета труда, и умело пользоваться ими (практическая технология). Раньше эти законы познавались непосредственно трудом, приобретением опыта, передававшимся из поколения в поколение. Такая форма оставалась основной в отдельных областях искусства. В сфере же материального

производства положение резко изменилось. Предметы труда выступают здесь как своеобразное звено связи науки и производства. При этом большую роль играют средства труда (техника), позволяющие резко увеличить возможности человека благодаря использованию законов природы. Достигнутый уровень их развития избавил людей от непосредственного воздействия на предмет труда. Человек стал лишь управлять сложными машинами. Поэтому современная технология, абстрагируясь от конкретного и коллективного труда, изучает взаимодействие средств производства в процессе целенаправленной деятельности человека. Именно абстрагирование от конкретного труда позволило выделить технологию в самостоятельную научную дисциплину.

Конкретность технологии отражается в целенаправленности ее процессов к достижению определенного результата. Полезность вещи, свойство предмета удовлетворять какую-нибудь потребность человека называется *потребительной стоимостью*, а если она предназначена для обмена на рынке - **товаром**.

Технология интересуется товарами или потребительными стоимостями с позиции конкретизации поставленной задачи и уточнения технологических процессов, так как образ конечной продукции диктует их вид, ее необходимые средства производства и квалификацию исполнителя. Если пренебречь конкретизацией потребительных стоимостей, получим абстрактную, или теоретическую, технологию.

Конкретность тесно связана с *материальной обусловленностью технологии*, которая предполагает наличие трех компонентом объективного мира: предметов труда, средств труда и самого труда. Современные масштабы этих компонентов таковы, что требуют строгого контроля как внутренних процессов, так и внешнего взаимодействия с природой.

Современная научная технология призвана не просто изучать и проектировать производственные системы, а реализовывать из них наиболее эффективные или обеспечить новые воздействия на предметы труда, которые бы значительно превосходили существующие по производительности, скорости, безопасности и экономичности.

Внешняя материальная обусловленность предполагает экономическую и экологическую сбалансированность производства с окружающей средой.

Следовательно, современная научная технология должна не только выбирать и проектировать наиболее эффективные процессы создания потребительных стоимостей, но и обосновывать сбалансированность производства с окружающей средой.

Логичность технологии – это упорядоченность во времени и пространстве основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, их полная взаимоувязка по всем параметрам (производительность, скорость и т.д.). Логичность обычно отрабатывается длительное время опытным путем, практикой, испытанием и проверкой как отдельных процессов, так и их совокупности в реальных условиях производства и окружающей среды. В этом случае вырабатываются также необходимые навыки у исполнителей, требования к производственному процессу, соблюдению правил техники безопасности и т.д. Все это необходимо для достижения главной цели – получения товара (потребительной стоимости) того вида и тех свойств и качеств, которые необходимы потребителю.

Научная технология изучает и обобщает опыт создания потребительных стоимостей. Предмет ее изучения – процессы взаимодействия средств труда, предметов труда и окружающей среды при создании всего многообразия потребительных стоимостей. В области материального производства ее задачи следующие:

- изучение закономерностей протекания процессов преобразования предметов труда в продукцию или товары;
- изыскание прогрессивных способов воздействия на предметы труда, их проверка;
- разработка мероприятий по защите природы;
- выбор и проектирование наиболее эффективной и безопасной практической технологии.

Теоретическая технология изучает диалектику технологии и возможность использования законов развития природы и общества для преобразования материального и духовного мира человека. Предмет ее исследования – процессы развития познающей и преобразующей деятельности человека. *Основные задачи:*

- познание законов взаимодействия человека с природой;
- изучение возможностей и условий практического применения познанных законов или закономерностей;
- разработка, обоснование и экспериментальная проверка новых технологических процессов.

Основная проблема теоретической технологии относится к развитию системы «человек-природа». Она заключается в том, чтобы разработать стратегию и тактику оптимального развития человеческой цивилизации на ближайшую перспективу. Главным критерием и одновременно ограничивающим условием при решении основной проблемы должно быть выполнение требования о недопустимости перерастания отношений между противоположностями в антагонистические (например, противоречия между природой и техникой, между человеком и природой

и др.). С основной проблемой связано много других проблем, таких как специализация и интеграция, систематизация процессов и их форм, классификация наук, естественных и технологических процессов.

Статус технологии можно определить следующим образом: практическая технология, представляющая существо процессов взаимодействия человека с природой, основу его жизнедеятельности и опыта, есть объективная реальность и критерий истины в познании природы. Она является предметом исследования многих наук, в том числе научной технологии, изучающей технологические процессы сами по себе, и теоретической, изучающей диалектику технологии и общие процессы, свойственные многим видам человеческой деятельности. В этом отражена субъективная сторона технологии, ее научный статус.

Общетеоретический, или общенаучный, ее статус заключается в том, что практика человека является критерием истины в познании природы, отражает естественные процессы, или объективные законы развития последней.

Общественный статус технологии определяется ее значимостью в жизни человека и влиянием на формы производства, тесной взаимосвязью с потребительными стоимостями, отношениями между людьми в процессе общественного производства, а также своей целесообразностью [8].

1.3. МЕТАМОРФОЗЫ ТЕХНОЛОГИИ

Развитие технологии в любой сфере человеческой деятельности (материальная, социальная и духовная) сопровождается соответствующим прогрессом техники при взаимных переходах их друг в друга (метаморфозы).

Первая метаморфоза технологии: естественная технология, развивающаяся спонтанно, превратилась в гомотехнологию, развивающуюся сознательно, целенаправленно. Иначе говоря, человеческая технология (гомотехнология) возникла из естественной и основывается на ней. Следовательно, неисчерпаемым источником развития человеческой технологии была и остается природа. Причины же ее возникновения – в информационной насыщенности определенного вида материи и изменение внешних условий ее существования.

Сначала подражание природе носило нерегулярный характер, а подражательная технология была уделом отдельных индивидов, которые быстро развивались физически и умственно, передавая эти способности по наследству и путем обучения молодых особей. В этот период почти вся технология была ручной: элементарные жилища в виде гнезд, постель и одежда из листьев. По мере познания природы все это усложнялось, требуя более длительного обучения.

Появление элементарных орудий труда расширило познание природы. Технология усложнилась, требуя вначале коллективных усилий, затем привлечения животных, других природных сил. Это требовало развития различных приспособлений в сочетании с инструментами. Стали развиваться орудия труда, выросло вооружение технологии. С этого момента началась ее специализация: отдельные операции и движения стали переходить в устройства и приспособления. Так возникла техника. Произошла **вторая метаморфоза технологии** - переход части процессов в технические устройства. Технология здесь стала функционированием данных устройств: мельницы, паруса и т.д.

Все эти устройства и приспособления требовали управления со стороны человека. Увеличение энергетического оснащения техники вызвало механизацию процессов управления орудиями труда. Появилась более сложная по сравнению с прежней техника. Отдельные машины объединяются в комплексы, затем в агрегаты и автоматы. Технология превратилась как бы в функциональный придаток техники. Это **третья метаморфоза технологии** (автотехнология). При этом на первый план выдвигаются сама техника и технический процесс и убирается с поля зрения человеческий опыт (технология).

В генетическом коде живых организмов сосредоточена та информация, в соответствии с которой развивается определенная особь того или иного вида и класса. К генетическому коду природа пришла спонтанно. Приходится только удивляться, насколько генетический код по своим размерам меньше той технической документации, которая сегодня сопровождает, например, производство автомобиля. Это свидетельствует о чрезвычайном отставании человеческих достижений от достижений спонтанно развивающейся природы. Нам нужно еще долго учиться у нее, чтобы немного приблизиться к подобным результатам.

Наиболее близка к решению задачи саморазмножения прецезионная технология, занимающаяся созданием микроэлектронных схем на кристаллах (микроэлектроника). Большие перспективы открываются с использованием достижений микробиологии, жидких кристаллов и голографии. Все это можно назвать предпосылками **четвертой метаморфозы технологии**, в результате которой в технику должны перейти и процессы размножения технологии. Это станет возможным только после полной расшифровки миссии генов и освоения синтеза белка.

Пятая метаморфоза технологии, очевидно, произойдет в результате передачи интеллектуальных способностей человека технике, основанной на биосинтезах, биотронном производстве. Это период можно назвать *биоинтеллектуальной революцией*, которая охватит основные

области человеческой деятельности, освободив его от забот о материальном производстве.

Шестая метаморфоза технологии будет сопровождаться ускорением естественных процессов, что приведет к полицивилизации и освоению Солнечной системы.

Сроки наступления метаморфоз технологии должны быть уточнены комплексными исследованиями с применением глобального моделирования естественных, социальных процессов и техногенеза [5].

1.4. ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНОЛОГИИ С ДРУГИМИ НАУКАМИ

Технология прочно объединяет естествознание, с которым взаимодействует на низших уровнях (снизу), науку и технику (средние уровни иерархии), экономику, политику и управление (верхние).

Технология как основа жизни общества дает те потребительные стоимости, образы которых формирует политика. Экономика, являясь своеобразным проводником и регулятором потоков материальных и духовных ценностей, в условиях глубокого разделения труда стала играть исключительную роль в развитии производительных сил общества. Поэтому разрыв связей между технологией, естествознанием, техникой, экономикой и политикой недопустим.

Проникая в область экономики, политики и управления, технология конкретизирует цели, принципы и решения практических задач развития общества, отдельных регионов и цивилизации в целом. Она помогает выработать тактику и стратегию глобального развития общественно-экономических формаций на базе системного подхода к решению проблем политических, экономических и развития техники. Она помогает решать практические задачи на базе исследований комплекса наук, связывая их в единое целое. Сами по себе перечисленные отрасли знаний в силу своей глубокой специфичности не способны решать подобных задач. Поэтому часть теоретической технологии, устанавливающая взаимосвязь политики и экономики с развитием технологии и техники, выделяют в самостоятельный раздел – *социальную технологию*. Задачи этой науки включают не только общественные отношения, но и производственные, экономические, социальные и политические [5].

1.5. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В последнее время произошло появление ряда новых технологий: биотехнология органического синтеза искусственных веществ с заданными свойствами, технология искусственных конструкционных материалов, мембранная технология искусственных кристаллов и

сверхчистого вещества, лазерная, ядерная, космическая технологии и, наконец, информационная технология.

Подлинная информационная революция связана, прежде всего, с созданием электронно-вычислительных машин в конце 40-х годов прошлого столетия, и с этого же времени исчисляется эра развития **информационной технологии**, материальное ядро которой образует микроэлектроника. Микроэлектроника формирует элементную базу всех современных средств приема, передачи и обработки информации, систем управления и связи. Сама микроэлектроника возникла первоначально именно как технология: в едином кристаллическом устройстве оказалось возможным сформировать все основные элементы электронных схем.

Важным свойством информационной технологии является то, что для нее информация является не только продуктом, но и исходным сырьем. Более того, электронное моделирование реального мира, осуществляемое в компьютерах, требует обработки неизмеримо большего объема информации, чем содержит конечный результат.

Электронное моделирование становится неотъемлемой частью интеллектуальной деятельности человечества. Сопоставление «электронного мозга» с человеческим привело к идее создания нейрокомпьютеров - ЭВМ, которые могут обучаться. Нейрокомпьютер поступает так же, как человек, т.е. многократно просматривает информацию, делает множество ошибок, учится на них, исправляет их и, наконец, успешно справляется с задачей. Нейрокомпьютеры применяются для распознавания образов, восприятия человеческой речи, рукописного текста и т.д.

Каждый успешный шаг на этом пути помогает людям понять механизм процессов, лежащих в основе нашей психики и интеллекта. Этот путь и может привести от микротехнологий к нанотехнологии и наносистемам.

Рождение новых технологий всегда носило революционный характер, но, с другой стороны, технологические революции не уничтожали классических традиций. Каждая предшествующая технология создавала определенную материальную и культурную базу, необходимую для появления последующей. Каждая смена поколений средств информационной техники и технологии требует переобучения и радикальной перестройки инженерного мышления специалистов, смены чрезвычайно дорогостоящего технологического оборудования и создания все более массовой вычислительной техники. Это установление постоянных эволюционных темпов имеет весьма общий характер, тем более что передовая область техники и технологии определяет характерный ритм времени технического развития в целом.

Информационная технология обладает интегрирующим свойством по отношению как к научному знанию в целом, так и ко всем остальным технологиям. Она является важнейшим средством реализации, так называемого, формального синтеза знаний. В информационных системах на компьютерной базе происходит своеобразный формальный синтез разнородных знаний. Память компьютера в таких системах представляет собой как бы энциклопедию, вобравшую в себя знания из различных областей. Эти знания здесь хранятся и обмениваются в силу их формализованности. Наметившееся расширение возможностей программирования качественно отличных знаний позволяет ожидать в ближайшей перспективе существенную рационализацию и автоматизацию научной деятельности. Вместе с тем внедрение науки в качестве фундаментальной основы в современные технологии требует такого объема и качества расчетно-вычислительной деятельности, которая не может быть осуществлена никакими традиционными средствами, кроме средств, предлагаемых современными компьютерами.

Особая роль отводится всему комплексу информационной технологии и техники в структурной перестройке экономики в сторону наукоемкости. Объясняется это двумя причинами. *Во-первых*, все входящие в этот комплекс отрасли сами по себе наукоемки (фактор научно-теоретического знания приобретает все более решающее значение). *Во-вторых*, информационная технология является своего рода преобразователем всех других отраслей хозяйства, как производственных, так и непроизводственных, основным средством их автоматизации, качественного изменения продукции и, как следствие, перевода частично или полностью в категорию наукоемких.

Связан с этим и трудосберегающий характер информационной технологии, реализующийся, в частности, в управлении многих видов работ и технологических операций. Информационная технология сама создает средства для своей эволюции. Формирование саморазвивающейся системы – важнейший итог, достигнутый в сфере информационной технологии.

1.6. ТЕХНОЛОГИЯ И ЕЕ БУДУЩЕЕ

Технология – это средство создания искусственного мира. Следовательно, она оказывает определенное экологическое давление на естественную среду. Опасным это давление становится тогда, когда его интенсивность превышает регенеративный потенциал природы. Главная опасность технологического давления на естественную среду – сужение многообразия форм жизни, что в эволюционной перспективе снижает выживаемость биосферы в целом. Корни этой проблемы носят

информационно-генетический характер, и ее решение должно быть достигнуто на основе слияния информационной и генетической ветвей технологии. Один из путей решения данной проблемы – это формирование информационной инфраструктуры техносферы, которая позволит повысить эффективность технологических производств и их развития почти до теоретических пределов и снизить степень эволюционного риска технологии. Можно сделать вывод, что в целом информатизация общества повышает степень биосферосовместимости.

Таким образом, важнейшее значение информационной технологии состоит в том, что она открывает пути научно-технического прогресса без дальнейшей массово- энергетической экспансии, что должно способствовать поддержанию экологического равновесия биосферы. Для определения перспективы человечества необходимо разработать общую концептуальную платформу анализа мирового развития. Основу данной концепции может составить учение В.И. Вернадского о ноосфере. Разработка теории ноосферы требует изучения современных процессов, происходящих в природе и обществе в их единстве.

Ноосфера представляется здесь в качестве естественного этапа развития биосферы, важнейшим элементом которой является человек с его интеллектом, вооруженный новейшими технологиями, среди которых фундаментальное значение приобретает информационная технология [4].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое технология?
2. Аспекты технологии.
3. Эволюция понятия технология.
4. Эволюция понятия техника.
5. Шесть периодов развития понятий техника и технология.
6. Виды технологии.
7. Практическая технология.
8. Динамизм технологии.
9. Конкретность технологии.
10. Материальная обусловленность технологии.
11. Логичность технологии.
12. Научная технология.
13. Теоретическая технология.
14. Статус технологии.
15. Метаморфозы технологии.
16. Взаимосвязь технологии с другими науками.
17. Современные технологии.
18. Информационная технология.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

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

Установлены следующие виды изделий:

- детали;
- сборочные единицы (узлы);
- комплексы;
- комплекты.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Сборочной единицей (СЕ) называется изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии изготовителе сборочными операциями.

Комплекс – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции могут входить детали, СЕ и комплекты, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например, детали и СЕ, предназначенные для монтажа комплекса на месте его эксплуатации.

Комплект – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

Сборка – образование соединений составных частей изделия.

Сборочный комплект – группа составных частей изделия, которые необходимо подать на рабочее место для сборки изделия или его составной части.

Комплектующее изделие – изделие предприятия-поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого предприятием-изготовителем.

Агрегат – сборочная единица, выполняющая определенную функцию в изделии или самостоятельно и обладающая полной взаимозаменяемостью и возможностью сборки отдельно от других составных частей изделия или изделия в целом.

Трудоемкость – определяется продолжительностью изготовления изделия при нормальной интенсивности труда в часах.

Станкоемкость – продолжительность времени, в течение которого в сборочном процессе должны быть заняты транспортные системы, автоматические линии, станки или другое оборудование для изготовления изделия (станко – час).

Производственный цикл – интервал календарного времени от начала до окончания процесса сборки изделия.

Производственный процесс – совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции.

В соответствии с ГОСТ 3.1109 **технологический процесс сборки** (ТПС) – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по созданию целого изделия или сборочной единицы из отдельных деталей и элементов, входящих в изделие.

Создание ТПС (ГОСТ 14.301) включает: анализ исходных данных для разработки ТПС; подбор типового ТПС или его аналога ; выбор базовой детали; выбор технологических баз; составление маршрута сборки; разработку технологических операций; разработку или уточнение последовательности переходов в операции; выбор СТО операции; расчет усилий затяжки резьбовых соединений и усилий запрессовки; расчет крутящих моментов; определение потребности СТО; в том числе средств контроля и испытаний; выбор средств механизации и автоматизации сборочного процесса и внутрицехового транспорта; назначение и расчет режимов работы сборочного оборудования; нормирование ТПС; определение требований техники безопасности; расчет экономической эффективности ТПС; оформление чертежной и технологической документации.

2.2. ПОНЯТИЕ О МАШИНЕ

Термин машина на Руси появился в петровские времена вместе с водоподъемной паровой машиной, в которой пар своим давлением действовал непосредственно на поверхность откачиваемой воды, заставляя ее подниматься вверх по вертикальной трубе. Эта машина, приобретенная в Англии, была установлена в Летнем саду в Санкт-Петербурге.

Известно, например, что в 1823 г. в книге «Записки о приложении начал маханики к исчислению действия некоторых машин, наиболее употребительных» русский профессор Петербургского университета, академик Д. С. Чижев писал, что «машина есть совокупление движимых частей, из которых одни принимают действие движетеля, другие же, изменив скорость и направление оного, передают тем частям, которые должны производить полезное действие, т. е. действие,

для которого машина устроена».

Первоначально латинское слово *machine* обозначало устройство для ведения войн, недаром древнегреческий корень махэ переводится как борьба, битва, сражение. Чтобы понять и сформулировать основное содержание изучаемого объекта, т. е. чтобы дать определение сущности, например, машин, необходимо, следуя законам логики, вначале указать наиболее общий признак (род) определяемого, а затем перечислить его основные и тоже общие отличительные (видовые) особенности.

Итак, машина — это действительно нечто искусственное, материальное, т.е. сделанное людьми, называется *изделием*. Следовательно, любая машина есть изделие, но очевидно, что не всякое изделие есть машина.

Любая машина относится к области техники и поэтому является *техническим* изделием.

Активная преобразующая функция заложена в машину изначально: выполнение работ, облегчающих или заменяющих труд человека, что является одним из основных факторов, характеризующих машину как активного участника (наряду с человеком) производственных и других процессов жизнедеятельности людей.

Уникальное свойство машины преобразовывать скрытую потенциальную или действующую, но бесполезную, энергию в полезную энергию или работу — основная специфическая особенность машины в отличие от механизма или инструмента.

Машина — техническая система, созданная трудом человека, для качественного преобразования исходного продукта (вещества, энергии, движения и информации) в полезную для человека продукцию.

В зависимости от функционального назначения все машины классифицируют по роду, классу, виду, типу и типоразмерам.

1. *Род машин* — это совокупность машин, применяемых в той или иной отрасли производства, которые характеризуются общностью выполняемых функций, технологических процессов и технических принципов их действия, а также общностью особенностей производственного процесса в котором эти машины используются (сельскохозяйственные, автотранспортные машины, металлообрабатывающие станки, энергетические установки, и т.п.).

2. *Класс машин* — это машины определенного рода, отличающиеся характером выполняемой работы и предназначенных для выполнения специальных работ в определенной области производства. Класс машин характеризуется общностью более узкого эксплуатационного назначения, чем род машин, и сходством отдельных показателей производственного процесса. Например, классом

сельскохозяйственных машин являются почвообрабатывающие или зерноуборочные машины.

3. *Вид машин*, входящих в определенную группу, и отличают некоторые технические признаки. Например, можно выделить пропашные, тяжелые промышленные и др. виды тракторов.

4. *Тип машины* — машины определенного вида. Однотипные машины обычно взаимозаменяемы, так как обладают одинаковыми особенностями конструкции.

5. *Типоразмеры машины* — это машины определенного типа, отличающиеся параметрами некоторых технических характеристик.

Классификация машин по вышеперечисленным признакам является основой для анализа отраслевой дифференциации, а также для оценки уровня предметной (по готовым машинам) и технологической специализации производств.

Для организации и эффективного управления производством, а также для сбыта и приобретения машин, большое значение имеет классификация машин по их *техническим признакам* или *принципам действия*, зависящим от источника потребляемой для работы энергии и от конструкции машин. Многие машины независимо от их назначения объединены общими физико-техническими принципами, лежащими в основе их конструкции и действий. Это, например, машины, построенные на использовании законов оптики (оптико-механические изделия), электрической энергии (электрогенераторы и электрические двигатели), энергии движения воды (гидромашины), атомной энергии (атомные энергетические установки) и т. п.

В зависимости от характера работы, для которой предназначены машины, их разделяют на следующие классы.

1. *Технологические машины* (рабочие машины), которые служат для изменения размеров, формы и физического состояния тел (станки, машины для литья, швейные машины и т.п.).

2. *Энергетические машины*, которые служат для преобразования одного вида энергии в другой (электрические двигатели, компрессоры, двигатели внутреннего сгорания и т.п.).

3. *Транспортные машины* служат для перемещения грузов (автомобиль, самолет, кран, лифт, и др.).

4. *Информационные машины* для переработки информации (ЭВМ, средства микропроцессорной техники и т.п.).

Различают простые и сложные машины.

Простые машины выполняют работу непосредственно, используя природную энергию, т. е. не видоизменяя ее. Это, например, ветряные и водяные мельницы, аэростаты и некоторые другие машины.

Современные машины обычно являются сложными, так как они

состоят из сочетания, например, машины-двигателя (мотора), преобразующего и передающего движение механизма (трансмиссии) и орудия труда (исполнительного органа), которым производится работа.

Машины технологического назначения, в которых необходимые операции выполняются самостоятельно, а контроль и управление технологическим процессом осуществляет человек, называют *полуавтоматами*. *Автоматами* называют машины, механизмы которых выполняют межоперационный контроль параметров технологического процесса. Автомат может реагировать на отклонения работы машины от нормы и соответственно корректирует режим ее работы, а также, если необходимо, останавливает машину. Комплексы машин с подобными автоматическими свойствами называются *автоматическими поточными линиями*.

Любая машина имеет вполне определенный набор основных функциональных частей (блоков). В данном случае под термином блок понимается часть машины, представляющая собой группу функционально объединенных элементов. Структура — это общее, качественно определенное и относительно устойчивое строение рассматриваемого *объекта* (машины).

Современные наиболее распространенные машины, выполняющие механическую работу, включают следующие структурные составляющие.

1. Важной частью машины является *рабочий* (исполнительный) *орган*, которым машина выполняет полезную для нас работу. Утверждается, что все остальные части машины — двигатель, передаточный механизм и устройства управления работой — второстепенны, так как предназначены для того, чтобы рабочий орган мог выполнять необходимые движения и передавать нужные усилия.

Понятие рабочий орган имеет больший объем и содержание, чем понятие орудие. Так, например, рабочим органом токарного станка является шпиндель, на котором установлен патрон для крепления детали, и суппорт, перемещающий резец во время работы. В данном случае орудием работы машины (токарного станка), входящим в состав рабочего органа и непосредственно воздействующим на обрабатываемое тело, является резец.

2. *Двигатель*, приводящий в движение рабочий орган.

3. *Передаточный механизм*, (трансмиссия) служит для преобразования и передачи движения от двигателя к рабочему органу в машинах механического действия.

4. *Управляющие устройства*, служащие для управления работой машины.

5. Наконец, все вышеперечисленные части машины

соединяются воедино. Для этого у каждой машины имеется корпус (станина или рама).

Однако, изложенное выше о составных частях машин относится к машинам механического действия. Но мы знаем, что существуют машины, воздействующие на материальные объекты химическими, электрическими, электрофизическими (электроискровыми), светолучевыми (лазеры), электрохимическими, магнитными, электромагнитными и другими способами. С другой стороны, существуют машины, производящие работу не с материальными объектами, а с теми или иными процессами внешнего для них мира. Это энергетические машины, преобразующие и производящие необходимую нам энергию, а также управляющие машины сложных технических систем и различные ЭВМ. Ясно, что структура машин, выполняющих не только механическую работу или выполняющих немеханическую работу, имеет значимое, но не принципиально важное отличие от структуры машин, осуществляющих механическую работу. Значит, можно выявить основные блоки (важнейшие и неперменные части) любых машин и установить их взаимосвязь (структуру).

Первым, центральным и предопределяющим сущность машины является, по-видимому, блок преобразования энергии в необходимые для осуществления работы формы движения материальных орудий машины. Далее следует блок приема внешней энергии или энергоносителей, а также блок приема информации, ее преобразования и передачи управляющих воздействий на все другие блоки машины. Преобразованная в главном органе (блоке) машины энергия той или иной формы движения материи передается специальными устройствами (блоком устройств) исполнительному (рабочему) органу, который в своем составе имеет приемник объекта работы и устройство, обеспечивающее выдачу готовой продукции (результата работы машины).

Следовательно, в общем, структура любой машины может быть показана в виде блочной схемы (рис. 2.1).

Любая модель, тем более представленная в виде принципиальной схемы обобщенной структуры машины, не является полной и безупречной. Она содержит только то, что в совокупности характеризует и отличает машину от какого-либо другого вида изделий и показывает главные внутренние взаимосвязи основных элементов машины.



Рис. 2.1. Общая структура машины

2.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ СОЕДИНЕНИЙ

В конструкциях изделий различного назначения детали образуют между собой элементарные сборочные единицы — соединения. При разработке нового изделия выбор видов соединений деталей осуществляется конструктором с учетом назначения и условий работы изделия, эффективности его производства и эксплуатации. Из всего многообразия соединений деталей машин и приборов можно выделить соединения типовые по форме поверхностей, методу их образования и ряду других признаков. Классификация соединений упрощает разработку типовых сборочных операций, технологических процессов и средств автоматической сборки, так как процесс сборки представляет собой последовательное образование соединений составных частей изделия. На рис. 2.2 приведена классификация видов соединений по их целостности, подвижности составных частей, характеру сопряжения поверхностей и методу образования [7].

По целостности соединения классифицируются на разъемные и неразъемные, разборка которых соответственно происходит без нарушения и с нарушением целостности соединений.

По подвижности составных частей соединения делятся на подвижные и неподвижные, в которых соответственно имеется и отсутствует возможность относительного перемещения деталей, образующих соединение.

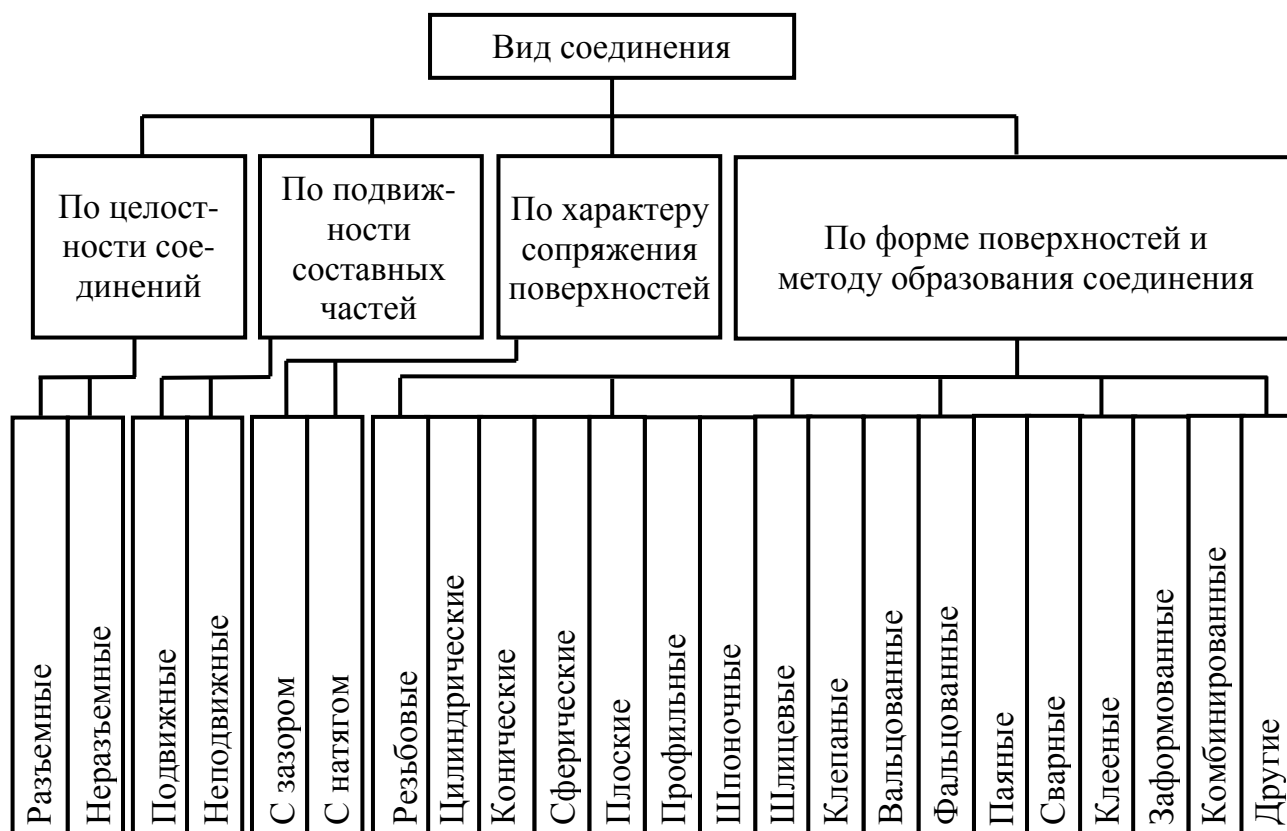


Рис. 2.2. Классификация видов соединений

По характеру сопряжения поверхностей соединения делятся на соединения с зазором и с натягом.

По форме поверхностей и методу образования соединения классифицируются на резьбовые, цилиндрические, конические, сферические, плоские, профильные, шпоночные, шлицевые, клепанные, вальцованные, фальцованные, паяные, сварные, клеевые, заформованные, комбинированные и другие.

Резьбовые соединения образуются при сопряжении винтовых поверхностей деталей. Цилиндрические, конические и сферические – это такие соединения, у которых сопрягаемые поверхности деталей имеют соответственно форму цилиндра, конуса и сферы. Плоское соединение образуется при сопряжении деталей, имеющих плоские поверхности; при этом сопряжение может осуществляться по одной или одновременно по нескольким плоским поверхностям. У профильных соединений сопрягаемые поверхности деталей имеют форму определенного профиля. Шпоночное соединение образуется при соединении Деталей с

применением шпонки, а шлицевое – с применением пазов и выступов. У клепаного соединения составные детали соединяют заклепками.

Вальцованное соединение образуется за счет расширения охватываемой или сжатия охватывающей деталей, или отгиба краев одной из соединяемых деталей, при этом силовое замыкание собранных деталей обеспечивается за счет остаточных деформаций. Вальцованные соединения могут быть получены завальцовкой, при которой край охватывающей детали загибают внутрь (рис.2.3, а), и развальцовкой, когда край охватываемой детали отгибают наружу (рис.2.3, б).

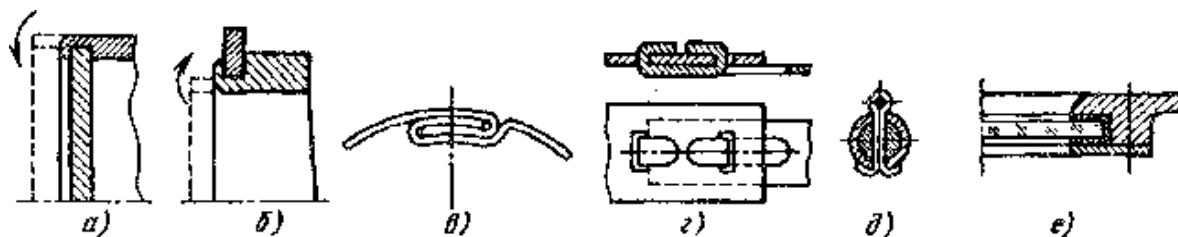


Рис 2.3 Некоторые виды соединений

Фальцованное соединение получается путем совместного загибания кромок соединяемых деталей (рис. 2.3, в). Фальцованные соединения относятся к группе соединений, получаемых загибкой. К соединениям загибкой можно отнести соединения лапками, когда лапки одной детали вводят в отверстия другой и сгибают (рис. 2.3, г), а также соединения, в которых ограничение возможности относительного перемещения соединенных деталей обеспечивается шплинтом, который вставляется в отверстие и загибается (рис. 2.3, д) [7].

Паяные, сварные и клеевые соединения образуются с применением соответственно пайки, сварки и клея. Клеевые соединения входят в группу соединений адгезивами. Последние представляют собой полимерные композиции, заполняющие в жидком или размягченном состоянии зазоры между деталями и обеспечивающие соединение деталей за счет сил молекулярного сцепления. В качестве адгезивов используют клеи, герметики и замазки. Клеи обычно применяют в случаях, когда механические или другие способы соединения деталей нежелательны или невозможны. Герметики используют для уплотнения неподвижных соединений деталей с целью обеспечения влаго-, паро- и газонепроницаемости соединений. Соединение деталей замазками, представляющими собой связующие композиции в виде тестообразной массы, осуществляется в результате отверждения замазки (рис. 2.3, е).

Неразъемные соединения заформовкой получают путем погружения детали в жидкий или размягченный материал с последующим его затвердеванием в специальных литейных или пресс-формах. За-

формовкой можно получать соединения сложных геометрических форм; при этом заформовку обычно используют для соединения металлических деталей с металлами, пластмассами, резиной и стеклом (рис. 2.4) [7].

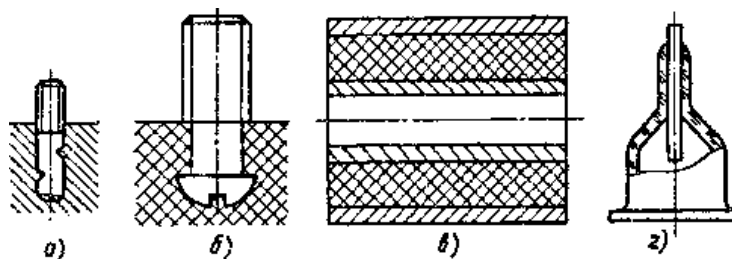


Рис. 2.4. Соединения заформовкой металлической детали:

а – в металл; *б* – в пластмассу; *в* – с резиной; *г* – со стеклом

К комбинированным относятся соединения, образуемые применением нескольких методов их образования, например резьбопаяное, клеесварное и т.д.

К другим видам соединений можно отнести, например: пружинные соединения, в которых установленные пружины или пружинные кольца ограничивают возможность относительного или осевого перемещения соединенных деталей; соединения накруткой, получаемые с помощью наматывания одного материала на другой с силой для создания диффузного соединения и электрического контакта; замковые соединения, в которых замок ограничивает или исключает возможность относительного поворота и перемещения соединенных деталей; шарнирные соединения, допускающие относительное вращение деталей вокруг любой оси, проходящей через определенную точку, и т.д.

Выбор конструктором наиболее рационального вида соединения осуществляется на основе проведения технико-экономического анализа с учетом условий работы изделия, обеспечения необходимой его надежности, технологии обработки и сборки деталей, условий эксплуатации соединения, а также затрат на проведение разборки, ремонта, сборки, изготовление и эксплуатацию соединения в течение заданного срока службы изделия [7].

2.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ СБОРКИ

Виды сборки можно классифицировать по основным признакам, указанным на рис. 2.5 [7].

По виду объекта сборки подразделяется на узловую, когда собирают составную часть изделия (узел, сборочную единицу), и на общую, когда собирают изделие в целом.

По стадии сборку подразделяют на предварительную, промежуточную, окончательную и сборку под сварку, пайку, клепку и склеивание (т.е. соединение составных частей изделия для их последующей сварки или пайки; с применением заклепок или клея).

По организации производства сборку делят на поточную, групповую и непоточную. Поточная сборка характеризуется расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения сборочных операций в соответствии с технологическим процессом сборки и определенным интервалом выпуска собранных изделий. Групповая сборка характеризуется выполнением совместной сборки групп изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Непоточная сборка характеризуется тем, что операции выполняются за разные промежутки времени, поэтому возможно пролеживание деталей или сборочных единиц между операциями.

По последовательности сборку подразделяют на последовательную, параллельную и последовательно-параллельную сборку изделия или его составных частей. При последовательной сборке сборочные операции выполняются одна за другой, при параллельной – одновременно, при параллельно-последовательной – одна за другой и одновременно.

По подвижности объекта сборки ее делят на подвижную с непрерывным перемещением, подвижную с периодическим перемещением и неподвижную (стационарную).

По уровню механизации и автоматизации сборку подразделяют на ручную, механизированную, автоматизированную, автоматическую и получаемую взаимным комбинированием.

По точности (характеризующей процесс сборки по методам достижения точности замыкающего звена) сборка осуществляется с полной взаимозаменяемостью, с неполной взаимозаменяемостью, с групповой взаимозаменяемостью, с регулированием, с пригонкой.

По расположению оси сборки в пространстве сборку подразделяют на вертикальную, горизонтальную и наклонную (рис. 2.6). При вертикальной (рис. 2.6, *а*) и наклонной (рис. 2.6, *в*) сборках подача присоединяемых компонентов на базовый может осуществляться сверху вниз и снизу вверх. Для деталей небольшой массы и размеров наиболее предпочтительной является вертикальная сборка (сверху вниз). Для деталей значительной массы и длины обычно целесообразно применение горизонтальной сборки (рис. 2.6, *б*). Применение наклонной сборки обычно обусловлено конструктивными особенностями базового компонента, т.е. наличием сопрягаемых поверхностей, расположенных под углом к его основной базирующей поверхности [7].

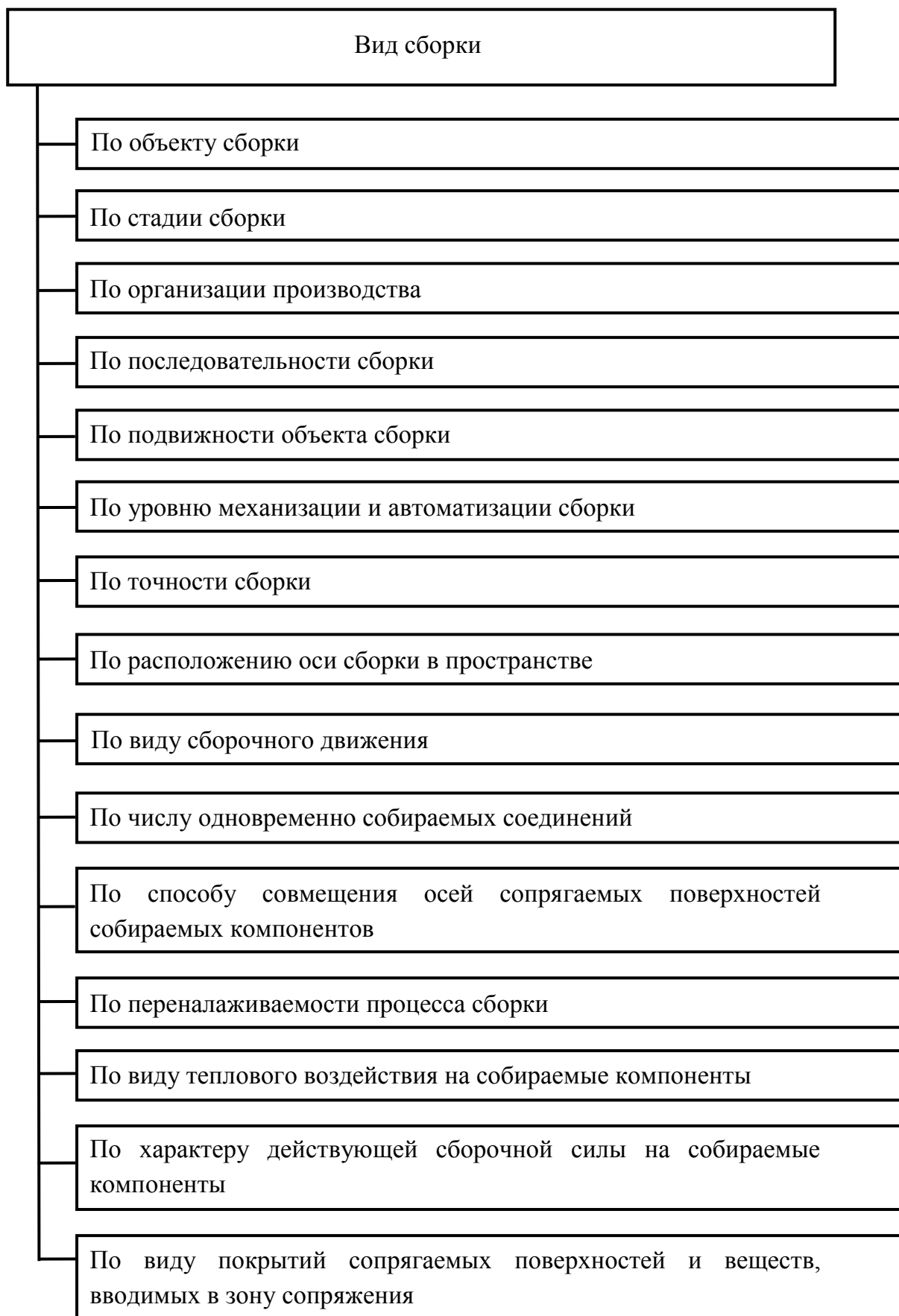


Рис.2.5. Классификация видов сборки

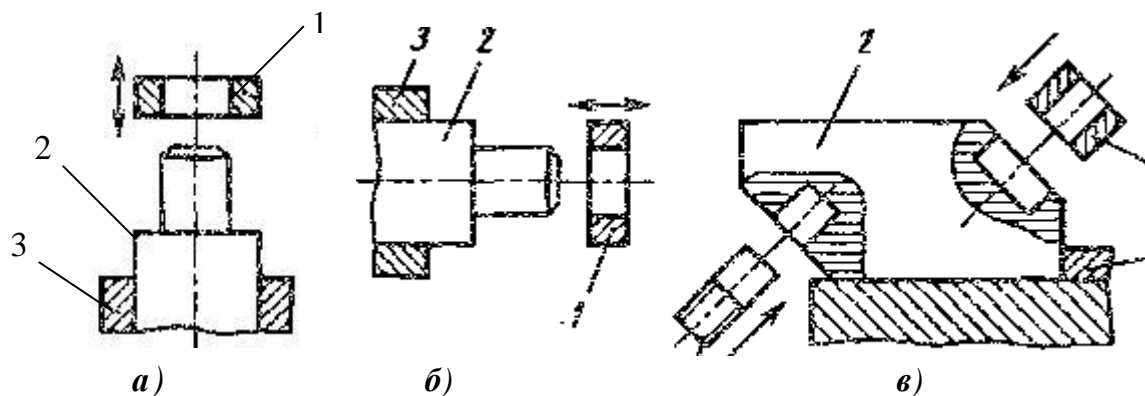


Рис. 2.6. Вертикальная (а) горизонтальная (б) и наклонная (в) сборка:
 1, 2 – присоединяемый и базовый компоненты; 3 – установочное приспособление

Различают следующие виды сборочных движений, обеспечивающих сопряжение и (или) закрепление собираемых компонентов (рис. 2.7): прямолинейное, вращательное, винтовое, криволинейное плоское, криволинейное пространственное и комбинированное (например, прямолинейно-вращательное, вращательно-криволинейно-плоское и др.). При этом сборочные движения могут быть реализованы за счет движения присоединяемого компонента, базового компонента, сборочного инструмента, комбинированным движением присоединяемого и базового компонентов и сборочного инструмента (например, одновременным движением присоединяемого и базового компонентов, одновременным движением сборочного инструмента и базового компонента и др.) [7].

По числу одновременно собираемых соединений виды сборки делятся на сборку одного (рис. 2.8 а) и нескольких соединений (рис. 2.8 б-ж). Одновременная сборка нескольких соединений делится на следующие виды: соединение ряда одинаковых по конструкции присоединяемых компонентов с одной сопрягаемой поверхностью (рис. 2.8, б) и несколькими различно взаиморасположенными одинаковыми сопрягаемыми поверхностями (рис. 2.8, в) базового компонента; соединение ряда различных по конструкции присоединяемых компонентов с одной сопрягаемой поверхностью (рис. 2.8, г) и с имеющими одну ось несколькими сопрягаемыми поверхностями (рис. 2.8, д) базового компонента; соединение ряда различных по конструкции присоединяемых компонентов с несколькими различно взаиморасположенными одинаковыми (рис. 2.8, е) и разными (рис. 2.8, ж) сопрягаемыми поверхностями базового компонента.

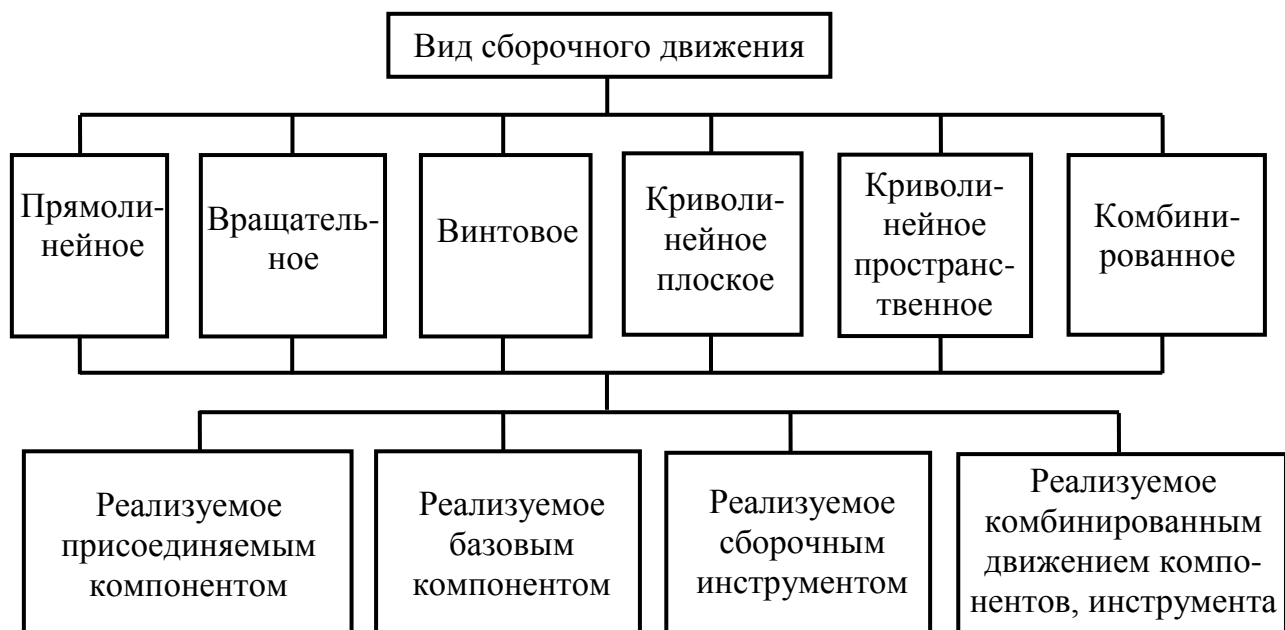


Рис. 2.7. Виды сборочного движения

Если базовые компоненты имеют несколько различно взаиморасположенных сопрягаемых поверхностей (рис. 2.8, в, е, ж), выделяют сборку, когда оси сопрягаемых поверхностей параллельны друг другу (рис. 2.8, в) и когда оси непараллельны друг другу (рис. 2.8, е, ж) [7].

Но способу совмещения сопрягаемых поверхностей собираемых компонентов различают сборку без совмещения и с совмещением поверхностей (рис. 2.9). Выбор наиболее рационального способа совмещения осей сопрягаемых поверхностей компонентов на позиции сборки для решения конкретной технологической задачи основан на поиске наиболее эффективного способа совмещения, использование которого обеспечивает выполнение условий автоматической заданных компонентов.

Процессы сборки по переналаживаемости делят на переналаживаемые и непереналаживаемые (рис. 2.10). Переналадка может осуществляться за счет замены или изменения относительного расположения функциональных элементов оборудования, за счет замены управляющей программы оборудования, за счет применения комбинированной переналадки (т.е. комбинации перечисленных способов). По уровню механизации и автоматизации наладка бывает ручной, выполняемой наладчиком с применением ручных технических средств; механизированной (автоматизированной), выполняемой наладчиком с применением механизированных (автоматизированных) технических средств; автоматической, выполняемой без непосредственного участия наладчика [7].

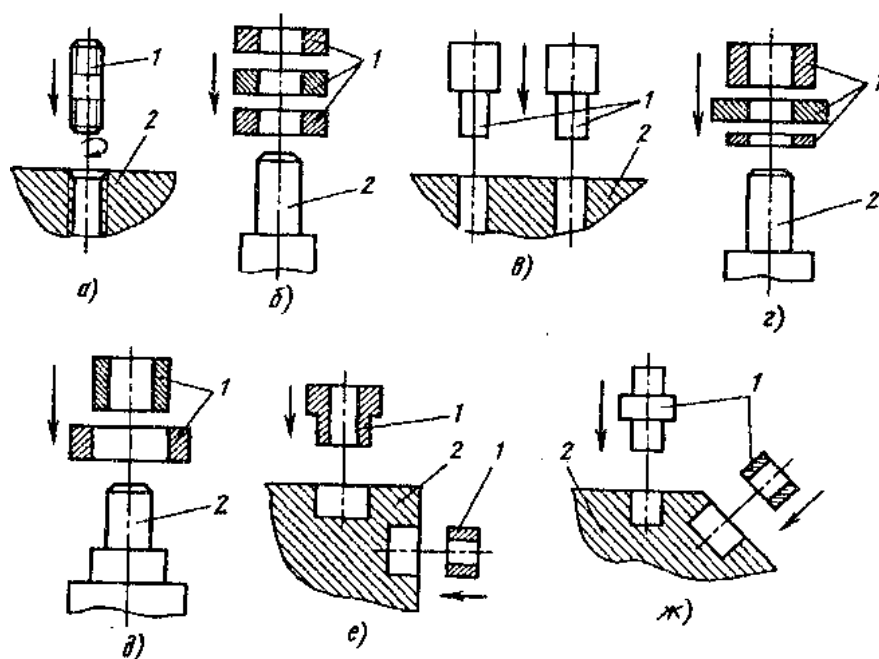


Рис. 2.8. Виды сборки в зависимости от числа одновременно собираемых соединений:

1 – присоединяемый компонент; 2 – базовый компонент

По тепловому воздействию на собираемые компоненты различают сборку без теплового воздействия и с тепловым воздействием. Сборка с тепловым воздействием подразделяется на три вида: с нагревом охватывающего компонента, с охлаждением охватываемого компонента, с одновременным нагревом охватывающего и охлаждением охватываемого компонентов.

Применение сборки соединений с натягом с тепловым воздействием (термовоздействием) по сравнению с механической запрессовкой без термовоздействия обеспечивает повышение прочности и качества собранных соединений, а также упрощение сборочного оборудования при сборке крупногабаритных соединений за счет исключения больших сборочных сил, так как при сборке с термовоздействием соединение деталей выполняется свободно с термическим зазором, образующимся от воздействия расширения (при нагреве) и сужения (при охлаждении) собираемых компонентов [7].

По характеру действующей сборочной силы на собираемые компоненты различают сборку под воздействием гравитационных сил (сил тяжести собираемых компонентов) и внешних сил (рис. 2.11). Сборка под действием сил тяжести (гравитационная сборка) обычно не обеспечивает высокой надежности, ее можно использовать в ограниченном числе случаев при сборке соединений с зазором и свободной установке компонентов на плоские поверхности. Сборка под действием внешних сил

(принудительная сборка) может осуществляться под воздействием непостоянной и постоянной по направлению приложения сборочной силы. Последняя может быть постоянной или равномерно изменяющейся по значению, высокочастотной ударно-импульсной, частоударно-импульсной, редкоударно-импульсной, одноударной.

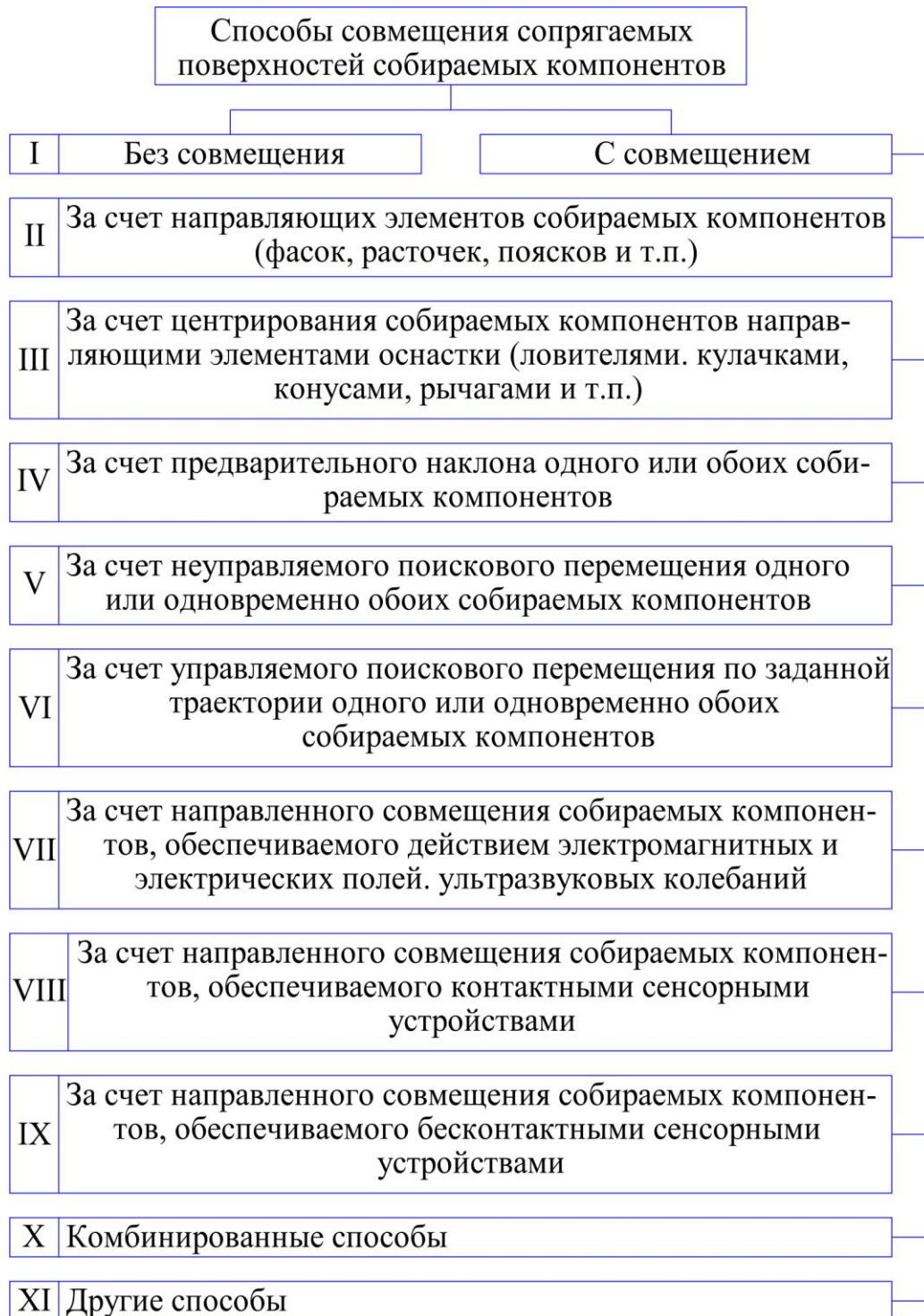


Рис.2.9. Способы совмещения сопрягаемых поверхностей собираемых компонентов



Рис. 2.10. Разделение процессов сборки по перенастраиваемости

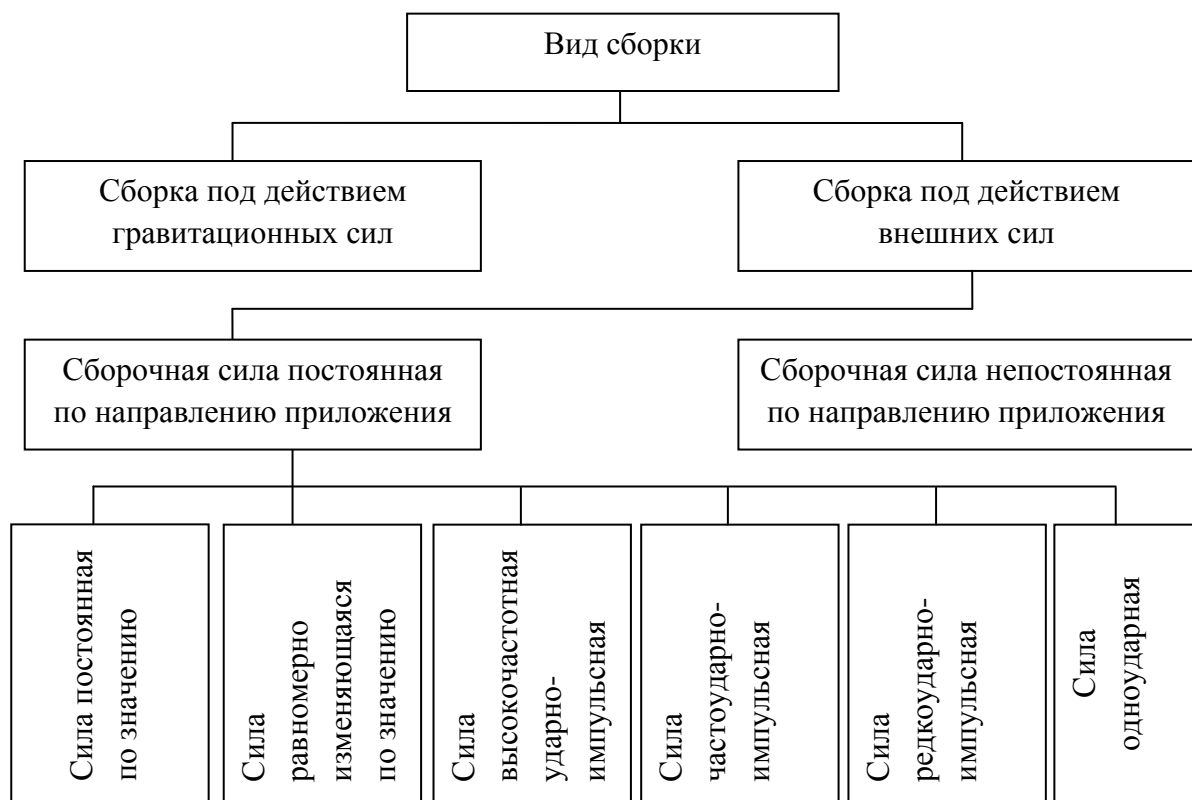


Рис.2.11. Виды сборки в зависимости от характера сборочной силы, действующей на собираемые компоненты

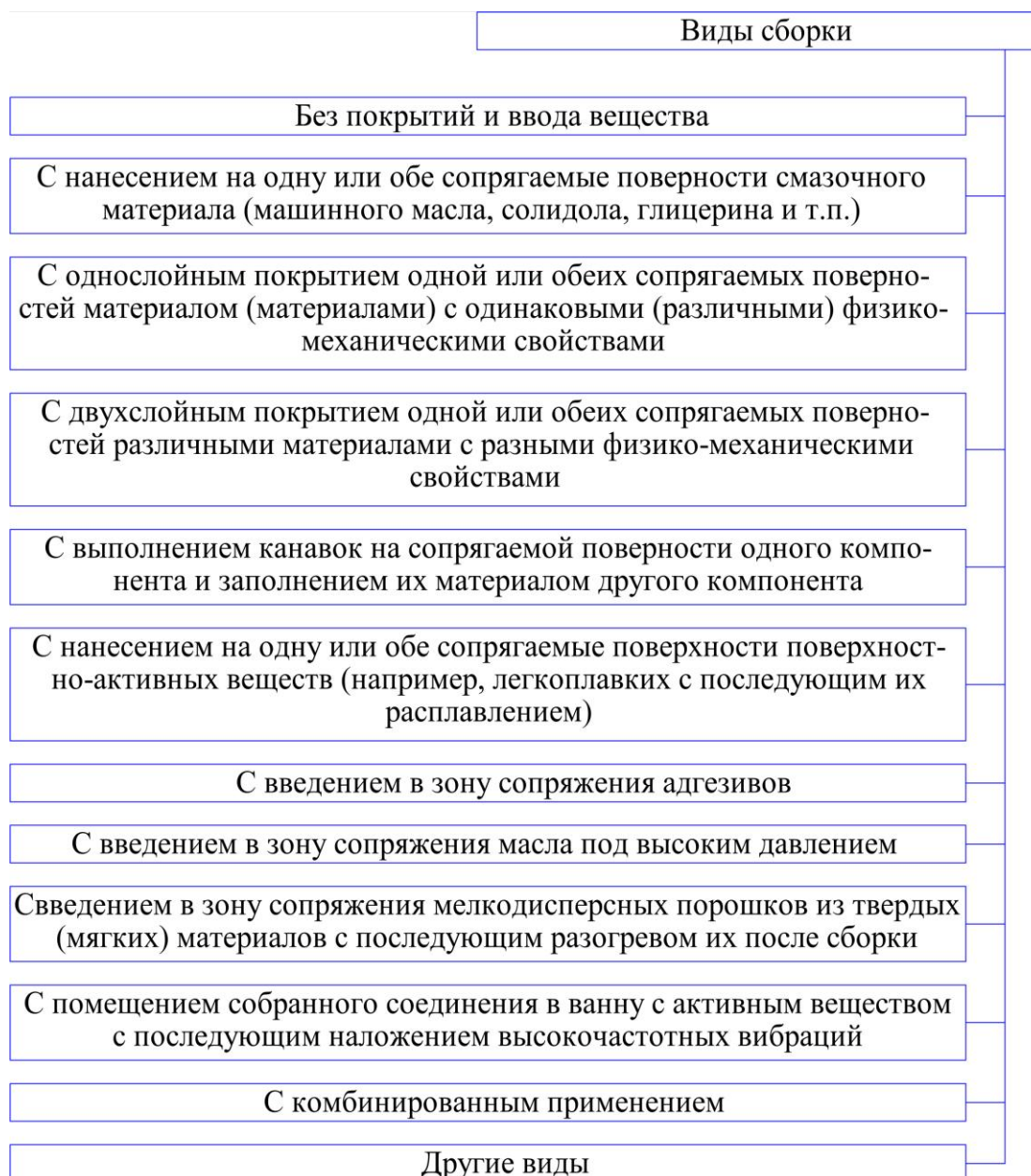


Рис. 2.12. Виды сборки в зависимости от применяемых методов и видов покрытий сопрягаемых поверхностей и веществ, вводимых в зону сопряжения

Разделение видов сборки по методу, виду покрытий сопрягаемых поверхностей и веществ, вводимых в зону сопряжения, показано на рис 2.12. За счет применения различных видов покрытий сопрягаемых поверхностей и веществ, вводимых в зону сопряжения, может быть достигнуто значительное повышение качественных характеристик собранных соединений (повышение прочности, эксплуатационной надежности и т.д.), а также облегчение и упрощение процесса сборки [7].

Выбор наиболее эффективных видов сборки конкретного изделия зависит от правильности учета влияния комплекса взаимосвязанных производственных, организационных, экономических и социальных факторов.

2.5. ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ

Технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. По методу выполнения можно выделить такие технологические процессы: литье металлов и сплавов, обработку давлением, обработку резанием, термическую обработку, нанесение покрытий, сборку, консервацию и упаковку и др. (рис. 2.13) [7].

Технологический процесс сборки, например, содержит целенаправленные действия, непосредственно связанные со сборкой изделия, и может состоять из одной (однооперационный процесс) или нескольких операций (многооперационный процесс). Процессы сборки бывают переналаживаемые и переналаживаемые, которые могут перенастраиваться на сборку различных по конструкции изделий. В зависимости от объекта сборки технологические процессы делятся на процессы узловой (сборка узла или части изделия) и общей (сборка изделия в целом) сборки. По виду технологические процессы сборки бывают единичные, типовые и групповые. Единичным является технологический процесс сборки изделия одного наименования, типоразмера и исполнения; типовым – процесс сборки группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками; групповым – процесс сборки группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Технологические процессы сборки состоят из технологических операций сборки (основных и вспомогательных), выполняемых в определённой последовательности (рис. 2.14).

Технологическая сборочная операция представляет собой законченную часть технологического процесса сборки, связанную с установкой и образованием составных частей заготовок или изделий и выполняемую на одном рабочем месте. К сборочным операциям относятся операции свинчивания, запрессовывания, установки компонентов для образования соединений, кленки, развальцовки, фальцевания, склеивания, стопорения рассмотрена на рис. 2.15 [7].

Вспомогательные операции могут быть подготовительные, пригоночные, регулировочные, послесборочные и контрольные.

В состав типовых и групповых технологических процессов сборки входят соответственно типовые и групповые технологические операции. Под типовой технологической операцией сборки понимают операцию,

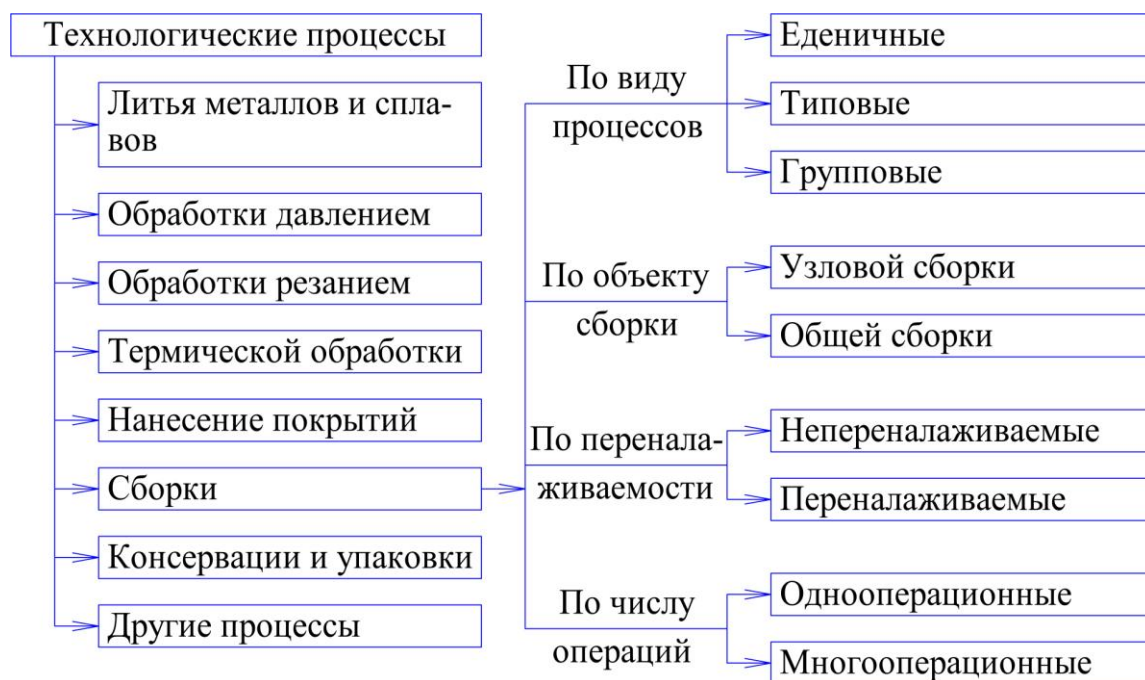


Рис. 2.13. Виды технологических процессов сборки



Рис. 2.14. Виды операций, входящих в состав технологических процессов сборки

характеризующуюся единством содержания и последовательности технологических переходов для сборки группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповая технологическая операция сборки – это операция совместной сборки группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

В структуру сборочной операции входят: подача деталей к месту сборки; их ориентации относительно базовой детали либо собираемого изделия; соединение деталей по поверхностям сопряжения; закрепление с помощью сил, создаваемых средствами, предусмотренными конструкцией; снятие собранного узла (изделия); контроль качества сборочных соединений (рис. 2.15) [7].

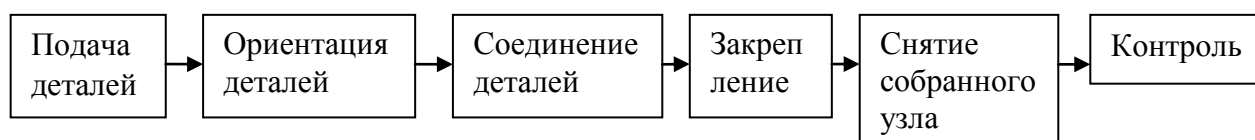


Рис. 2.15. Структура сборочной операции

Основные виды работ, сопутствующие сборке соединений представлены на рис. 2.16.

Элементами технологических операций являются технологические и вспомогательные переходы, рабочие и вспомогательные ходы, установки, позиции, приемы.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого оборудования, оснастки технологических режимов и установки объекта.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий исполнителя и (или) средств технологического оснащения, которые не сопровождаются изменением состояния собираемого объекта, но необходимы для выполнения технологического перехода (например, закрепление собираемого объекта, смена инструмента и т.д.).

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента или исполнительного органа относительно собираемого объекта, сопровождаемая изменением свойств объекта (например, установка вала в отверстие, запрессовка втулки и т.д.).

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента или исполнительного органа, необходимого для подготовки рабочего хода.

Установом называют часть технологической операции, выполняемую при неизменном закреплении собираемого объекта.

Позицией называют фиксированное положение, занимаемое неизменно собираемым объектом совместно с приспособлением относительно

инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

Прием – это законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

В соответствии с ГОСТ 14.004, в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объемов сборки изделий, современное сборочное производство (цех, участок, завод) подразделяется на различные типы: единичное, серийное и массовое.



Рис. 2.16. Виды работ, сопутствующие сборке соединений

2.6. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ СБОРКИ

Организационная форма сборки изделий зависит от:

- типа и уровня автоматизации производства;
- программы и номенклатуры выпускаемых изделий;
- конструкции, размеров и массы собираемых изделий и их составных элементов, применяемого технологического оборудования;
- длительности процессов сборки и наладок технологического оборудования и других факторов.

В различных типах и при различных условиях производства организация сборки приобретает различные формы. По перемещению собираемого изделия сборка подразделяется на стационарную и подвижную, по организации – на непоточную, групповую и поточную (рис. 2.17).

Непоточная стационарная сборка характеризуется тем, что весь процесс сборки изделия и его СЕ выполняется на одной сборочной позиции. Все детали поступают на эту позицию.

Стационарная сборка может быть осуществлена без расчленения (принцип концентрации) из расчленением сборочных работ (принцип дифференциации). **Стационарную сборку изделия без расчленения сборочных работ** практически должен осуществлять один рабочий высокой квалификации. Цикл сборки изделия по этому методу трудоемок и длителен. При большой программе сборка требует занятости больших производственных площадей и большого количества рабочих. Данный метод используется преимущественно в опытном производстве, при сборке единичных уникальных изделий, а так же в мелкосерийном производстве, когда весь процесс сборки изделия состоит из небольшого количества операций.

Разновидностью метода сборки без расчленения процесса является бригадный метод, когда сборку всего сложного изделия выполняет бригада рабочих. В бригаде операции дифференцируются, поскольку одни рабочие специализируются на одной группе сборочных операций, а другие – на другой. При сборке нескольких одинаковых машин за каждым рабочим бригады закрепляется сборка одного узла изделия. При сборке крупных машин (например: турбин, реакторов и т.п.) применяют календарное планирование либо сетевой график.

Достоинства: 1) сохранение неизменного положения основной базовой детали, что способствует достижению высокой точной изделия; 2) использование универсальных транспортных средств, приспособлений

и инструментов, что сокращает продолжительность и стоимость технологической подготовки производства.

Недостатки: 1) длительность общего цикла сборки, выполняемого последовательно; 2) потребность в высококвалифицированных рабочих, способных выполнять любую сборочную операцию; 3) увеличение потребности в больших сборочных стендах, так как машина длительное время занимает монтажный стенд.

Область применения – единичная и мелкосерийное производство тяжелого и энергетического машиностроения, экспериментальные и ремонтные цехи.

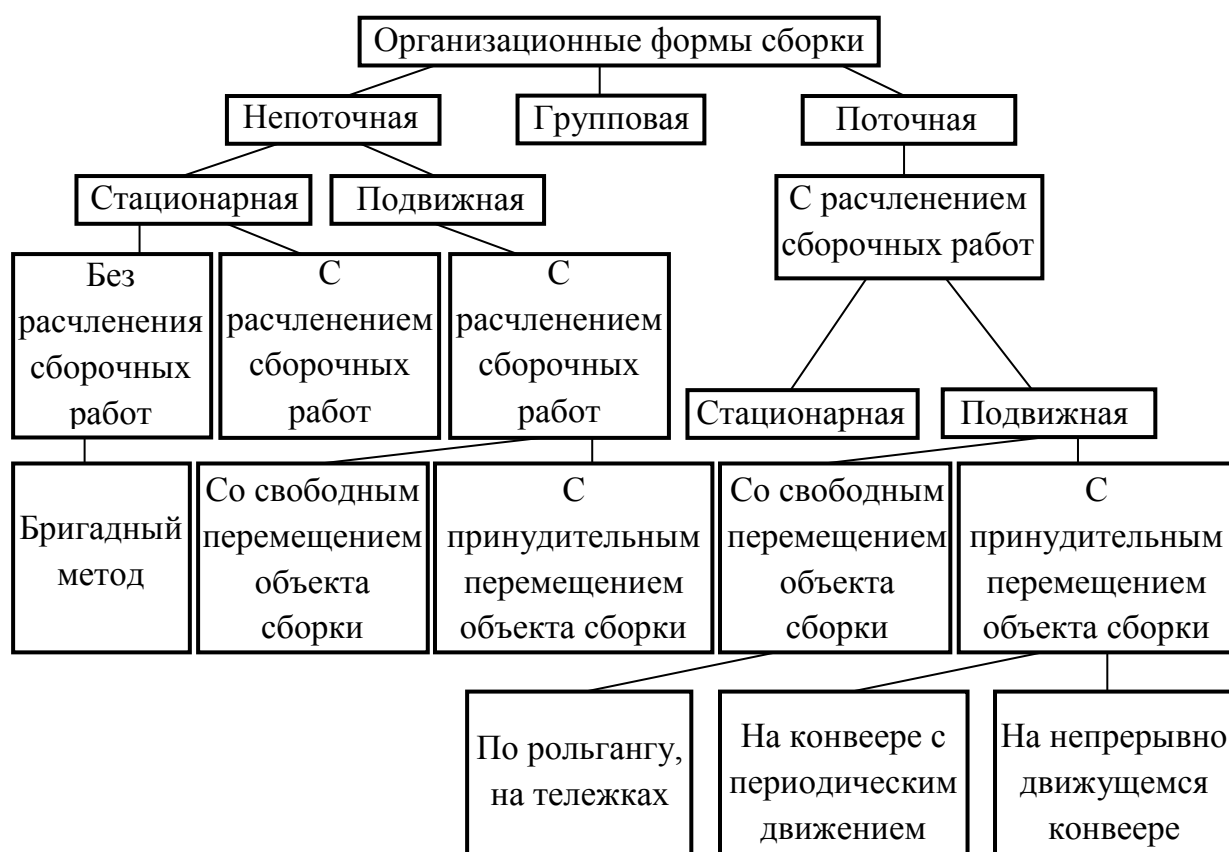


Рис. 2.17. Схема организационных форм сборки

Продолжительность сборочного процесса определяется по формуле в [20]:

$$T_{\text{пр}} = T_{\text{сб}} \sum \frac{N}{B},$$

где $T_{\text{сб}} \sum$ – трудоемкость сборки одного изделия в человеко-часах;

N – число собираемых изделий;

B – количество рабочих в сборочной бригаде.

Непоточная стационарная сборка с расчленением сборочных работ предполагает дифференциацию процесса на узловую и общую сборку. Сборка каждой СЕ и общая сборка выполняются в одно и то же время различными бригадами и многими сборщиками. Собираемая машина остается неподвижной на одном стенде. В результате длительность процесса сборки значительно сокращается.

Расчетное количество рабочих позиций или стендов γ_0 для параллельной сборки, одинаковых объектов рассчитывается по формуле [20]:

$$\gamma_0 = \frac{(T_o - T_c)}{\tau_s},$$

где T_o – расчетная трудоемкость всех переходов сборки одного объекта;
 T_c – расчетная трудоемкость переходов, выполнение которых совмещено во времени с выполнением других объектов;

τ_s – расчетный такт сборки.

Преимущества: 1) значительное сокращение длительности общего цикла сборки; 2) сокращение трудоемкости выполнения отдельных сборочных операций за счет: а) специализации рабочих мест и их оборудования соответствующими приспособлениями и механизмирующими устройствами; б) специализации рабочих- сборщиков; в) лучшей организации труда; 3) снижение потребности в дефицитной рабочей силе сборщиков высокой квалификации; 4) более рациональное использование помещений и оборудования; 5) уменьшение размеров высоких помещений сборочных участков, оборудованных мощными подъемно-транспортными устройствами; 6) сокращение себестоимости сборки.

Область применения – серийное производство средних по размеру и крупных машин [20]:

$$T_{пр} = \frac{T_{лим}}{B_{лим}} + \frac{T_o N}{B_0}, \text{ если } \frac{T_o}{B_0} > \frac{T_{лим}}{B_{лим}},$$

$$T_{пр} = \frac{T_{лим} N}{B_{лим}} + \frac{T_o}{B_0}, \text{ если } \frac{T_o}{B_0} < \frac{T_{лим}}{B_{лим}},$$

где $T_{лим}$ – трудоемкость сборки лимитирующей сборочной единицы;
 $B_{лим}$ – количество рабочих, занятых ее сборкой;
 T_o – трудоемкость общей сборки изделия;
 B_0 – количество рабочих, занятых общей сборкой.

Непоточная подвижная сборка характеризуется последовательным перемещением собираемого изделия от одной позиции к другой. Перемещение может быть свободным или принудительным. ТП сборки при этом разбивается на отдельные операции.

Сборка со свободным перемещением собираемого объекта заключается в том, что рабочий, закончив свою операцию, с помощью средств механизации или вручную перемещает собираемую СЕ на следующую рабочую позицию, СЕ также могут собираться на тележках, рольгангах и т.п.»

Сборка с принудительным перемещением собираемого объекта состоит в том, что он передвигается при помощи конвейера или тележек, замкнутых ведомой цепью.

Фактическая продолжительность выполнения каждой операции колеблется, для компенсации таких колебаний создается межоперационный задел.

Расчетное количество рабочих позиций q_l , которое должен последовательно пройти собираемый объект в процессе сборки, подсчитывается по формуле [20].

$$q_l = \frac{T_o - T_c}{(\tau_b - t_n)\gamma_1},$$

где t_n – расчетное время, необходимое для перемещения одного собираемого объекта с рабочей позиции на следующую;

γ_1 – количество параллельных потоков, необходимых для выполнения производственной программы параллельной сборки одинаковых собираемых объектов, определяется по формуле:

$$\gamma_1 = \frac{(T_{on}^{\max} + t_n)}{\tau_6},$$

где T_{on}^{\max} – продолжительность наиболее длительной сборочной операции.

Область применения – переход от сборки единичных изделий к их серийному изготовлению.

Основой при **групповой форме организации** процессов сборки является группирование собираемых изделий по конструктивно-технологическим признакам. Группы изделий для сборки формируют с учетом трудоемкости сборки и объема выпуска. Окончательную номенклатуру группы изделий, подлежащих сборке на конкретном участке или линии, устанавливают после расчетов загрузки оборудования.

Для групповой формы организации процессов сборки характерны однородность конструктивно-технологических признаков собираемых изделий, единство средств технологического оснащения одной или нескольких сборочных операций и специализация рабочих мест.

Поточная сборка характеризуется тем, что при построении ТП сборки отдельные операции процесса выполняются за одинаковый промежуток времени – такт – или за промежуток времени, кратный такту. При этом на более продолжительных операциях параллельно работают несколько рабочих-сборщиков. Обеспечение одинаковой продолжительности технологических операций, называемое синхронизацией операций, достигается их перестройкой.

Поточная сборка может быть организована со свободным или принудительным ритмом. Межоперационное перемещение собираемого изделия осуществляется вручную или с помощью тележек, наклонного лотка или рольганга, с помощью конвейера с периодическим или непрерывным перемещением.

Поточная сборка сокращает длительность производственного цикла и уменьшает межоперационные заделы деталей, повышает специализацию сборщиков и возможности механизации и автоматизации сборочных операций, что, в конечном итоге, приводит к снижению трудоемкости сборки на 35-50%.

Общая продолжительность поточной сборки

$$T_n = \tau_n n_n,$$

где n_n — число рабочих мест на поточной линии, зависящее от числа сборочных и контрольных операций.

Главным условием поточной сборки является обеспечение взаимозаменяемости собираемых узлов и деталей. В случае необходимости использования пригоночных работ они должны осуществляться за пределами потока на операциях предварительной сборки.

Поточная стационарная сборка является одной из форм поточной сборки требующей наименьших затрат на ее реализацию. Она применяется при сборке крупных и громоздких изделий (самолеты и т. д.). При этом виде сборки все собираемые объекты остаются, на рабочих позициях в течение всего процесса сборки. Рабочие (или бригады) по сигналу все одновременно переходят от одних собираемых объектов к следующим через периоды времени, равные такту» Каждый рабочий (или бригада) выполняет закрепленную за ним одну и ту же операцию на каждом из собираемых объектов.

Расчетное количество рабочих (или бригад) q_2 , необходимых для одного потока, рассчитывается по формуле [20]:

$$q_2 = \frac{T_o - T_c}{(\tau_\epsilon - t_p) \gamma_2},$$

где t_p – расчетное время для перехода рабочих (бригад) от одного собираемого объекта к другому;

γ_2 – количество параллельных потоков, необходимых для выполнения производственной программы параллельной сборки одинаковых собираемых объектов, определяется по формуле:

$$\gamma_2 = \frac{(T_{on} + t_p)}{\tau_\epsilon}.$$

Преимущества: работа с установленным тактом, равномерный выпуск продукции, короткий цикл сборки, высокая производительность труда, высокий съем продукции с 1 м^2 площади.

Область применения – серийное производство машин, отличающихся недостаточной жесткостью базовых деталей, большими габаритами и массой (станков, крупных дизелей, самолетов и т. п.).

Поточная подвижная сборка становится экономически целесообразной в тех случаях, когда выпуск машин и их СЕ значительно возрастает.

Этот вид сборки может осуществляться с непрерывно или периодически перемещающимися собираемыми объектами.

Расчетное количество рабочих позиций q_3 , которые должен пройти в процессе сборки собираемый объект, рассчитывается по формулам:

при сборке с непрерывным движением собираемого объекта [20]:

$$q_3 = \frac{(T_o - T_c)}{(\tau_\epsilon - t_p t_n'') \gamma_3};$$

при сборке с периодическим движением собираемого объекта:

$$q_4 = \frac{(T_o - T_c)}{(\tau_\epsilon - t_n)} \gamma_3; \gamma_3 = \frac{(T_{on}^{\max} + t_n'')}{\tau_\epsilon},$$

где γ_3 – количество параллельных потоков, необходимых для выполнения производственной программы при параллельной поточной подвижной сборке;

t_n'' – расчетное время, необходимое рабочему для возвращения в исходное положение после выполнения операции.

Длина рабочей части конвейера определяется по формуле:

$$L_{\text{раб}} = (L + l_1)(q_3 + 1),$$

где $L_{\text{раб}}$ – длина собираемого объекта, измеряемого в направлении движения конвейера, м;

l_1 – промежуток между собираемыми объектами, необходимый для удобства сборки, м.

Преимущества – выполнение работы с требуемым тактом и возможность почти полного совмещения времени, затрачиваемого на транспортирование объектов, со временем их сборки.

Несомненные преимущества поточного метода сборки расширили его применение в серийном производстве за счет использования сборочных линий с «гибким» тактом (несинхронных), имеющих на транспортере между рабочими позициями межоперационные накопители, обеспечивающие независимую работу позиций без жесткой синхронизации.

На рис. 2.18 показан пример несинхронной линии с накопителями различной конструкции, встроенными и вынесенными позициями. Несинхронные линии обладают рядом преимуществ: в результате наличия межоперационных заделов их производительность на 10-30% выше, чем у линий с «жестким» тактом; они удобны в эксплуатации, так как каждая позиция имеет автономную систему управления, на одной линии можно производить сборку изделий нескольких модификаций в произвольном порядке; переналадка линии производится без ее остановки; в несинхронную линию можно встраивать дополнительные ручные позиции, позволяющие в случае необходимости дублировать автоматические; применение несинхронных линий улучшает условия труда рабочих, снижает монотонность выполнения ручных операций; они недороги в изготовлении (всего на 10-15% дороже обычных жестко блокированных линий) [20].

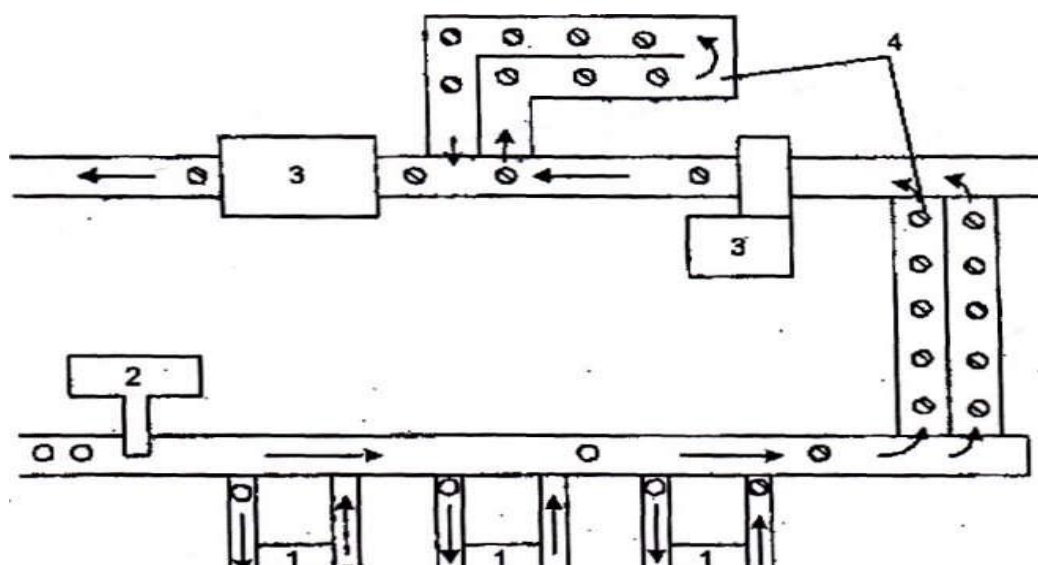


Рис. 2.18 Пример участка несинхронной линии:

1 – вынесенные позиции; 2 – система адресования;

3 – встроенные позиции; 4 – накопители

За такт работы несинхронной линии принимают наибольшее значение $t_{i\max}$ автоматической или ручной позиции.

Автоматизированные линии с жестким тактом целесообразно применять при годовой программе выпуска изделий i -го наименования $N_i \geq 300$ тыс., роторные – при $N_i \geq 1$ млн. При годовой программе выпуска изделий различных наименований $60 \text{ тыс.} < N < 300 \text{ тыс.}$ автоматизированная линия должна быть переналаживаемой с гибким тактом (несинхронной). При меньшей программе выпуска собираемых изделий целесообразно применять роботизированные сборочные комплексы или участки из роботизированных сборочных модулей.

Связь типа производства и организационной формы сборки приведены на рис. 2.19.

Тип производства									
Единичное		Мелкосерийное		Серийное		Крупно-серийное		Массовое	
1.Объём выпуска изделий									
Трудоёмкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск, шт.	Трудоёмкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск, шт.	Трудоёмкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск, шт.	Трудоёмкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск, шт	Трудоёмкость сборки изделия, ч	Среднемесячный выпуск, шт
Св. 2500	До 1	Св. 2500	2-4	Св. 2500	Св. 5	Св. 2500	-	Св. 2500	-
250-2500	До 3	250-2500	3-8	250-2500	9-60	250-2500	Св. 60	250-2500	-
25-250	До 5	25-250	8-30	25-250	31-350	25-250	351-1500	25-250	Св. 1500
2,5-25	До 8	2,5-25	9-50	2,5-25	51-600	2,5-25	601-3000	2,5-25	Св. 3000
0,25-2,50	-	0,25-2,50	До 80	0,25-2,50	81-800	0,25-2,50	801-4500	0,25-2,50	Св. 4500
До 0,25	-	До 0,25	-	До 0,25	-	До 0,25	1000-6000	До 0,25	Св. 6000

2.Номенклатура				
Различия	Состоит из изделий, выпускаемых мелкими партиями или сериями, систематически не повторяющимися	Состоит из изделий, выпускаемых партиями или сериями, систематически и повторяющимися	Состоит из изделий, выпускаемых крупными партиями или сериями, систематически повторяющимися	Постоянная
3.Организационная форма				
Непоточная стационарная сборка без расчленения сборочных работ	Непоточная стационарная сборка без и с расчленением сборочных работ	Поточная стационарная сборка с расчленением сборочных работ	Поточная подвижная сборка с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств	Поточная подвижная сборка с расчленением сборочных работ на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств; такт сборки строго регламентирован

Рис. 2.19. Связь типа производства и организационной формы сборки

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные термины и определения
2. Что такое машина?
3. Классификация машин.
4. Структура машины.
5. Классификация видов соединений.
6. Классификация видов сборки.
7. Виды сборочного движения.

8. Способы совмещения сопрягаемых поверхностей собираемых компонентов.
9. Разделение процессов сборки по переналаживаемости.
10. Виды сборки в зависимости от характера сборочной силы, действующей на собираемые компоненты.
11. Виды сборки в зависимости от применяемых методов и видов покрытий сопрягаемых поверхностей веществ, заводимых в зону сопряжения.
12. Виды технологических процессов сборки.
13. Виды операций, входящих в состав технологических процессов сборки.
14. Структура сборочной операции.
15. Виды работ, сопутствующие сборке соединений.
16. Элементы технологической операции.
17. Схема организационных форм сборки.
18. Непоточная стационарная сборка без расчленения сборочных работ.
19. Непоточная стационарная сборка с расчленением сборочных работ.
20. Непоточная подвижная сборка.
21. Групповая сборка.
22. Поточная сборка.
23. Поточная стационарная сборка.
24. Поточная подвижная сборка.
25. Связь типа производства и организационной формы сборки.

3. КАЧЕСТВО СБОРКИ

Способность машины выполнять определенные функции, характеризующие совокупностью установленных для нее технических, технологических, эстетических и экономических показателей, определяет уровень ее качества. В числе этих показателей могут быть производительность, металлоемкость, энергоемкость, трудоемкость изготовления, технологичность в обслуживании и ремонте, долговечность, надежность, себестоимость и т. д.

Качество – понятие комплексное. Оно распространяется не только на машину – изделие, но и одновременно на все агрегаты, СЕ и детали этой машины.

Сборка изделия представляет собой последнюю стадию технологического процесса, когда некондиционная деталь или СЕ, каким-либо образом попавшие в сборочный цех, еще могут быть обнаружены и изъяты, что предотвратит выпуск некачественной продукции.

На качество сборки может влиять большое число факторов, в том числе многие из них не имеют прямого отношения к сборочному процессу, например сборка СЕ, основной деталью в которых является литой корпус сложной формы. Как известно, если отливку этого корпуса после грубой механической обработки не подвергнуть термической обработке, то вследствие внутренних напряжений корпус может деформироваться; если деформация произойдет после сборки СЕ, то вызовет нарушения сопряжения других деталей, что, в конечном счете, приводит к снижению качества сборки. Таким образом, отступление от ТП обработки детали на одной из первых ее стадий вызывает нарушение качества окончательно собранного изделия, когда уже завершен весь производственный процесс.

Погрешности сборки по характеру их проявления могут быть случайными, если их возникновение обуславливается неопределенными, трудно учитываемыми причинами, и периодическими, зависящими от причин, поддающихся учету.

В свою очередь, случайные и периодические погрешности могут быть подразделены в зависимости от характера выявляемого при сборке нарушения технических требований на погрешности посадок (несоблюдение установленных зазоров и натягов), взаимоположения элементов машины (перекосы, несовпадение осей, биение и т. п.), деформации (нарушение контакта сопряженных поверхностей, искажение формы деталей при неправильной сборке), жесткости (ослабление крепления, нарушение связей, нарушение герметичности), состояния сопрягаемых поверхностей (царапины, задиры и пр.), балансировки (неуравновешен-

ность, вибрация), состояния рабочего места (засорение собираемого объекта абразивными остатками, стружками и пр.).

В практике сборки встречается много и других погрешностей, но все они являются следствием неточностей, допущенных при изготовлении деталей, или недостаточной продуманности технических требований на сборку, или, наконец, следствием неправильной технологии самой сборки.

Систематическое появление некачественных изделий – первый серьезный сигнал о том, что производство организовано плохо. Отсюда понятна та чрезвычайная роль, которая принадлежит на производстве техническому контролю.

Задача технического контроля заключается не только в предотвращении выпуска с завода бракованных изделий, но прежде всего в постоянном активном воздействии на производство в целях предупреждения появления брака. Главное внимание службы контроля должно быть сосредоточено на соблюдении технологии, состоянии оснастки, инструмента, т. е. на том, от чего непосредственно зависит качество. Все это, конечно, полностью относится и к техническому контролю в сборочных цехах.

В машиностроении при сборке изделий встречаются два вида брака: исправимый и неисправимый.

Неисправимый брак получается в том случае, когда в собранной СЕ нельзя устранить имеющиеся отклонения от установленных требований. Одна или несколько деталей СЕ при этом оказываются совершенно непригодными для дальнейшего употребления, например при напрессовке втулки на вал вследствие чрезмерного натяга произошла поломка втулки, при ввертывании шпильки она сломалась или в бобышке корпуса образовалась трещина и т. д.

При **исправимом браке** обнаруженные погрешности могут быть устранены, после чего собранная СЕ будет соответствовать техническим условиям. К этому виду брака относится слишком свободная посадка детали (погрешность может быть устранена заменой одной из сопрягаемых деталей); недостаточный зазор в сочленении (погрешность устраняется дополнительной обработкой (пропиловкой, пришабриванием) или заменой одной из деталей); течь через сальник и т. п. В случае конвейерной сборки погрешности устраняются на специально выделенных рабочих местах. Для этой цели рядом со сборочным конвейером устанавливают несколько участков рольганга. При обнаружении погрешности собираемую машину снимают с конвейера и подают кран-балкой или тельфером на рольганг, а после устранения погрешности – снова на конвейер [20].

3.1. ПОДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ К СБОРКЕ

Окончательному соединению деталей при сборке предшествуют дополнительные работы, к ним следует отнести: дополнительную обработку; пригоночные работы; очистку и промывку деталей; контроль деталей: сортировку деталей на группы; подбор и комплектацию деталей.

3.1.1. Пригоночные работы

Точность сборки на основе принципов полной или неполной взаимозаменяемости обеспечивается преимущественно в массовом и крупносерийном производстве. В мелкосерийном и единичном производстве принцип взаимозаменяемости экономически не оправдан и применяется лишь в отдельных случаях. Детали здесь обрабатываются на универсальных станках без применения специальных приспособлений, а контроль осуществляется универсальным измерительным инструментом. Погрешности взаимного расположения поверхностей деталей в процессе их обработки нередко значительно превышают допускаемые отклонения. Это вызывает необходимость в процессе сборки дополнительно обрабатывать детали и СЕ, пригоняя их по месту. Таким образом, под пригонкой понимается ручная или механическая обработка в процессе сборки сопрягающихся поверхностей деталей для достижения необходимой точности сопряжений или обеспечения других качественных показателей [20].

Пригонка может иметь место и в серийном производстве, так как в определенных случаях при малых допусках посадок экономически выгоднее применять пригонку деталей в процессе сборки, чем повышать точность обработки.

Процесс пригонки состоит из двух этапов: определения величины погрешности и устранения ее снятием излишнего слоя металла. Продолжительность пригонки обычно трудно нормировать, так как погрешность δ для различных СЕ переменная.

Основной путь уменьшения объема пригоночных работ – это всемерное улучшение технологичности конструкций, применение подвижных компенсаторов, улучшение организации и техники контроля деталей при обработке.

Наиболее распространенными видами пригоночных работ являются опилование, зачистка, притирка, полирование, шабрение, сверление отверстий по месту, развертывание отверстий, торцевание, шарошение и гибка.

Опиливание и зачистка. Опиливание и зачистка производятся для достижения заданных сборочных размеров соединений, при сборке

сборочной единицы, когда другими методами заданной точности достичь не удастся, а также для подготовки поверхностей детали к сборке.

Основное требование при выполнении операций опилования и зачистки – проведение этих работ вне участка сборки. Опиливание применяется для опилования детали по контуру, для снятия неровностей, шероховатостей, забоин, заусенцев, снятие припуска на детали – компенсаторе под размер, предусмотренный технологией сборки, устранения дефектов на поверхности детали (сколов, царапин), опилования плоскостей, сложных поверхностей пазов и выступов при подгонке соединений.

Опиливание считается грубым, если необходимо удалить слой металла более 0,2 мм, при тонком опиловании припуск не превышает 0,1 мм, при этом может быть достигнута точность до 0,02 мм.

Во всех случаях после опилования поверхность зачищается (мелким напильником, шкуркой, оселком).

Инструменты для опилования: напильники, надфили, абразивные круги, головки и бруски. Операции зачистки механизмируют, используя ручные или электрические дрели, шлифовальные машинки, пневмодрели и другой инструмент.

Зачистка деталей из стали, твердой бронзы, ковкого чугуна и других твердых материалов производится мелкозернистыми кругами или шкурками номеров 4-6 с электрокорундовым зерном. Для хрупких и мягких материалов (алюминия, свинца, олова) применяют шкурки 5-10 номеров с корбидокремниевым зерном.

Притирка. Притирку применяют при сборке в тех случаях, когда необходимо получить точный размер деталей за счет снятия очень малого припуска или для достижения плотного прилегания поверхностей, обеспечивающих гидравлическую непроницаемость соединения [20].

Точность размеров, достигаемая при притирке, – до 0,1 мкм.

Притирка представляет собой процесс резания абразивными зернами, находящимися между поверхностями притира и детали.

Поступательное движение поверхностей притира относительно детали вызывает вращение зерен абразива и внедрение их в поверхности притира и детали. При этом зерна абразива срезают микронеровности на поверхности детали. Резание сопровождается окислением поверхности и образованием наклепа. С целью снижения окисления поверхности притирку осуществляют введением в абразивный порошок масел, которые создают на поверхности тонкую защитную пленку.

Существует два способа притирки деталей: одной детали по другой (притирка клапанов, пробок и т. д.) и детали по притиру. С помощью притиров доводят детали топливной аппаратуры, крышки, торцы, фланцы и буртики в плотных сопряжениях (рис. 3.1).

Притирами могут быть плиты, бруски, конусы, втулки и другие детали.

Качество и производительность притирки зависят от удельного давления абразива на поверхность обрабатываемой детали. Притирку осуществляют либо вручную (очень маленькая производительность), либо с помощью оборудования или механизированного инструмента (например: притирочных головок, устанавливаемых в шпиндель станка, дрели, болгарки и др.) В качестве режущих элементов используют шлифующие порошки либо пасты. Пасты с зерном крупного помола используются для притирки, а мелкого помола – для притирки и полирования.

В качестве жидкой составляющей при притирке порошками используют: машинное масло и олеиновую кислоту для притирки стальных деталей, керосин для притирки деталей из чугуна, скипидар и др. для притирки бронзы и легких сплавов. Притирочные порошки: наждак или корунд применяют для притирки стальных деталей, толченное стекло - для притирки чугунных деталей и деталей из бронзы. Используются также карбид кремния, окись железа, окись алюминия и окись хрома.

Для окончательной доводки поверхности вместо шлифовальных порошков применяют специальные пасты (ГОИ, алмазные и др.). Притертые поверхности проверяют на краску.

При хорошей притирке краска мелкими пятнами равномерно распределяется по всей поверхности сопряжения.

Полирование. Этот вид обработки обычно производят для достижения меньшей шероховатости поверхностей Ra менее 0,4 мкм, подвергавшихся опиливанию или зачистке. Припуск очень небольшой: 0,005...0,007 мм.

Заглаживание рисков, оставшихся после механической обработки, полированием благотворно сказывается на износостойкости деталей. В результате полирования уменьшаются параметры шероховатости, сокращается площадь поверхности детали, окисляющаяся воздухом и агрессивными средами, что повышает коррозионную стойкость детали.

Полирование позволяет обнаружить дефекты поверхности слоя: трещины, волосовины и флокены, которые на грубо обработанной поверхности незаметны.

Процесс осуществляется при помощи вращающихся со скоростью 30...50 м/с эластичных кругов, на рабочую поверхность которых наносится абразивная смесь с жидким наполнителем.

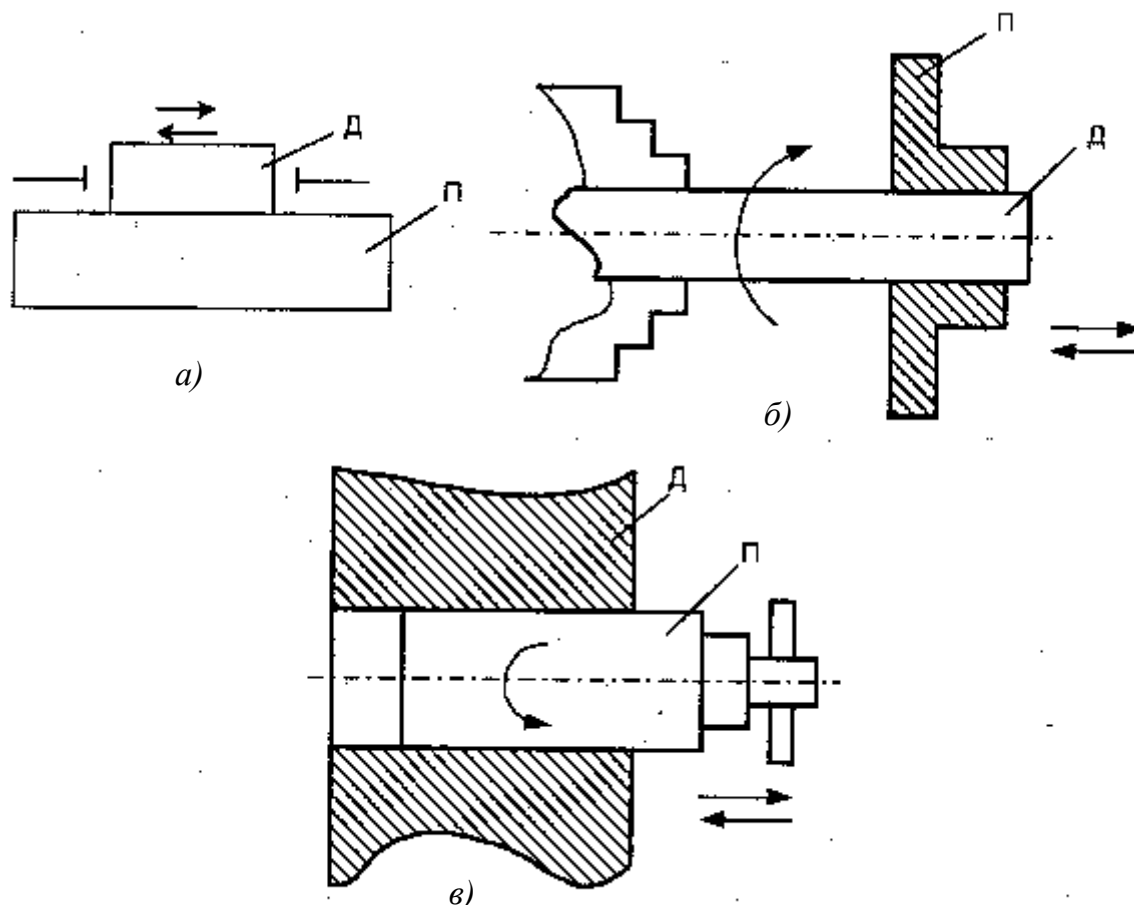


Рис.3.1 Схемы притирки:

а) плоскостей; б) валика; в) отверстия; Д-деталь; П – притир

На круги может быть нанесены мастика, состоящая из вяжущего вещества и полировального порошка. Для получения очень малых параметров шероховатости используют пасты с графитовым наполнителем. Круги изготавливают из хлопчатобумажной ткани, плюша, бархата либо другой ворсистой ткани.

Все шире применяются пасты с мельчайшей фракцией молотого порошка алмаза, а также эластичные полировальные ленты с алмазной фракцией. Для грубого полирования применяют окись алюминия, окись железа и окись хрома. Тонкое полирование производят абразивами без смазочных наполнителей. В качестве вяжущего вещества употребляют смесь парафина, олеина, стеарина, воска, вазелина и др.

Выглаживающее полирование не исправляет первоначальных дефектов обработки, а при большом припуске даже углубляет их. Операции полирования при сборке выносятся из технологического потока и выполняются на специально отведенных рабочих местах.

Используется как переносной инструмент, так и специальные станки.

Достигается шероховатость поверхности:

обычное полирование $Ra = 0,2...1,6$ мкм,

тонкое $Ra = 0,05...0,1$ мкм.

Шабрение. Этот метод отделочной обработки состоит в соскабливании шаберами тонких (до 0,005 мм) слоев металла для получения ровной поверхности после предварительной обработки резанием либо после опилования. При этом металл постепенно срезается с участков, соприкасающихся (при пробе на краску) с поверхностью, к которой пригоняется данная деталь. При последующих пробах эти участки становятся все мельче и мельче, пока не получится «сетка», то есть достаточное число пятен соприкосновения.

Шабрение применяют для уменьшения погрешностей обработки сопрягаемых поверхностей, повышения равномерности их прилегания, увеличения плотности и достижения герметичности соединения. Шабрение применяется и для улучшения внешнего вида поверхностей (декоративное шабрение). Процесс шабрения весьма трудоемок и малопроизводителен, и его следует заменять механизированными отделочными методами обработки – шлифованием, тонким фрезерованием и растачиванием, строганием широкими резцами и т. п., а также применять переносные шабровочные машины.

Результаты шабрения определяют обычно по краске или всухую – «на блеск»: обычное шабрение – 15 пятен на квадратный дюйм, тонкое – 25 пятен на квадратный дюйм (25х25 мм).

Шабрением можно получить высокую точность: плоскостность и прямолинейность до 0,002 мм на длине 1000 мм.

Сверление. В процессе сборки отверстия сверлят:

- когда требуемая точность достигается прежде всего путем обработки двух или большего числа деталей в сборе;
- когда место сверления труднодоступно для обработки на станке, а отверстие небольшого диаметра можно просверлить с помощью механизированного инструмента;
- когда отверстие не было предусмотрено на механической обработке.

Сборочные цеха для таких операций обычно имеют несколько сверлильных станков, установленных вблизи линии сборки. Для отверстий диаметром до 10...12 мм применяют переносные станки, а также ручные пневматические сверлильные машины. Точность обработки достигает до 13...11 квалитета. Шероховатость поверхности $Ra = 6,3...12,5$ мкм.

Развертывание. Эту операцию выполняют при сборке для получения требуемой посадки в сочленении или для обеспечения соосности отверстий монтируемых деталей (калибрование втулок после запрессовки, запрессовывание «в линию» соосно расположенных

отверстий, развертывание отверстий под штифты в сопряженных деталях). Можно получить отверстие по 7 8-му качеству точности с шероховатостью поверхности $Ra - 1.25...1.0$ мкм. Припуск – от нескольких сотых до 0,2... 0,3 мм [20].

Торцевание и шарошение. Операцию торцевания вводят при необходимости в процессе сборки для зачистки базовых плоскостей под опорные части фланцев, шайб, гаек, упоров, а также для снятия части материала бобышек, втулок и штуцеров при пригонке этих элементов деталей по высоте.

Для торцевания используют торцевые фрезы с неравным делением зубьев и с нечетным их числом. Чтобы торцуемая поверхность была перпендикулярна оси отверстия (это – основное требование при торцевании), необходимо иметь фрезы с длинной направляющей частью. Длина направляющей части должна быть такой, чтобы обеспечивалось вхождение фрезы в отверстие с минимальным зазором.

Шарошение производится коническими фрезами – шарошками. Инструмент закрепляют на специальных державках, а деталь в приспособлении. Операции торцевания и шарошения производят на сверловочном станке либо пневматическим инструментом. Наиболее часто шарошки применяют при пригонке соединения клапанов с седлами по конусной поверхности.

Гибка. Соединения, собираемые с помощью гибки, имеют в конструкциях машин небольшое распространение. Типичные узлы с закреплением деталей по средствам изгиба одной из них – шплинтом. Возможны соединения, в которых гибкой соединяются две и более деталей см. рис. 3.2. Широко распространенными примерами использования гибки, являются: изготовление водосточных труб здания, воздухопроводов промышленных установок вытяжной принудительной вентиляции, жестяных ведер, молочных бидонов и др. предметов широкого потребления.

Гибочные работы при сборке машин используются для соединения трубопроводов и воздухопроводов. Медные и латунные трубки диаметром до 8 мм изгибают холодным способом вручную по шаблону. При диаметре более 8 мм трубки гнут с нагревом или внутрь вводят пружину или насыпают песок.

Трубы диаметром более 20 мм гнут с наполнением их песком или расплавленной канифолью. Песок должен быть сухим и мелким. Чем плотнее был забит песок в трубку, тем ровнее был изгиб медной трубки. Медные трубки большего диаметра перед гибкой отжигают.

Стальные трубы диаметром до 10 мм гнут без нагрева и без песка наполнителя. Трубы большего диаметра гнут с нагревом пламенем горелки до температур 750-800°C. (труба в месте нагрева имеет красный цвет). Нагреву подвергают трубу в месте изгиба [10].

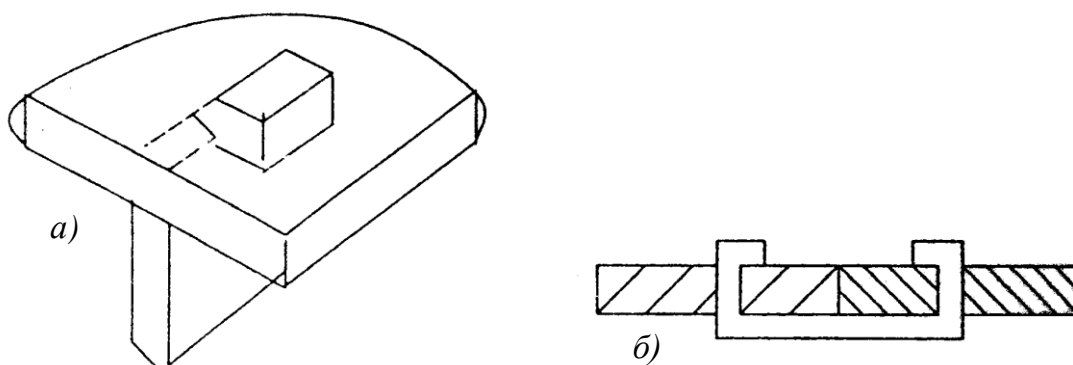


Рис. 3.2. Соединения, полученные гибкой:

а) – отгибанием лепестка, пропущенного через отверстие в перпендикулярной листовой детали; *б)* – соединения деталей гнутыми скобами

3.1.2. Очистка и промывка деталей

Качество процесса сборки изделий зависит от чистоты деталей и сборочных единиц. Детали, поступающие на узловую сборку, и собранные СЕ, подаваемые на общую сборку машины, должны быть совершенно чистыми. Металлические опилки, мельчайшие кусочки стружки, остатки обтирочных материалов, абразивный порошок, попадая в отверстия или каналы детали, могут впоследствии, при работе машины, попасть вместе со смазкой в подшипники или зазоры других подвижных сопряжений и вызвать их преждевременный износ. Для предотвращения этого детали и СЕ в процессе сборки проходят специальные операции — очистку и мойку. Это трудоемкая работа, и на нее затрачивается до 10% всего времени изготовления деталей.

Существует несколько способов мойки: 1) химический (мойка окунанием и струйная мойка с применением органических растворителей),

2) электрохимический (в спокойном или принудительно возбуждаемом электролите), 3) ультразвуковой, 4) электрогидравлический, 5) механический (при помощи приводных и ручных щеток).

В процессе сборки точных соединений мойка деталей требуется почти для каждой сборочной единицы.

В серийном и массовом производствах используют специальные моечные машины, (однокамерные, двухкамерные и трехкамерные), в которых процесс мойки деталей и сборочных единиц осуществляется в закрытом пространстве без участия рабочего.

В массовом производстве для мойки однотипных сборочных единиц, используемых в больших количествах, применяют механизированные установки специального назначения.

Процесс мойки состоит из следующих этапов: механического воздействия жидкости, смачивания, температурного воздействия, адсорбирования и смыва. Моющие жидкости должны разлагать загрязненные пленки, превращая их в растворимые элементы, хорошо смачивать поверхность, а также препятствовать повторному осаждению растворенных примесей на поверхность. В состав моющей жидкости, кроме неорганических веществ (щелочей), должны также вводиться поверхностно-активные вещества (ПАВ): мыло, кислоты, спирты, жидкое стекло, синтетические моющие вещества. Щелочные растворы с такими эмульгаторами, воздействуя на загрязняющие частицы, образуют вокруг них адсорбционные оболочки, которые препятствуют в дальнейшем сцеплению этих частиц с поверхностью промываемой детали.

Для достижения чистоты внутренних каналов сборочных единиц промывку ведут струей подогретого до 60 °С керосина, направленной под давлением

600 МПа и выше. Чистоту промывки определяют фильтрацией проб керосина, вытекающего из отверстий сборочной единицы. О чистоте каналов судят по числу включений, оставшихся на фильтре, при этом учитываются включения определенной зернистости.

При электрохимической мойке в электролите происходит механическое и химическое воздействие потоков жидкости на деталь, а также катодная поляризация, что интенсифицирует процесс мойки.

Более тщательная очистка достигается промывкой в жидкой среде при помощи ультразвука. Этот принцип состоит в том, что в жидкости возбуждаются ультразвуковые колебания, в результате чего образуются кавитационные пузырьки, механически воздействующие на загрязненную поверхность. Возникающие при этом ударные волны интенсивно разрушают слои смазки, грязи и пр., покрывающие поверхность деталей. Одновременно происходит также химическое взаимодействие загрязнений с жидкостью-растворителем. Колебания, обычно с частотой около 20 Гц, создаются пьезокварцевым или магнитострикционным преобразователем.

Мойка в ультразвуковой ванне продолжается 1-5 минут, в зависимости от конфигурации детали и её загрязненности. Затем детали промывают в горячей и холодной воде и просушивают в течение 10-15 минут [20].

3.1.3. Сортировка и контроль качества деталей

При сборке по методу групповой взаимозаменяемости осуществляется сортировка деталей по размерам, массе, статическому моменту и другим признакам; после сортировки детали маркируют и хранят в специальной таре.

Контроль качества деталей и других элементов, поступающих на сборку, заключается в проверке выполнения требований технических условий поставки на сборку. Контрольной проверке подвергаются размеры, форма и взаимное расположение поверхностей деталей, качество выполнения предшествующих операций (пригоночных работ, очистки, промывки и т. п.).

Контроль осуществляется различными измерительными инструментами и приборами. Отклонение плоских поверхностей от прямолинейности проверяют по краске с помощью поверочной плиты, контрольной линейки, эталонных или сопрягаемых деталей. Щупом измеряют зазоры. Натянутой струной проверяют плоские поверхности длиной до 10 м. Плоские поверхности до 2 мм длиной проверяют линейкой и индикатором.

Форму цилиндрической, конической, сферической и других криволинейных поверхностей проверяют с помощью эталонной или сопрягаемой детали по краске с оценкой качества по равномерности расположения окрашенных пятен лекалами-шаблонами.

Отклонение от параллельности выявляют непосредственно измерением универсальными измерительными инструментами (штангенциркулем, штангмасом, микрометром) и косвенными способами с использованием индикаторов, уровней, линеек или плит.

Отклонение поверхности от перпендикулярности выявляют угольником с применением щупа, штангмаса или индикатора, а также уровнем и отвесом.

Отклонение отверстий и валов от соосности выявляют эталонными скалками, вводимыми в соосные отверстия собранных узлов.

Неплотность прилегания и зазоры проверяют по краске или щупом [20].

3.2. ТОЧНОСТЬ СБОРКИ

Осуществление основного назначения машины связано с преобразованием движений, передачей сил и моментов. Силы и моменты, воздействуя на звенья механизма и их соединения, могут изменять, искажать их форму, что вызывает отклонение от заданного характера движения всего механизма и машины. Большие или меньшие значения этих отклонений, характеризующие точность машины, зависят от конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. При этом одним из важнейших технологических факторов являются погрешности, допущенные при сборке механизмов, то есть в процессе формирования их из отдельных деталей. Эти погрешности в различных сочетаниях, в

конечном счете, приводят к ошибкам результирующих характеристик собираемого изделия.

Под точностью сборки подразумевается степень совпадения материальных осей, контактирующих поверхностей или иных элементов сопрягающихся деталей с положением их условных прототипов, определяемым соответствующими размерами на чертеже или техническими требованиями.

Несмотря на широкое разнообразие служебного назначения машин, основные показатели их точности общие: точность относительного движения исполнительных поверхностей (ИП), точности их геометрических форм и расстояний между этими поверхностями и точность их относительных поворотов.

Точность замыкающего звена размерной цепи (РЦ) обеспечивается известными методами [3].

Известно также, что повышения точности РЦ можно достичь тремя методами: повышением точности составляющих звеньев, сокращением количества звеньев и уменьшением величины передаточных отношений.

Для обеспечения надежности и долговечности работы машины в эксплуатации поля допусков зазоров (натягов) в сопрягаемых деталях должны лежать по возможности в узких пределах. Однако следует учитывать, что сокращение этих пределов влечет за собой увеличение стоимости обработки деталей.

Правильный выбор посадок в сопряжениях, кроме увеличения общего срока службы всей машины, имеет большое значение для обеспечения равностойкости ее отдельных СЕ и деталей.

Большое значение для обеспечения точности сборки имеет характер базирования. Для сохранения точности взаимного расположения элементов машин необходимо достичь неизменности базирования или постоянства контактов сопрягаемых поверхностей.

Важнейшим этапом сборочных работ является установка деталей и других элементов СЕ в требуемое относительно друг друга положение и закрепление их в этом положении. При этом должна быть обеспечена определенность базирования устанавливаемых элементов конструкции.

Возможные составы сборочных баз различаются по виду базовых элементов и установочных баз, эти различия и определяют способ базирования при сборке (табл. 3.1) [20].

Базирование по месту в изделии может быть применено, только тогда, когда у базируемого элемента отнимается хотя бы одно поступательное перемещение относительно каждой из трех осей базовой системы координат. Фиксация базируемого элемента осуществляется прижатием его с помощью струбцин, контрольными или макетными болтами к базовым элементам изделия.

Базирование по разметке применяется чаще всего тогда, когда у базирваемого элемента существует только основная установочная база. Фиксация установочного элемента осуществляется так же, как при базировании по месту [20].

Базирование по сборочным отверстиям может быть применено только в случае наличия основной установочной базы. Фиксация собираемых элементов осуществляется съёмными пружинными фиксаторами, контрольными (макетными) болтами или винтами, иногда – контрольными заклепками.

Базирование по координатно-фиксирующим отверстиям аналогично предыдущему, однако в качестве базовых здесь используются элементы сборочного приспособления. Основной базой при базировании является поверхность базовых элементов приспособления, в дополнение к ним в состав установочной базы входят координатно-фиксирующие отверстия в базовых элементах приспособления и установочных элементах изделия. Фиксация установленных элементов осуществляется прижатием их к базовым элементам приспособления прижимами, фиксаторами и т. п.

Таблица 3.1

Способы базирования при сборке

Состав установочной базы	Состав сборочной базы		
	Элементы изделия	Элементы изделия и сборочного приспособления	Элементы сборочного приспособления
Сопрягаемые поверхности базовых элементов	По месту в изделии	По месту в изделии и сборочном приспособлении	По месту в сборочном приспособлении
Сопрягаемые поверхности и контуры разметки	По разметке на элементах изделия	По разметке на элементах изделия и сборочного приспособления	По разметке на элементах сборочного приспособления
Сопрягаемые поверхности и отверстия под заклепки или болты	По сборочным отверстиям в элементах изделия	-	По сборочным отверстиям в сборочном приспособлении
Сопрягаемые поверхности и технологические отверстия	По координатно-фиксирующим отверстиям в элементах изделия	-	По координатно-фиксирующим отверстиям в сборочном приспособлении

Базирование по световому или лазерному лучу получило широкое распространение при монтаже сборочной оснастки и при сборке крупногабаритных конструкций. Положение базируемого элемента определяется в плоскости, перпендикулярной световому лучу, путем центрирования координатных отверстий в этих элементах относительно световых лучей. Применяются специальные приспособления – держатели.

Параметры, характеризующие требуемую точность при сборке СЕ и машины в целом, устанавливаются обычно исходя из предположения, что СЕ не обладают упругостью. Между тем детали машин как при сборке, так и при последующей работе претерпевают деформации.

В конструкции предусматривается, чтобы эти деформации не превышали определенных величин и не влияли на выполнение машиной ее служебного назначения. Тем не менее многие параметры сопряжений деталей в работающей машине отличаются от значений, определяемых при ее сборке. Следовательно, точность, которая предусматривается чертежом и техническими требованиями и достигается в процессе сборки машины, является в значительной мере условной.

В связи с этим имеет особое значение определение действительной точности машины, то есть именно той, которой она обладает в процессе работы и от которой зависит качество выполнения ее служебного назначения, а также ее надежность.

В общем случае погрешности при сборке вызываются:

1. Отклонениями размеров, формы и взаимного расположения поверхностей сопрягаемых деталей, что в значительной степени снижает геометрическую кинематическую точность любой машины и механизма. Эти отклонения влияют на зазоры, натяги, изменяя заданные посадки. Например, увеличенные зазоры в коренных и шатунных подшипниках колен вала вызывают повышенный износ шеек коленчатого вала при работе двигателя внутреннего сгорания и значительно сокращают срок его службы. При наличии зазоров во вкладышах у участвующих во вращении деталях появляются радиальные и торцевые биения, а так же неуравновешенность вращающихся масс, что приводит к интенсивному износу деталей.

2. Неточной установкой и зажимом базовой детали в приспособлении нарушается взаимное расположение деталей в сборочной единице, что приводит к перекосу деталей в соединениях поверхностей трения – скольжения, вызывая их неравномерный и интенсивный износ, нагрев и задиры в процессе эксплуатации.

3. Некачественной пригонкой и регулировкой сопрягаемых поверхностей в соединениях деталей в изделии.

4. Нарушением правил и режимов выполнения сборочных операций: недостаточным усилием затяжки резьбовых соединений, перекосом осей

при прессовом соединении, нарушением тепловых режимов сварки соединения и другими причинами.

5. Остаточными напряжениями в материале, собранных силовыми методами деталей.

6. Геометрическими неточностями сборочного оборудования и приспособления, а так же неточностью их настройки.

3.3. МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ СБОРКИ

Под точностью сборки понимается свойство процесса сборки изделия обеспечивать соответствие значений параметров изделия заданным в конструкторской документации, т.е. сборка должна обеспечивать правильное взаимное расположение деталей изделия в пределах заданной точности. Обеспечение заданной точности сборки путем использования наиболее экономичных методов сборки достигается на основе расчета и анализа сборочных размерных цепей, с помощью которых определяется точность относительного положения поверхностей или осей деталей, входящих в сборочную единицу или технологическую систему "собираемые детали – сборочное оборудование". Точность сборки характеризуется значением размеров замыкающего звена размерной цепи, к которому предъявляется основное требование точности, определяющее качество изделий в соответствии с техническими условиями. Номинальный размер замыкающего звена (размера) A_Δ размерной цепи A определяется по формуле:

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{Ai} A_i ,$$

где $i = 1, 2, \dots, m$ – порядковый номер звена; m – число звеньев размерной цепи; $(m-1)$ – число составляющих звеньев; ξ_{Ai} – передаточное отношение i -го звена размерной цепи, характеризующее расположение звеньев по величине и направлению.

Для линейных размерных цепей, звенья которых расположены на параллельных прямых, $|\xi_1| = |\xi_2| = \dots = |\xi_{m-1}| = 1$; при этом для увеличивающих и уменьшающих составляющих звеньев ξ_i соответственно равно 1 и -1. Для плоских, звенья которых расположены произвольно в одной или нескольких параллельных плоскостях, и пространственных, звенья которых расположены произвольно в пространстве, размерных цепей $\xi_i = \partial A_\Delta / \partial A_i$ (частной производной функции замыкающего звена по i -му составляющему размеру).

Расчеты сборочных размерных цепей могут проводиться двумя методами: 1) методом максимума-минимума, при котором учитываются

предельные отклонения составляющих звеньев; 2) вероятностным методом, при котором учитываются законы рассеяния размеров деталей и случайный характер их сочетания при сборке.

Для достижения точности замыкающего звена применяются следующие методы сборки: с полной, неполной и групповой взаимозаменяемостью, с регулированием, с пригонкой.

3.3.1. Сборка с полной взаимозаменяемостью

При сборке с полной взаимозаменяемостью требуемая точность замыкающего звена и качество сборки обеспечиваются непосредственным соединением собираемых деталей и частей изделия без пригонки, регулирования, выбора и подбора, т.е. без каких-либо дополнительных работ. К преимуществам данного метода сборки относятся: упрощение организации поточной сборки; возможность широкой кооперации предприятий; упрощение изготовления запасных частей и ремонта машин, находящихся в эксплуатации. К недостаткам метода относится то, что допуски составляющих звеньев размерных цепей получаются меньшими, чем при применении остальных методов сборки. Это может привести к высокой себестоимости изготовления точных собираемых деталей, точностью замыкающих звеньев.

Метод сборки с полной взаимозаменяемостью обычно применяют при сборке изделий в массовом и серийном производстве, а также в единичном производстве при сборке стандартных деталей. Этот метод находит преимущественное применение при небольшом числе звеньев размерной цепи и достаточном допуске на замыкающее звено. В других случаях необходимая точность изготовления может выйти за пределы не только экономической, но и технически достижимой точности. В этом случае следует проверить возможность использования других методов сборки. Метод сборки с полной взаимозаменяемостью наиболее полно отвечает требованиям автоматизации сборки, так как применение его обеспечивает высокую производительность и надежность работы автоматического сборочного оборудования. Возможность использования данного метода является одним из основных признаков высокой технологичности конструкций узлов и изделий.

При сборке с полной взаимозаменяемостью сборочную линейную размерную цепь рассчитывают методом максимума-минимума, при котором допуск замыкающего размера TA_{Δ} определяется арифметической суммой допусков составляющих размеров, т.е.

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i ,$$

где TA_{Δ} – допуск i -го составляющего звена размерной цепи. При способе назначения допусков одного качества среднее число единиц допуска a_{cp} составляющих звеньев линейной размерной цепи

$$a_{cp} = TA_{\Delta} / \sum_{i=1}^{m-1} i_i ,$$

где i_i – единица допуска i -го составляющего звена.

3.3.2. Сборка с неполной взаимозаменяемостью

При этом методе сборка деталей и частей изделия осуществляется без их пригонки, выбора, подбора или регулирования; при этом требуемая точность замыкающего звена достигается не у всех собираемых изделий. Это обусловлено тем, что в основу расчета положен вероятностный метод расчета размерных цепей, основанный на том, что при сборке одновременное сочетание наибольших увеличивающих и наименьших уменьшающих размеров сопрягаемых поверхностей является маловероятным, так как отклонения размеров в основном группируются около середины поля допуска и сопряжение деталей с такими отклонениями происходит наиболее часто. Поэтому число изделий, у которых замыкающее звено выходит за пределы требуемого допуска, принимают обычно равным не более 1 %.

Преимущества данного метода сборки такие же, как и у метода сборки с полной взаимозаменяемостью. Кроме этого, применение метода сборки с неполной взаимозаменяемостью позволяет расширить допуски на составляющие звенья (для малозвенных цепей на 30 - 40 %, для многозвенных цепей в 2 раза и более), что снижает себестоимость изготовления изделий и упрощает их сборку. К недостаткам метода относятся дополнительные затраты на замену или подгонку некоторых деталей тех изделий, у которых значения замыкающих звеньев вышли за установленные пределы. Однако эти затраты нередко оказываются незначительными по сравнению с экономией труда и средств, получаемых за счет изготовления менее точных собираемых деталей. При автоматизации сборочных процессов использование метода неполной взаимозаменяемости может привести к нарушению стабильности процесса автоматической сборки, к появлению брака и поломке элементов сборочного оборудования. Для исключения этого в сборочном оборудовании дополнительно предусматривают контрольные, контрольно-сортировочные и блокировочные устройства контроля процесса сборки, размеров и качества собираемых компонентов.

При методе сборки с неполной взаимозаменяемостью сборочную линейную размерную цепь рассчитывают вероятностным методом, при котором допуск замыкающего размера TA_{Δ} определяется по формуле

$$TA_{\Delta} = t \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 (TA_i)^2},$$

где t – коэффициент риска, зависящий от процента риска P ;

λ_i – коэффициент относительного рассеяния i -го составляющего размера ($\lambda_i = 1/3$ для закона нормального распределения).

Значения коэффициента t при нормальном законе распределения размеров A_{Δ} замыкающего звена для различных значений P приведены ниже [20].

$P, \% \dots$	0,01	0,05	0,1	0,27	0,5	1	2	3	5	10
$t \dots$	3,98	3,48	3,29	3	2,81	2,57	2,32	2,17	1,96	1,65

Приведенную выше формулу используют при расчете многозвенных размерных цепей, а также любых размерных цепей, рассеяние размеров составляющих звеньев которых подчиняется нормальному закону.

TA_{Δ} для малозвенных линейных цепей, в которых число составляющих звеньев менее шести и погрешности размеров которых распределены по произвольному закону, рассчитывают по формуле

$$TA_{\Delta} = \frac{1}{\lambda_{\Delta}} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 (TA_i)^2},$$

где λ_{Δ} – коэффициент относительного рассеяния замыкающего звена. Рассеяние размеров замыкающего звена часто можно считать подчиняющимся нормальному закону, для которого $\lambda_i = 1/3$.

Согласно приведенной выше формуле при способе назначения допусков одного качества

$$a_{cp} = TA_{\Delta} \lambda_{\Delta} / \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} i_i^2 \lambda_i^2}.$$

3.3.3. Сборка с групповой взаимозаменяемостью (селективная сборка)

Сущность метода сборки с групповой взаимозаменяемостью заключается в том, что после изготовления сопрягаемых деталей со сравнительно широкими технологически выполнимыми допусками их затем сортируют на равное число $p_{гр}$ групп с более узкими групповыми допусками. При сборке соединяют детали соответствующих (с одинаковым номером) групп, что позволяет в n раз повысить точность

сборки (точность соединения) при одновременном расширении допусков на изготовление деталей до экономически целесообразных значений.. Таковую сборку называют селективной и применяют в тех случаях, когда конструктивные допуски на размеры высокоточных деталей меньше технологических.

К преимуществам метода сборки с групповой взаимозаменяемостью относится возможность достижения высокой точности замыкающего размера при экономически целесообразных технологических допусках составляющих размеров. К недостаткам относятся увеличение незавершенного производства; дополнительные затраты на проверку, сортировку и маркировку деталей; повышение трудоемкости сборки; определенные усложнения процесса и средств сборки; необходимость хранения собираемых деталей по группам до сборки; усложнение снабжения запасными частями.

Сборка с групповой взаимозаменяемостью обычно применяется в массовом и крупносерийном производстве для малозвенных (три- четыре звена) размерных цепей при сборке соединений высокой точности, когда дополнительные затраты на сортировку, маркировку, сборку и хранение деталей по группам окупаются высоким качеством собранных изделий. Этот метод применяют при сборке подшипников качения, высокоточных резьбовых соединений и др. При сборке прецизионных подшипников качения, сборке ответственных резьбовых соединений с натягом селективная сборка является единственным экономически целесообразным методом обеспечения точности. В производстве обычно число групп сортировки не превышает пяти, однако при сборке подшипников качения число групп сортировки тел качения достигает десяти и более.

При селективной сборке расчет размерных цепей обычно выполняют методом максимума-минимума. Число групп $n_{гр}$, на которые рассортированы детали, при заданном допуске замыкающего звена определяют по формуле

$$n_{cp} = \left(\sum_{i=1}^{m-1} TA'_i \right) / TA_{\Delta},$$

где TA'_i – экономически приемлемые технологические допуски составляющих размеров.

Групповой допуск составляющего размера

$$TA_{cpi} = TA'_i / n_{cp}.$$

Для обеспечения однотипности (однородности) собранных соединений, для которых предельные размеры замыкающих звеньев в

различных группах совпадают, рекомендуется соблюдать равенство сумм технологических TA и групповых TA_{ep} допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев:

$$\sum_1^n TA_{y\phi} = \sum_1^p TA_{y\mu};$$

$$\sum_1^n TA_{ep.y\phi} = \sum_1^p TA_{ep.y\mu},$$

где n и p – число увеличивающих и уменьшающих звеньев цепи.

При заданном минимальном групповом зазоре $S_{ep\min}$ (рис. 3.3, а) или максимальном групповом натяге $N_{ep\max}$ число групп сортирования можно рассчитать по формулам:

$$S_{ep\min} = S_{\min} + Td + Td/n_{ep};$$

$$N_{ep\max} = N_{\max} - Td + Td/n_{ep},$$

где S_{\min} и N_{\max} – наименьший зазор и наибольший натяг в соединении соответственно; Td и TD – допуск отверстия и вала соответственно.

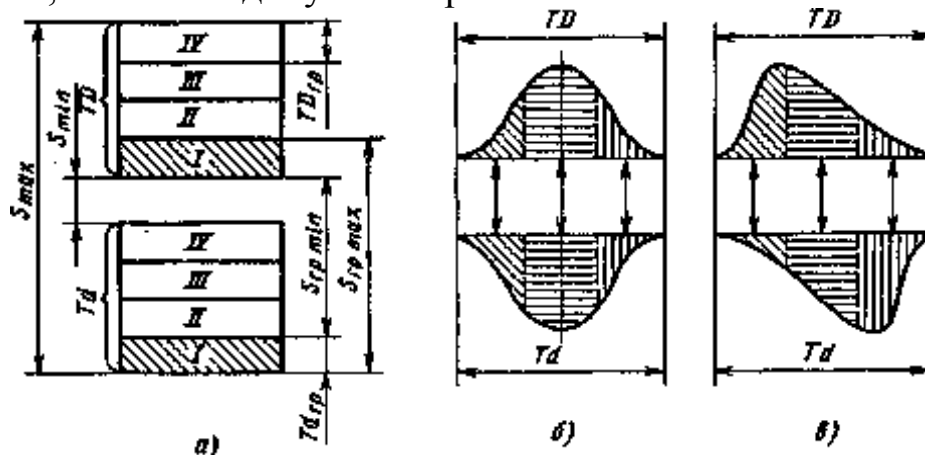


Рис. 3.3 Схемы сортировка деталей на группы:

а) для соединения с зазором при $Td = TD$; б, в) – с учетом кривых распределения размеров сопрягаемых деталей

При заданном значении группового допуска TD_{ep} или Td_{ep} (при $TD = Td$)

$$n_{ep} = TD/TD_{ep} = Td/Td_{ep}.$$

При $TD \neq Td$ групповой зазор (или натяг) при переходе от одной группы к другой изменяется, поэтому однородность соединений не обеспечивается. Следовательно, при селективной сборке целесообразно обеспечивать, чтобы $TD = Td$.

Для уменьшения объема незавершенного производства, образующегося при селективной сборке, необходимо, чтобы распределение действительных размеров сопрягаемых поверхностей происходило по

одинаковым законам, так как при разных законах число собираемых деталей в одноименных группах будет различным. В результате этого могут оставаться детали, для которых необходимо изготавливать соответствующие сопрягаемые детали. В целях сокращения объема незавершенного производства строят эмпирические кривые распределения размеров соединяемых деталей (рис. 3.3, б, в). Если кривые распределения размеров соединяемых деталей и смещения центров группирования одинаковы (см. рис. 3.3, б), то внутри каждой группы будет одинаковое число собираемых деталей, что устраняет образование незавершенного производства. В противном случае (см. рис. 3.3, в) внутри каждой группы будет неодинаковое число охватывающих и охватываемых деталей, что приведет к увеличению незавершенного производства, нарушению ритма сборки и потребует увеличения запасов деталей в сборочных цехах.

3.3.4. Сборка с регулированием

При сборке с регулированием заданная точность достигается изменением (регулированием) значения одного из ранее выбранных составляющих размеров, называемого компенсирующим (компенсатором). При этом все остальные детали обрабатывают по расширенным допускам, экономически обоснованным для данного вида производства. Точность замыкающего звена при сборке обеспечивается или за счет применения специальных компенсаторов, с помощью которых возможно осуществление непрерывных или периодических перемещений деталей по резьбе, клиньям, коническим и цилиндрическим поверхностям и т.д., или за счет подбора сменных деталей.

К преимуществам метода сборки с регулированием относятся возможности: назначения экономически целесообразных допусков на составляющие размеры цепи; регулирования величины замыкающего звена не только при сборке, но и в процессе эксплуатации изделий (например, для компенсации износа); обеспечения в ряде случаев автоматического регулирования точности изделий. К недостаткам данного метода относятся возможное усложнение конструкции изделий и увеличение числа деталей; увеличение трудоемкости сборки вследствие необходимости проведения регулирования и измерений.

Метод сборки с регулированием широко применяют в различных видах производства, особенно когда необходимо достичь высокой точности собранного изделия и поддерживать ее в процессе эксплуатации при расширенных допусках размеров деталей. Метод применяется, например, для обеспечения незначительных осевых перемещений вращающихся деталей (червяков, шпинделей станков, валов с зубчатыми колесами);

выдерживания минимального зазора между опорами и шейками шпинделей при работе станка и т.п.

При методе сборки с регулированием требуемая точность замыкающего звена достигается применением неподвижных и подвижных компенсаторов. В качестве неподвижных компенсаторов применяют наборы сменных прокладок, шайб, колец, втулок и т.п. Пример использования неподвижных компенсаторов приведен на рис. 3.4, а, где требуемый зазор A_{Δ} достигается подбором необходимого числа компенсирующих шайб 1. В качестве подвижных компенсаторов применяют устройства и детали, за счет регулирования положения (перемещения или поворота) которых достигается необходимая точность. Пример использования подвижного компенсатора показан на рис. 3.4, б, где заданный зазор A_{Δ} обеспечивается за счет запрессовки втулки 3 в отверстие детали 2.

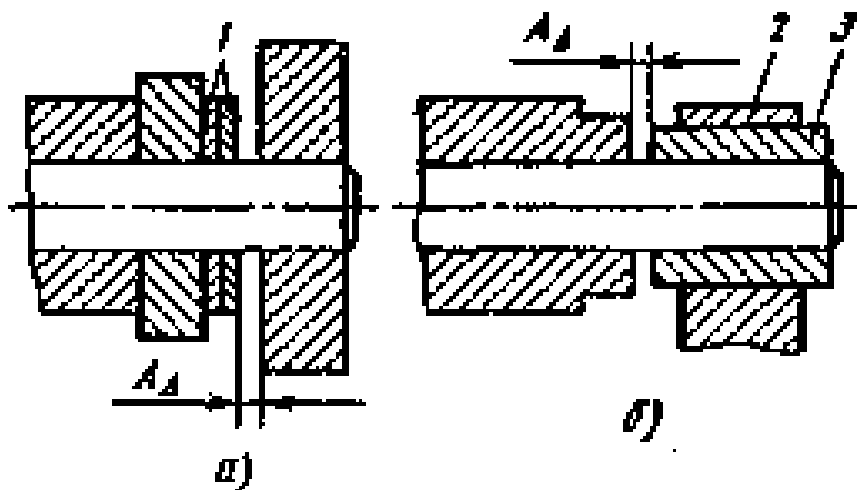


Рис. 3.4. Узлы с неподвижным (а) и подвижным (б) компенсаторами

Размерные цепи при методе сборки с регулированием рассчитывают методом максимума-минимума или вероятностным методом. Номинальный размер компенсирующего звена K определяют из выражения

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{i=n+1}^{n+p} \vec{A}_i \pm K,$$

где K – берут со знаком "плюс", если размер является увеличивающим, и со знаком "минус", если размер является уменьшающим.

Допуск замыкающего звена

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i' - V_{\kappa},$$

где TA_i' – принятые расширенные, технологически выполнимые допуски составляющих размеров;

V_K – наибольшее возможное расчетное отклонение, выходящее за пределы поля допуска замыкающего звена, подлежащее компенсации:

$$V_K \geq \sum_{i=1}^{m-1} TA_i' - TA_{\Delta}$$

Если допуск на изготовление компенсатора T_K мал по сравнению с допуском TA_{Δ} , тогда число неподвижных компенсаторов $N = V_K / (T \times A_{\Delta}) + 1$. Толщина S каждого компенсатора $S = V_K / N < TA_{\Delta}$ или $N \geq V_K / (TA_{\Delta})$, полученное расчетное значение S округляют до ближайшего меньшего нормального размера.

3.3.5. Сборка с пригонкой

При методе сборки с пригонкой точность замыкающего звена A_{Δ} (рис. 3.6, а) достигается за счет заранее намеченной детали 1 (компенсатора), которая имеет припуск 2 на пригонку, достаточный для компенсации выхода значения A_{Δ} за установленные пределы. При этом размеры деталей, входящие в цепь, выполняют с экономически приемлемыми допусками для данных условий производства. Необходимый припуск на пригонку определяют расчетом, предварительной сборкой с изменениями, причем этот припуск должен быть наименьшим для сокращения объема пригоночных работ.

К преимуществам метода сборки с пригонкой относится то, что на составляющие звенья могут быть установлены экономически целесообразные допуски. К недостаткам относится значительное увеличение трудоемкости и себестоимости сборки, усложнение планирования производства и снабжения запасными частями. Поэтому данный метод сборки применяют в единичном и мелкосерийном производствах, когда нельзя использовать другие методы достижения точности замыкающего звена.

Пригонку выполняют шлифованием, подрезанием, опилованием, шабрением, притиркой и т.п., а также совместной обработкой сопрягаемых поверхностей деталей. Сокращение трудоемкости пригоночных работ достигается за счет проведения соответствующих конструктивных мероприятий (применения упругих разрезных колец, овальных отверстий под крепежные детали, пластически деформируемых распорных втулок и др.).

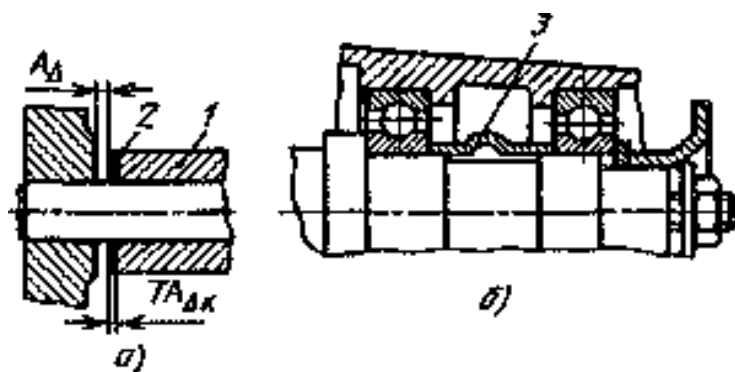


Рис. 3.5. Примеры узлов с деталью, пригоняемой по толщине (а), и с деформируемой распорной втулкой (б):

1 – деталь-компенсатор; 2 – припуск на пригонку; 3 – втулка

Например, применение пластически деформируемой распорной втулки 3 в качестве компенсатора (рис. 3.6, б) позволяет компенсировать осевой зазор в подшипниках. Уменьшение трудоемкости пригоночных работ может также достигаться за счет предварительной сортировки и подбора сопрягаемых деталей. При этом способе сопрягаемые детали разделяются на размерные группы, после чего пригонке и соединению подвергаются детали одноименных размерных групп.

При методе сборки с пригонкой размерные цепи рассчитываются методом максимума-минимума и вероятностным методом. Наибольшая возможная компенсация $A_{\Delta k} = TA'_{\Delta} - TA_{\Delta}$ где TA'_{Δ} — технологический допуск замыкающего звена размерной цепи A , который устанавливается целесообразным для данного вида производства [7].

3.4. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СБОРКИ

Контроль в сборочных цехах осуществляют в процессе сборки и после окончания сборки. Основной контроль качества сборки ведут сами сборщики (самоконтроль). Большинство операций, контролируемых исполнителем при выполнении, не нуждается в дополнительной проверке. Ответственность за качество исполнения принимает на себя сборщик.

Однако есть в технологии такие операции, для проверки качества выполнения которых требуется значительное время и специальная аппаратура. Совместить выполнение технологических работ и операцию контроля качества в течение регламентированного темпа сборщик в этом случае не может. Тогда контрольная операция выделяется как самостоятельная.

При проектировании ТП на узловой и на общей сборке должны быть предусмотрены рабочие места для контролеров на таких операциях. Темп работы контролеров должен быть подчинен темпу работы конвейера.

В том случае, когда время, требуемое для проверки, значительно меньше темпа конвейера, один контролер совмещает несколько операций, осуществляя так называемый летучий, т. е. эпизодический контроль.

В зависимости от сложности и ответственности собираемого изделия контролю подвергают либо все СЕ, либо на выборку определенное их количество (10, 15, 30 и 50%). Сплошной контроль всех собираемых изделий не всегда экономически оправдан. Поэтому в ряде случаев целесообразно применять выборочный контроль.

Кроме этих основных видов контроля, на многих заводах существуют также дополнительные: спецконтроль для выборочной проверки уже принятых изделий, инспекционный контроль, осуществляемый лабораториями исследования качества, статистический контроль.

Использование радиоэлектроники, рентгентехники и других современных методов дает возможность совершенствовать методы контроля собранных машин.

Так, чтобы проверить обычными методами прямолинейность осей прецизионного токарного станка, приходится затратить несколько часов работы. Использование же для этого специального лазерного устройства позволяет проделать контрольные операции за несколько минут.

Прогрессивным направлением развития методов контроля собранных СЕ и изделий является использование виброакустических явлений. Собранные изделия помещают в звукоизолированное помещение и с помощью специальной аппаратуры измеряют параметры вибраций и интенсивности шумов. Последующий анализ записанных спектрограмм дает возможность установить правильность выдержанных при сборке зазоров, а также отсутствие искажений формы деталей в местах их сопряжения.

Контрольные операции целесообразно снабжать детальными инструкционными картами контроля, устанавливающими единые требования, которым должен удовлетворять объект. В инструкционной карте подробно указывается метод проверки того, или иного элемента объекта в той последовательности, которой следует придерживаться контролеру или сборщику в своей работе.

Метод статистического анализа и профилактики брака на сборочных участках позволяет на основании положений математической статистики и накопления данных о повторяемости погрешностей, обнаруживаемых при сборке, создать устойчиво качественный процесс сборки изделия.

3.4.1. Основные методы контроля

Осуществляемые в процессе сборки контрольные операции имеют цель установить соответствие формы относительного положения и сближения исполнительных поверхностей машины заданным нормативам и техническим требованиям.

Методы и средства измерения выбирают, стремясь познать значения контролируемого параметра с наивысшей точностью. Технические измерения в машино и приборостроении ведут методами, разработанными метрологами с помощью механических, индуктивных, пневматических, фактических и других видов измерительных средств. Приведем примеры [20].

Радиальное биение цилиндрической поверхности вращающейся детали проверяют по схеме, показанной на рисунке 3.6.

О радиальном биении для данного сечения детали судят по разности показателей индикатора при повороте детали на 180° . Проверку производят в одной координатной плоскости. За начало отсчета обычно принимают одно из крайних показаний индикатора, найденное при повороте детали на 360° . Овальность и огранка контролируемой поверхности влияют на точность определения радиального биения, поэтому они должны быть установлены ранее и учтены, если их значениями нельзя пренебречь.

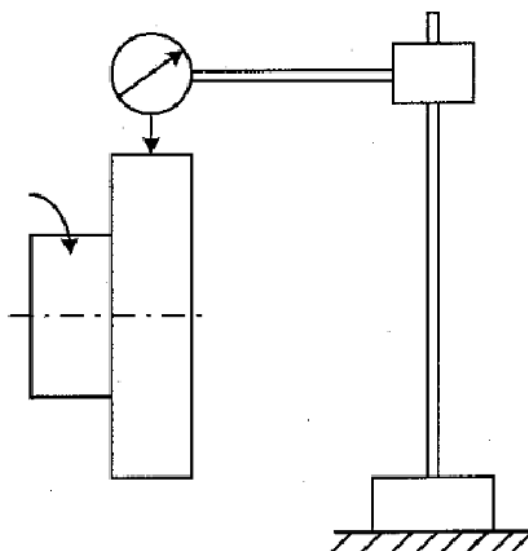


Рис. 3.6. Схема контроля радиального биения

Осевое перемещение вращающейся детали определяют как разность показателей крайних положений индикатора, расположенного точно по оси вращения детали. Если деталь полая, то осевое отверстие при контроле заглушают (рис. 3.7).

Торцевое биение вращающейся детали определяют по схеме, показанной на рисунке 3.8.

Индикатор, установленный по торцу детали на заданном радиусе, показывает сумму осевого перемещения, неплоскостности торца и его неперпендикулярности к оси вращения детали за полный оборот её.

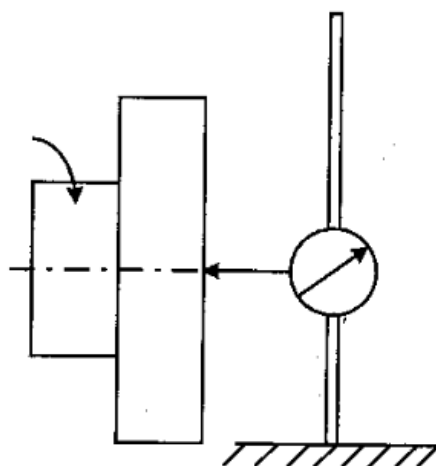


Рис. 3.7. Схема контроля осевого перемещения

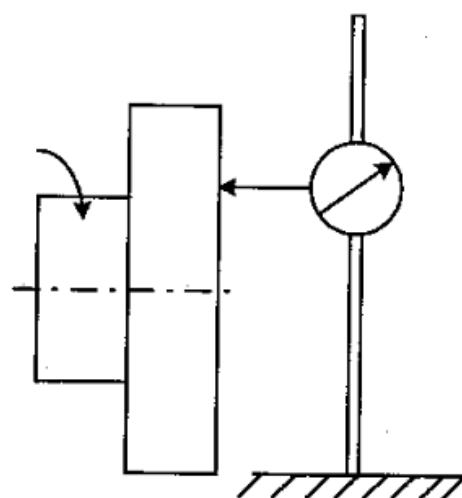


Рис. 3.8. Схема контроля торцевого биения

Соосность цилиндрических поверхностей двух неподвижных деталей проверяют индикатором, установленным на одной из неподвижных деталей, с помощью муфты (рис. 3.9). Вращая муфту, обкатывают индикатором вторую деталь. О несоосности судят по крайним, показаниям индикатора в двух противоположных положениях. На точность определения несоосности влияют погрешности формы поверхностей второй детали, базирование муфты на первой детали.

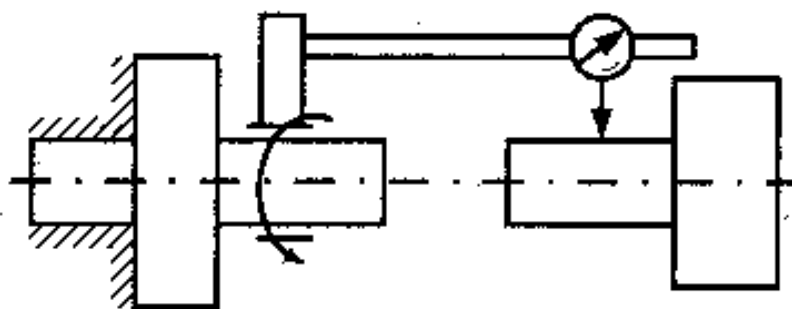


Рис. 3.9. Схема контроля соосности цилиндрических поверхностей

Совпадение оси вращения одной детали с осью цилиндрической поверхности другой детали может быть проверено с помощью индикатора, установленного на вращающейся детали (рис. 3.10). Вращая правую деталь, обкатывают индикатором неподвижную деталь. О несоосности судят по наибольшей разности показаний индикатора при его нахождении в противоположных положениях в плоскости измерения. Овальность и огранка поверхности неподвижной детали отражаются на результатах измерения.

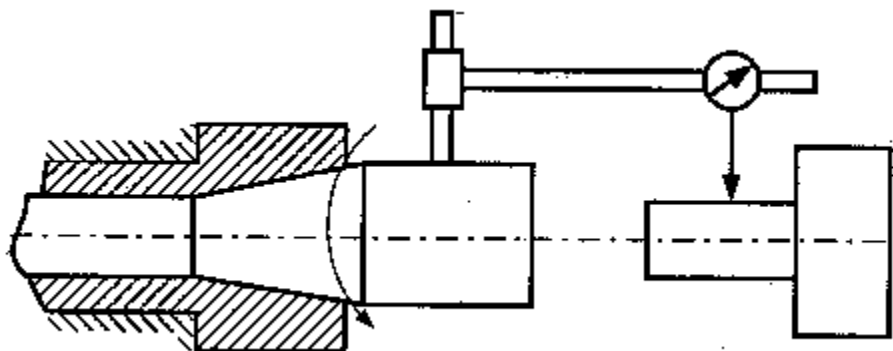


Рис. 3.10. Схема контроля совпадения оси вращения

Прямолинейность перемещения узла в заданном направлении проверяют с помощью индикатора и эталона, в качестве которого могут быть использованы линейка, угольник или оправка. Индикатор закрепляют на перемещаемом узле. Эталон выставляют предварительно по показаниям индикатора в крайних положениях узла (рис. 3.11).

Перпендикулярность или параллельность перемещения узла к заданному направлению проверяют индикатором с помощью эталона, предварительно выставленного в заданном направлении (рис. 3.12).

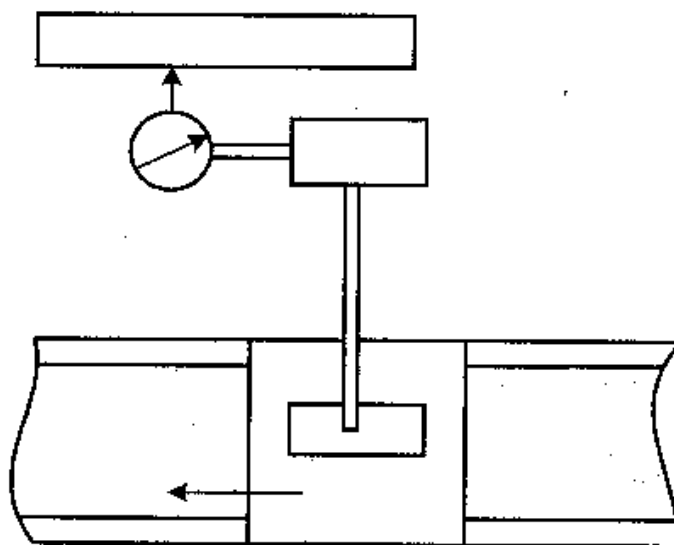


Рис. 3.11. Схема контроля прямолинейности перемещения узла

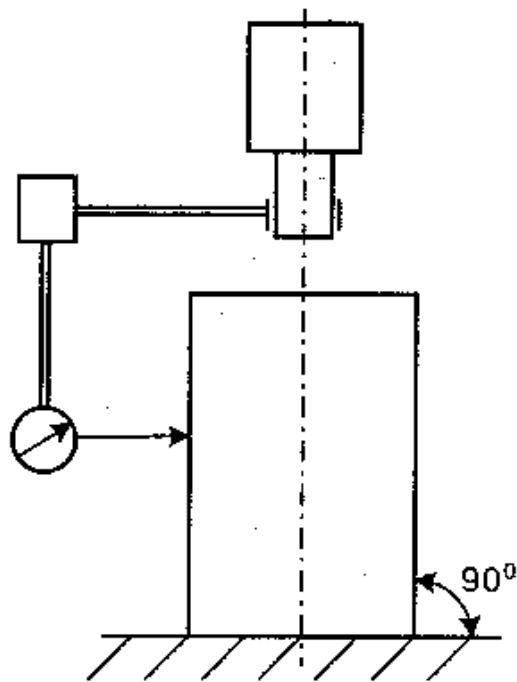


Рис. 3.12. Схема контроля перпендикулярности или параллельности перемещения

3.4.2. Обеспечение качества машин при сборке

Погрешности замыкающих звеньев размерных цепей машины при её сборке возникают в зависимости от разных причин. Большую роль играют погрешности самих деталей, поступающих на сборку. К ним относятся погрешности формы, размеров, поворотов и расстояний поверхностей деталей, неизбежно допускаемые в процессе их изготовления. Помимо погрешностей самих деталей, при сборке машины возможны погрешности, причинами возникновения которых являются:

- ошибки, допускаемые рабочими при ориентации и фиксации достигнутого положения монтируемых деталей;
- погрешности установки калибров и измерительных средств, применяемых сборщиками в процессе сборки, погрешности регулирования, пригонки и контроля точности положения деталей в машине, достигнутого при сборке, а также собственные погрешности измерительных средств;
- относительные сдвиги деталей в промежутке времени между достижением ими требуемого положения и фиксацией достигнутого положения;
- попадание грязи и стружки в стыки деталей;
- образование задиров на поверхностях сопряжения деталей.

Немалую долю в общей сумме погрешности составляют погрешности сборки машины, вызываемые упругими деформациями

деталей при фиксации их относительного положения. Например, при затяжке винтов и гаек могут деформироваться собираемые детали, что приведет к смене баз деталей и нарушит точность их относительного положения, а также плотность соединения. Чтобы избежать этого, необходимо производить затяжку винтов и гаек в определенной последовательности и с требуемой силой. Для этого используют различные предельные и динамометрические ключи.

В зависимости от сложности и ответственности собираемых узлов или машин, а также масштаба выпуска контролю можно подвергать все изделия или определенное их число на выборку.

Основными видами контроля качества машин при сборке является наружный осмотр, то есть оценка качества на основе ощущений, а также контроль с помощью технических средств и испытания машин.

Несмотря на несовершенство и субъективность оценки качества сборки машин и их узлов на основе ощущений, этот вид контроля играет чрезвычайно важную роль и необходим на протяжении всего процесса сборки изделий. Наружным осмотром выявляют наличие царапин, забоин, коррозии, окалины и загрязненности поверхности монтируемой детали. Проверять наличие крепежных деталей, легкость хода, шум зубчатых колес должны не только контролеры на контрольных постах, но и сами сборщики при выполнении сборочных операций.

3.4.3. Методы контроля точности машины и ее узлов

Контроль, которому подвергают каждый узел и каждую изготовленную машину, имеет целью проверить соответствие точности формы, относительного положения и перемещения исполнительных поверхностей установленным нормам. Эффективность всякого контроля тем выше, чем ближе результаты измерений контролируемых параметров к их действительным значениям. Степень приближения измеренного значения к действительному зависит от следующих факторов:

- раскрытия смысла контролируемого параметра и явлений, порождающих возникновение погрешностей;
- правильности выявления взаимосвязи различных параметров и умения выделить контролируемый параметр;
- правильности выбора или разработки средств контроля;
- техники осуществления контроля.

Рассмотрим методы контроля некоторых параметров точности машины при сборке.

Контроль резьбовых соединений производится с целью определения усилия затяжки с применением предельных и динамометрических ключей. Проконтролировать затяжку резьбового соединения можно измерением удлинения болта или шпильки индикатором или микрометром.

Испытания собранного трубопровода проводят на прочность и плотность. При испытании наполняют трубопровод водой и отмечают те места, в которых наблюдается утечка. Затем воду выпускают и уплотняют отмеченные места. При гидравлических испытаниях трубопровода проверяют прочность всех элементов и герметичность соединений под давлением, предусмотренных техническими условиями.

Контроль сборки подшипников скольжения. Основным критерием работоспособности подшипника скольжения является правильная установка подшипниковых опор, обеспечивающая их соосность. Этот параметр точности можно проверить несколькими способами: эталонным валом, линейкой и щупом, струной и штихмасом или микрометрическим нутромером, оптическим методом. Для контроля сборки отдельно стоящих подшипниковых опор применяют метод измерения нагрузок под каждой из них с помощью динамометров.

Контроль качества сборки подшипников качения. После установки подшипников качения проверяют плотность прилегания подшипниковых колеи к заплечикам вала. Проверку осуществляют с помощью щупа, который вводят в зазор между заплечиком вала и подшипниковым кольцом. Контролируют также осевые и радиальные зазоры.

Контроль качества сборки ременной передачи. Перед установкой на вал шкив проверяют на биение с помощью индикатора или рейсмус-чертилки. Также проверяют прямолинейность осей шкивов с помощью стрелок и отвеса. Перед установкой шкива на вал проводят его балансировку статическую или динамическую.

Контроль качества сборки цепных передач осуществляют вращением звездочки вручную или с помощью рычага. Таким способом определяют плавность и легкость хода передачи. При вращении передачи цепь не должна соскакивать, а каждое её звено должно легко садиться на зуб звездочки и сходиться с него. Это проверяют внешним осмотром.

Контроль сборки зубчатой передачи. Контролируется расстояние между осями валов и отверстий в корпусе калибрами и штихмасом или штангенциркулем. Также определяют качание зубчатого колеса на шейке вала, радиальное биение по окружности выступов, торцевое биение, неплотное прилегание колеса к буртику вала. Качание проверяют, обстукивая напрессованное на вал зубчатое колесо молотком с бойком.

Биение проверяют в центрах или на призмах с помощью индикаторов. Для измерения межцентрового расстояния, отклонения от параллельности и перекоса осей отверстий применяют два центратора. Определение бокового зазора в передаче осуществляется щупом или индикатором. Качество зацепления собранной зубчатой передачи проверяют на краску. Зубья меньшего колеса покрывают тонким слоем краски и проворачивают передачу на один оборот. По отпечаткам на сопряженном колесе судят о пятне контакта (пятно, оставленное на большем колесе, должно составлять 60-70% площади зуба).

Контроль сборки конической зубчатой передачи осуществляют на боковой зазор, качество сборки определяют на краску. Пятно контакта должно располагаться на боковой поверхности зуба ближе к его тонкому концу и занимать не менее 70% площади зуба.

Контроль сборки червячной передачи осуществляют на совмещение средней плоскости червячного колеса с осью червяка на краску. При правильно собранной передаче краска должна покрывать не менее 50-60% поверхности каждого зуба колеса. Боковой зазор в зацеплении червяка и червячного колеса определяют, поворачивая червяк при неподвижном колесе. На выступающих концах вала червяка и червячного колеса крепят рычаги, которые касаются индикаторов, показывающих угол поворота червяка при вращении червячного колеса.

Контроль сборки механизмов поступательного движения. Собранные узлы проверяют на плоскостность, параллельность и перпендикулярность поверхностей направляющих. Кроме того, направляющие проверяют на правильность геометрической формы с помощью угломеров, шаблонов или специальных фасонных плит.

Контроль сборки кривошипно-шатунного механизма. Геометрическую форму и размеры отверстий шатуна проверяют микрометрическим нутромером, с помощью которого также можно определить овальность и конусность отверстия, то есть его отклонение от круглости и цилиндричности. Прямолинейность, скрученность и изогнутость шатуна проверяют с помощью специальных приспособлений. Проверка параллельности осей отверстий нижней и верхней головок шатуна также производится на специальном приспособлении. Перед установкой поршневых колец на поршень их проверяют на упругость и плотность прилегания к зеркалу цилиндра. Измеряют также зазор между торцами поршневых колец в месте их стыковки.

Испытание элементов гидросистем. Герметичность системы проверяют наружным осмотром. Определение утечек производится при максимально допустимой температуре рабочей жидкости, то есть её мини-

мальной вязкости. Параметры элементов гидросистем контролируют на специальных стендах, оснащенных установками для фильтрации и охлаждения рабочей жидкости. Непрерывный контроль давления в системе осуществляется с помощью манометров.

Испытание насосов осуществляют на стенде, на котором определяют подачу, приведенную мощность и объемный КПД, отклонение номинальной частоты вращения от действительной не должно превышать 5% .

Испытание гидромоторов осуществляют на стенде. Определяют расход жидкости, крутящий момент, объемный КПД при номинальных давлении и частоте вращения.

Испытания гидроцилиндров осуществляют на стенде. Во время испытания определяют утечки в конечном и среднем положениях поршня при давлении, составляющем не менее 1,25 номинального, на второй минуте после остановки поршня и стабилизации давления. Время измерения утечек в каждом положении – не менее двух минут.

3.4.4. Испытания собранных машин и сборочных единиц

Заключительной контрольной операцией ТП изготовления машин является испытание, то есть проверка работы машины со снятием необходимых характеристик в искусственно создаваемых условиях, сходных с эксплуатационными. По существу, испытание готовой машины уже не относится к сборочному процессу, так как целью его проведения является не только проверка качества сборки, но и общая проверка качества, достигнутого в результате всего производственного процесса.

Действительно, если детали какого-либо тяжело нагруженного соединения, работающего на истирание, неправильно термически обработаны и не имеют необходимой поверхностной твердости, то как бы качественно ни была выполнена сборка, это не будет гарантировать надежности работы СЕ. Следовательно, причиной погрешности, обнаруживаемой при испытании машины, в данном случае будет несоблюдение технологии термической обработки.

При нарушении режима механической обработки, в частности шлифования, на рабочих поверхностях детали возможно появление мельчайших трещин. Детали с таким дефектом, даже если они смонтированы в машине с соблюдением всех технических требований на сборку, могут при испытании изделия нарушить нормальную работу сочленений.

Нарушение технологии заливки подшипников антифрикционным сплавом нередко вызывает отслаивание последнего при работе подшипниковой СЕ, что также обычно обнаруживается лишь в процессе испытания машины.

Эти примеры свидетельствуют о том, что тщательное испытание машин играет очень большую роль в деле повышения качества выпускаемой продукции.

Существует много различных видов производственных испытаний машин, но все их можно свести примерно к следующим: приемочные, контрольные и специальные.

Приемочные испытания проводят для определения фактических эксплуатационных характеристик машины, например: мощности, затраты горючего, геометрической точности, чистоты и точности на обрабатываемом изделии и пр., а также для установления правильности работы механизмов и СЕ — зубчатых, цепных и других передач, подшипников, уплотнений, регуляторов и т. д. Для ряда машин очень большое значение имеет проверка на виброустойчивость и контроль температурных деформаций. Отбор оценочных критериев, которые должны быть выявлены в процессе испытаний, играет большую роль.

Машина, поступающая из сборочного цеха на испытательную станцию, должна иметь сопроводительную карту, в которую контролеры сборки вносят замечания о результатах проведенной проверки.

Приемочные испытания металлорежущих станков в соответствии с общими ТУ на их изготовление и приемку проводят на холостом ходу для проверки работы механизмов и под нагрузкой для определения производительности, точности и чистоты обработки. В процессе испытаний проверяют все включения, переключения и передачу органов управления для определения правильности их действий, взаимной блокировки, надежности фиксации и отсутствия самопроизвольных смещений, отсутствия заедания, проворачивания и пр.

Точность станка определяют измерением его геометрических точностей и точности обработки образцов.

В процессе испытаний используют специальную автоматику. Так, при испытании двигателей внутреннего сгорания применяют специальное программное устройство, с помощью которого по определенному заданию можно осуществить управление нагрузочным реостатом электродвигателя, дроссельной заслонкой или регулятором двигателя. Вследствие этого в процессе испытаний автоматически изменяется число оборотов, нагрузка, мощность и пр.

Правила, программу и режимы приемочного испытания любой машины разрабатывают в зависимости от ее назначения, конструкции, требуемой точности и надежности, а также от типа производства.

Контрольным испытаниям подвергают не все машины, а лишь те, у которых при приемочных испытаниях были обнаружены недостатки.

Изделия, которые должны отвечать особо высоким требованиям надежности, после сборки, обкатки и испытания частично или полностью разбирают, проверяют состояние деталей, а затем вновь собирают и тоже подвергают кратковременным контрольным испытаниям.

Специальные испытания проводят при необходимости изучения какого-либо явления в машине (например, износа), при проверке новой конструкции СЕ или детали, установлении пригодности новой марки материала на ответственных деталях или изменении качества обработки поверхностей и пр. Программу и режимы этих испытаний разрабатывают в зависимости от целей их проведения.

Полученная при испытании ряда машин информация кодируется, подвергается статистической обработке, и на основе этого анализа появляется возможность выявить с большой достоверностью недостаточно надежные СЕ, механизмы и детали и принять меры для их доработки.

Очевидно, что чем больше поступит различных сведений о работе машины, тем точнее может быть заключение о ее достоинствах и недостатках. Но с увеличением объема информации значительно усложняется ее анализ. В этом случае используется ЭВМ.

Кроме испытаний машин-изделий часто такой же проверке подвергают некоторые СЕ, например, масляные и водяные насосы, коробки передач, редукторы и т. д. Собранные СЕ обычно испытывают на стендах либо по методу искусственного нагружения, имитирующего условия работы СЕ в изделии.

Для получения более полных данных о качестве продукции в ряде случаев заводы изготовители организуют систематическое наблюдение за группами.

Контрольно-испытательные работы весьма разнообразны как по целям, так и по способам их проведения (табл. 3.2) [20].

Классификация контрольно-испытательных работ

Классификационный признак	Вид испытаний и контроля
Показатели безотказности и долговечности	На работоспособность (функциональные), на надежность и ресурс
Вид воздействующих факторов	Тепловые воздействия температур, механические (на воздействие постоянной силы, вибрацию, удар, тряску, линейные ускорения), гидрогазовые (на воздействие постоянного давления, пульсирующего давления, гидравлических ударов), акустические, электрические, магнитные, коррозионные, химические, климатические и биологические, комплексные и комбинированные
	Испытания на воздействия основных факторов, которые вызывают или стимулируют работу объекта испытаний; испытания на воздействие дестабилизирующих факторов
Вид испытаний	Неразрушающие, разрушающие, восстанавливаемые, невосстанавливаемые
Контролируемые параметры	Контроль монтажных параметров (характеризующих качество монтажных работ); контроль качества функциональных параметров, характеризующих работу объекта испытания в целом, в том числе качество регулировочных и наладочных работ
Объекты испытаний	Входные (при испытании функциональных и технологических элементов систем), автономные (при испытании отдельных систем), комплексные (при испытании комплекса совместно действующих систем)
Этапы проведения	Конструкторские (исследовательские) и отработочные, производственные (исследовательские технологические)
Темп испытаний	Нормальные, ускоренные
Место испытаний	Заводские и проводимые в реальных условиях эксплуатации изделия (аэродромные и летные)

3.5. ОКРАСКА ИЗДЕЛИЙ

В машиностроении применяют лакокрасочные покрытия и покрытия пластмассовыми пленками. Классификация, ряды толщин и обозначения покрытий нормированы. Сборку небольших изделий без пригоночных работ производят из окрашенных деталей; в этом случае окраска является последней операцией их изготовления. Крупные машины, собираемые с выполнением пригоночных работ, окрашивают в собранном виде после проведения приемочных испытаний и устранения выявленных дефектов. Процесс нанесения лакокрасочных покрытий в общем случае состоит из

трех основных этапов: подготовки поверхности, ее окраски и сушки, отделки. Подготовка поверхности включает ее очистку, выравнивание, грунтовку и шпатлевку с последующим шлифованием. Очистку производят химическим или механическим воздействием (пескоструйной обработкой, шлифованием, переносными машинами и стальными приводными щетками). Для удаления следов масла детали промывают в моечных агрегатах в обезжиривающих растворах. Поверхности крупных деталей очищают органическими растворами.

Окраску поверхности производят одним или несколькими слоями. Для окраски применяют масляные и эмалевые краски и лаки. Эмалевые краски разделяют на масляные, нитро- и спиртовые эмали. Срок сушки нитроэмалей 30-40 минут. При высыхании они образуют твердый блестящий слой. Продолжительность сушки масляных и спиртовых эмалей 24-48 часов.

Кроме нитроэмалей применяют перхлорвиниловые эмали, для специальных целей используют алкидномеламиновые, эпоксидные и пентафталевые эмали горячей сушки. Если окрашиваемое оборудование работает в помещениях, используют нитроэмали. Если его поверхности подвергаются воздействию щелочных смазочно-охлаждающих жидкостей, окраску производят перхлорвиниловыми эмалями. Эпоксидные эмали применяют при наличии химически активных сред; они обладают повышенной механической прочностью.

Ручная окраска кистью не требует предварительной защиты смежных неокрашиваемых участков, малопроизводительна (до 10-12 м²/ч) и неудобна при работе с быстросохнущими материалами. Потери краски при этом методе до 5%. Окраска распылением наиболее распространена и высокопроизводительна; она позволяет наносить быстросохнущие лакокрасочные материалы (нитролаки, нитроэмали) с образованием ровного покрытия. Метод легко автоматизируется с помощью специальных установок и промышленных роботов. Различают механическое, воздушное и безвоздушное распыление и распыление в электростатическом поле. При механическом распылении краска подается к форсунке насосом. При воздушном распылении краска распыляется в струе воздуха и в виде тумана переносится на окрашиваемую поверхность. Производительность этого метода 30-80 м²/ч, а потери краски 40-50%. При безвоздушном распылении краска в нагретом до 70-90 °С состоянии под давлением 20-40 МПа выбрасывается из сопла и распыляется. Этот метод позволяет применять более вязкие материалы, что сокращает расход растворителя и время сушки. Потери краски при этом методе 25-50%, а производительность 50-200 м²/ч. При окраске в электростатическом поле краска подается распылителем и переносится на окрашиваемую поверхность металлического изделия, получающего положительный заряд

от источника постоянного тока высокого напряжения (распылитель имеет отрицательный заряд). Потери краски составляют менее 5%. При этом методе улучшаются условия работы, обеспечиваются высокая производительность (50 м²/ч) и автоматизация процесса окраски. При окраске распылением все неокрашиваемые поверхности защищают нанесением на них смазки, снимаемой после окраски.

В автоматизированном производстве применяют окраску методом электрофореза. Окрашиваемые детали подвешивают на цепном конвейере. На рабочем участке их подключают к положительному полюсу генератора и погружают в резервуар с водорастворимой краской. За две минуты деталь покрывается равномерным слоем краски толщиной 45 мкм, не требующим последующей отделки. Потери краски не превышают 5%.

Условия работы безвредны для здоровья и огнебезопасны. Метод окунания является производительным и дешевым в условиях массовой окраски небольших деталей с хорошо обтекаемой поверхностью.

При окраске обливанием окрашиваемое изделие находится в парах растворителя определенное время, в течение которого краска растекается по поверхности равномерным слоем. Покрытие получается гладким, беспористым и одинаковой толщины.

Различают сушку естественную и искусственную. Естественную сушку производят при 18-25 °С в течение длительного времени. Искусственная сушка ускоряет процесс высыхания пленки и значительно улучшает качество покрытия. Существует несколько способов искусственной сушки, наиболее распространена конвекционная. Она основана на нагреве окрашенных деталей горячим воздухом в специальных сушилках. Терморadiационная сушка основана на поглощении инфракрасных лучей окрашенной поверхностью.

3.6. ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЙ К ХРАНЕНИЮ И ОТПРАВКЕ ПОТРЕБИТЕЛЮ

Изделия, направляемые для временного хранения на склад, подвергают консервации. Консервации подвергают все обработанные поверхности, не имеющие лакокрасочных покрытий. Ее производят в помещении при температуре не ниже 15 °С не позднее 2 часов после подготовки поверхности. Влажность воздуха должна быть не выше 70%. Не допускается прерывать работу по консервации и производить в запыленной зоне. Руки рабочих-, выполняющих консервацию, должны быть защищены хлопчатобумажными трикотажными перчатками.

Подготовка к консервации. Поверхности деталей, подвергаемые консервации, тщательно очищают от продуктов коррозии, пыли и других загрязнений. Перед консервацией поверхности деталей обезжиривают и

просушивают. Следы коррозии удаляют мелкой абразивной шкуркой, смоченной индустриальным маслом, с последующей протиркой сухой ветошью. Обезжиривание поверхностей производят водно-щелочными растворами или органическими растворителями. Его выполняют кистью, бумажной салфеткой или в ванне (для небольших изделий).

Отдельные детали небольших и средних размеров рекомендуется промывать в моечных машинах или баках следующим водным раствором: 4% соды кальцинированной; 1-1,5% тринатрийфосфата; 1-1,5% нитрита натрия; температура раствора 70-80 °С.

Промежуточную консервацию производят для защиты от коррозии деталей в процессе длительной сборки и при хранении в цехах до окончательной консервации и упаковки. Ее производят трансформаторным или индустриальным маслом при хранении в течение 7—10 суток. Перед сборкой консервацию с поверхностей деталей удаляют бензином или уайт-спиритом. Консервацию собранных частей изделия (узлов) производят только ингибированным маслом.

Окончательная консервация. Зубчатые передачи, расположенные внутри корпусных деталей, консервируют после их окончательной обработки. Рабочее масло из узлов сливают, а в их внутренние полости заливают смазку — ингибированное масло. После работы механизма в течение 8-10 минут масло сливают.

Расконсервацию изделия производят снятием пленки, удалением парафинированной бумаги и протиркой его наружных поверхностей. Внутренние поверхности, консервированные маслами, расконсервации не подвергают.

ГОСТом определены также основные варианты систем внутренней упаковки изделий с использованием парафинированной бумаги, чехлов из полиэтиленовой или поливинилхлоридной пленки, картонных коробок и герметизирующих составов. Сроки временной противокоррозионной защиты изделий установлены от одного года до 10 лет.

Крупные машины перед отправкой потребителю разбирают на основные составные части для удобства транспортирования, маркируют для последующего монтажа, подвергают консервации и упаковке в деревянные ящики. Обработанные поверхности для защиты от механических повреждений при транспортировании закрывают деревянными планками или щитами. Изделия массового производства подвергают консервации с помощью средств механизации.

При малых габаритах этих изделий (подшипники качения) процессы консервации и упаковки автоматизируют [20].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Виды брака.
2. Пригоночные работы.
3. Опиливание и зачистка.
4. Притирка.
5. Полирование.
6. Шабрение.
7. Сверление.
8. Развертывание.
9. Торцевание и шарошение.
10. Гибка.
11. Очистка деталей.
12. Промывка деталей.
13. Сортировка деталей.
14. Контроль качества деталей.
15. Точность сборки.
16. Базирование.
17. Способы базирования при сборке.
18. Чем вызываются погрешности при сборке?
19. Методы достижения точности сборки.
20. Метод полной взаимозаменяемости.
21. Метод неполной взаимозаменяемости.
22. Метод групповой взаимозаменяемости.
23. Метод регулирования.
24. Метод пригонки.
25. Технический контроль качества сборки.
26. Сплошной и выборочный контроль.
27. Прогрессивные направления развития методов контроля.
28. Основные методы контроля.
29. Контроль радиального биения.
30. Контроль осевого перемещения.
31. Контроль торцевого биения.
32. Контроль соосности.
33. Контроль совпадения осей.
34. Контроль прямолинейности перемещения.

35. Контроль перпендикулярности перемещения.
36. Контроль параллельности перемещения.
37. Какие погрешности возникают при сборке?
38. Наружный осмотр.
39. Контроль резьбовых соединений.
40. Испытания трубопроводов.
41. Контроль подшипников качения.
42. Контроль подшипников скольжения.
43. Контроль ременных передач.
44. Контроль цепных передач.
45. Контроль зубчатых передач.
46. Контроль червячной передачи.
47. Контроль кривошипно-шатунного механизма.
48. Испытание элементов гидросистем.
49. Виды производственных испытаний машин.
50. Приемочные испытания.
51. Контрольные испытания.
52. Специальные испытания.
53. Виды испытаний и контроля.
54. Окраска машины.
55. Подготовка изделий к хранению и отправке потребителю.
56. Подготовка к консервации.
57. Промежуточная консервация.
58. Окончательная консервация.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ МАШИН

Разработка технологического процесса сборки изделия должна осуществляться в соответствии с последними достижениями науки и техники на основе имеющегося типового или группового технологического процесса. При отсутствии соответствующего типового или группового процесса сборки изделий технологический процесс должен разрабатываться на основе использования наиболее прогрессивных решений, содержащихся в действующих технологических процессах сборки аналогичных изделий. Технологические процессы должны разрабатываться в соответствии с требованиями техники безопасности и промышленной санитарии.

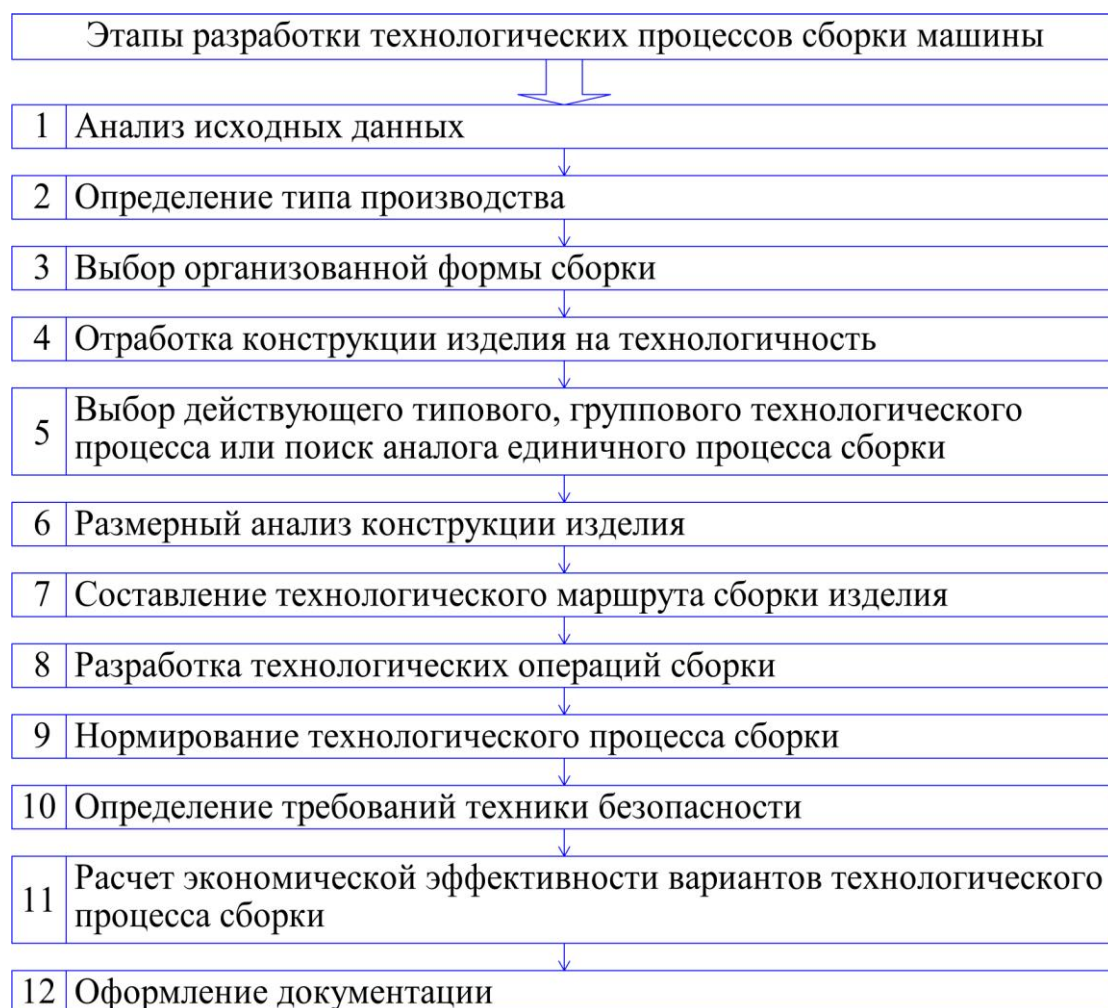


Рис. 4.1. Основные этапы разработки технологических процессов сборки машин

Документы на технологические процессы оформляют в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД).

Последовательность разработки технологических процессов сборки представлена на рис. 4.1.

Необходимость выполнения каждого из данных этапов, а также состав задач и последовательность их решения определяются в зависимости от видов и типа сборочного производства и устанавливаются стандартами предприятия.

4.1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

К исходным данным для разработки технологического процесса относятся: программа выпуска изделия; конструкторская документация на изделие; объем кооперации и другие данные, входящие в состав рассмотренной выше исходной информации. Для действующих и реконструируемых предприятий к исходным также относятся данные о имеющихся сборочном оборудовании и оснастке, производственных площадях и т.п.

В процессе проведения анализа исходных данных изучаются конструкция собираемого изделия, требования к его сборке; определяется перечень дополнительной справочной информации, необходимой для разработки процесса сборки; разрабатываются предложения по конструктивным изменениям изделия, упрощающим сборку; выявляется перспективность производства изделий и т.п.

При разработке технологических процессов сборки используют исходную (базовую, руководящую и справочную) информацию. Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на собираемое изделие, и программу выпуска данного изделия. Руководящей информацией являются данные, содержащиеся: в стандартах всех уровней на технологические процессы и методы управления ими, оборудование и оснастку; в производственных инструкциях и документации на действующие и перспективные единичные, типовые и групповые технологические процессы; в классификаторах технико-экономической информации; в материалах по выбору технологических нормативов (режимов сборки, норм времени, затрат труда и др.); в документации по технике безопасности и промышленной санитарии. Справочная информация включает данные, содержащиеся: в технологической документации опытного производства; в каталогах, паспортах, справочниках, альбомах прогрессивных средств технологического оснащения сборки; в описаниях прогрессивных способов сборки; в планировках сборочных участков; в методических ма-

териалах по проектированию и управлению процессов сборки; в прогнозах научно-технического прогресса и планах повышения технического уровня сборочного производства.

4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Расчет такта и ритма сборки, определение типа производства и организационной формы сборки. Такт (темп) сборки представляет собой интервал времени, через который производится сборка изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения. При заданном режиме работы сборочного производства такт сборки T зависит от числа собираемых изделий за определенный промежуток времени:

$$T = F/N,$$

где F — фонд времени (годовой, месячный, сменный), ч; N — программа выпуска изделий за тот же промежуток времени, шт.

Номинальный (календарный) годовой фонд времени F_H работы сборочного оборудования равен 2070, 4140 и 6210 ч соответственно для работы в одну, две и три смены. Действительный годовой фонд времени F_D работы сборочного оборудования $F_D = F_H K_{\Pi}$, где K_{Π} — коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт сборочного оборудования. Для неавтоматизированного сборочного оборудования, принимая K_{Π} равным 0,98; 0,97 и 0,96, получим соответственно значения F_H 2030; 4015 и 5965 ч для работы в одну, две и три смены; для автоматизированного оборудования значения F_H будут соответственно равны 1950, 3810 и 5590 ч (при коэффициентах потерь 0,94; 0,92 и 0,90), а для автоматических липни — 1900; 3725 и 5465 ч (при коэффициентах потерь 0,92; 0,90 и 0,88). В соответствии с этими значениями F_H и F_D такты сборки $T_H = F_H / N_G$ и $T_D = F_D / N_G$, где N_G — годовая программа выпуска изделий.

Ритм сборки определяется числом изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, собираемых в единицу времени. Номинальный R_H и действительный R_D ритмы сборки $R_H = 1/T_H$ и $R_D = 1/T_D$

Тип производства определяется номенклатурой, регулярностью, стабильностью и объемом выпуска изделий; он характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{zo} = O/P$, где O — число всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца; P — число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Различают единичное, серийное и массовое производства. Единичное сборочное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых собираемых изделий, повторный выпуск которых обычно не

предусмотрен, для данного производства K_{30} не регламентируется. Серийное сборочное производство характеризуется сборкой изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от числа изделий в партии или серии и значения коэффициента K_{30} различают мелкосерийное ($20 < K_{30} < 40$), среднесерийное ($10 < K_{30} < 20$) и крупносерийное ($1 < K_{30} < 10$) сборочные производства. Массовое сборочное производство ($K_{30} = 1$) характеризуется большим объемом выпуска собираемых изделий, непрерывно выпускаемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна технологическая операция.

В зависимости от типа производства, программы выпуска изделий, их конструкции, размеров и массы определяется организационная форма сборки [7].

4.3. ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ФОРМЫ СБОРКИ

Непоточная стационарная сборка характеризуется выполнением сборочных операций на постоянном рабочем месте, к которому подаются детали и СЕ собираемой машины. При такой форме организации требуется высокая квалификация сборщиков, а цикл сборки отличается большой продолжительностью.

Непоточная подвижная сборка характеризуется последовательным перемещением (свободным или принудительным) собираемой машины от одной позиции к другой. Ее целесообразно применять при переходе от единичного к серийному производству.

Поточная стационарная сборка характерна для серийного производства при значительной длительности отдельных операций, особенно в процессе сборки изделий большой массы, крупных и громоздких машин. При этом виде сборки все собираемые объекты остаются на рабочих позициях в течение всего процесса сборки. Рабочие (или бригада) выполняет определенную операцию, переходя от одного сборочного стенда к другому.

Поточная подвижная сборка осуществляется путем перемещения собираемого объекта на конвейере (непрерывно движущемся или периодическим перемещением путем последовательной передачи собираемых объектов по операциям с помощью механических устройств или передачей объектов вручную – по роликовому конвейеру, на тележках, по лотку. Поточная подвижная сборка применяется в крупносерийном и массовом производствах.

4.4. ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Технологичность конструкции изделия – совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и сервисе для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Отработка конструкции изделия на технологичность – комплекс мероприятий, проводимых на всех этапах разработки изделия, с целью достижения оптимально заданного уровня технологичности.

Уровень технологичности конструкции изделия – показатель технологичности, выражаемый отношением значения показателя технологичности данного изделия к значению соответствующего базового показателя технологичности.

Технологичность конструкции изделия (ТКИ) выражает его конструктивные особенности и тесно взаимосвязана с качеством изделия. Качество изделия наряду с технологичностью конструкции характеризуется также его функциональностью (т.е. способностью реализации основных функций), экономичностью, надежностью, эргономичностью, эстетичностью, патентоспособностью, транспортабельностью, безопасностью и экологичностью.

По области проявления технологичности конструкции изделия различают следующие ее виды: производственную, эксплуатационную и ремонтную (рис. 4.2). Производственная технологичность конструкции изделия проявляется в соответствии его конструкции достижению оптимальных затрат на конструкторскую и технологическую подготовку производства и на процессы изготовления. Эксплуатационная технологичность конструкции изделия характеризуется приспособленностью его конструкции к сокращению затрат времени и средств на техническое обслуживание, текущий ремонт, хранение и транспортирование, диагностирование и утилизацию изделия. Ремонтная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат и средств на проведение всех видов ремонтов (плановых и неплановых), кроме текущего. Технологичность конструкции изделия в изготовлении характеризует приспособленность его конструкции к сокращению затрат ресурсов и времени на процессы получения деталей литьем, из пластмасс, обработкой давлением, резанием, на процессы сборки, контроля, испытаний и др. Технологичность конструкции изделия в сборке определяется технологичностью конструкции собираемых компонентов (деталей, соединений, сборочных единиц, узлов) и изделия в целом.

С повышением серийности выпуска изделий и автоматизации сборочного производства требования к ТКИ возрастают. Так, требования к ТКИ и взаимозаменяемости его составных частей при автоматической сборке значительно выше, чем при механизированной и ручной сборке.

Отработка конструкции собираемого изделия на технологичность в сборке включает проведение комплекса мероприятий для достижения оптимального уровня ТКИ с учетом максимальной экономии всех ресурсов, т.е. конструкция собираемого изделия должна удовлетворять требованиям сборки с использованием наиболее производительных и экономичных способов и методов для данных условий производства.

Требования к технологичности конструкций машин приведены на рис. 4.3.



Рис. 4.2. Виды технологичности конструкции изделия по области проявления

4.4.1. Технологичность конструкций сборочных единиц

К сборочным единицам может быть отнесено большинство выпускаемых изделий, а также входящих в них составных частей. Сборочные единицы могут быть составной частью изделия и не выполнять самостоятельных функций (например, корпус с запрессованным валом) либо выполнять определенную функцию в изделии совместно с другими составными частями (например, насос, коробка передач и т. д.). Сборочная единица, выполняющая определенную функцию в изделии совместно с другими составными частями, которая может собираться отдельно от других составных частей изделия или изделия в целом, называется **узлом**. Узлы, допускающие независимую сборку, контроль и испытание, представляют собой самостоятельные узлы (сборочные единицы).



Рис. 4.3. Требования к технологичности конструкций сборочных единиц, соединений и деталей

Конструкция сборочной единицы должна удовлетворять требованиям изготовления, эксплуатации и ремонта наиболее экономичными и производительными способами при заданных условиях производства. Отработка на технологичность конструкции сборочной единицы осуществляется с учетом взаимосвязи производственной, эксплуатационной и ремонтной технологичности составных частей сборочной единицы, а также изделия, в которое данная сборочная единица входит как составная часть.

Требования к ТКИ или сборочных единиц сводятся к следующим правилам [1, 2, 7, 22].

1. Изделия, состоящие из большого числа деталей, должны строиться по блочному принципу и расчленяться на рациональное число самостоятельных узлов с целью обеспечения возможности их параллельной сборки, автономного контроля, испытания, замены и т.д.; при этом наиболее целесообразны узлы, состоящие из 4 - 12 деталей.

2. Изделия должны состоять из максимально возможного числа стандартных и унифицированных составных частей, а также составных частей, уже освоенных в производстве.

3. Компоновка изделия должна исключать необходимость проведения промежуточной разборки и повторной сборки его составных частей.

4. Конструкция изделия не должна иметь многозвенных размерных цепей (наиболее целесообразное число звеньев менее пяти), а точность собираемых деталей должна обеспечивать сборку с полной взаимозаменяемостью с целью исключения необходимости выполнения пригонки. При невозможности или экономической нецелесообразности использования сборки с полной взаимозаменяемостью следует применять другие методы сборки в следующем порядке (с учетом снижения производительности труда): с неполной взаимозаменяемостью, с групповой взаимозаменяемостью, с регулированием, с пригонкой.

5. Число деталей (в первую очередь по номенклатуре) в изделии должно быть минимальным с максимальным использованием деталей простых форм. Сокращение числа деталей можно обеспечивать за счет упрощения конструкции изделия, а также за счет объединения нескольких деталей в один компонент с использованием технологических методов (вальцевания, гибки, штамповки, сварки и др.). При этом следует избегать применения деталей малой жесткости и деталей из легкодеформируемых материалов, с целью исключения возможности их деформирования в процессе сборки.

6. Точность относительного расположения составных частей изделия должна нормироваться не только с учетом функционального назначения изделия, но и с учетом обеспечения необходимой точности относительного расположения в процессе сборки, при этом допуски

на относительное расположение сопрягаемых и базовых поверхностей должны быть обоснованы расчетом условий собираемости составных частей.

7. Число типов сопрягаемых поверхностей и применяемых видов соединений деталей в изделии должно быть минимальным.

8. Конструкция изделия должна обеспечивать свободный доступ рабочих органов, сборочных инструментов и средств контроля к соответствующим местам соединения деталей и контроля (рис. 4.4, а).

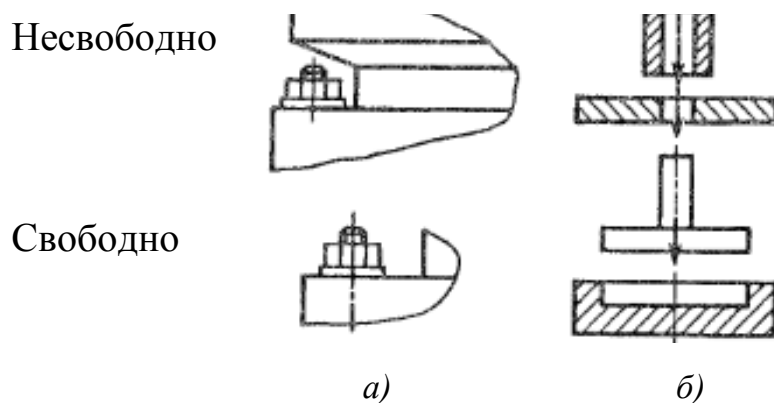


Рис. 4.4. Примеры конструкций с несвободным и свободным доступом (а) сборочного инструмента к гайке и одним вертикальным (сверху вниз) (б) направлением сборки

9. Конструкция изделия должна обеспечивать удобство контроля качества сборки на всех этапах сборочного процесса с применением наиболее простых и эффективных способов и средств контроля.

10. Конструкция изделия должна обеспечивать сборку при минимальном числе направлений сборки. Необходимо стремиться к обеспечению одного направления сборки (предпочтительно сверху вниз по вертикали), что в максимальной степени упрощает сборочное оборудование (рис. 4.4, б).

11. В конструкции изделий должна быть предусмотрена возможность соединения составных частей простейшими движениями (предпочтительно обеспечивать присоединение каждой составной части посредством одного поступательного движения), что позволит применять наиболее простое сборочное оборудование.

12. В конструкции изделия должны быть предусмотрены технологические базы, обеспечивающие необходимую точность относительного положения составных частей при сборке.

13. Плоскости разъемов изделия следует располагать перпендикулярно к главной базовой оси симметрии изделия.

14. В конструкции изделия должна быть предусмотрена базового составная часть (деталь, сборочная единица), являющаяся основой для установки остальных составных частей изделия. Для обеспечения устойчивости и необходимой точности установки базовая составная часть должна быть наибольшей по габаритным размерам, не деформирующейся под действием сборочных сил, иметь развитые базовые

опорные поверхности; в ее конструкции должна быть предусмотрена возможность совмещения конструкторских, технологических и измерительных баз.

15. Конструкция изделия должна позволять проводить сборку без изменения положения базовой составной части.

16. Каждая составная часть изделия должна иметь минимальное число поверхностей и мест сопряжения с другими частями изделия.

17. Изделие и его составные части должны иметь поверхности для надежного захвата их с помощью захватных устройств промышленных роботов и манипуляторов.

18. Не следует объединять в один узел уникальные составные части изделия с унифицированными (с целью исключения нарушения унификации последних), а также составные части с разными характеристиками изнашивания (быстроизнашиваемые узлы следует выделять в отдельную группу).

19. Конструктивное оформление элементов коммуникаций (электрических, пневматических, гидравлических и др.) должно допускать их автономное испытание и контроль без последующей повторной комплексной проверки.

20. Изделие и его составные части должны обладать устойчивостью и способностью к складированию.

21. Конструкция изделия должна предусматривать возможность использования при сборке наиболее эффективных способов и средств сборки.

22. Сборочные единицы, входящие в изделие, должны быть кинематически замкнутыми (т.е. обеспечивать манипулирование без распада на составные части) [7].

Важным для обеспечения необходимой точности относительного положения компонентов в изделии и упрощения процесса сборки является наличие технологических баз (т.е. баз, используемых для определения положения составных частей в изделии при их сборке) в собираемом изделии. На рис. 4.5 показаны примеры конструкций, в которых имеется (рис. 4.5, *а*) и отсутствует (рис. 4.5, *б*) технологическая база для установки зубчатого колеса на валу. Отсутствие такой базы приводит к установке

зубчатого колеса на валу по разметке и сверлению отверстия, что усложняет процесс сборки.

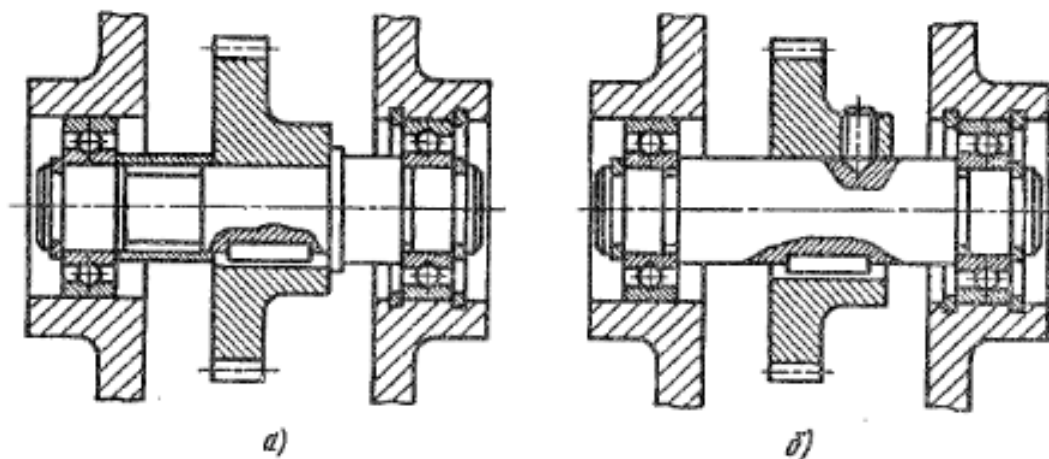


Рис. 4.5. Примеры конструкций, в которых имеется (а) и отсутствует (б) технологическая база для установки зубчатого колеса на валу

4.4.2. Технологичность конструкций соединений

Соединения представляют собой элементарные сборочные единицы. Их классифицируют по целостности, подвижности составных частей, характеру сопряжения поверхностей, форме поверхности и методу образования. В зависимости от конструктивных особенностей соединения могут иметь разновидности, например: цилиндрическое (рис. 4.6, а), шпоночное (рис. 4.6, б), шлицевое (рис. 4.6, в), клепаное (рис. 4.6, г), винтовые (рис. 4.6, д), болтовые (рис. 4.6, е), шпилечные (рис. 4.6, ж), резьбовые с применением стопорных элементов (рис. 4.6, з), шплинтовые (соединение деталей, в котором шплинт ограничивает возможность их относительного перемещения) (рис. 4.6, и), штифтовые (рис. 4.6, к), фланцевые (рис. 4.6, л), ниппельные (рис. 4.6, м), накруткой (рис. 4.6, н), пружинные с установкой конец (рис. 4.6, о), пружинные с установкой пружин (рис. 4.6, п), штуцерные, шарнирные (соединение деталей, допускающее их относительное вращение вокруг любой оси, проходящей через определенную точку), замковые (соединение деталей, в котором замок ограничивает или исключает возможность их относительного поворота, и перемещения) и т.д. [7].

Требования к технологичности конструкций соединений при сборке в основном определяются рассмотренными выше требованиями к ТКИ или сборочных единиц при сборке применительно к элементарным сборочным единицам. Требования к технологичности конструкций соединений при сборке можно свести к следующим правилам:

1. Конструкция соединения должна обеспечивать сборку деталей простейшими движениями при минимальном числе направлений сборки.
2. Соединение должно состоять из максимально возможного чи-

сла стандартных и унифицированных деталей.

3. Конструкция деталей соединения и их точность должны обеспечивать сборку с полной взаимозаменяемостью и исключать необходимость выполнения пригоночных работ при сборке (при невозможности или экономической нецелесообразности использования сборки с полной взаимозаменяемостью следует применять другие методы сборки согласно приведенным выше рекомендациям).

4. Соединение должно состоять из минимального числа деталей наиболее простой формы.

5. В конструкции соединения должна быть предусмотрена базовая деталь и возможность совмещения конструкторских, технологических и измерительных баз базовой детали.

6. Для упрощения сборки детали соединения должны иметь ярко выраженные базовые поверхности, фиксирующие элементы, а также соответствующие направляющие элементы для облегчения их автоматической собираемости.

7. Конструкция соединения должна обеспечивать удобство контроля параметров сборки с применением наиболее простых и эффективных способов и средств контроля.

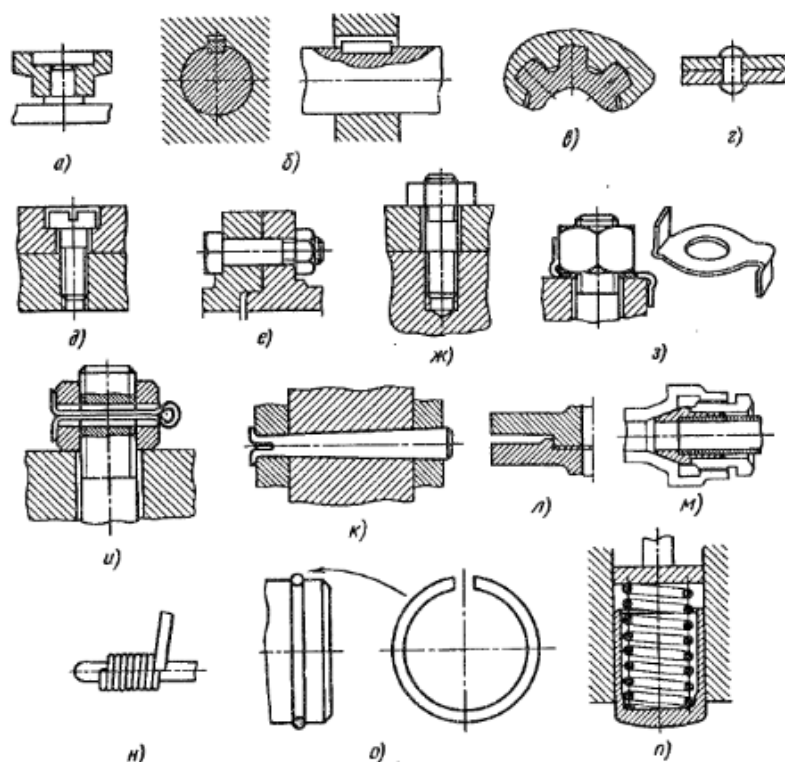


Рис. 4.6. Разновидности соединений:

а — цилиндрическое; *б* — шпоночное; *в* — шлицевое; *г* — клепаное;
д — винтовое; *е* — болтовое; *ж* — шпилечное; *з* — резьбовое со стопорным элементом (шайбой с отгибными лапками); *и* — шплинтовое; *к* — штифтовое (со стопорением с разведением разрезного конца); *л* — фланцевое; *м* — ниппельное (с припаиванием ниппеля к концу трубопровода); *н* — накруткой; *о* — пружинное (с установкой разрезного пружинного кольца); *п* — пружинное (с установкой пружины)

Повышение технологичности конструкции соединений достигается применением соответствующих элементов фиксации осевого положения собираемых деталей в процессе их соединения. Например, при сборке неподвижных соединений в качестве таких фиксирующих элементов могут быть использованы разрезное пружинное кольцо, устанавливаемое в выточку отверстия (рис. 4.7, *а*), буртик вала (рис. 4.7, *б*) и т.д. В конструкциях цилиндрических соединений с натягом должна быть исключена возможность запрессовывания сплошных деталей в глухие отверстия. С целью выхода воздуха при запрессовке деталей предусматривают изготовление отверстий в охватываемой детали (рис. 4.7, *в*), или специальных каналов (рис. 4.7, *г*).

Повышение технологичности конструкций соединений достигается за счет сокращения числа собираемых деталей и упрощения их сборки [7].

Таблица 2.1

Характерные виды сборочных движений, необходимые для выполнения сборки типовых соединений [7]

Соединение	Сборочное движение					
	прямоли- нейное	враща- тельное	винтовое	криво- линейное плоское	криво- линейное простран- ственное	комби- ниро- ванное
Цилиндрическое, коническое, плоское	+					
Резьбовое			+			
Профильное	+	+				
Шпоночное, шлицевое	+	+				
Клепаное	+	+			+	
Паяное, сварное	+	+	+	+	+	+

Примером этого является замена в соединениях крепления с помощью шайбы с шплинтом (рис. 4.8, *а*) и установочного кольца с винтом (рис. 4.8, *б*) на более технологичное соединение с креплением разрезным пружинным кольцом (рис. 4.8, *в*), за счет чего обеспечивается сокращение числа входящих в соединение деталей и упрощение сборки за

счет исключения сверления отверстия в вале (см. рис. 4.8, *а*) и зацентровки вала (см. рис. 4.8, *б*), а также за счет замены нетехнологичного шплинтового соединения на более технологичное пружинное соединение. В другом случае замена крепления крышки винтами (рис. 4.8, *г*) на более технологичное крепление упрощенной конструкции крышки разрезным пружинным кольцом (рис. 4.8, *д*) сокращает число входящих в соединение деталей, упрощает конструкцию крышки и сборку соединения.

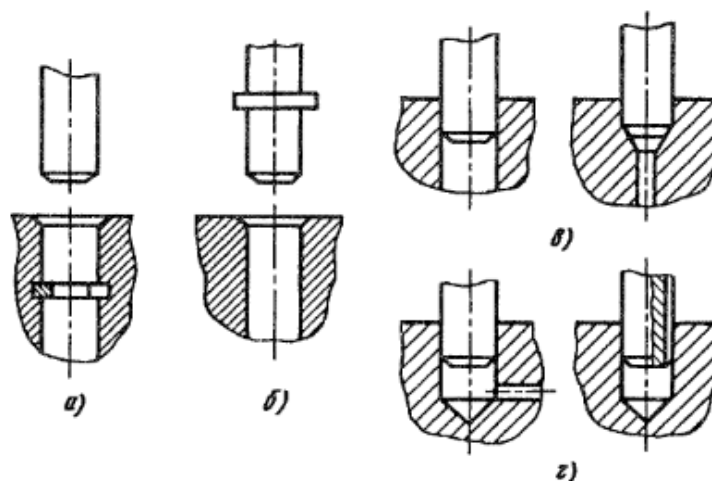


Рис. 4.7. Соединения с элементами фиксации относительного положения деталей в процессе их сборки (*а, б*) и наличием выхода воздуха при запрессовке деталей в отверстие (*в, г*)

К наиболее простым и технологичным конструкциям соединений при сборке относятся: разъемные цилиндрические, конические, сферические и плоские соединения, собираемые с зазором; неразъемные конические, плоские и цилиндрические, собираемые с натягом без термовоздействия (т.е. путем механической запрессовки), а также вальцованные и фальцованные соединения. Эти соединения выполняются применением простых сборочных движений при обеспечении высокой производительности сборочного оборудования.

Менее технологичными являются резьбовые соединения, так как для их сборки обычно необходимо более сложное оборудование. Наиболее технологичными по сравнению с болтовыми соединениями являются в первую очередь винтовые, а затем шпильчные соединения. Это обусловлено необходимостью проведения дополнительных конструктивных мероприятий по осуществлению фиксации головки болта или гайки (при ввинчивании болтов) при выполнении болтовых соединений. Один из способов фиксации шестигранной головки болта упором одной из граней в выступ в теле детали приведен на рис. 4.9, *а*. При применении болтовых соединений иногда оказывается целесообразным ввинчивание болтов в гайки, ввиду того что гайки нередко трудно точно ориентировать в плоскости, перпендикулярной к

оси резьбы. В этом случае исключение проворота гайки в процессе ввинчивания болта может быть достигнуто за счет изготовления гнезда под гайку в теле детали (рис. 4.9, б). Исходя из этого, следует стремиться к замене болтовых на винтовые соединения, как наиболее технологичные резьбовые соединения.

Высокий уровень технологичности резьбовых соединений при сборке достигается применением самонарезающих винтов и винтов с режущей кромкой на конце. С помощью самонарезающих винтов резьба нарезается в процессе их заворачивания в предварительно просверленные или пробитые на штампе отверстия. При невысокой точности соединения деталей эффективны винты с режущей кромкой на конце (рис. 4.9, в), которые сами сверлят отверстия и нарезают в нем резьбу. При применении обычных винтов наиболее технологичными для автоматической сборки являются винты с потайной конической головкой и крестообразным шлицем.

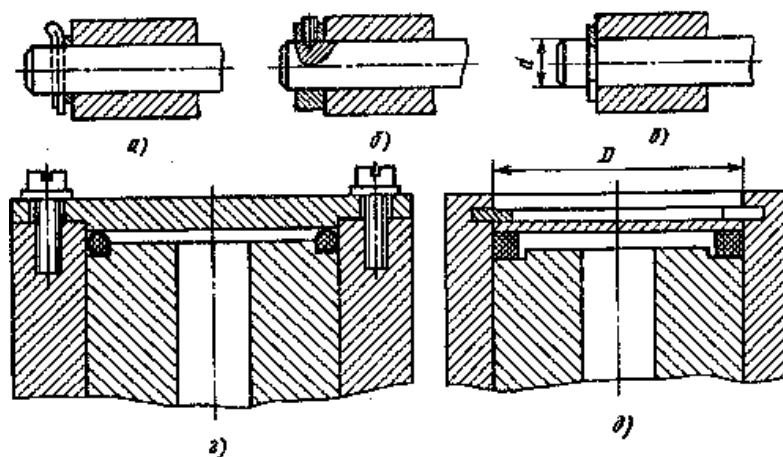


Рис. 4.8. Примеры повышения технологичности конструкций соединений

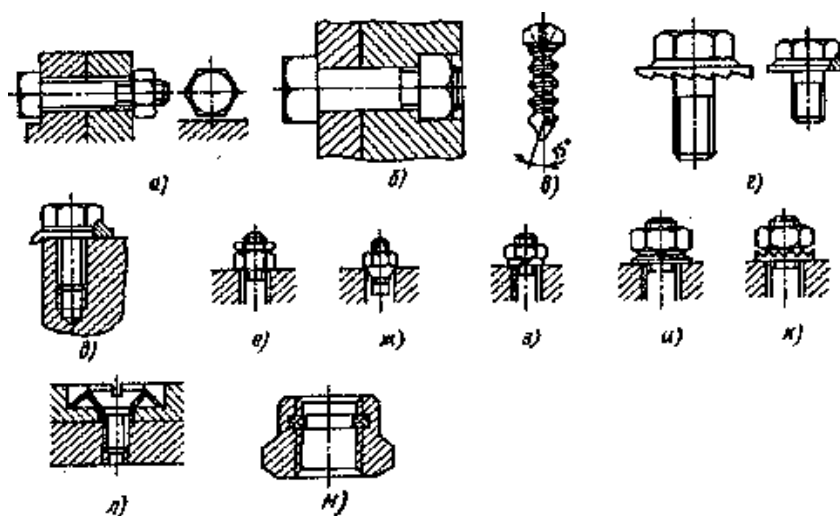


Рис. 4.9. Примеры технологичных конструкций резьбовых соединений и крепежных деталей

Повышение технологичности конструкций резьбовых соединений при сборке может достигаться путем предварительной сборки винтов и болтов с шайбами, а также за счет изготовления головки винта (болта) заодно целое с шайбой (рис. 4.9, *г*), что в ряде случаев позволяет обеспечивать фиксацию винта (болта) за счет изгиба шайбы (рис. 4.9, *д*).

Расположение крепежных деталей (винтов, болтов, шпилек, гаек) должно соответствовать возможности использования многошпindelных завертывающих головок. Для этого расстояние между резьбовыми отверстиями ориентировочно должно быть не менее четырех диаметров резьбы; при этом оси резьбовых отверстий с каждой стороны изделия следует располагать параллельно друг другу, а допускаемые относительные отклонения осей резьбовых отверстий должны быть увязаны с условиями сборки резьбовых соединений. Целесообразным также является симметричное расположение крепежных деталей, причем предпочтительным является их четное число, облегчающее использование многошпindelных завертывающих головок.

Важным направлением повышения уровня технологичности конструкций резьбовых соединений для сборки является совершенствование способов стопорения резьбовых соединений и применяемых конструкций стопорных элементов. К технологичным способам стопорения резьбовых соединений относится стопорение контргайкой (рис. 4.9, *е*), конической поверхностью гайки (рис. 4.9, *ж*), пружинной шайбой (рис. 4.9, *з*), пружинной шайбой с обычной шайбой (рис. 4.9, *и*), шайбой с зубьями (рис. 4.9, *к*), пружинящей шайбой (рис. 4.9, *л*), самоконтрящей гайкой с полиамидным (фибровым) кольцом (рис. 4.9, *м*) и др.

Клепанные соединения обычно обладают низкой технологичностью при сборке, поэтому их целесообразно заменять на сварные или клеевые. В случаях, когда исключение клепанных соединений невозможно, следует в первую очередь применять клепанные соединения с использованием пробивающих отверстия заклепок. Применение клепального оборудования с использованием пробивающих отверстия заклепок обеспечивает возможность установки большого числа заклепок при одновременном исключении накопления ошибки расположения отверстий, которое имеет место при предварительном сверлении отверстий под заклепки. Для соединений, несущих небольшие нагрузки, предпочтение следует отдавать трубчатым и полутрубчатым заклепкам, развальцовка которых менее трудоемка. Шаг заклепок, число их рядов и расположение в соединениях выбираются в зависимости от назначения клепаного соединения. Расположение заклепок должно предусматривать возможность выполнения их групповой клепки; при этом следует избегать такого расположения заклепок, при котором требуется применение односторонней клепки или специальных заклепок. Для обеспечения

свободного подвода к заклепкам клепального инструмента необходимо, чтобы расстояние от оси заклепки до элементов, мешающих подводу клепального инструмента, было не менее 2 - 2,5 диаметров заклепки. Расстояние от осей заклепок до крайних кромок склепываемых деталей должно быть не менее 1,7 диаметра заклепки.

Исключение применения заклепок можно обеспечивать путем создания на одной из деталей специальных выступов, на которые отверстиями надевают присоединяемые детали, после чего производится расклепка. На рис. 4.10, *а* показано соединение деталей, выступы на одной из которых получены литьем под давлением. Выступы также могут быть получены выдавливанием части материала с помощью пуансона (рис. 4.10, *б*), пробивкой отверстия и вытяжкой его краев (рис. 4.10, *в*) или вытяжкой колпачка без пробивки отверстия (рис. 4.10, *г*).

Менее технологичными (по сравнению с цилиндрическими, коническими, сферическими и плоскими соединениями с зазором) соединениями при сборке являются пружинные соединения с помощью разрезных упругих колец, которые устанавливают в наружные канавки валов (наружные кольца) или отверстий (внутренние кольца) с целью ограничения возможности относительного перемещения деталей. При осевой сборке наружные кольца до установки в канавки разжимают, чтобы кольцо могло пройти через поверхность диаметром d (см. рис. 4.8, *в*), а внутренние кольца сжимают, чтобы кольцо могло пройти через поверхность отверстия корпуса диаметром D (см. рис. 4.8, *д*), после чего кольца перемещают вдоль оси вала или отверстия и устанавливают в канавки без радиального зазора. Относительная простота установки пружинных колец в канавки и их способность выдерживать значительные осевые нагрузки обуславливает широкое применение таких соединений в конструкциях изделий. К недостатку крепления разрезными пружинными кольцами относится ослабление деталей кольцевыми канавками.

При соединении деталей сваркой, пайкой и склеиванием необходимо предусматривать конструктивные элементы на соединяемых деталях, обеспечивающие их взаимную фиксацию с заданной точностью, что позволит исключить применение приспособлений и повысить технологичность сварных, паяных и клеевых соединений при сборке.

Повышение технологичности конструкций сварных соединений можно обеспечить за счет выполнения следующих рекомендаций [7].

1. Необходимо обеспечивать удобный подход электродов к сварному шву, например при приварке перегородок это достигается за счет вынесения сварных швов из тесного пространства между перегородками (рис. 4.11, *а*).

2. Следует предусмотреть взаимную фиксацию соединяемых деталей

с заданной точностью с целью исключения применения приспособлений, например при приварке втулки к листу на втулке целесообразно предусмотреть буртик для фиксации ее положения вдоль оси (рис. 4.11, б).

3. Необходимо для соединения деталей применять наиболее простые и производительные способы сварки, например при приварке фланца к трубе это достигается за счет замены дуговой сварки на контактную (рис. 4.11, в).

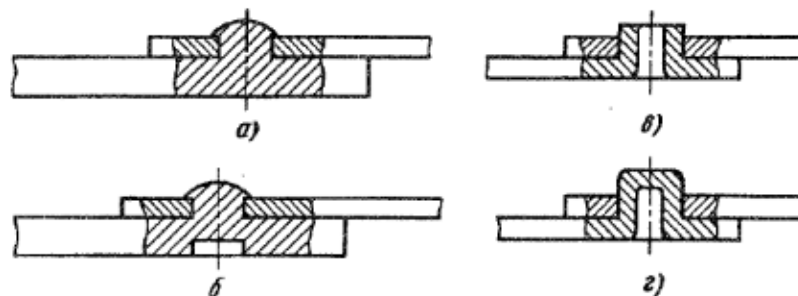


Рис. 4.10. Специальные выступы на одной из деталей, на которые отверстиями надевают присоединяемые детали с последующей расклепкой

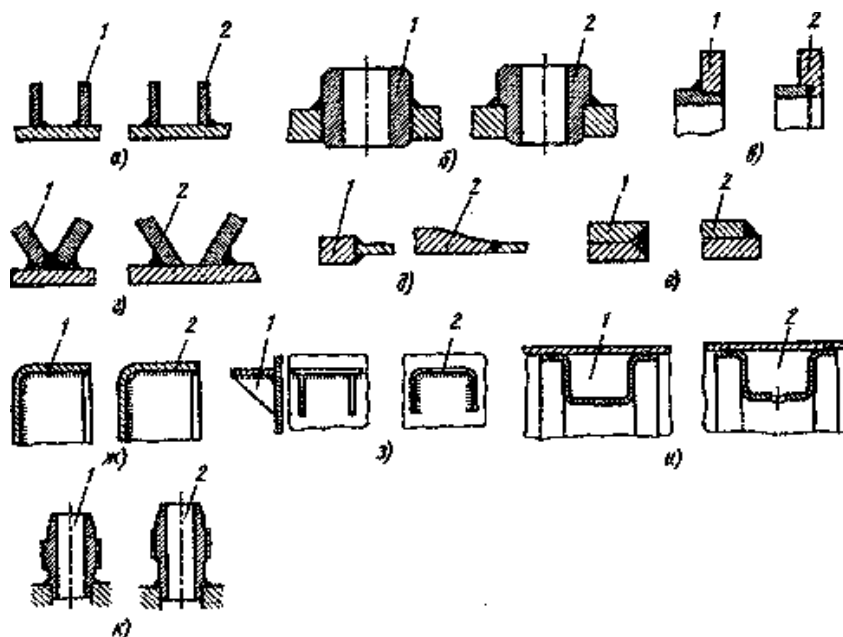


Рис. 4.11. Примеры повышения технологичности конструкций сварных соединений:

1 — нетехнологичная конструкция; 2 — технологичная конструкция

4. Следует избегать совмещения швов и сводить к минимуму количество наплавляемого металла, например при приварке наклонных перегородок это достигается путем раздвижения перегородок (рис. 4.11, з).

5. Для снижения сварочных деформаций необходимо обеспечивать плотное прилегание друг к другу свариваемых деталей, избегать сварки

массивных деталей с тонкими, придавать свариваемым кромкам примерно одинаковые сечения при соотношении толщин свариваемых деталей не более 3:1 (рис. 4.11, *д*).

6. Следует избегать трудоемкой разделки кромок свариваемых деталей, что может быть обеспечено, например, за счет соответствующего относительного смещения деталей (рис. 4.11, *е*).

7. Необходимо устранять подгонку свариваемых деталей по контуру соединения за счет упрощения формы детали, например при приварке ребра к профилю это обеспечивается путем срезания угла ребра на участке профильного перехода (рис. 4.11, *ж*).

8. При сварке тонкостенных деталей следует расширять применение специальных гнутых и штампованных деталей, например при приварке полки это обеспечивается за счет замены составной полки на гнутую (рис. 4.11, *з*).

9. При сварке замкнутых полостей следует проводить соответствующие мероприятия по предупреждению коробления стенок в результате образования вакуума при остывании, например при приварке закрытого профиля к листу это достигается за счет изготовления вентиляционного отверстия в профиле (рис. 4.11, *и*).

10. Необходимо отдалять обработанные поверхности свариваемых деталей от сварочной зоны и предусматривать возможность обработки точных поверхностей после сварки, например при приварке резьбового штуцера предотвращение оплавления резьбы достигается за счет отдаления резьбы от сварного шва на достаточное расстояние (рис. 4.11, *к*).

11. Габаритные размеры сварных узлов должны соответствовать возможности их обработки в термических печах вследствие того, что для обеспечения равнопрочности сварных соединений и для снятия напряжений часто требуется их последующая термическая обработка и т.п.

Требования к технологичности конструкций паяных соединений в определенной степени аналогичны изложенным выше требованиям к технологичности сварных соединений.

4.5. ВЫБОР ДЕЙСТВУЮЩЕГО ТИПОВОГО, ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЛИ ПОИСК АНАЛОГА ЕДИНИЧНОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Типизация технологических процессов сборки — основная форма их стандартизации. Она способствует снижению затрат на разработку ТП сборки, ускорению этих разработок, а также уменьшению себестоимости производства изделий. Цель типизации — стандартизовать ТП для того,

чтобы сборка одинаковых и сходных по конструкции изделий осуществлялась общими, наиболее совершенными и эффективными методами. Типовой ТП в этих случаях разрабатывают как образцовый, позволяющий внедрять прогрессивную технологию и прогрессивное оборудование [20].

В случае применения типового ТП сборки для ряда сходных изделий уменьшается работа технолога, сокращается длительность и объем технологической подготовки производства.

4.5.1. Этапы типизации сборочных ТП

Первым этапом типизации ТП сборки является классификация данной группы изделий.

Изделия или их составные части могут быть разделены на классы по общности технологических задач, возникающих при их сборке. Каждый класс изделий разбивают на подклассы, затем на группы и подгруппы, при этом учитывают определенные конструктивные признаки изделий и их размеры, обобщают решения технологических задач с целью исключения индивидуального подхода при разработке ТП. Таким образом, классификация должна иметь в основе технологический характер. Типовые изделия объединяют совокупность изделий, имеющих одинаковый план (маршрут) операций, осуществляемый на однородном сборочном оборудовании с применением однотипных приспособлений и инструментов. При определении классификационных признаков необходимо учитывать как состав собираемого объекта, так и структуру сборочных операций, а также серийность выпуска изделий.

Работа по классификации завершается составлением классификаторов, позволяющих делить типизированные сборочные объекты по характерным конструктивным и технологическим признакам.

Вторым этапом типизации ТП сборки является разработка принципиально общего ТП с установлением типовых последовательности и содержания операций, типовых схем базирования и типовых конструкций оснастки. Если изделия достаточно полно унифицированы, то на них составляют одну общую технологическую карту с нормами времени. При меньшей унификации разрабатывают как обязательный образец принципиальный ТП, на базе которого составляют ТП для конкретных изделий. Типизация ТП способствует внедрению новых, более совершенных методов сборки, сокращению сроков и удешевлению ТПП, более широкому применению средств механизации и автоматизации.

По мере совершенствования технологии сборочного производства типовые ТП необходимо периодически корректировать. Типовые ТП

сборки целесообразно применять на заводах серийного и массового производства с устойчивой номенклатурой изделий.

4.5.2. Сущность и преимущества групповой технологии

Основу групповых ТП составляет не только общность конструктивных особенностей изделия, но и общность технологии их сборки. Это позволяет в условиях мелкосерийного производства осуществлять ТП сборки, характерные для крупносерийного и массового производства, переходить от непоточного к поточному производству.

В групповых поточных линиях оборудование располагают по маршруту сборки близких по конструкции и размерам изделий (или их элементов) нескольких наименований, закрепленных за линией. Все закрепленные за линией изделия собирают периодически пропускаемыми партиями, и в каждый данный момент линия работает как непрерывно-поточная.

Оборудование линии комплектуют и располагают по технологическому маршруту сборки наиболее сложного и трудоемкого изделия в группе (либо условного «комплексного» изделия). Другие изделия группы можно собирать с пропуском отдельных переходов и операций.

Групповые ТП используются в отечественном машиностроении и за рубежом. Применение групповых ТП позволяет снизить трудоемкость на 50% и более, уменьшить количество основных рабочих на 20-25% и т. п. [20].

4.5.3. Этапы проектирования групповой технологии сборки

Проектированию групповых ТП или операций предшествует классификация изделий. Групповую технологию следует применять в пределах цеха или всего завода; она должна охватывать весь комплекс выпускаемых изделий.

При составлении классификации определяют схему сборки и выбирают средства механизации и автоматизации. Формируя группы, исходим из необходимости использования одного сборочного оборудования. При выборе состава групп трудоемкость сборки прикрепленных изделий не должна изменяться в широких пределах. Групповые ТП разрабатывают в основном для узловой сборки; для общей сборки их применяют реже и только сравнительно простых изделий.

При подборе изделий в группу изучают их чертежи и технические условия. В отдельных случаях проводят унификацию деталей изделий (например, крепежных), а также отрабатывают вопросы технологичности конструкций изделий.

Групповые ТП проектируют в следующей последовательности: 1) подбирают группу изделий, удовлетворяющих требованиям групповой сборки; намечают маршрут сборки, содержание операций и схемы групповых наладок; ориентировочно определяют оперативное время сборки; 2) уточняют содержание операций и разрабатывают наладки для наиболее сложных и выпускаемых в большом количестве изделий группы; затем разрабатывают наладки для других изделий группы; определяют штучное время сборки; 3) уточняют требования к сборочному оборудованию (дают задания на модернизацию или конструирование нового специального оборудования); 4) разрабатывают конструкции сборочных приспособлений и выявляют необходимую инструментальную оснастку; окончательно устанавливают норму времени; 5) составляют технологическую документацию каждого изделия группы; 6) выявляют технико-экономические показатели групповой сборки.

К документам, фиксирующим технологические процессы групповой сборки, относятся карты технологических процессов сборки; карты исходных данных и результатов по нормированию времени; классификатор узлов, входящих в данную группу. Эффективность групповых ТП зависит от уровня унификации конструкции изделий. На основе максимальной унификации конструкций можно разработать эффективный технологический процесс групповой сборки [20].

Таким образом, *выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса сборки.* Осуществляют путем формирования технологического кода собираемого изделия с помощью технологического классификатора и отнесения собираемого изделия по его технологическому коду к действующему типовому, групповому или единичному технологическому процессу сборки. При наличии действующего типового, группового или единичного технологического процесса, который может быть использован для данного собираемого изделия, технологический процесс его сборки разрабатывают на основе имеющейся технологической документации на эти процессы сборки. При отсутствии таких действующих технологических процессов сборки его разрабатывают на основе использования прогрессивных решений, реализованных в действующих единичных процессах сборки аналогичных изделий.

4.6. РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ

При проведении размерного анализа конструкции собираемого изделия выявляют и строят все сборочные размерные цепи и проводят соответствующие расчеты размерных параметров. На основе выполнения расчетов и анализа сборочных размерных цепей определяют необходимую точность сборки компонентов и наиболее экономичные методы ее

достижения (см. п. 3.3). Обоснование выбора технологических баз, схем базирования и схем относительной ориентации компонентов на позициях сборки осуществляют на основе расчета технологических размерных цепей системы СООСД и условий автоматической собираемости компонентов. При выборе технологических баз используют принцип совмещения технологических баз с измерительными и конструкторскими с целью повышения точности и возможности использования рациональных методов достижения точности сборки. При выборе технологических баз также реализуют возможность обеспечения постоянства и рациональной последовательности смены баз при выполнении сборки изделия. При выполнении анализа возможных схем базирования рассчитывают погрешности установки компонентов и точность сборки, обеспечиваемую применением различных схем базирования. При выборе технологических баз дополнительно учитывают удобство установки и снятия собираемого изделия, его устойчивость и надежность закрепления, удобство установки присоединяемых компонентов и подвода сборочного инструмента и т.п.

4.7. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

При составлении технологического маршрута сборки определяют последовательность выполнения технологических операций и состав средств технологического оснащения сборки. На последовательность выполнения сборки оказывают влияние конструкция, масса и размеры собираемого изделия и его составных частей; тип производства и программа выпуска изделий; функциональная взаимосвязь элементов изделия и степень их взаимозаменяемости; точность сборки и методы ее достижения; степень расчлененности изделия на отдельные узлы; условия монтажа силовых и кинематических передач; число малоожестких и легко повреждаемых элементов и др. При этом при сборке невзаимозаменяемых деталей и изделий на последовательность сборки значительное влияние оказывает необходимость выполнения пригонки, промежуточной разборки и сборки, дополнительной обработки и контроля и т.п.

Последовательность сборки определяют, используя результаты проведенного размерного анализа конструкции собираемого изделия, выбора технологических баз и установления рациональных методов сборки, с учетом такта выпуска, типа производства и организационной формы сборки [7].

Разбивка машины на СЕ — это одна из основных работ при проектировании ТП сборки.

При выполнении этой работы целесообразно исходить из следующих принципов:

1. СЕ не должна быть слишком большой по габаритным размерам и массе или состоять из большого количества деталей и сопряжений; в то же время излишнее дробление машины на СЕ нецелесообразно, так как это усложняет процесс комплектования при сборке, создает дополнительные трудности в организации сборочных работ;

2. если в процессе сборки требуется проведение испытаний, обкатка, специальная слесарная пригонка СЕ, то она выделяется в особую СЕ;

3. СЕ при последующем монтаже в машине не должна подвергаться какой-либо разборке, а если этого избежать нельзя, то соответствующие разборочные работы необходимо предусмотреть в технологии;

4. большинство деталей машины, исключая ее главные базовые детали (станину, раму и пр.), а также детали крепления, резьбовых соединений должны войти в те или иные СЕ, с тем, чтобы сократить количество отдельных деталей, подаваемых непосредственно на общую сборку;

5. трудоемкость сборки должна быть примерно одинакова для большинства СЕ.

Конструктивная СЕ — это сборочная единица, спроектированная лишь по функциональному признаку, без учета особого значения условий независимой сборки (например, механизм газораспределения двигателя внутреннего сгорания).

Технологическая СЕ — это СЕ, которая может собираться отдельно от других и выполнять определенную функцию в изделиях одного назначения только совместно с другими составными частями.

Наилучшим вариантом конструкции является СЕ, которая отвечает условию функционального назначения ее в изделии и условию самостоятельной независимой сборки. Это **конструктивно-технологическая СЕ** (насосы, вентили, коробки передач) [20].

При определении последовательности сборки по конструкторской документации выявляют все составляющие узлы, входящие в изделие, и расчленяют их по уровням сборочного состава (см. рис. 1.20) с целью разработки последовательностей общей и узловой сборки. После этого для изделия и каждого отдельно собираемого узла выявляют базовые детали (компоненты), определяющие относительное положение входящих в данное изделие (узел) других деталей и узлов.

Общая сборка изделия и сборка узлов (узловая сборка) начинается с установки на сборочном оборудовании базовой детали (компонента), которая должна обладать достаточной точностью относительного

расположения баз и сопрягаемых поверхностей, необходимой устойчивостью, жесткостью и прочностью, а также возможностью выполнения максимального числа сборочных операций без смены баз. После выявления базовых деталей определяют положения, которые они должны занимать на позициях сборки. Положение базовой детали выбирают из условия обеспечения максимального удобства и простоты выполнения операций сборки, которые могут осуществляться при вертикальном, горизонтальном или наклонном положении оси сборки.

При выполнении сборки должна соблюдаться такая последовательность установки, при которой в первую очередь смонтированные детали и узлы не должны мешать установке последующих деталей и узлов. В первую очередь устанавливают детали и узлы, выполняющие наиболее ответственные функции в изделии. При наличии параллельно связанных размерных цепей в изделии следует устанавливать в первую очередь те детали и узлы, размеры поверхностей которых являются общими звеньями и принадлежат большему числу размерных мелей.

Последовательность сборки изделия (узла) может быть разработана в нескольких возможных вариантах. Наиболее рациональный вариант последовательности сборки выбирают на основе проведения расчетов экономической эффективности возможных вариантов. Наиболее целесообразным будет тот вариант последовательности сборки, который обеспечивает минимальную технологическую себестоимость сборки изделия, сокращение цикла сборки и уменьшение объема незавершенного производства.

При разработке последовательности сборки операции формируют с учетом однородности и законченности части процесса сборки, типа производства и темпа сборки. Длительность операций определяют укрупнено по нормативам с последующим уточнением и корректировкой, с обеспечением достаточно высокой загрузки рабочих мест (с коэффициентом загрузки порядка 0,9 - 0,95 и выше).

В серийном производстве при выполнении узловой и общей сборки различных видов изделий периодически сменяемыми партиями длительность и содержание технологических операций должны быть такими, чтобы обеспечивалась высокая загрузка рабочих мест [7]. Для общей сборки партиями различных видов изделий действительный годовой фонд времени рабочих мест (стендов)

$$F_d \geq [(T_{и1}N_1 + T_{и2}N_2 + \dots + T_{ик}N_k) + (T_{пз1} + T_{пз2} + \dots + T_{пzk})p]/n ,$$

где $T_{и1}, T_{и2}, \dots, T_{ик}N_k$ — трудоемкость общей сборки первого, второго, ..., k -го изделия; k — число изделий, собираемых на данном стенде; N_1, N_2, \dots, N_k — годовая программа выпуска первого, второго, ..., k -го изделия; $T_{пз1}, T_{пз2}, \dots, T_{пzk}$ — подготовительно-заключительное время для первого,

второго, .., k -го изделия; p — число партий собираемых изделий в год; n — число сборочных станков. При обеспечении равномерного месячного выпуска изделий ($p = 12$) можно рассчитать по приведенной формуле число сборочных станков. Полученное расчетное значение числа станков округляют до ближайшего большего целого числа n_d , тогда загрузка станка будет определяться отношением $\eta_3 = n/n_d$. Если загрузка станков будет недостаточной, то уменьшают n_d путем сокращения трудоемкости T_u за счет повышения уровня механизации и автоматизации сборки, применения более производительной оснастки и т.п. При недостаточной загрузке станка при $n_d=1$ его следует догрузить дополнительной сборкой других изделий.

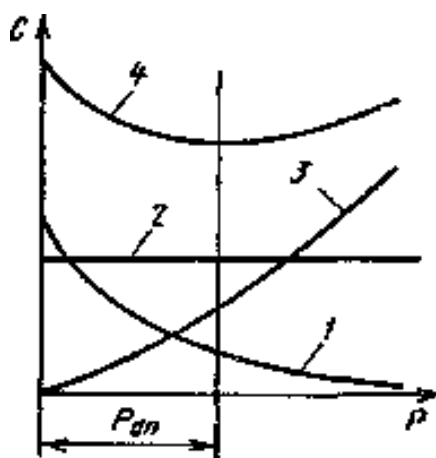


Рис. 4.12. График для определения оптимального размера партии собираемых изделий

Число и размер партий изделий, собираемых при узловой сборке, устанавливается с учетом наименьшей себестоимости сборки и обеспечения комплектности подачи составных частей изделий на общую сборку. Оптимальный размер партии определяют с учетом себестоимости сборки C , затрат на переналадку оборудования и на рост незавершенного производства (рис. 5.4). Линия 2 характеризует себестоимость сборки изделия; линия 1 — затраты на переналадку сборочного оборудования и его простой в процессе выполнения переналадки; линия 3 — затраты в связи с ростом незавершенного производства при увеличении размера партии и затраты на расширение и оборудование производственных площадей для хранения изделий. Оптимальный размер партии $P_{оп}$ определяется суммарной кривой 4 в области своего минимума себестоимости сборки.

Последовательность общей сборки изделия и узловой сборки в наглядной форме представляют в виде технологических схем сборки. Такие схемы отражают структуру и последовательность сборки изделия и его составных частей. На технологических схемах общей (рис. 4.13, а) и






- запрессовать

1 — пусковой рычаг; 2 — резина; 3 — педаль пускового механизма; 4 — пружинная шайба; 5 — специальный винт; 6 — шарик; 7 — пружина

В верхней части прямоугольника указывается наименование элемента; в левой нижней части — номер, проставляемый на сборочных чертежах и в спецификациях, а в правой нижней части — число элементов, устанавливаемых на данной операции. В левой нижней части перед номером для сборочных единиц ставят индекс "Сб." (сборка). Схему строят в порядке выполнения последовательности сборки, которая начинается с введения в процесс базового элемента (детали или составной части изделия), поэтому этот элемент изображают на схеме вначале, а затем в порядке очередности введения в процесс сборки изображают другие детали и узлы. По номеру базового компонента ставят числовой индекс составной части, куда он входит.

Последовательность сборки изображается на схеме горизонтальной (основной) линией, проходящей от базового элемента к собранному изделию (узлу). Над основной линией располагают в порядке последовательности сборки условные обозначения всех собираемых деталей, а под линией — всех составных частей, входящих в изделие (узел).

Пересечение основной линии сборки с линиями отделочных деталей или СЕ отображает отдельную сборочную единицу, выполняемую сборщиком определенной квалификации на соответствующем оборудовании или вручную. Поэтому на схеме сборки соединение деталей и СЕ с базовой деталью изображают определенным знаком. Например, «установить» можно изображать в виде условного знака , резьбовое соединение (завернуть) в виде другого условного знака , запрессовать  и т.д. Условные обозначения соединения можно выбирать самостоятельно. На схеме сборки обязательно дать расшифровку условных обозначений.

4.8. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ

Разработку технологических операций сборки осуществляют на основе полученных данных на предшествующих этапах разработки технологического процесса сборки (такта сборки, типа производства, организационной формы сборки, принятых схем базирования, технологического маршрута сборки, намеченного ранее содержания операций и др.).

При разработке операций уточняют их структуру и содержание и устанавливают рациональную последовательность и возможность выполнения технологических переходов во времени; при этом время выполнения операций увязывается с расчетным действительным тактом сборки. Последнее достигается за счет объединения технологических

переходов в операции таким образом, чтобы сумма времен на выполнение переходов, включенных в операцию, приближалась по значению к действительному такту сборки. Обеспечение наибольшего принижения данных значений достигается за счет переноса некоторых технологических переходов из одной операции в другую, сокращения времени на выполнение операций и др. Время на выполнение операций сокращают за счет повышения уровня автоматизации процесса сборки, совмещения технологических переходов, повышения скорости сборки, уменьшения времени вспомогательных ходов, применения рациональных методов сборки и схем построения операций и т.п.

Сокращения времени на операции и совмещения переходов можно достичь применением соответствующих схем построения сборочных операций. К таким схемам относятся: одноместные и многоместные, в зависимости от числа устанавливаемых изделий на позицию сборки; одноинструментные и многоинструментные, в зависимости от числа одновременно применяемых при сборке инструментов. По последовательности технологических переходов операции могут быть последовательными, параллельными и параллельно-последовательными. При различном сочетании указанных схем образуется комплекс схем построения операций, отличающихся в значительной степени друг от друга по времени выполнения операций и себестоимости сборки. На рис. 4.14 показаны примеры схем построения сборочных операций: одноместных (рис. 4.14, а - в); многоместных (рис. 4.14, г - е); одноинструментных (см. рис. 4.14, а, г); многоинструментных (см. рис. 4.14, б, в, д, е), а также последовательного (см. рис. 4.14, а, г); параллельно-последовательного (см. рис. 4.14, б, д) и параллельного (см. рис. 4.14, б, е) действия.

При разработке технологических операций:

- определяют оптимальные режимы сборки (силы запрессовки, моменты затяжки резьбовых соединений, температуру нагрева и охлаждения компонентов при сборке с термовоздействием и т.п.) и настроечные размеры для наладки оборудования. После принятия схем построения сборочных операций и выполнения расчета режимов сборки определяют требования, предъявляемые к базирующим устройствам, устройствам относительной ориентации, сборочным головкам и другим функциональным элементам сборочного оборудования, а также к оборудованию в целом. При проектировании сложных технологических операций, выполняемых на многопозиционном автоматическом сборочном оборудовании, определяют загрузку оборудования по отдельным позициям и строят циклограммы его работы;

- устанавливают структуру и основные технические характеристики сборочного оборудования: структурную схему, степень автоматизации рабочего цикла, кинематические и динамические характеристики, грузоподъемность, число степеней подвижности, размеры рабочего пространства, мощность привода, систему управления, степень переналаживаемости и др. На основе этих данных определяют соответствующую модель серийно выпускаемого оборудования, при отсутствии такого оборудования разрабатывают техническое задание на его проектирование. При выполнении сборки изделия на автоматизированных линиях определяют структуру и тип линии, схему компоновки линии и возможность стыковки ее с другим технологическим оборудованием и производственными участками, оборудование и транспортную систему, загрузку и надежность работы отдельных позиций, размеры необходимых заделов, вид и число накопителей и др.

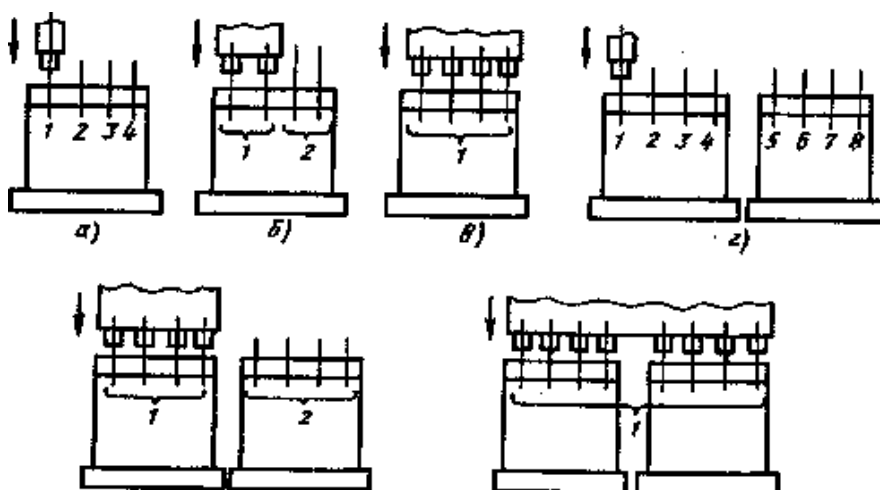


Рис. 4.14. Примеры схем построения сборочных операций

На основе этих данных составляют техническое задание на проектирование линии:

- устанавливают конструкцию и основные параметры оснастки и определяют соответствующий тип серийно выпускаемой стандартной и унифицированной оснастки.
- Составляют техническое задание на конструирование специальной оснастки (приспособлений и инструмента) с указанием схем базирования, способов закрепления, автоматической подачи и ориентации компонентов и др.
- Устанавливают структуру и содержание операций контроля и выбирают средства технологического оснащения процессов технического контроля.

- Определяют тип блокировочных устройств для предупреждения аварийных ситуаций и брака при сборке.
- Выбирают необходимые подъемно-транспортные средства и другое вспомогательное оборудование.

К средствам технологического оснащения сборки относят совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса сборки, включая сборочное, транспортно-загрузочное, вспомогательное и подъемно-транспортное технологическое оборудование, а также технологическую оснастку (приспособления и инструменты).

Выбор варианта технологического оборудования начинают с анализа параметров собираемого изделия, методов и последовательности его сборки и режимов сборочного процесса, на основе которого для возможных вариантов оборудования устанавливают соотношения основных времен, штучных времен, приведенных затрат на выполнение сборки различными методами; при этом лучшим вариантом оборудования является тот, для которого значения данных показателей являются минимальными. Окончательный вариант технологического оборудования выбирают на основе анализа затрат на реализацию технологического процесса сборки в установленный промежуток времени при заданном качестве сборки изделий. Сравнение возможных вариантов оборудования и выбор вариантов основан на использовании технических требований, предъявляемых к изделию; программы выпуска и сроков выполнения сборки изделий, технических возможностей оборудования, затрат на приобретение оборудования и его эксплуатацию, требований техники безопасности и промышленной санитарии. При этом технологическое оборудование выбирают по главным параметрам, в наибольшей степени определяющим его технические возможности (максимальной силе запрессовки, крутящему моменту, размерам рабочей зоны и т.п.).

На выбор сборочного оборудования оказывают влияние конструкция собираемого изделия и его составных частей; их геометрическая форма, размеры и масса; требования, предъявляемые к сборке изделия; такт сборки и программа выпуска собираемых изделий; размеры партий изделий и число запусков, режимы процесса сборки и другие факторы. При определении вида и конструкции автоматического сборочного оборудования обосновывают выбор его составляющих элементов: загрузочных устройств, сборочных головок, базирующих устройств и устройств относительной ориентации компонентов на позициях сборки, устройств контроля, вспомогательных и транспортных устройств, устройств управления.

Средства (устройства) контроля выбирают на основе обеспечения заданных показателей процесса контроля (точности измерений; достоверности, трудоемкости и стоимости контроля и др.) и анализа затрат на выполнение контроля в установленный промежуток времени при заданном качестве сборки изделия в такой последовательности: выявляют контролируемые параметры и характеристики собираемого изделия и процесса сборки и определяют показатели процесса контроля для выбора средств контроля; устанавливают состав средств контроля, использование которых обеспечивает заданные показатели процесса контроля без нарушения протекания технологического процесса сборки изделия; экономически обосновывают выбор средств контроля; для специальных средств контроля определяют исходные данные для их проектирования и разрабатывают технические задания на проектирование новых конструкций средств контроля; по результатам выбора средств контроля оформляют соответствующую технологическую документацию.

При проведении анализа и обосновании выбора средств контроля учитывают конструктивные особенности собираемого изделия (конфигурацию, доступность, размеры и т.п.); виды контролируемых параметров (геометрический размер, физический параметр, относительное расположение поверхностей и т.п.); допустимые погрешности намерения; наличие измерительных баз; повреждаемость (деформируемость) при контроле; производительность контроля и т. д.

Конструкцию технологической оснастки определяют на основе анализа затрат на выполнение технологического процесса сборки с установленным тактом сборки при заданном качестве собираемых изделий. После проведения такого анализа выбирают наиболее экономичную оснастку соответствующего уровня механизации и автоматизации, а также степени специализации и переналаживаемости (рис. 4.15).

По уровню механизации и автоматизации оснастку делят на немеханизированную, механизированную и автоматизированную. Немеханизированная оснастка имеет ручной привод; механизированная механизированный, кинематически не связанный с оборудованием; автоматизированная (работающая в автоматическом режиме) — механизированный, кинематически связанный с оборудованием. По степени специализации оснастка бывает универсальная, специализированная и специальная. Универсальную оснастку (многоцелевую, переналаживаемую) применяют для сборки деталей широкой номенклатуры и различных размеров; специализированную (узкоцелевую, ограниченно переналаживаемую) применяют для сборки деталей в пределах определенной номенклатуры и размеров; специальную

— для выполнения одной или нескольких определенных сборочных операций, представляющую собой непереналаживаемую оснастку одноцелевого назначения. Оснастка бывает непереналаживаемая и переналаживаемая, которая за счет проведения соответствующих наладок может быть использована для выполнения различных сборочных операций. По назначению технологическую оснастку, применяемую при сборке, подразделяют на приспособления и инструмент. Сборочные приспособления, предназначенные для установки или ориентации собираемых компонентов или (и) инструмента, выполняют в виде базирующих устройств или устройств относительной ориентации собираемых компонентов на позиции сборки. Эти устройства могут быть одноместными — для установки одного компонента и многоместными для одновременной установки нескольких компонентов.

Сборочные инструменты предназначены для воздействия на собираемые компоненты с целью обеспечения их сборки. Применяют одношпиндельный и многошпиндельный инструмент, который делят на ручной, ручной механизированный (ручные машины), ручной механизированный с автоматической подачей деталей и инструмент для установки в сборочное оборудование.

Технологическую оснастку выбирают на основе выполнения комплекса работ, включающих: проведение анализа конструктивных характеристик собираемого изделия (габаритные размеры, точность и т.д.), а также технологических и организационных условий сборки изделия (вид сборочной операции, схема базирования, организационная, форма сборки и т.д.); группирование сборочных операций с целью in пользования наиболее рациональной системы технологической оснастки; установление исходных требований к оснастке и отбор конструкций, соответствующих установленным требованиям, из имеющейся номенклатуры оснастки; определение необходимых исходных расчетных данных и разработка технических заданий на разработку и изготовление новых конструкций оснастки.

Конструкцию оснастки определяют с учетом имеющихся стандартных и типовых решений для данного вида сборочных операций на основе: габаритных размеров и вида собираемого компонента; точности его параметров и конструктивных характеристик поверхностей, оказывающих влияние на конструкцию оснастки; технологических схем базирования и характеристик оборудования; объемов выпуска собираемых изделий и т.п. [7].

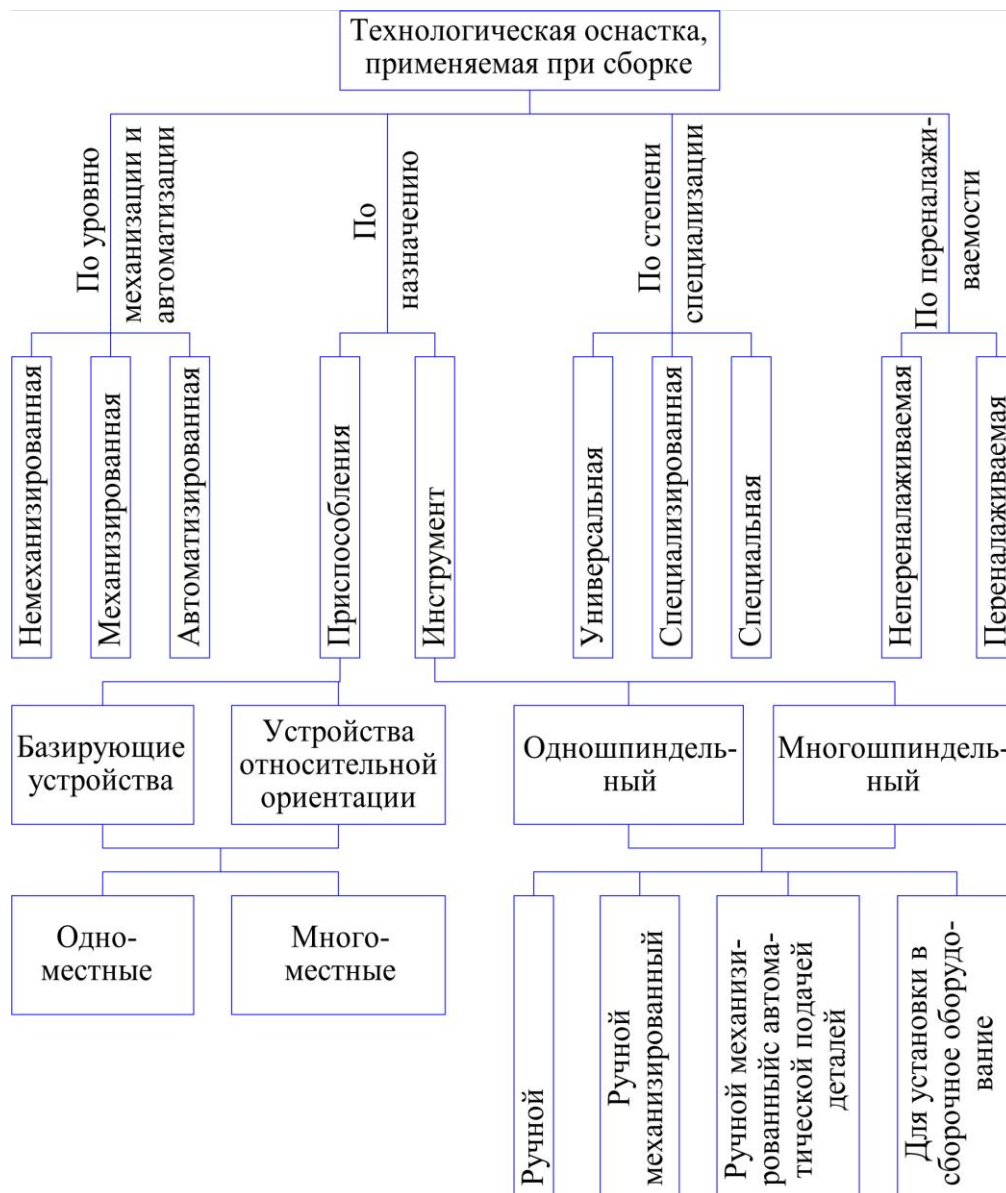


Рис. 4.15. Классификация технологической оснастки, применяемой при сборке

4.9. НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

На основе нормирования сборочных работ определяют трудоемкость сборки и требуемое оборудование, рассчитывают загрузку и производительность оборудования и рабочих мест, устанавливают расценки, осуществляют календарное планирование производства.

К основным нормам труда относят нормы времени, обслуживания, выработки и численности. Норма времени (трудоемкость операции) $H_{выр}$ устанавливает необходимые затраты времени на выполнение производственной операции. Разновидностью нормы времени обслуживания является время, необходимое для обслуживания единицы

оборудования. Норма выработки $H_{\text{выр}}$ представляет собой задание в натуральных единицах рабочему на определенный период (обычно смену):

$$H_{\text{выр}} = T_p / H_{\text{нв}},$$

где T_p — продолжительность периода времени, на который задана норма выработки. Норма численности определяет численность работников, необходимую для выполнения определенного объема работ. Норма обслуживания представляет собой число производственных объектов (станков, рабочих мест), закрепляемых за одним рабочим или бригадой рабочих. Нормированное задание — совокупность работ, которые должны быть выполнены за установленный период (смену, месяц).

Технически обоснованной нормой времени является регламентированное время выполнения технологической операции в определенных организационно-технических условиях, наиболее благоприятных для данного производства. Эту норму устанавливают в соответствии с эксплуатационными возможностями средств технологического оснащения и методами работы, соответствующими современным достижениям техники и производства.

Время нормируют по операциям, представляющим собой законченные части технологического процесса, выполняемые на одном рабочем месте (позиции). Норма времени, задаваемая на изготовление (сборку) одной штуки детали (изделия) при выполнении операции, определяется нормой штучного времени, которое представляет отношение времени выполнения технологической операции к числу деталей (изделий), одновременно изготавливаемых (собираемых) на одном рабочем месте.

Затраты времени изучают путем фотографии рабочего времени и хронометража. С помощью фотографии рабочего времени изучают и фиксируют все затраты рабочего (оперативного) времени, возникающие на рабочем месте в течение смены или части смены. При проведении хронометража исследуют и фиксируют по текущему времени затраты на все приемы, входящие в операцию (сплошной хронометраж), или изучают отдельные трудовые приемы вне связи с другими элементами операции (выборочный хронометраж).

При нормировании труда используют аналитический и опытно-статистический методы установления норм. При аналитическом методе нормы устанавливают на основе изучения и анализа способов и приемов выполнения операций, организации и условий труда на рабочем месте, уровня механизации труда и эффективности использования оборудования. При установлении нормы времени по этому методу операцию расчленяют на составляющие элементы и выявляют факторы, влияющие на время их выполнения, после чего определяют продолжительность отдельных

элементов и операции в целом. При этом в зависимости от способа определения затрат применяют аналитически исследовательский или аналитически-расчетный методы установления норм, являющиеся разновидностью аналитического метода. При аналитически-исследовательском методе затраты времени на операцию определяют измерением затрат времени путем наблюдения непосредственно на рабочих местах, а при аналитически-расчетном методе затраты времени рассчитывают по нормативам режимов работы оборудования и времени, а также по соответствующим формулам. При опытно-статистическом методе нормы времени определяют приближенно на основе опыта нормирования аналогичных операций и процессов по отдельным видам работ; этот метод обычно применяют при шпичичном изготовлении продукции.

Методы определения норм времени выбирают с учетом серийности производства. При массовом и крупносерийном производстве нормы времени устанавливают методом расчета по нормативам в сочетании с проведением экспериментальных исследований на рабочих местах. При серийном производстве нормы обычно определяют по нормативам режимов работы оборудования и времени. В условиях единичного и мелкосерийного производства применяют методы укрупненного нормирования на уровне укрупненных трудовых приемов или операций в целом.

При использовании аналитически-расчетного метода штучное время для неавтоматизированного производства

$$t_{шт} = t_o + t_{\text{в}} + t_{об} + t_n ,$$

где t_o — основное (технологическое) время;

$t_{\text{в}}$ — вспомогательное время;

$t_{об}$ — время обслуживания рабочего места;

t_n — время перерывов в работе.

Основное (технологическое) время учитывает время, связанное с изменением состояния собираемого объекта в процессе сборки. Оно затрачивается на осуществление непосредственного процесса соединения и закрепление, собираемых компонентов при выполнении сборочных операций. Это время, как и вспомогательное, может быть ручным, машинно-ручным и машинным (автоматическим).

Вспомогательное время затрачивается на осуществление следующих действий, связанных с выполнением основной работы: установку, закрепление и снятие собираемых компонентов; управление оборудованием; подвод и отвод исполнительных органов; измерение выдерживаемых при сборке параметров и т.п. Сумма основного и

неперекрываемого им вспомогательного времени является оперативным временем

$$t_{on} = t_o + t_{\epsilon}.$$

Время обслуживания рабочего места учитывает затраты времени: на подготовку рабочего места к началу работы, смазывание и чистку оборудования и оснастки, а также на подналадку их в процессе выполнения работы, на смену инструмента, уборку рабочего места в конце смены и т.п. Это время, так же как и время перерывов в работе, задается по нормативам в процентах от оперативного времени.

Время перерывов в работе отводится на отдых и личные надобности рабочего, а также на организационно-технические мероприятия.

Штучное время

$$t_{ui} = t_{on} + (\beta + \gamma)/100 ,$$

где β и γ — коэффициенты, определяющие в процентах от оперативного времени время на обслуживание рабочего места и время перерывов в работе. Значения коэффициентов β и γ выбирают по нормативам в зависимости от условий выполнения операций. Для массового производства трудоемкость сборки изделия T_u определяется суммой штучных времен по всем операциям сборки изделия

$$T_u = \sum_{i=1}^{n_0} t_{ui} ,$$

где n_0 — общее число операций, выполняемых при сборке изделия.

При сборке изделий партиями в серийном производстве дополнительно затрачивается подготовительно-заключительное время $T_{n.з}$ на подготовку к сборке каждой партии изделий. Это время затрачивается сборщиком на ознакомление с чертежом собираемого изделия, подготовку и наладку оборудования, приспособлений и инструмента и т.п. Время $T_{n.з}$ зависит от вида и сложности выполняемой сборки, степени сложности наладки средств технологического оснащения и не зависит от размера партии; $T_{n.з}$ определяют по нормативам.

Норма времени (трудоемкость) сборки заданной партии изделий определяется по формуле

$$T_{un} = T_{nз} + n_n \sum_{i=1}^{n_0} t_{ui} ,$$

где n_n — число изделий в партии, шт. Норма времени, затрачиваемая на сборку одной штуки изделия (узла) при выполнении операции и серийном производстве, определяется штучно-калькуляционным временем

$$t_{u.к} = t_{ui} + T_{nз} / n_n .$$

Для серийного производства трудоемкость сборки изделия T_u определяется суммой всех штучно-калькуляционных времен по всем операциям сборки изделия:

$$T_u = \sum_{i=1}^{n_0} t_{ui}.$$

Норма времени (трудоемкость) сборочной операции при применении механизированных поточных линий

$$t_{co} = t_{co} + t_{mp} + t_{cx},$$

где $t_{mp} = t_{mp.m} + t_{mp.p}$ — время межоперационного транспортирования собираемого изделия ($t_{mp.m}$ — время механического транспортирования собираемого изделия, с одной операции на другую; $t_{mp.p}$ — время, затрачиваемое рабочим на съем и возврат собираемого объекта на несущий орган конвейера; t_{cx} — время, характеризующее точность синхронизации выполнения сборочной операции).

При применении автоматизированного оборудования штучное время обычно определяют без учета составляющих $t_{об}$, и t_n . При этом вспомогательное время сводится к минимуму за счет повышения скоростей перемещения исполнительных органов и совмещения этих движений с выполнением основного процесса.

При заданном рабочем цикле T_u (мин) автомата или полуавтомата его производительность

$$Q = 1/T_u = 1/t_{on} = 1/(t_o + t_g),$$

где t_g — цикловые потери. Для повышения производительности сборочного оборудования эти потери сводят к минимуму. Технологическая производительность сборочного оборудования

$$Q_T = 1/(t_o + t_g + t_u),$$

где t_u — внецикловые потери, учитывающие затраты времени на наладку оборудования, смену и подналадку оснастки и др. Значение t_u определяют и относят ко времени одного цикла.

После расчета трудоемкости сборки изделия определяют число рабочих. Потребное число оборудования определяют по станкоемкости, под которой понимают время работы технологического оборудования в станкочасах, затрачиваемое на выполнение технологического процесса изготовления (сборки) одного изделия.

В единичном и мелкосерийном производствах с целью сокращения сроков технологической подготовки производства для сборки большой номенклатуры различных по конструкции изделия применяют методы определения приближенной трудоемкости сборки изделий. Для этого изделия распределяют на группы по конструктивно-технологическому

подобно и в каждой группе выбирают типовое изделие-представитель, для которого разрабатывают подробный технологический процесс и определяют трудоемкость сборки путем технического нормирования. В качестве типового изделия-представителя обычно выбирают наиболее сложное по конструкции изделие с наибольшей трудоемкостью сборки. Трудоемкость сборки остальных изделий определяется по трудоемкости сборки изделия-представителя с учетом различия их массы, программы выпуска, сложности сборки и других факторов, учитываемых соответствующими коэффициентами. Общий коэффициент приведения

$$K_n = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_d,$$

где K_1 — коэффициент приведения по массе сопоставляемых изделий;

K_2 — коэффициент приведения по серийности выпуска сопоставляемых изделий;

K_3 — коэффициент приведения по сложности выполнения сборки сопоставляемых изделий;

K_d — коэффициент приведения, учитывающий другие факторы.

Тогда трудоемкость любого изделия, входящего в группу, определяется по формуле

$$T_{up_i} = T_{unp} \cdot K_{np_i},$$

где T_{up_i} — трудоемкость i -го изделия, входящего в группу p ;

T_{unp} — трудоемкость типового изделия — представителя группы p ;

K_{np_i} — коэффициент приведения i -го изделия, входящего в группу p .

Число единиц технологического оборудования $Q_{сб}$, при непоточной сборке определяют по трудоемкости выполнения операции данного вида

$$Q_{сб} = T_{сб} / F_d,$$

где $T_{сб}$ — годовая трудоемкость выполнения операций на оборудовании данного типа, ч;

F_d — действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Расчет выполняют по всем видам оборудования. При поточной сборке с заданным тактом сборки T число единиц оборудования определяют для каждой операции технологического процесса

$$Q_{сб} = t_m / T.$$

Необходимое число механизированного сборочного инструмента определяют по технологическому процессу сборки с учетом числа рабочих мест. При конвейерной сборке определяют длину

$$L_K = K_p l \text{ и скорость } v_K = l / T \text{ конвейера,}$$

где K_p — число рабочих мест;

l — расстояние между рабочими местами.

Число производственных рабочих на участке (в цехе)

$$P_n = T_{\Sigma} / F_{dp},$$

где T_{Σ} — годовая трудоемкость сборочных работ, выполняемых на участке (в цехе);

$F_{\partial p}$ — действительный годовой фонд времени работы рабочего. При поточной сборке число производственных рабочих определяют отдельно для каждой технологической операции

$$P_{co} = t_{ui} / T.$$

Окончательное число производственных рабочих на поточной линии уточняют в процессе синхронизации операций и планировки рабочих мест. Полученное число производственных рабочих на конвейере увеличивают на 2 - 5 % для обеспечения замены временно отлучающихся рабочих с линии.

4.10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Требования определяют путем разработки новых или выбора имеющихся требований техники безопасности и производственной санитарии к условиям сборочного производства (шуму, вибрации, опасным и вредным веществам в воздухе зоне рабочих мест и т.п.). Разрабатывают требования к устойчивости экологической среды и средства обеспечения.

4.11. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

Разработанный технологический процесс сборки должен полностью обеспечивать сборку необходимого числа и заданного качества изделий в соответствии с конструкторской документацией на него с минимальными затратами труда и издержками производства. Реализация технологического процесса должна осуществляться с наиболее полным использованием технологических возможностей средств технологического оснащения и наименьшей себестоимостью изделий. При сопоставлении нескольких возможных вариантов технологического процесса выбирают наиболее рентабельный и производительный вариант. При разной рентабельности и производительности сравниваемых вариантов технологического процесса выбирают наиболее рентабельный вариант, обеспечивающий заданную производительность сборки.

Различные возможные варианты спроектированных технологических процессов сборки оценивают с помощью абсолютных и относительных критериев [7]. К абсолютным критериям относят: трудоемкость технологического процесса сборки; технологическую себестоимость выполнения сборки; длительность цикла сборки партии изделий; число

единиц сборочного оборудования; число сборщиков; энерговооруженность сборщиков. К относительным критериям относят коэффициенты: себестоимости сборки; загрузки рабочих мест и линии; расчлененности сборочного процесса; совершенства сборочного процесса; уровня механизации и автоматизации процесса сборки; уровня автоматизации процесса сборки; мобильности оборудования; применимости типовых элементов сборочного оборудования.

При сравнении технологических процессов сборки по трудоемкости определяют трудоемкость T_u сборки изделия для сравниваемых вариантов:

$$T_u = \sum_{i=1}^{n_0} t_{ui} - \text{для массового производства,}$$

$$T_u = \sum_{i=1}^{n_0} t_{u.ki} - \text{для серийного производства.}$$

При сравнении вариантов по технологической себестоимости определяют технологическую себестоимость сборки одного изделия

$$C_{сб} = C_{эп} + C_{эн} + C_{об} + C_{ос},$$

где $C_{эп}$ и $C_{эн}$ — заработная плата соответственно рабочих и наладчиков с начислениями;

$C_{об}$ и $C_{ос}$ — расходы, связанные с эксплуатацией и амортизацией соответственно оборудования и оснастки.

Заработная плата рабочих

$$C_{эп} = \sum t_{u.c} z_c + t_{u.n} z_n + t_{u.p} z_p ,$$

где $t_{u.c}$, $t_{u.n}$, $t_{u.p}$ — штучное время сборки, пригонки и регулирования;
 z_c , z_n , z_p — минутная заработная плата рабочего при выполнении сборки, пригонки и регулирования;

n_o — число операций технологического процесса сборки.

Заработная плата наладчиков

$$C_{эн} = \sum_1^{n_o'} T_{n.з}' z_n ,$$

где $T_{n.з}'$ — подготовительно-заключительное время, отнесенное к одному изделию на одну операцию;

z_n — минутная заработная плата наладчика;

n_o' — число переналаживаемых сборочных операций.

Расходы, связанные с эксплуатацией и амортизацией оборудования

$$C_{об} = \sum_1^{n_o''} S_m t_u ,$$

где $n_o^{//}$ — число единиц сборочного оборудования;

$$S_m = S_a + S_p + S_{\varepsilon} + S_{a.\varepsilon} + S_{в.м}$$

— стоимость одной минуты работы сборочного оборудования;

где S_a — расходы по амортизации сборочного оборудования;

S_p — затраты на ремонт оборудования;

S_{ε} — расходы на электроэнергию (сжатый воздух);

$S_{a.\varepsilon}$ — расходы по амортизации здания, отнесенные к производственной площади, занимаемой оборудованием;

$S_{в.м}$ — расходы на вспомогательные материалы.

Расходы на амортизацию оборудования

$$S_a = S_{об} a / F,$$

где $S_{об}$ — балансовая стоимость оборудования, руб;

a — доля амортизационных отчислений, %;

F — годовой фонд времени работы оборудования.

Затраты на ремонт оборудования

$$S_p = \sum_1^{n_o^{//}} K_n C_m R_m t_{um},$$

где K_n — коэффициент, учитывающий тип производства ($K_n = 0,9$; 1 и 1,2 — соответственно для единичного, серийного и массового производства);

C_m — затраты на выполнение малых ремонтов, осмотров и межремонтного обслуживания оборудования первой категории сложности, руб;

R_m — категория сложности ремонта оборудования.

Расходы на электроэнергию

$$S_{\varepsilon} = \sum_1^{n_o^{//}} N_y \alpha \beta S_{\varepsilon ч} t_{um} / 60$$

и сжатый воздух

$$S'_{\varepsilon} = \sum_1^{n_o^{//}} r_{\varepsilon} S_{\varepsilon} t_o / 60,$$

где N_y — установленная мощность электродвигателей, кВт;

α и β — коэффициенты использования установленной мощности

по времени и значению ($\alpha \beta = 0,5 \dots 0,9$);

$S_{\varepsilon ч}$ — стоимость 1 кВт*ч электроэнергии;

r_{ε} — среднечасовой расход воздуха, м³;

$S_{\varepsilon з}$ — стоимость 1 м³ воздуха, руб.

Расходы по амортизации здания

$$S_{az} = \sum_1^{n_o''} S_{\text{з}} a_z F_{об} / F_{зд} ,$$

где $S_{\text{з}}$ — стоимость цехового здания;

a_z — доля амортизационных отчислений, %;

$F_{об}$ — площадь, занимаемая одной единицей сборочного оборудования;

$F_{зд}$ — площадь здания цеха.

Расходы на вспомогательные материалы

$$S_{в.м} = \sum_1^{n_o''} D_z t_{из} / 60F ,$$

где D_z — расходы на вспомогательные материалы на единицу сборочного оборудования в год, руб.

Расходы, связанные с эксплуатацией и амортизацией оснастки

$$C_{oc} = 100(K_a + K_{\text{э}})S_o/N_z ,$$

где K_a и $K_{\text{э}}$ — коэффициенты амортизации и эксплуатации оснастки (K_a — 0,2...0,5; $K_{\text{э}} = 0,2$);

S_o — стоимость всей сборочной оснастки, руб.,

N_z — годовой выпуск изделий.

При сравнении по длительности цикла сборки для серийного непоточного производства определяют длительность цикла сборки $T_{\text{ц}}$ партии изделий из n_n штук при последовательной их передаче

$$T_{\text{ц}} = \sum_1^{n_o} t_{из} n_n + T_x K_z + T_n (2K_z + 1) ,$$

где n_o — число операций сборки данного изделия;

T_x — время хранения партии изделий на промежуточном складе;

K_z — число завозов изделий на промежуточный склад;

T_n — время одной перевозки партии изделий от рабочего места к складу;

величина $K_z + 1$ учитывает перевозку туда и обратно и одну перевозку изделий на склад готовой продукции.

При поточной сборке длительность цикла $T_{\text{ц}}$ определяется по n_o , n_n и темпом сборки T .

Коэффициент себестоимости сборки

$$K_{сб} = C_{сб} / C_{из} ,$$

где $C_{сб}$ и $C_{из}$ — себестоимость сборки и полная себестоимость изготовления изделия.

Коэффициенты загрузки рабочих мест $\eta_{з.р} = \eta_{р.р} / \eta_{н.р} ,$

$$\text{поточной линии } \eta_{з.л} = \sum_1^{n_n} \eta_{з.р} / \eta_{л},$$

где $\eta_{р.р}$ и $\eta_{н.р}$ — расчетное и принятое число рабочих мест на данной операции;

$n_{л}$ — число рабочих мест в линии.

Коэффициент расчлененности сборочного процесса

$$K_{р.ч} = T_{у.з} / T_u,$$

где $T_{у.з}$ — суммарная трудоемкость узловой сборки;

T_u — общая трудоемкость сборки изделия.

Коэффициент совершенства сборочного процесса изделия

$$K_{сс} = (T_u - T_{пр}) / T_u,$$

где $T_{пр}$ — трудоемкость пригоночных работ, разборки и повторной сборки изделия.

Коэффициент уровня механизации и автоматизации процесса сборки

$$K_{м.а} = (T_{мх} + T_{ав}) / T_u,$$

где $T_{мх}$ и $T_{ав}$ — длительность сборки изделия на механизированных и автоматизированных операциях. Коэффициент уровня автоматизации процесса сборки

$$K_{ав} = T_{ав} / T_u.$$

Коэффициент мобильности оборудования $K_{мб}$ характеризует быстроту его перестройки (переналадки) на сборку другой партии изделий и определяется

$$K_{мб} = 1 / (1 + \Pi_{ц} \sum_{i=1}^{n_n} t_{нpi} / n_{п}),$$

где $t_{нpi}$ — средняя длительность переналадки i -го функционального элемента оборудования, мин;

n_n — число функциональных элементов оборудования, переналадка которых не совмещена во времени;

$\Pi_{ц}$ — цикловая производительность оборудования;

$n_{п}$ — число изделий в партии.

Коэффициент применяемости типовых элементов сборочного оборудования

$$K_{мэ} = n_{м.э} / n_{э.о},$$

где $n_{м.э}$ и $n_{э.о}$ — число типовых и общее число функциональных элементов, входящих в состав сборочного оборудования.

4.12. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ПРОЦЕССЫ СБОРКИ

Составление технологической документации зависит от следующих стадий разработки конструкторской документации: эскизный проект, технический проект, рабочая конструкторская документация.

К стадиям разработки рабочей технологической документации относят предварительный проект и документацию на опытный образец (опытную партию) для серийного (массового) производства. Предварительный проект включает технологическую документацию на изготовление и испытание макета изделия и (или) его составных частей. На стадии разработки документации на опытный образец (опытную партию) разрабатывают технологическую документацию на изготовление и испытание опытного образца (опытной партии) с учетом результатов изготовления и проведения предварительных и приемочных испытаний, а также результатов повторного изготовления и приемочных испытаний опытного образца (опытной партии). На стадии разработки документации для серийного (массового) производства разрабатывают технологическую документацию на изготовление и испытание изделий серийного (массового производства).

Технологическую документацию на стадиях предварительного проекта и опытного образца (опытной партии) разрабатывают в маршрутном и (или) маршрутно-операционном описании, а на стадии разработки документации для серийного (массового) производства — в операционном описании, допускается разработка технологической документации в маршрутно-операционном описании при условии ее применения в мелкосерийном производстве.

По назначению технологические документы подразделяют на основные и вспомогательные. К основным относят документы, полностью и однозначно определяющие содержание технологического процесса, а также содержащие информацию для решения инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач. К вспомогательным относят документы, применяемые в качестве сопутствующих при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов (например, карты заказов на проектирование приспособлений и инструментов, акты проведения испытаний и т.п.). К технологическим документам общего назначения относят документы, не зависящие от применяемых технологических методов сборки (изготовления), например карта эскизов, технологическая инструкция.

К технологическим документам специального назначения относят документы, используемые при описании технологических процессов и операций в зависимости от применяемых технологических методов

сборки (изготовления) и типа (вида) производства, например маршрутная карта, карта технологического процесса, операционная карта, комплектовочная карта, ведомости оснастки и оборудования, ведомость сборки изделия, карта типового (группового) технологического процесса, карта типовой (групповой) операции и др.

Маршрутная карта является обязательным документом: она предназначена для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса сборки или указания полного состава технологических операций (при операционном описании), включая контроль и межоперационные перемещения по всем операциям, описание различных технологических методов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.

Карта технологического процесса предназначена для операционного описания технологического процесса сборки в технологической последовательности по всем операциям с указанием переходов, технологических режимов в данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

Операционная карта предназначена для описания технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Эту карту применяют при разработке единичных технологических процессов сборки; при этом такие карты разрабатывают по всем операциям.

Карта типового (группового) технологического процесса предназначена для описания типового (группового) технологического процесса сборки в технологической последовательности с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затрат. Эту карту применяют совместно с ведомостью сборки изделия.

Ведомость сборки изделия предназначена для указания состава деталей и сборочных единиц для сборки изделия, их применяемости и численного состава и ступеней входимости.

Карта типовой (групповой операции) предназначена для описания типовой (групповой) технологической операции сборки с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах сборки. Эту карту применяют совместно с ведомостью деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции) сборки, которая предназначена для указания состава деталей (сборочных единиц, изделий), собираемых по типовому (групповому) технологическому

процессу (операции) сборки, и данных о средствах технологического оснащения, материале, режимах обработки и трудозатратах.

Комплектовочная карта предназначена для указания данных о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия.

Ведомости оборудования и оснастки предназначены для указания применяемых соответственно оборудования и технологической оснастки при выполнении технологического процесса сборки.

Карта эскизов — графический документ, содержащий эскизы, схемы, таблицы, предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса сборки, операции или перехода.

Технологическая инструкция представляет документ, предназначенный для описания технологических процессов сборки, методов и приемов, повторяющихся при сборке модели» (составных частей изделий), правил эксплуатации средств технологического оснащения. Эту инструкцию применяют в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации.

В состав технологической документации также входят чертежи общих видов сборочного оборудования и его механизмов и агрегатов, технологические схемы общей и узловой сборки, рабочие чертежи собираемого изделия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Этапы разработки технологических процессов сборки машин.
2. Анализ исходных данных.
3. Определение типа производства.
4. Выбор организационной формы сборки.
5. Технологичность конструкции изделия.
6. Виды ТКИ.
7. Обработка конструкции изделия на технологичность.
8. Требования к ТКИ.
9. Технологичность конструкций СЕ.
10. Требования к ТКИ и СЕ.
11. Технологичность конструкций соединений.
12. Требования к технологичности конструкций соединений.
13. Разновидности соединений.
14. За счет чего достигается повышение технологичности конструкций соединений.
15. Повышение технологичности резьбовых соединений.
16. Повышение технологичности клепанных соединений.
17. Повышение технологичности сварных соединений.

18. Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса сборки.
19. Этапы типизации сборки сборочных ТП.
20. Сущность и преимущества групповой технологии.
21. Этапы проектирования групповой технологии сборки.
22. Размерный анализ конструкции изделия.
23. Составление технологического маршрута сборки изделия.
24. Принципы разбивки машины на СЕ.
25. Определение оптимального размера партии собираемых изделий.
26. Технологическая схема сборки.
27. Разработка технологических операций сборки.
28. Технологическая оснастка.
29. Нормирование технологического процесса.
30. Норма времени.
31. Норма обслуживания.
32. Норма выработки.
33. Норма численности.
34. Штучное время для неавтоматизированного производства.
35. Норма времени (трудоемкость) сборки партии изделия.
36. Штучно-калькуляционное время.
37. Трудоемкость сборки изделия для серийного производства.
38. Норма времени (трудоемкость) сборочной операции при применении механизированных поточных машин.
39. Штучное время для автоматизированного производства.
40. Количество технологического оборудования при непоточной сборке.
41. Количество технологического оборудования при поточной сборке.
42. Число производственных рабочих на участке.
43. Требования техники безопасности.
44. Оценка экономической эффективности технологических процессов сборки.
45. Технологическая документация на процессы сборки.

5. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

5.1. СБОРКА НЕПОДВИЖНЫХ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

5.1.1. Сборка резьбовых соединений

Резьбовые соединения в конструкции машин составляют 15-20% от общего числа соединений. Процесс сборки резьбового соединения состоит из следующих элементов: подачи деталей, установки их и предварительного ввертывания (навинчивания или наживления), подвода и установки инструмента, завинчивания, затяжки, отвода инструмента, дотяжки, шплинтовки или выполнения иного процесса, необходимого для предохранения от самоотвинчивания, в случае автоматической сборки предварительное ввертывание часто производят вручную. Это объясняется тем, что от качества наживления зависит правильная первоначальная установка одной детали по другой, а также возможность исключения срывов первых ниток резьбы, что нередко приводит к порче дорогостоящих корпусных деталей.

При механическом наживлении ввертываемая деталь должна быть подведена к резьбовому отверстию до совпадения осей, затем необходимо создать осевое усилие для прижатия этой детали к кромке отверстия и после этого сообщить детали вращательное движение с определенной скоростью ω , величина которой обратно пропорциональна диаметру резьбы.

Угловая скорость вращения детали [20];

$$\omega = \frac{2\Delta}{d_{CP}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{m}{c} \arccos(1 - \frac{\Delta \cdot \operatorname{tg} \alpha}{H})}},$$

где Δ – зазор по среднему диаметру резьбы;

d_{CP} – средний диаметр резьбы;

m – масса детали и связанных с ней частей шпинделя;

c – жесткость пружины, создающей осевое усилие;

H – величина предварительного сжатия пружины;

α – угол наклона резьбы.

Момент, требуемый для наживления:

$$M_{KP_H} = \frac{d_{cp}}{2} \cdot c \cdot (H - z \pi d_{CP} \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \operatorname{tg}(\rho - a),$$

где z — число начальных витков (2-3);

$\operatorname{tg} \rho = \mu$ — коэффициент трения.

Собираемость винтовых или болтовых соединений зависит от точности или достаточности зазоров между винтом (болтом) и соответствующими поверхностями скрепляемых деталей. Это определяется путем расчета соответствующих размерных цепей.

Постановка шпилек

Неподвижность шпильки, ввинченной в корпус, достигается натягом, создаваемым обычно одним из трех способов: коническим сбегом резьбы, упорным буртом или тугой резьбой с натягом по среднему диаметру.

Существуют для метрической резьбы шесть посадок с натягом, из которых четыре посадки должны осуществляться с сортировкой наружной и внутренней резьбы на группы по среднему диаметру.

Крутящий момент, необходимый для завинчивания шпильки в корпус, зависит от натяга, размеров и состояния резьбы. Его можно рассчитать по формуле [2]:

$$M_{KP} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta}{d_{CP}} \mu \pi n (d_0^2 - d_1^2) \frac{d_{CP}}{\cos \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{1}{\frac{1-\nu_1}{E_1} + \frac{1-\nu_2}{E_2}},$$

где n — число витков;

Δ — эффективный натяг по среднему диаметру резьбы;

E_1 и E_2 , — модули упругости материала шпильки и корпуса;

ν_1 и ν_2 , — коэффициенты Пуассона материала шпильки и корпуса;

μ — коэффициент трения.

Для метрической резьбы эта формула упрощается [20]:

$$M_{KP} = 3,1 \cdot \Delta \cdot \mu \cdot l \cdot d_0 \frac{E_2}{1,3 + 0,7 \frac{E_2}{E_1}},$$

Коэффициент трения при стальной шпильке можно принять равным 0,1...0,2 — для стального корпуса; 0,07...0,15 — для чугуна; 0,04...0,1 — для корпуса из алюминиевого сплава или бронзы.

Уменьшению трения при завинчивании шпилек, а в связи с этим и выделения тепла способствует смазка резьбы. Применяют масла с графитом (до 25%) или с присадками порошкообразного цинка, меди, свинца, MoS_2 . При хорошо подобранной смазке момент завинчивания может быть уменьшен на 35-40% по сравнению со сборкой без смазки резьбы. Избыток смазки при ввинчивании шпильки в глухое отверстие

недопустим, так как при этом может возникнуть гидростатическое давление смазки, искажающее величину момента завинчивания, а в некоторых случаях и приводящее к разрыву базовой детали.

При постановке шпилек следует учитывать следующие требования:

- шпилька должна иметь достаточно плотную посадку в корпусе, чтобы при свинчивании даже туго посаженной гайки она не вывинчивалась;
- если неподвижность шпильки обеспечивается натягом по среднему диаметру резьбы, то ее при постановке недовертывают до начала сбег резьбы на угол, несколько больший, чем требуется для затяжки гайки, навинчиваемой на эту шпильку;
- ось шпильки должна быть перпендикулярна поверхности детали, в которую ввернута шпилька. Отклонение от перпендикулярности вызывает значительные дополнительные напряжения в резьбе шпильки и часто может быть причиной обрыва ее при работе в машине.

Для предотвращения резьбы от повреждения на выступающие концы установленных шпилек в процессе сборки необходимо надевать колпачки или, в крайнем случае, сразу же навинчивать гайки.

Для ввертывания шпилек вручную применяют инструмент, являющийся по существу гайкой, которую навинчивают на свободный конец шпильки и тем или иным способом стопорят на ней.

При завинчивании шпилек механизированным инструментом для удержания их используют головки, принцип действия которых также основан на захвате шпильки либо за резьбу, либо за цилиндрическую часть.

Основные погрешности постановки шпилек и способы их устранения:

- перекося шпильки. Подгибать (выпрямлять) запрещается. Ее надо осторожно вывернуть. Если перекося невелик, резьбу в отверстии можно нарезать вновь; если перекося велик, следует нарезать резьбу большего диаметра, просверлив предварительно отверстие под эту резьбу по кондуктору;
- шпилька недовернута. Необходимо вывинтить шпильку, пройти резьбу метчиком и поставить другую шпильку, с меньшим средним диаметром резьбы;
- шпилька сидит слишком глубоко. Шпильку необходимо осторожно вывернуть, прочистить резьбу метчиком и ввернуть новую шпильку с большим средним диаметром;
- шпилька сидит недостаточно плотно, при свинчивании гайки она вывинчивается. Нужно осторожно пройти метчиком резьбу

отверстия и поставить другую шпильку, средний диаметр которой несколько больше;

- шпилька имеет нечистую или сорванную резьбу. Такую шпильку необходимо заменить;
- шпилька сломалась. Следует удалить ее при помощи ключей, соблюдая все меры предосторожности;
- металл у основания цилиндрической части шпильки выпучивается.

Выпучивание более 0,05 мм не допускается. Плоскость у основания шпильки рекомендуется подшабрить или подторцевать.

Сборка болтовых и винтовых соединений

Предварительная затяжка соединений при сборке играет существенную роль в повышении долговечности работы СЕ или машины и должна быть такой, чтобы упругие деформации деталей сочленения при установившемся режиме работы машины находились в определенных пределах, обусловленных конструктивными особенностями.

Под действием силы затяжки $P_{зат}$ болт, винт или шпилька удлиняются на величину λ_B , а деталь сжимается на величину λ_D (рис. 5.1). Зависимость λ_B и λ_D от $P_{зат}$ может быть изображена графически (рис. 5.2).

Под действием силы P (рабочее усилие) во время работы машины болт или шпилька удлиняются на величину $\Delta\lambda$, и на ту же величину уменьшается деформация стягиваемой детали, а сила давления болта или шпильки на деталь уменьшается до размера $(P_{зат} - \Delta P)$.

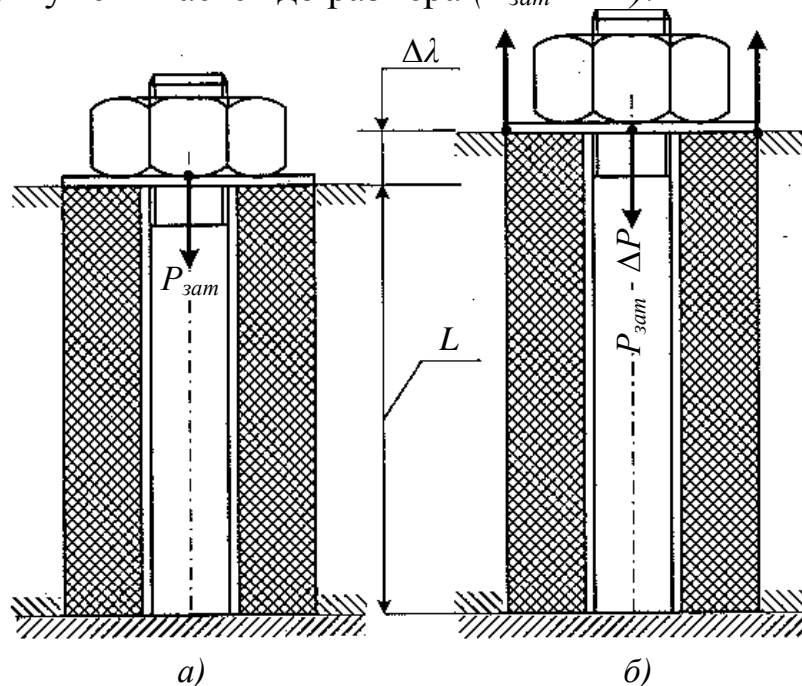


Рис. 5.1. Схема затяжки резьбового соединения

Под действием этой силы обеспечивается уплотнение стыка А. Для болта или шпильки [20]:

$$\Delta\lambda = \frac{(P - \Delta P) \cdot L}{E_B \cdot F_B},$$

для стягиваемой детали:

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta P \cdot L}{E_D \cdot F_D},$$

следовательно,

$$\Delta P = \frac{P}{1 + \frac{E_B \cdot F_B}{E_D \cdot F_D}},$$

где E_B и E_D – модули упругости материала болта и детали;
 F_B и F_D – поперечные сечения болта и детали.

Во время работы соединения на болт, винт или шпильку действует сила $(P_{зат} - \Delta P + P)$. Сила $(P_{зат} - \Delta P)$, уплотняющая стык, выбирается в зависимости от величины P . Если $P_{зат} > \Delta P$, то зазора в стыке А не будет. Если $P_{зат} < \Delta P$, то это приводит к раскрытию стыка, и внешняя нагрузка будет передаваться на болт, винт или шпильку.

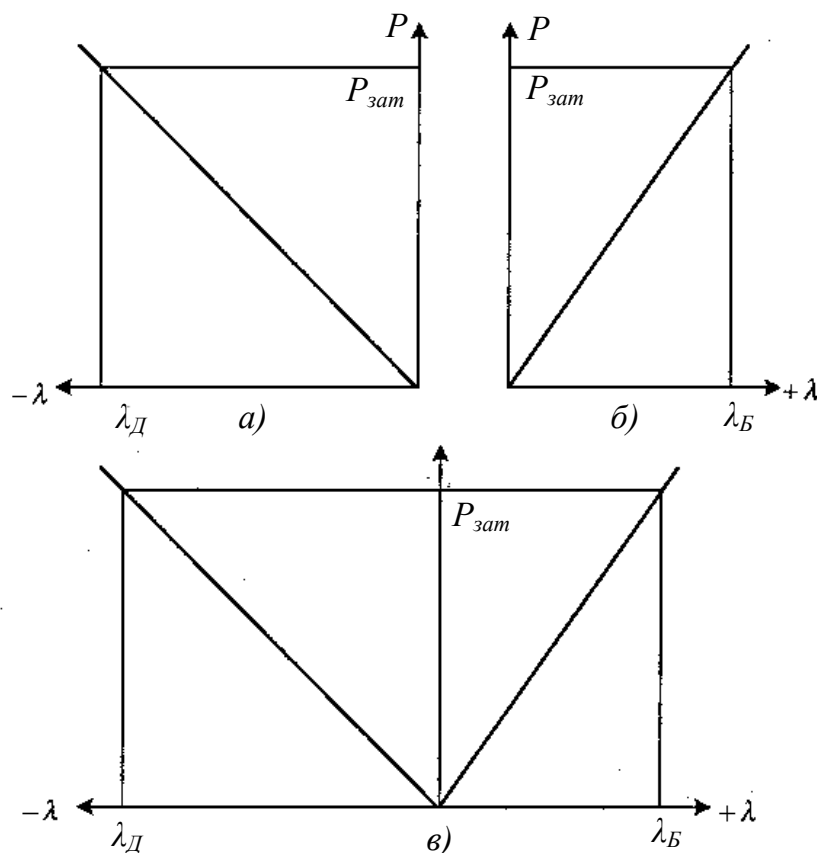


Рис. 5.2. Графики растяжения болта и сжатия стягиваемой детали

Сила $P_{зам}$ определяется формулой:

$$P_{зам} = P(k + \frac{1}{1 + \frac{E_B \cdot F_B}{E_D \cdot F_D}}),$$

Определение силы $P_{зам}$ и точный ее контроль является необходимым условием надежной работы резьбовых соединений.

При затягивании гайки момент $M_{зам}$ идет на преодоление трения торца гайки о неподвижную опорную поверхность скрепляемых деталей и трения в резьбе и для метрической резьбы определяется по формуле [20]:

$$M_{зам} = P_{зам} [\frac{d_{CP}}{2} (\frac{P}{\pi d_{CP}} + \frac{\mu}{0,866}) + \mu \frac{D^3 - d_1^3}{3(D^2 - d_1^2)}],$$

где μ — коэффициент трения в резьбе.

На степень предварительной затяжки резьбового соединения влияют конструкция сборочного инструмента; состояние и вид торцевых поверхностей гайки, болта или винта, а также опорной поверхности детали; повторяемость сборки; скорость завинчивания; условия сборки и индивидуальные навыки сборщика.

Влияние конструкции сборочного инструмента, прежде всего, проявляется в способе захвата головки болта или гайки и длине рукоятки ключа. Плотный хват гайки ключом и большая длина его рукоятки дают возможность увеличить предварительную затяжку; свободный хват гайки ключом и меньшая длина рукоятки, а также неудобная ее форма могут быть причинами уменьшения предварительной затяжки.

Влияние индивидуальных особенностей сборщика проявляется в том, что усилие, прикладываемое к рукоятке ключа, колеблется от 400 до 600 кН для правой руки и от 180 до 280 кН для левой. В результате этого некоторые болты или шпильки оказываются при затяжке перенапряженными, тогда как часть соединений остается недогруженной.

Постановка гаек

Процесс сборки резьбового соединения с болтом и гайкой в общем случае включает следующие элементы: предварительное соединение деталей СЕ с постановкой болта; установление подсобранной СЕ в приспособление; навинчивание гайки, снятие собранной СЕ. Процесс навинчивания гайки условно можно представить состоящим из трех элементов: наживления, свободного навинчивания на длину резьбы выступающей части болта (шпильки) и затяжки с заданным моментом.

Высокое качество сборки резьбовых соединений зависит от качества наживления гайки, так как смятие, срыв резьбы, заедания в значительной

мере зависят от того, как произведено наживление. Особенно важно это при механическом наживлений. В этом случае для безусловной ориентации гайка должна иметь как можно больше степеней свободы. Поэтому применяют специальные головки, где гайка удерживается подпружиненными шариками и самоориентируется относительно болта [20].

При большом числе гаек рекомендуется завертывать их в определенном порядке. Общий принцип — завинчивать сначала средние гайки, затем пару соседних справа и пару соседних слева, после чего снова пару соседних справа, и т. д., постепенно приближаясь к краям, по так называемому методу спирали (рис. 5.3). Гайки, расположенные по кругу, завинчивают крест-накрест. Правильно выбранная последовательность навинчивания гаек исключает перекосы и коробления деталей. Недовернутая гайка вызывает перегрузку соседних с ней шпилек, и это может явиться причиной их разрыва во время работы машины.

В процессе разборки резьбовых соединений целесообразно придерживаться обратного порядка отвинчивания гаек; это позволит предотвратить перекосы скрепленных деталей. Рекомендуется вначале поочередно слегка отвернуть все гайки и после этого отвинчивать их полностью.

При затяжке гайки обычным ключом следует внимательно следить за тем, чтобы момент на ключе не превышал допустимой величины.

Момент затяжки:

$$M_{зат} = P_{кл} L_{кл} = M_{кл},$$

где $P_{кл}$ — величина силы, необходимая для затяжки гайки ключом.

Момент, создаваемый при затяжке на ключе, должен быть:

$$M_{клmax} \leq 0,1 d^3 \sigma_s,$$

где σ_s — предел прочности материала болта или шпильки;

d — диаметр болта или шпильки.

Расход энергии на преодоление трения в резьбовом соединении намного превышает ее затраты непосредственно на затяжку (до 80% от общих затрат). В связи с трением возникает опасность задилов и заедания поверхностей сопряжений, особенно когда резьбовые детали изготовлены из таких металлов, как титан, вольфрам, молибден, нержавеющая сталь. Для устранения опасности заедания болт и гайку делают из материалов различной твердости или применяют гальванические покрытия мягкими металлами (олово, медь, цинк).

Заедание, смятие и срыв резьбы при постановке гаек происходит также в результате загрязнения резьбы металлической стружкой, абразивом и т. д. Поэтому резьбовые детали, поступающие на сборку, должны быть тщательно промыты, а на рабочем месте требуется соблюдение соответствующей чистоты.

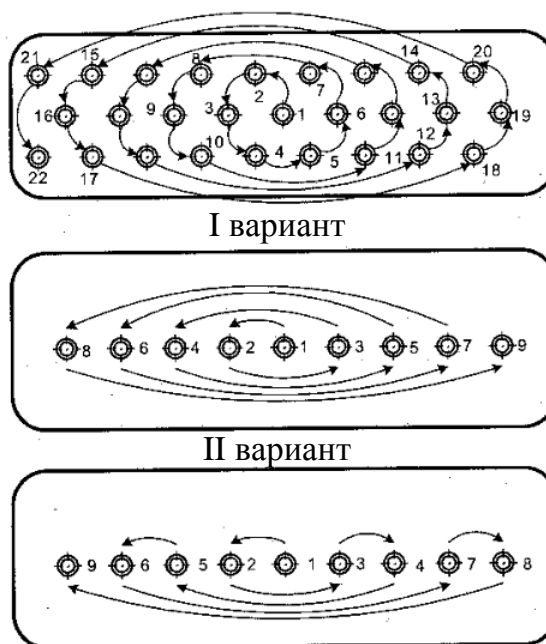


Рис. 5.3. Последовательность затяжки гаек

Важным условием обеспечения нормальной и усталостной прочности резьбового соединения является отсутствие изгибающих напряжений в теле болта или шпильки. В связи с этим неплотное прилегание гайки или головки болта, особенно в ответственных, тяжело нагруженных соединениях, недопустимо. Следовательно, при сборке необходимо следить, чтобы торец гайки, как и опорная часть, зажимаемой ею детали, был перпендикулярен оси резьбы; допустимое биение торца – не более 0,01 диаметра описанной окружности.

В длинных болтах и шпильках, особенно малого диаметра, при затягивании гаек могут также дополнительно возникнуть напряжения кручения. Чтобы избежать этого, на выступающих над гайкой концах таких болтов (шпилек) должны быть предусмотрены головки с гранями, за которые можно при сборке удерживать эти резьбовые детали ключом.

Постановка винтов

Процесс сборки соединения, в котором скрепляющей деталью является винт, состоит обычно из следующих элементов: установка подсобранных деталей соединения на подставку, захват винта механической отверткой, завинчивание винта в деталь, снятие собранного соединения. При сборке крупных СЕ процесс сборки состоит из наживления и завинчивания винта, а при автоматической подаче винтов к наконечнику механической отвертки – из одного перехода – завинчивания.

Так как винтовое соединение обычно многократно собирают и разбирают, посадка резьбы здесь не может быть с натягом, как в шпильках.

Тугое винтовое соединение нежелательно, но не менее нежелательна и другая крайность – слишком свободное соединение, поэтому, если винт, завернутый до половины нарезки, имеет, хотя бы небольшую качку, его нужно заменить.

Величина момента затяжки винтов обычно принимается исходя из прочности стержня винта на растяжение. Для винтов с цилиндрической, сферической или шестигранной головкой [20]:

$$M_{зам} = 0,005d^3 \sigma_T (6,5\mu + 1).$$

Для винтов с потайной головкой

$$M_{зам} = 0,005d^3 \sigma_T (9,8\mu + 1),$$

где d – нагруженный диаметр резьбы;

σ_T – предел текучести материала винта;

μ – коэффициент трения головки винта по опорной поверхности.

Затяжка резьбовых соединений

Надежность и долговечность работы тяжело нагруженных резьбовых соединений в значительной мере определяются тем, насколько правильно будет произведена их затяжка в процессе сборки. Напряжение затяжки в шпильке, болте или винте составляет для резьбовых деталей из углеродистых сталей – $\sigma_{зам} = (0,6...0,7) \sigma_T$; для деталей из легированных сталей – $\sigma_{зам} = (0,5...0,6) \sigma_T$;

Если детали, соединяемые болтами, шпильками или винтами, испытывают во время работы переменные ударные нагрузки, то такие соединения следует затягивать крутящим моментом определенной величины, при этом в случае многоболтового соединения нужно обеспечить равномерность затяжки.

Требования к равномерности затяжки еще более повышаются, если в соединении необходима герметичность.

Обеспечение требуемой затяжки данного резьбового соединения является весьма ответственной частью технологии сборки.

Простейшим способом ограничения крутящего момента при затягивании гаек является выбор соответствующей длины рукоятки ключа. Однако усилие руки в процессе работы даже у одного и того же сборщика может изменяться в сравнительно широких пределах.

Поэтому обычно применяют специальные ключи, они бывают двух типов: предельные автоматически выключающиеся при достижении определенного момента затяжки, и динамометрические – с указанием величины прилагаемого момента при затяжке.

Периодически в процессе использования предельные и динамометрические ключи тарируют.

Стопорение резьбовых соединений

Нарушением работы сборочной единицы или машины может быть самопроизвольное ослабление затяжки резьбового соединения. Поэтому при сборке таких соединений большое внимание уделяют обеспечению стабильности их затяжки. Самоотвинчивание может устраняться надежным стопорением резьбового соединения. Существует несколько способов стопорения резьбовых соединений: создание дополнительных сил трения путем осевого или радиального давления (стопорение контргайкой, винтом, самостопорящимися гайками); взаимная фиксация гайки относительно болта, одной из скрепляемых деталей или фиксация нескольких гаек (винтов) (стопорение шплинтом, пружинными и деформируемыми шайбами, проволокой); посредством местных пластических деформаций (накерниванием).

Стопорение контргайкой [20]. Обычную или штампованную из листовой стали контргайку (рис. 5.4, а) навинчивают на конец болта (шпильки) после затяжки крепежной гайки. Затягивают контргайку до плотного соприкосновения ее с торцом основной гайки.

Возможно применение контргайки из упругого пластика с одним витком резьбы и скошенным торцом. Эту контргайку затягивают до тех пор, пока скошенный торец благодаря упругим деформациям не прижмется к гайке всей своей плоскостью.

Стопорение винтом. При ввертывании резьбовой детали (рис. 5.4, б) винт должен быть отвернут. Последующей его затяжкой достигают местного увеличения шага резьбы, повышенного осевого давления и трения в резьбе. При этом сам винт стопорится за счет упругости основной детали.

Этот же эффект достигается благодаря применению самостопорящихся гаек с завальцованными пластмассовыми упругими вставками 2 (рис. 5.4, в), а также гаек, имеющих горизонтальные или винтовые разрезы.

При затяжке радиального стопорного винта 4 (рис. 5.4, г) также создаются дополнительные силы трения в резьбе. Винт затягивают до отказа. Во избежание порчи основной резьбы под винт кладут свинцовый или алюминиевый шарик 3.

Стопорение специальными гайками основано на создании дополнительных сил трения от радиального натяга в резьбе гаек за счет упругости верхней ее части благодаря разрезам (рис. 5.4, д) или обжатия на эллипс (рис. 5.4, е).

Надежность стопорения таких гаек проверяется сопоставлением фактических крутящих моментов при первом их навинчивании и 10-15-кратном отвинчивании (в свободном состоянии) с моментами, заданными нормами. Гайки ответственных соединений для достижения стабильности затяжки нередко омедняют.

Стопорение разводным шплинтом (рис. 5.4, з). Гайки корончатые со шплинтами обладают существенными конструктивными и технологическими недостатками. Но в ряде соединений, где требуется особая стабильность затяжки, другие способы стопорения дают худшие результаты. Шплинт должен сидеть в отверстии болта или шпильки плотно и выступать над торцевой поверхностью гайки не более чем на 0,3 его диаметра. Головка шплинта утопает в прорези гайки, а концы его разводят: один – на торец болта или шпильки, другой – на грань гайки. Следует обеспечить плотное прилегание обоих концов

Следует учитывать, что стопорение шплинтом требует часто дополнительной затяжки (дотяжки) гайки, с тем чтобы обеспечить совпадение ее прорези с отверстием под шплинт. Максимальный угол дотяжки может составлять 53-55°. При такой дотяжке напряжение в болте (шпильке) значительно возрастает, особенно при малых моментах основной затяжки.

После установки шплинта необходимо проверить, нет ли в месте его перегиба трещин или надломов, так как это может быть причиной обрыва конца и повреждения всего механизма.

Стопорение пружинными шайбами (рис. 5.4, ж). Шайба должна обладать достаточной упругостью. Это обнаруживается по величине развода ее концов, которая должна быть не менее полуторной толщины шайбы. При правильной затяжке гайки пружинная шайба прилегает к опорной поверхности детали и торцу гайки по всей окружности: зазор в разрезе шайбы допускается до половины ее толщины, но не более 2 мм. Установка двух пружинных шайб не допускается.

При затяжке гайки с пружинной шайбой момент трения, вследствие «врезания» концов шайбы в опорную поверхность и торец гайки, меняется. По этой же причине предварительная затяжка соединения, осуществляемая ключом с ограниченным моментом, уменьшается. Опорные поверхности от упругих шайб портятся и при переборке соединения требуют зачистки. Недостатком этих шайб также является возможность обламывания их концов, которые могут затем попасть в собираемый механизм.

В связи с этим упругие шайбы рекомендуется применять только на наружных резьбовых соединениях.

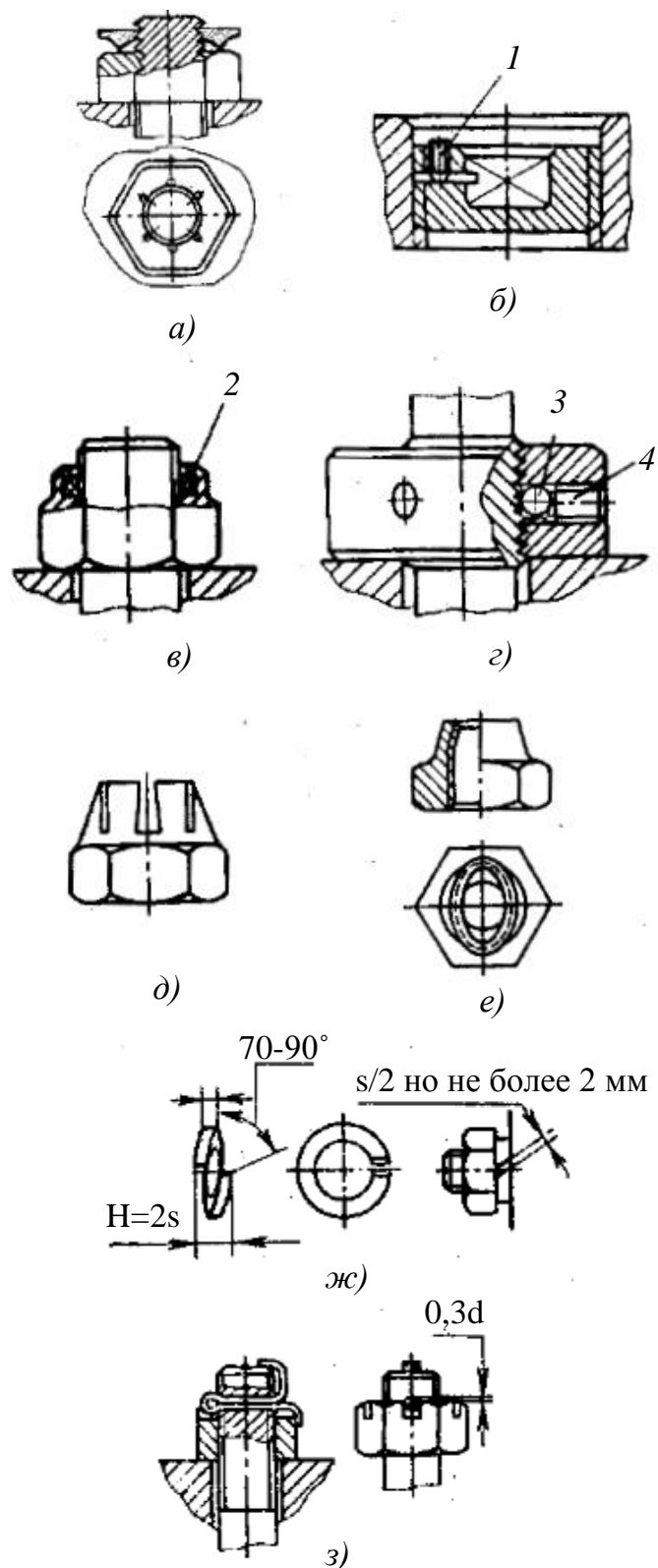


Рис. 5.4. Стопорение резьбовых соединений

Стопорение резьбовых соединений деформируемой шайбой с наружными выступами (рис. 5.5, а) – наиболее простой способ [20]. Шайба выполняется из мягкой листовой стали толщиной 1-1,25 мм. После затяжки гайки выступы шайбы отгибаются: один на грань, второй – по

кромке корпуса. Если болт расположен на значительном расстоянии от края корпуса, то деформируемую шайбу делают круглой с наружным диаметром в 2,5 раза больше диаметра болта (рис. 5.5, б). На корпусе заранее просверливают отверстие, в которое при помощи молотка и кернера отгибают край шайбы. Отогнутая часть шайбы должна плотно прилегать к грани гайки и не иметь трещин в месте перегиба.

Повторное отгибание шайбы по одному и тому же месту не допускается.

Перечисленные способы стопорения обеспечивают фиксацию только гайки, болт же должен быть предохранен от самоотвинчивания.

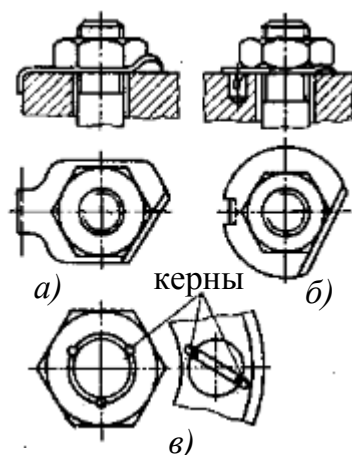


Рис. 5.5. Стопорение резьбовых соединений деформируемой шайбой

Стопорение посредством местной пластической деформации производят после затягивания винта или гайки накерниванием (рис. 5.5, в). Таким способом обычно стопорят соединения, не требующие разборки. Операция кернения болтов или шпилек намного ускоряется применением специального кернителя, фиксируемого на гайке.

Стопорение проволокой. Винты (или болты) с открытыми головками часто стопорят мягкой проволокой (рис. 5.6). Отверстия в головках должны быть просверлены заранее, до постановки винтов. Проволоку в отверстия следует вводить крест-накрест и так, чтобы натяжение, получающееся после стягивания ее концов, создавало момент, действующий в направлении затяжки. Проволока должна быть мягкой, без надломов; концы ее скручивают и обрезают на расстоянии 5-7 мм от начала скрутки.

Для предохранения мелких винтовых соединений от самоотвинчивания в ряде случаев применяют однокомпонентные клеящие лаки на пластмассовой основе. При использовании этих химических средств в процессе сборки необходимо применять меры, исключающие попадание капель лака на поверхности других деталей сборочной единицы, особенно на рабочие поверхности подвижных соединений.

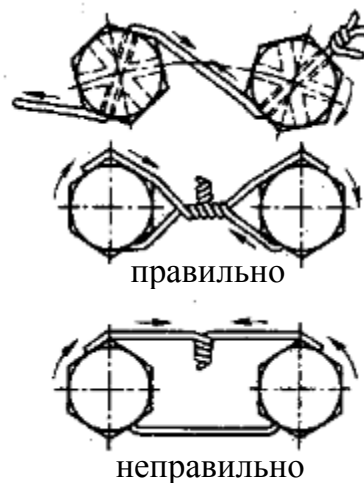


Рис. 5.6. Стопорение резьбовых соединений проволокой

5.1.2. Сборка шпоночных соединений

Точность сборки соединений с одной или несколькими шпонками обеспечивается изготовлением, их элементов, но размерам с допусками. Размеры шпонок выполняются по системе вала, так как посадки в пазах вала и ступицы, как правило, различны. При неподвижных соединениях шпонку устанавливают в паз вала плотно или даже с натягом, а в пазу ступицы посадка создается более свободная.

При монтаже на вал охватывающей детали необходимо следить, чтобы она не «сидела» на шпонке, то есть центрировалась бы исключительно по цилиндрической или конической поверхности вала. При этом между верхней плоскостью шпонки и впадиной паза втулки должен быть достаточный зазор. Если в собранной СЕ зазор проверить нельзя, то перед постановкой охватывающей детали рекомендуется промером определить размер $D+t_1$ (рис. 5.7, б).

Смещение осей шпоночных пазов в валу и втулке (рис. 5.7, в) приводит к неправильному положению шпонки и несовпадению боковых поверхностей шпонки и паза на величину:

$$\Delta_2 = 2 \frac{\Delta_1 \cdot h}{D}.$$

Правильная сборка соединений со шпонками в значительной мере обеспечивает работоспособность и надежность СЕ. Большое значение при этом, прежде всего, имеет строгое соблюдение посадок в сопряжениях шпонки с валом и охватывающей деталью. Увеличенные зазоры – одна из основных причин нарушения распределения нагрузок, смятия и разрушения шпонки.

В процессе сборки шпоночных соединений с клиновыми шпонками ось охватывающей детали смещается по отношению к оси вала на

величину посадочного зазора «е». Таким образом, посадочный зазор необходимо сокращать до минимума. При сборке соединений с клиновой шпонкой необходимо добиваться, чтобы дно паза охватывающей детали имело уклон, соответствующий уклону шпонки, так как иначе ступица будет сидеть на валу с перекосом.

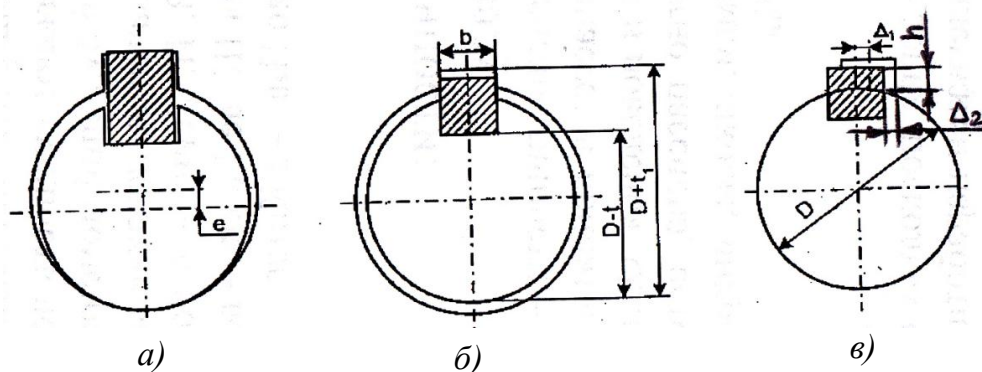


Рис. 5.7. Смещение деталей шпоночного соединения при сборке

В условиях крупносерийного и массового производства призматические и сегментные шпонки обычно не пригоняют (в процессе самой сборки). В единичном и мелкосерийном производствах такие работы допускаются, особенно когда к шпоночным соединениям предъявляют особые требования в отношении точности.

Для свободного соединения пазы вала и втулки изготавливают соответственно с полями допусков N9 и D10; для нормального N9 и Js9; для плотного P9. Свободное соединение имеет посадку с зазором, а нормальное и плотное – переходные.

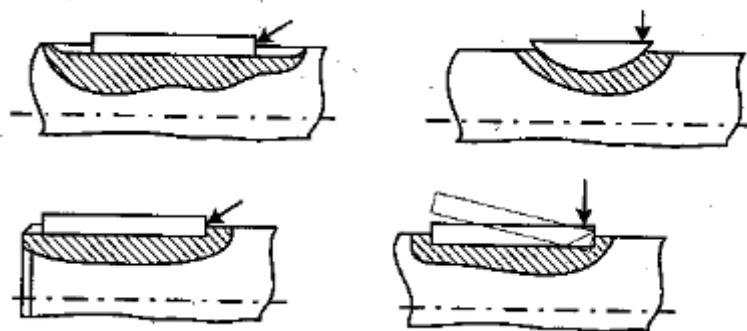


Рис. 5.8. Схемы извлечения шпонок из пазов

При вынимании шпонок из пазов пользуются одним из способов, приведенных на рис. 5.8. В качестве инструмента обычно употребляют мягкие выколотки.

Шпоночные соединения имеют недостатки, заключающиеся в том, что при передаче больших и особенно знакопеременных крутящих моментов шпоночный паз на валу приходится делать глубоким, при этом

снижается прочность вала. При боковых зазорах между шпонкой и пазом охватывающей детали паз постепенно разбалтывается, что может вызвать срез шпонки или ее деформацию. Учитывая это, особые требования предъявляют к точности центрирования шпоночного соединения и к плотности посадки на валу охватывающей детали. В конструкциях машин могут применяться разнообразные виды без шпоночных соединений. Один из таких видов – соединение упругопластичными втулками (рис. 5.9).

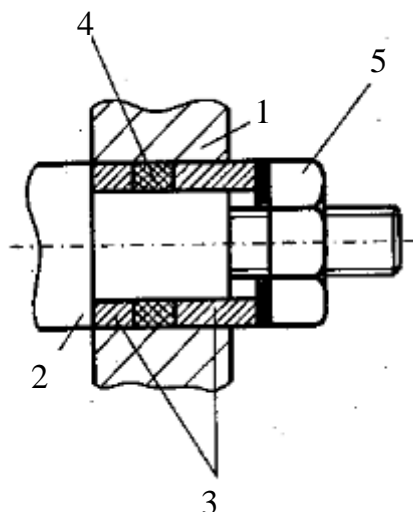


Рис. 5.9. Соединение упругопластичными втулками

Охватывающая деталь *1* устанавливается на цилиндрическом хвостовике вала *2*, центрируясь на два металлических кольца *3*, между которыми поставлена втулка *4* из капрона, поронита, асборезины или других упругопластических материалов. Под действием осевой силы, создаваемой гайкой *5*, втулка деформируется, в результате чего возникают силы трения, прочно удерживающие охватывающую деталь на валу.

Создание при сборке условий для передачи соединением необходимого крутящего момента, обеспечивается нормированной затяжной гайки, в результате чего возникает соответствующая осевая сила.

5.1.3. Сборка шлицевых соединений

Соединение деталей по шлицам позволяет обеспечивать более точное центрирование, чем при соединении деталей со шпонкой, а также повышенную прочность. Распространены прямобочные, эвольвентные и треугольные шлицевые цилиндрические соединения [20]. В прямобочном соединении охватывающая деталь может быть центрирована по наружной поверхности шлицев, по поверхности впадин или по боковым сторонам шлицев. В соединении с эвольвентными шлицами центрирование

осуществляется профилями зубьев или по наружной поверхности шлицев. При треугольных шлицах детали центрируются по боковым профилям шлицев.

В зависимости от применяемой посадки центрирующих поверхностей шлицевые соединения можно отнести к одной из следующих групп: тугоразъемные, легкоразъемные и подвижные.

При сборке шлицевых соединений полная взаимозаменяемость даже в условиях массового производства обычно не достигается из-за весьма малых зазоров, выдерживаемых в центрирующих сопряжениях.

Сборку шлицевых соединений начинают с осмотра состояния шлицев обеих деталей. Даже небольшие забоины, задиры или заусенцы в шлицевом соединении не допускаются. В тугоразъемных соединениях охватывающую деталь обычно напрессовывают на вал при помощи специального приспособления или на прессе.

Собирать такие соединения, применяя молоток, не рекомендуется. Неравномерные удары могут вызвать перекос охватывающей детали на шлицах или даже задир их. При очень тугих шлицевых соединениях целесообразно охватывающую деталь перед запрессовкой нагреть до 80-120 °С.

Зазоры в легкоразъемном шлицевом соединении являются причиной перекоса сопрягающихся деталей. В результате этого возникают дополнительные осевые силы, вызывающие колебательное движение деталей соединения вдоль шлицев и усиленный износ последних.

После установки и закрепления охватывающей детали на шлицах соединение следует проверить на биение. Допускаемые величины радиального и торцевого биения зависят от назначения соединения и указываются в технических требованиях на сборку или на чертеже СЕ.

В правильно собранной СЕ с подвижным шлицевым соединением перемещение охватывающей детали должно быть легким, без заеданий.

Качка охватывающей детали под действием создаваемого вручную крутящего момента допустима лишь в очень ограниченных пределах, определяемых техническими требованиями.

В целях снижения напряжения смятия на боковых поверхностях шлицев сопряжения их в тяжело нагруженных ответственных соединениях проверяют также с помощью краски на прилегание.

5.1.4. Сборка неподвижных конических соединений

Конические соединения с неподвижной посадкой часто применяют взамен цилиндрических, так как они имеют ряд преимуществ.

Вследствие того, что в начале сборки вал легко входит в отверстие и сам о центрируется, сборка конических соединений значительно облегчается, что особенно важно при установке крупных деталей (маховиков, больших зубчатых колес). Напряженность посадки и необходимый натяг в коническом соединении создаются напрессовкой охватывающего конуса на охватываемый и поэтому могут регулироваться. Такие соединения часто применяют без шпонок, так как при определенных натягах возможна передача крутящего момента только силами трения, возникающими на поверхности контакта. Конические соединения удобны в разборке.

Сборку конического соединения начинают с подборки охватывающей детали по конусу вала. Проверку ведут по краске, на качку, а также по глубине посадки охватывающего конуса на валу. Перекос и качка деталей возникают при несовпадении углов конусов охватываемой и охватывающей деталей.

В процессе сборки конического соединения к охватываемой детали – валу или охватывающей – втулке, прикладывают осевую силу. В сопряжении возникает диаметральный натяг и контактное напряжение, благодаря которому создаются элементарные силы трения.

В зависимости от величины диаметрального натяга в конических соединениях применяют обычно посадки Н/с; Н/у; Н/г.

Специальные посадки с натягом более 1 мм среднего диаметра конуса используются в тяжело нагруженных соединениях.

Исследования устойчивости конических прессовых соединений показали, что сила запрессовки при любом натяге в значительной степени зависит от угла наклона конуса α , с увеличением угла наклона конуса она резко возрастает. От угла α непосредственно зависит также прочность конического соединения. При малых значениях угла α сила, требуемая для распрессовки, увеличивается и иногда даже превышает силу запрессовки. При больших значениях, α сила, требуемая для распрессовки соединения, составляет лишь часть силы запрессовки.

Требуемый натяг в соединении можно достичь запрессовкой определенной силы. Для этого применяют специальные приспособления.

Сила, требуемая для сборки неподвижного конического соединения, в ряде малогабаритных СЕ создается обычной гайкой. В этом случае при сборке необходимо учитывать то обстоятельство, что силы контактного давления могут быть весьма значительны, в связи, с чем при тонкой стенке охватывающей детали – ступицы и бесконтрольной затяжке возможны смятие и даже разрыв этой детали. Поэтому гайку необходимо затягивать предельным или динамометрическим ключом.

Сборку неподвижного конического соединения можно также осуществить нагревом охватывающей детали или охлаждением охватываемой.

Конусы обеих деталей до сборки измеряют и на основе полученных данных наносят на валу риску, отмечающую положение ступицы, при котором в соединении будет необходимый натяг. Температуры нагрева или охлаждения определяют по специальным формулам.

Для обеспечения неподвижности соединения иногда используют конические штифты, соединяющие втулку и вал. В некоторых конструкциях неподвижность соединения обеспечивается также пружинно-затяжными кольцами [20] (рис. 5.10). При затяжке гайки эти кольца вследствие конического сопряжения получают упругую деформацию, в результате которой достигается неподвижность соединения. Кольца применяют цельные и разъемные. Углы наклона конусов для этих колец $\alpha = 12,5 \div 14^\circ$. От силы затяжки колец зависит величина крутящего момента, передаваемого соединением. Здесь существует строгая линейная зависимость.

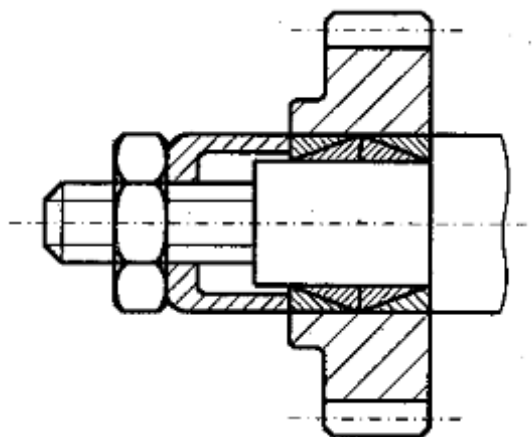


Рис. 5.10. Соединение пружинно-затяжными кольцами

5.2. СБОРКА НЕПОДВИЖНЫХ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В конструкциях машин неподвижные неразъемные соединения имеют широкое применение. Разборка этих соединений обычно связана с нарушением состояния сопрягаемых поверхностей, а нередко с порчей одной или нескольких деталей СЕ. Лишь некоторые виды из них, так называемые условно неразъемные, могут быть разобраны, но число разборок строго ограничено.

Конструктивных разновидностей неподвижных неразъемных соединений чрезвычайно много. Большинство из них может быть

отнесено к одной из трех групп: 1) соединения с силовым замыканием, относительная неподвижность деталей в которых обеспечивается механическими силами, возникающими в результате пластических деформаций; 2) соединения с геометрическим замыканием, осуществляемым благодаря форме сопрягаемых деталей; 3) соединения, в основе которых лежат молекулярные силы сцепления или адгезии.

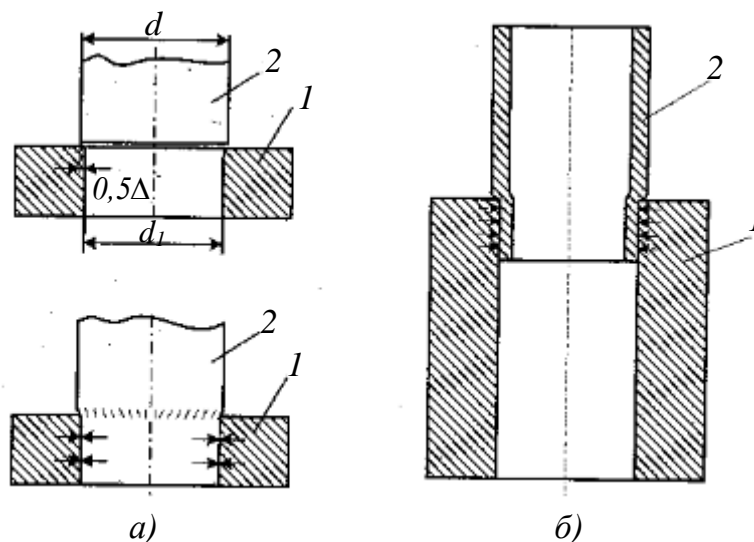


Рис. 5.11. Схемы соединений с нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали:

1 – охватывающая деталь; *2* – охватываемая деталь

Рассмотрим процессы сборки наиболее распространенных в машиностроении соединений. К ним относятся соединения с гарантированным натягом, сварные, паяные, склеиваемые и заклепочные.

По способу получения нормальных напряжений на сопрягаемых поверхностях соединения с гарантированным натягом условно делят на поперечно-прессовые и продольно-прессовые [20].

В поперечно-прессовых соединениях сближение сопрягаемых поверхностей происходит радиально или нормально к поверхности (рис. 5.11).

Такие соединения осуществляются одним из следующих способов: нагреванием охватывающей детали перед сборкой, охлаждением охватываемой детали, путем пластической деформации (например, развальцовки), приданием упругости охватываемой детали.

При продольно-прессовом соединении охватываемая деталь под действием прикладываемых вдоль оси сил запрессовывается в охватывающую с натягом, в результате чего возникают силы трения, обеспечивающие относительную неподвижность деталей.

5.2.1. Соединения, собираемые с использованием тепловых методов

Сборку с нагревом охватывающей детали осуществляют чаще всего в тех случаях, когда в соединении предусмотрены конструкций значительные натяги. При тепловых посадках создаются натяги, средняя величина которых примерно в 2 раза больше натягов при обычных посадках Н/г; Н/с (прессовых). В одних и тех же условиях прочность тепловых посадок при передаче крутящего момента в 2-3 раза больше прочности обычных посадок. Объясняется это тем, что при тепловых посадках микронеровности сопрягаемых поверхностей не сглаживаются, как при холодной запрессовке, а как бы сцепляются друг с другом. Время на запрессовку крупногабаритных деталей с нагревом или охлаждением сокращается в 2-4 раза. Кроме того, упрощается и удешевляется сборочное оборудование, ибо отпадает необходимость в тяжелых прессах. Температура нагрева и охлаждения рассчитывается по специальным формулам.

Минимальная температура, до которой следует нагревать охватывающую деталь 1 (см. рис. 5.11) [20]:

$$t_n = \frac{1}{K_\alpha} \left(\frac{0,015}{d_1} + 0,001 \right),$$

где K_α – коэффициент линейного расширения детали 1.

Для стальных деталей $t_n = (1350/d_1 + 90)$.

Температура охлаждения охватываемой детали 2 определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{\Delta \cdot \delta}{K_\alpha \cdot d},$$

где Δ – величина натяга;

δ – минимальный зазор, позволяющий легко ввести охватываемую деталь в отверстие.

В зависимости от конструкции и назначения охватывающей детали ее нагревают в газовых или электрических печах в вакуумной или жидкостной среде (до 200°C). Жидкостная среда используется, когда температура деталей должна быть выдержана в узком диапазоне. Венцы крупных зубчатых колес, муфт, шкивов и других деталей кольцевой формы нагревают также индукционными токами. Охлаждают охватывающую деталь после ее установки в печи потоком воздуха, в масляной ванне или омытием водным раствором нитрита натрия (-75...-100°C).

Способ сборки с охлаждением охватываемой детали имеет ряд преимуществ. Нагрев деталей сложной формы может явиться причиной

возникновения температурных напряжений, местных деформаций, снижения твердости и окисления поверхностей деталей. Сборка с применением глубокого холода не имеет таких недостатков. Для охлаждения требуется меньше времени, чем для нагрева. Кроме того, когда охватываемых деталей в СЕ несколько, а габаритные размеры и масса их значительно меньше, чем у охватывающих, этот способ оказывается экономичнее.

Охлаждение до -75°C производят при помощи твердой углекислоты (сухого льда). Посредством холодильных машин температура охлаждения может быть доведена до -100°C . При необходимости можно получить еще более низкую температуру, применяя для охлаждения деталей жидкий воздух, кислород или азот.

Целесообразность использования того или иного способа охлаждения охватываемой детали в значительной степени определяется величиной натяга, который должен быть создан в сопряжениях.

При охлаждении детали помещаются в специальные теплоизолированные камеры, стенки которых охлаждаются жидкими хладоносителями.

При пользовании охлаждающей средой необходимо принимать меры предосторожности, так как действие этой среды на кожу вызывает болезненные явления. Ткань, пропитанная жидким кислородом, приобретает взрывчатые свойства. Хранить сосуды с остатками жидкого газа или кислорода необходимо в специальном помещении. Плотнo закрывать отверстия сосудов с сжиженными газами воспрещается, так как это может привести к взрыву.

5.2.2. Соединения, собираемые путем пластической деформации деталей

Пластическую деформацию используют при сборке соединений, натяг в которых создается радиальным расширением охватываемой или сжатием охватывающей детали.

Основное назначение соединений, получаемых таким способом, — обеспечить неподвижность и герметичность от проникновения газов или жидкостей. Они относятся к числу редко демонтируемых, так как их разборка во многих случаях сопровождается порчей одной или обеих деталей. В конструкциях машин соединения этого типа имеют большое распространение.

Распространенными видами пластической деформации, используемыми в конструкциях машин для создания неподвижности и плотности, являются вальцевание, раздача, бортование, осадка, формование, обжатие [20].

5.2.3. Соединения с использованием упругих деталей

Фальцовочные соединения деталей – соединения, образуемые путем загибания и сдавливания краев этих деталей. Фальцовка применяется для соединения стальных листов и лент малой толщины – меньше 0,8 мм. Ширина фальца – 5-12 мм.

Основные требования, предъявляемые к данному виду соединения деталей, – надежность, герметичность и сохранение от повреждений покрытий соединяемых листов. Возможна комбинация фальцовочных соединений с резьбовыми, шпоночными и клеевидными. Обеспечение качества соединения в значительной мере зависит от ширины фальца и размеров заготовок. Фальцовочные соединения используют при изготовлении глушителей автомобилей.

Зиговочные соединения деталей – соединения, образованные путем вдавливания части материала деталей. Материал стенок деталей должен быть достаточно пластичным: стали 10, 15, 20, латунь Л62, медь, мягкие алюминиевые сплавы и др. Таким методом соединяют обычно трубчатые детали.

Намотка – многократная гибка проволоки, ленты вокруг базовых деталей с целью расположения витков с определенным шагом. Широко используется при производстве трансформаторов и сопротивлений. Материал пластичный: медь и некоторые алюминиевые сплавы.

Обмотка – многократная гибка шнуров, ленты вокруг других деталей с целью получения определенного их расположения и конфигурации объекта. Широко используется в авиационной промышленности для получения крыльев специальных самолетов. Выполняют эти работы на станках-полуавтоматах, оснащенных системами числового программного управления и обеспечивающих укладку ленты по многим направлениям.

Плетение – гибка проволоки, шнуров или нитей для получения сетки или иного их расположения с целью получения требуемых свойств изделия.

Вязка – многократное изгибание шнура, нитки, проволоки для образования переплетения.

Свивка – многократная гибка нескольких шнуров, стержней, проволоки, лент и других подобных деталей, причем каждая из них обвивается вокруг другой.

Сборка возможна посредством промышленных роботов сборочных комплексов.

5.2.4. Сборка продольно-прессовых соединений

Соединения такого вида сравнительно широко распространены в конструкциях машин. Трудоемкость сборки их составляет 10-12% от общей трудоемкости сборочных работ.

Процесс сборки продольно-прессовых соединений состоит в том, что к одной из двух деталей, охватываемой или охватывающей, прикладывается осевая сила, надвигающая детали друг на друга (рис. 5.12). Сила запрессовки растет от нуля до некоторого максимального значения.

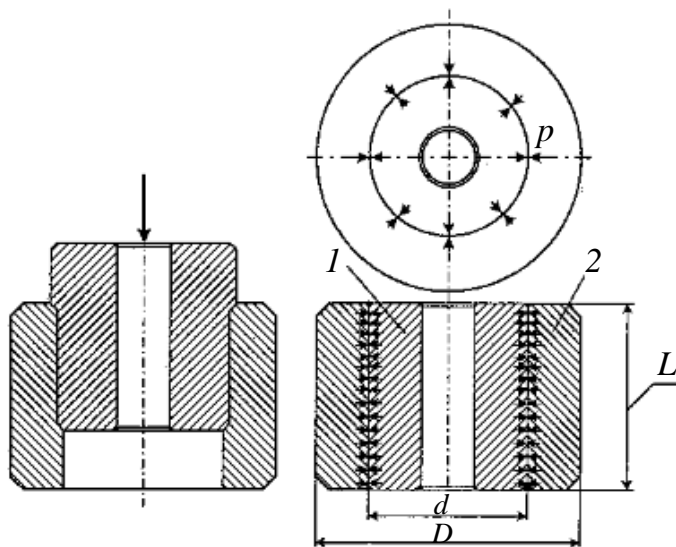


Рис. 5.12. Схема продольно- прессового соединения:

1 – охватываемая деталь; 2 – охватывающая деталь

Охватываемая деталь имеет наружный диаметр, больший, чем диаметр отверстия охватывающей детали, и соединение их при относительном придельном перемещении в процессе сборки происходит с деформированием металла (явления механического или молекулярного характера), в результате чего на поверхности контакта возникают значительные нормальные давления и силы трения, которые препятствуют сдвигу этих деталей. Способность прессовых соединений выдерживать значительные нагрузки зависит от натяга. Изменение натяга происходит за счет уменьшения диаметра охватываемой и увеличения диаметра охватывающей деталей. Кроме того, происходит смятие шероховатостей на сопрягаемых поверхностях. Гальванические покрытия на поверхностях контактирующих деталей повышают прочность.

Наибольшая сила запрессовки, необходимая для сборки продольно-прессового соединения с гарантированным натягом, определяется по формуле [20]:

$$P = f_{zan} \pi p d L,$$

где $f_{зан}$ – коэффициент трения при запрессовке;
 p – удельное давление на поверхности контакта;
 d – диаметр охватываемой детали 1 по поверхности сопряжения;
 L – длина запрессовки.

Фактически натяг при посадке обычно определяют по номинальным размерам охватываемой и охватывающей деталей без учета микрогеометрии поверхностей. Однако, неизбежные при любой обработке микронеровности, сминаясь под действием давлений на сопрягаемых поверхностях, уменьшают величину натяга. Таким образом, при запрессовке происходит как бы сглаживание микронеровностей сопрягаемых поверхностей, вызывающее ослабление посадки.

Разрабатывая технологию сборки соединений с гарантированным натягом, приходится определять величину сил запрессовки и выпрессовки, так как в зависимости от этих величин подбираются, или конструируются оборудование и приспособления для выполнения операций.

В процессе запрессовки применяют различные смазки (машинное, сурепное или авиационное масло, ртутная смазка и др.), предохраняющие поверхности от задиров, уменьшающие коэффициент трения и снижающие потребную силу запрессовки.

Прочность продольно-прессового соединения и сила запрессовки в значительной мере определяются скоростью выполнения операций. Обычные скорости – 1-10 мм/с, с увеличением скорости потребная сила запрессовки уменьшается, но при этом снижается и прочность соединения.

В процессе запрессовки возможны неточности сопряжения деталей, особенно в начальный период их наживления. Значительные относительные перекосы деталей могут быть причиной некачественной сборки, чтобы не допустить этого, необходима соответствующее базирование деталей на плавающих столах или посредством упругих элементов, благодаря которым могло бы происходить автоматическое перебазирование. Этому способствует также наличие на деталях соответствующих фасок или заходных поясков.

5.2.5. Сварка

Сварные соединения в конструкциях машин получают все большее распространение. Прочность этих соединений обычно не ниже прочности клепаных, они значительно менее трудоемки, более технологичны.

Применение новейших достижений науки и техники в области сварки позволяет успешно решать вопросы, связанные с созданием

неразъемных соединений, практически всех применяемых в конструкциях машин металлов и сплавов.

Распространенными в промышленности способами сварки являются: контактно-точечная и шовная; дуговая-полуавтоматическая и автоматическая под слоем флюса, в среде защитных газов; электрошлаковая; ультразвуковая. В ряде производств используются новые виды сварки: электронным лучом; плазменно-квантовая; диффузионная; лазерная.

В связи с широким применением в конструкциях машин пластических масс возникла необходимость сварки деталей из этих материалов. Используют преимущественно тепловые виды сварки и сварку нагревом ТВЧ.

Основными элементами сборочно-сварочного процесса являются подготовка поверхностей под сварку, сборка и установка СЕ, закрепление, пуск, подвод сварочной головки, подача электрода, сварка, отвод головки, выключение, снятие сваренной СЕ, контроль.

При выполнении сборочно-сварочных работ в мелкосерийном производстве широко применяют механизированные приспособления, а в крупносерийном и массовом производствах – полуавтоматические и автоматические сварочные установки.

5.2.6. Пайка

Пайкой называется процесс получения неразъемного соединения двух или нескольких деталей с применением припоя – путем их нагрева в собранном виде до температуры плавления припоя. Расплавленный припой затекает в специально создаваемые зазоры между соединяемыми деталями и диффундирует в металл этих деталей. При этом протекает элементарный процесс взаимного растворения металла деталей и припоя, в результате чего образуется сплав, более прочный, чем припой.

В зависимости от температуры плавления припоя различают пайку мягкими и твердыми припоями. Мягкие (обычно оловянисто-свинцовые) припои имеют температуру плавления ниже 400°C, твердые (медные, медно-цинковые) припои – 400-1200°C. Мягкие припои обладают небольшим пределом прочности – до 100 МПа, а твердые – 500 МПа и выше. При необходимости иметь большую прочность соединения применяют твердые припои, если же пайка производится только для получения плотности, используются мягкие припои.

Кроме припоя, при пайке применяют флюсы, назначение которых сводится к защите места спая от окисления при нагреве СЕ, к обеспечению лучшей смачиваемости места спая расплавленным металлом

и растворению металлических окислов. В качестве флюсов для твердых припоев используют буру и плавиковый шпат, а также смеси их с различными окислителями или солями щелочных металлов.

При пайке мягкими припоями пользуются канифолью, хлористым цинком, нашатырем и фосфорной кислотой. Применяют также газообразные флюсы на основе метилбората и фтористого бора. Пайку точных соединений производят без флюсов в защитной атмосфере или в вакууме.

Процесс пайки включает подготовку сопрягаемых поверхностей деталей под пайку, сборку, нанесение флюса и припоя, нагрев места спая, промывку и зачистку швы.

В зависимости от способа нагрева пайку подразделяют на следующие основные виды: газовую, погружением (в металлические или соляные ванны), электрическую (дуговая, индукционная, контактная), в печах, ультразвуковую.

В единичном и мелкосерийном производствах распространены способы пайки с местным нагревом посредством паяльника или газовой горелки; в крупносерийном и массовом производствах СЕ при пайке нагревают в ваннах и газовых печах, а также широко применяют электронагрев. Особенно широко используют индукционный нагрев ТВЧ.

Перспективным направлением развития технологии пайки металлов и неметаллических материалов является использование ультразвука. Так, например, от колебательных движений наконечника паяльника в расплавленном припое возникает явление кавитации, вызывающее разрушение окисной пленки на поверхностях деталей, соединяемых пайкой.

Детали для пайки должны быть тщательно подготовлены. Места под спай необходимо осмотреть и при наличии коррозии зачистить, а затем промыть и обезжирить.

Особое внимание следует обратить на зазор между сопрягаемыми поверхностями в соединении, предназначенном для пайки. От величины этого зазора в связи с различными условиями капиллярности зависит диффузионный обмен припоя с металлом деталей и прочность соединений. При пайке легкоплавкими припоями зазор устанавливают 0,025-0,075 мм, при пайке серебряными припоями – 0,05-0,08 мм, при пайке медью – 0,012-0,014 мм, [20]. Припой должен быть зафиксирован относительно места спая. Припой закладывают в месте спая в виде фольговых прокладок, проволочных контуров, лент, дроби, паст вместе с флюсом, а также наносят в расплавленном виде.

В процессе автоматизированной пайки припой в виде пасты вносят с помощью шприц-установок в требуемых дозах.

Соединения следует пригнать таким образом, чтобы зазор был одинаков по всему сечению.

Паяные соединения контролируют по параметрам режимов пайки внешним осмотром, проверкой на прочность или герметичность, а также методами дефекто- и рентгеноскопии.

5.2.7. Склеивание

Склеивание – один из способов получения неподвижных неразъемных соединений деталей. В процессе склеивания между сопрягаемыми поверхностями вводится слой специального вещества, способного при определенном физическом состоянии, благодаря проявлению сил адгезии, прочно склеивать эти детали. Одним из важных преимуществ склеивания является возможность получения соединений из разнородных металлов и неметаллических материалов. Кроме того, в процессе склеивания можно в значительной мере избежать внутренних напряжений и деформации детали, так как технология не требует повышенных температур.

Существенными недостатками клеевых соединений являются их сравнительно низкая термостойкость, склонность к старению, необходимость в ряде случаев нагревания соединения при склеивании.

Существует большое разнообразие марок клеев. Они делятся на две группы: конструкционные, или жесткие, и неконструкционные, или эластичные. Первые отверждаются нагревом или введением в состав специального отвердителя. Конструкционные клеи применяют, когда требуется высокая прочность (на сдвиг – до 50-55 МПа, на отдир – до 2,5-2,7 МПа). Неконструкционные клеи, основанные на эластомерах, менее прочны (на сдвиг – до 5 МПа, отдир – до 0,7 МПа) [20], но более дешевы. Кроме того, клеи подразделяют на жидкие, пастообразные, пленочные и порошковые.

Марку клея для того или иного соединения выбирают в процессе конструирования СЕ, исходя из физико-механических свойств клея и условий работы СЕ в машине (действующие нагрузки, температуры, наличие масла, бензина, кислот и пр.).

Большое значение для обеспечения прочности имеет толщина клеевой прослойки, причем увеличение слоя клея снижает прочность.

В процессе склеивания деталей выполняют следующие работы: подготавливают поверхности, готовят клей, наносят на поверхности, поверхности выдерживают и высушивают, соединяют склеиваемые детали и создают условия для отверждения, зачищают соединение и контролируют сборку.

Подготовка поверхностей к склеиванию является важным фактором получения высококачественного соединения. Речь идет о надлежащей пригонке поверхностей склеивания, об очистке путем травления, дробеструйной или пескоструйной обработкой, обезжириванием.

Для нанесения клея используют кисть, шпатель, ролик, покрытый фетром, специальные шприцы, особые механизированные установки.

Открытая выдержка после нанесения клея предусматривается с целью удаления растворителей. После этого производится подсушивание, продолжительность которого зависит от вида клея (примерно 60 мин.).

Далее производится сборка и процесс отвердевания. Обычно этот процесс протекает с выдержкой под давлением и нагревом.

Требуемые давления создают посредством пневматических и гидравлических прессов, автоклавов, струбцин или специальных приспособлений. При необходимости горячего отвердевания одновременно с прессованием производят подогрев в термостатах, конвейерных печах или с применением электронагрева.

После склеивания соединение зачищают и контролируют осмотром, простукиванием или посредством контрольных приборов – ультразвуковыми методами.

В конструкции машин встречаются также клеесварные соединения. При их сборке слой клея наносят на сопрягаемую поверхность одной детали, а вторую приваривают точечной сваркой по этому слою.

5.2.8. Сборка заклепочных соединений

Наиболее распространены заклепки со сплошным стержнем (рис. 5.13, *а*), трубчатые (рис. 5.13, *б*) и полутрубчатые (рис. 5.13, *в*), материал заклепок – сталь, медь, латунь и алюминиевые сплавы.

Диаметральные зазоры в сопряжении стержня с базовой деталью должны выдерживаться строго по чертежу, так как от этого в значительной мере зависит возможность получения изгиба стержня, смещение деталей, а при переменных нагрузках – быстрый износ и разрушение стержня. Величина этих зазоров [20]:

0,2 мм для диаметра стержня до 6 мм;

0,25 мм для диаметра стержня 6-13 мм;

0,3 мм для диаметра стержня 10-18 мм.

Для получения качественного заклепочного соединения большое значение имеет выбор длины заклепки (выступающая часть стержня 1,3...1,6 диаметра стержня в зависимости от формы головок).

В зависимости от назначения СЕ, ее конструктивных форм, размеров заклепок и масштаба производства клепку осуществляют на прессах, с помощью специализированных приспособлений или посредством

механизированного инструмента. Ручную клепку предусматривать в технологических процессах не следует. В большинстве случаев при сборке машин производят холодную клепку, так как диаметр заклепок обычно не превышает 8-14 мм.

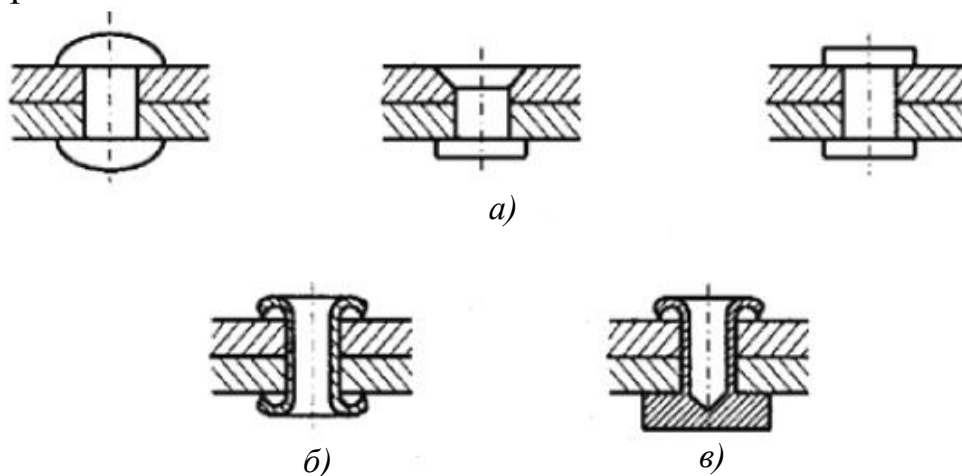


Рис. 5.13. Заклепочные соединения

Для уменьшения при клепке смещения отверстия в соединяемых деталях целесообразно заклепки ставить не последовательно, а вразброс. В случае использования подвижных пресс-скоб операция клепки включает четыре основных этапа: базирование подсобранной СЕ, опускание скобы и включение кнопки пуска, формирование головки заклепки, отход штока и подъем скобы.

Многие заклепочные соединения, работающие в условиях повышенных или пониженных давлений, должны быть герметичными. Поэтому при клепке применяют специальные уплотнительные материалы – герметики в виде клееобразной жидкости, пасты или пленки. Герметики накладывают либо на поверхность сопряжения, либо на внешнюю поверхность заклепочного шва.

Контроль обычно осуществляется осмотром или простукиванием заклепок; плотные соединения проверяют гидравлическим испытанием. Ответственные заклепочные соединения следует контролировать методами рентгеноскопии.

5.2.9. Соединения, получаемые заформовкой

Заформовку осуществляют погружением детали в жидкий или размягченный материал с последующим затвердеванием. Заформовку применяют для соединения металлических деталей с металлами, стеклом, пластмассами и резиной. Для заформовки металлических деталей в металл применяют литье под давлением. Заформовку металлических деталей в пластмассы производят в металлических разъемных пресс-формах, а

заформовку в резину осуществляют сырой резиной с последующей вулканизацией в специальных формах. Заформовку в стекло обычно выполняют путем обжаривания размягченной стекломассы на металлической детали.

При проектировании пластмассовых изделий с металлической арматурой, на последней предусматривают накатку и канавки для увеличения механического сцепления арматуры с пластмассовой деталью.

Соединение заливкой компаундом получают на основе литья в разовые формы, выполненные из гипса, картона или пластилина. После 10-12 часов выдержки при 20°C процесс отверждения эпоксидного компаунда заканчивается. Время отверждения может быть сокращено до 4-6 часов при нагреве до 100-120°C. Прочность соединений может быть повышена введением в смолу наполнителя (стекловолокна, железного порошка) или применением металлической арматуры. Соединения, полученные заливкой эпоксидного компаунда, имеют хорошую адгезию к металлам; все заливаемые соединяемые детали должны быть хорошо обезжирены (промыты в ацетоне, щелочных ваннах или прожиганием на газовом пламени).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сборка резьбовых соединений.
2. Постановка шпилек.
3. Основные требования при постановке шпилек.
4. Основные погрешности постановки шпилек.
5. Сборка болтовых и винтовых соединений.
6. Усилия затяжек болта.
7. Момент затяжки гайки.
8. Постановка гаек.
9. Момент, создаваемый на ключе.
10. Последовательность затяжки гаек.
11. Постановка винтов.
12. Момент затяжки винтов.
13. Затяжка резьбовых соединений.
14. Стопорение резьбовых соединений.
15. Стопорение контргайкой.
16. Стопорение винтом.
17. Стопорение гайкой с упругими вставками.
18. Стопорение с помощью затяжки радиального стопорного винта.

19. Стопорение специальными гайками.
20. Стопорение пружинными гайками.
21. Стопорение раздвоенным шплинтом.
22. Стопорение деформируемой шайбой с наружными выступами.
23. Стопорение посредством местной пластической деформации.
24. Стопорение проволокой.
25. Сборка шпоночных соединений.
26. Несовпадение боковых поверхностей шпонки и паза.
27. Недостатки шпоночных соединений.
28. Соединение упругопластичными втулками.
29. Сборка шлицевых соединений.
30. Сборка неподвижных конических соединений.
31. Соединение пружинно-затяжными кольцами.
32. Сборка неподвижных разъемных соединений.
33. Соединения, собираемые с использованием тепловых методов.
34. Минимальная температура нагрева охватывающей детали.
35. Температура охлаждения охватываемой детали.
36. Соединения, собираемые путем пластической деформации деталей.
37. Соединения с использованием упругих деталей.
38. Сборка продольно-прессовых соединений.
39. Наибольшая сила запрессовки.
40. Пайка.
41. Склеивание.
42. Сборка заклепочных соединений.
43. Виды заклепок.
44. Соединения, получаемые заформовкой.

6. СБОРКА ТИПОВЫХ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

6.1. СБОРКА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

6.1.1. Общая характеристика и технические требования

В конструкциях машин и механизмов зубчатые передачи нашли широкое распространение. Основные виды зубчатых передач:

- цилиндрические (прямозубые, косозубые, шевронные);
- конические (с прямыми, криволинейными и косыми зубьями);
- червячные (с цилиндрическими и глобоидными червяками).

Для зубчатых передач государственными стандартами установлено двенадцать степеней точности, обозначаемых в порядке убывания 1 -12.

Некоторые технические требования к зубчатым передачам приведены в табл. 6.1 [20].

Для каждой степени зубчатых передач государственным стандартом установлены нормы:

- кинематической точности;
- плавности работы колеса;
- контакта зубьев.

Нормы кинематической точности определяют полную погрешность угла поворота зубчатых колес за оборот.

Нормы плавности работы колеса определяют величину составляющих полной погрешности угла поворота зубчатого колеса, многократно повторяющихся за оборот колеса.

Нормы контакта зубьев определяют точность соблюдения относительных размеров пятна контакта сопряженных зубьев колес в передаче.

Независимо от степени точности колес и передач установлены нормы бокового зазора.

Боковой зазор между зубьями колес является важным фактором, определяющим эксплуатационное качество зубчатой передачи.

Технические требования к зубчатым передачам

№ п/п	Техническое условие	Вид передачи		
		Цилиндри- ческая	Кониче- ская	Червячная
1	Ограничение величины осевого зазора (монтажного + теплового) для каждого вала. На чертеже ТУ: «Вал поз... должен вращаться свободно, без дробления и заедания, осевой люфт не более 0,4 мм»	+	+	+
2	Отклонение межцентрового расстояния между рабочими осями зубчатых колес. Рабочей осью зубчатого колеса называется ось последней вращающейся поверхности, находящейся в контакте с неподвижной деталью (ось дорожки наружного кольца подшипника)	+	-	+
3	Несовпадение вершин делительных конусов зубчатых колес (отдельно по x и y)	-	+	-
4	Несовпадение оси делительного цилиндра червяка с осью выкружки зуба червячного колеса	-	-	+
5	Биение зубчатого (винтового – у червяка) профиля относительно рабочей оси	+	+	+
6	Непараллельность рабочих осей	+	-	-
7	Неперпендикулярность рабочих осей	-	+	+
8	Пересечение рабочих осей	-	+	-

6.1.2. Сборка цилиндрических зубчатых передач

Сборка цилиндрических зубчатых передач по сравнению со сборкой конических и червячных относительно проста:

1) не требуется осевой регулировки положения зубчатого колеса, так как ширина шестерни обычно на 4-5 мм больше зубчатого колеса;

2) основные технические условия, определяющие работу зубчатой передачи, – величина и постоянство бокового зазора – устанавливаются межцентровым расстоянием и биением зубчатого венца.

Так как оба параметра никакому регулированию не поддаются, сборка ведется методом полной, реже – методом неполной взаимозаменяемости.

Технология сборки цилиндрических зубчатых передач или цилиндрического редуктора составляется на основе технологической схемы сборки и начинается, как правило, с узловой сборки. В состав узловой сборки входит предварительная сборка валов (рис. 6.1).

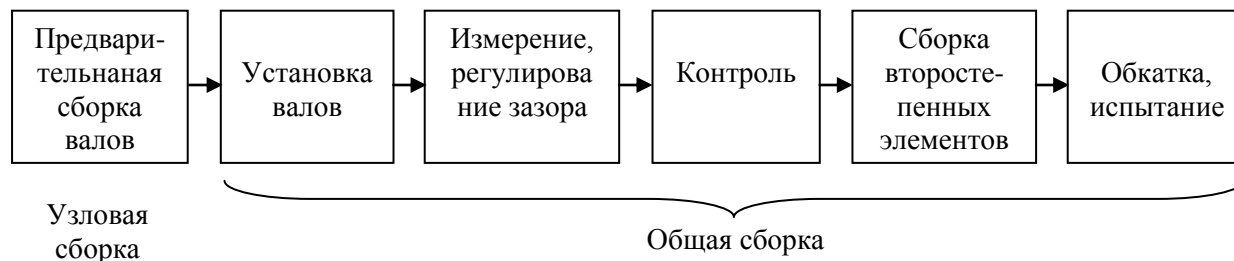


Рис. 6.1. Порядок сборки цилиндрических зубчатых передач

Объем узловой сборки в значительной степени зависит от конструкции корпуса редуктора. Самой низкой технологичностью обладает корпус с доступом к зубчатой передаче сверху. Узловая сборка заключается только в напрессовке одного из подшипников. Монтаж зубчатого колеса производится внутри корпуса на операциях общей сборки. Зубчатые колеса монтируются внутри корпуса специальным приспособлением с захватом по зубьям. Несколько лучше конструкция корпуса с окном в стенке, параллельной осям колес. Еще более технологична конструкция, где один из подшипников базируется не в корпус, а в переходной стакан, посадочный диаметр которого больше диаметра зубчатого колеса. Еще более технологична с точки зрения сборки конструкция разъемного корпуса либо со съемной стенкой (крышкой), перпендикулярной осям колес, либо корпус, разъемный по отверстиям под подшипники. В этом случае требуется совместная расточка корпуса и крышки при механической обработке.

Особенности сборки при методе неполной взаимозаменяемости. Поскольку расстояние между рабочими осями зубчатых колес на 80-90% определяется точностью расположения отверстий в корпусе, в начале сборки производится измерение фактического межосевого расстояния при помощи двух точных оправок (скалок), вводимых в отверстие (рис. 6.2). Для предельно малых межцентровых расстояний выбираются шестерни с минимальным размером по роликам.

Диаметр делительной окружности измеряется при помощи мерительного ролика (рис. 6.3).

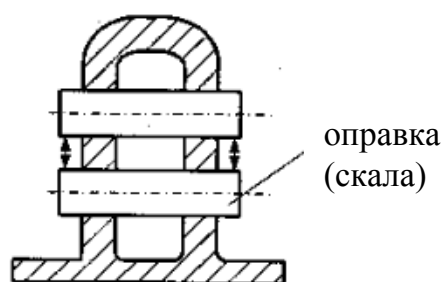


Рис. 6.2. Схема измерения межосевого расстояния

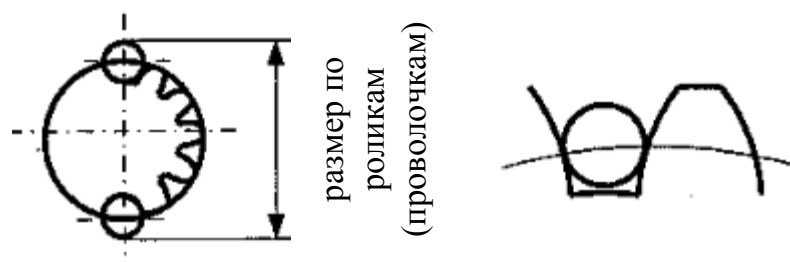


Рис. 6.3. Схема измерения диаметра делительной окружности

Регулировка осевого зазора в подшипниках. Обычно осуществляется при помощи пакета мерных прокладок, устанавливаемых под нажимные крышки. Причем для цилиндрических колес ставят любую прокладку между корпусом и крышкой, затем производят измерения, то есть устанавливают вторую крышку, предварительно затягивают винтами до получения требуемого осевого люфта (измеряется индикатором), измеряют зазор между корпусом и второй крышкой, набирают необходимый пакет прокладок и устанавливают под вторую крышку. Для исключения полного демонтажа крышки рекомендуется применять разрезные прокладки, которые устанавливают после небольшого ослабления затяжки винтов (рис. 6.4).

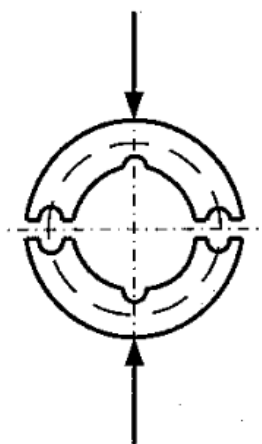


Рис. 6.4. Разрезная прокладка

Контроль зубчатого соединения. Основной измеряемый параметр – боковой зазор между зубьями.

Способы изменения бокового зазора:

- на крупномодульных передачах при наличии торцевого доступа – измерение щупом (для случая, если модуль $M > 5$ мм);
- при помощи свинцовой проволоки, прокатываемой между колесами, с измерением ее толщины;
- по пятну контакта на краску;
- по угловому люфту одного из валов при остановленном другом вале.

6.1.3. Сборка конических зубчатых передач

Технология сборки конических зубчатых передач значительно сложнее, чем сборка цилиндрических зубчатых передач. Это обусловлено следующими причинами:

- у конического колеса модуль меняется вдоль его оси, поэтому за измерительный модуль, по которому ведется контроль бокового зазора, принимается модуль у широкого основания конуса;
- вместо межосевого расстояния, являющегося параметром качества у цилиндрических зубчатых колес, вводится ТУ – несовпадение вершин делительных конусов, которое требует осевого перемещения вала с колесом в процессе сборки.

Это техническое условие вынуждает при сборке применять следующие технологические приемы:

- на каждом валу использовать не один компенсатор, а два. Первый – определяет положение делительного конуса зубчатого колеса в передаче. Второй – обеспечивает допустимый осевой люфт в подшипниках вала;
- для предварительного определения размера первого компенсатора, определяющего положение делительного конуса, используется эталон – очень точно выполненный, закаленный шлифованный заменитель, или имитатор, второго зубчатого колеса в передаче;
- в связи с тем, что серийное зубчатое колесо, устанавливаемое в данный редуктор, по своим параметрам всегда несколько отличается от эталона, производится вторичная перерегулировка

первого вала после установки реальной шестерни. Технология сборки конической зубчатой передачи состоит из следующих этапов:

- 1) блок операции узловой сборки – валы с подшипниками, стаканы с валами в сборе, крышки с манжетами;
- 2) монтаж первого вала (большого колеса);
- 3) установка эталона с технологическими винтами;
- 4) измерение, подбор первого компенсатора и его установка;
- 5) снятие эталона;
- 6) установка второго вала в сборе;
- 7) измерение, подбор второго компенсатора, установка;
- 8) измерение осевого зазора;
- 9) перерегулировка первого вала;
- 10) контроль и регулировка второго вала;
- 11) сборка второстепенных элементов;
- 12) испытание и выходной контроль.

Методы контроля конических редукторов. Основной параметр конического редуктора – боковой зазор – контролируется следующими способами:

1) щупом – со стороны широких оснований конусов. Это для крупномодульных передач ($t > 5$ мм) и при наличии доступа к зубчатой передаче;

2) косвенный – по угловому люфту обычно быстроходного вала при заторможенном тихоходном вале при помощи индикатора и специального инструмента (рычага). Боковой зазор:

$$\sigma_{бок} = A_{инд} \cdot \frac{R_{инстр}}{R_{изм}};$$

3) комплексный – по пятну контакта или по краске. Зубья зубчатого колеса покрывают быстро сохнущим нитроцеллюлозным лаком с черным, фиолетовым или синим красителем. После прокручивания зубчатой передачи остаются блестящие участки, реализующие пятно контакта передачи (рис. 6.5).

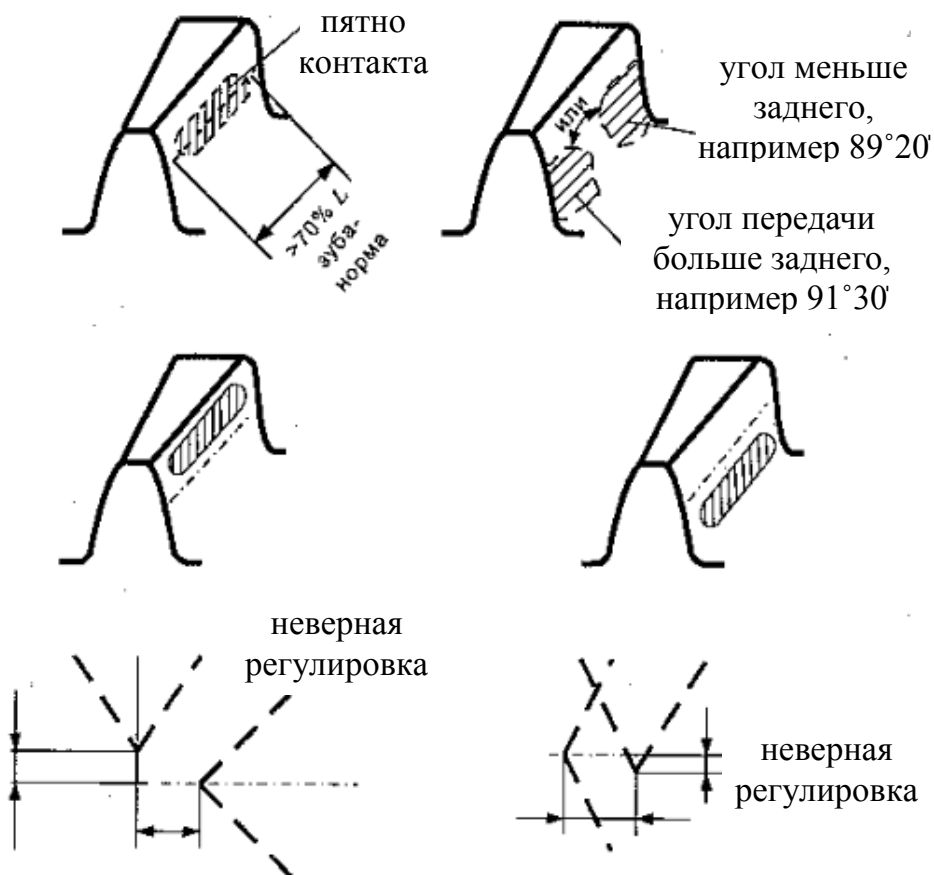


Рис. 6.5. Контроль конических передач по пятну контакта

6.1.4. Сборка червячных передач

Червячные передачи обладают многими достоинствами:

- передаточное отношение у одноступенчатого редуктора может достигать значения $i = 50...60$. (Цилиндрический редуктор с таким соотношением должен быть трехступенчатым);
- червячные передачи очень компактные, или иначе говоря, у них очень хорошие массогабаритные показатели;
- ведущий вал с червяком получается точением, что гораздо дешевле зубофрезерования и зубодолбления.

Недостатки червячных передач:

- обязательное расположение осей под углом 90° ;
- повышенные потери на трение в передачах, поэтому КПД не выше 0,96-0,97;
- червячная передача почти всегда должна быть закрытой, т. е. в картере или в масле.

Особенности сборки червячной передачи – при сборке необходимо выдержать ТУ:

- 1) свободное вращение ведущего вала;

2) нормированное отклонение расстояния между рабочими осями червяка и червячного колеса (как в цилиндрических передачах);

3) это наиболее трудоемкое ТУ – нормирование допускаемого отклонения между осью делительного цилиндра и осью выкружки зуба червячного колеса.

Венец червячного колеса выполняется из бронзы: Бр ОЦС; Бр ОФ.

Червячная передача – одностороннего действия.

Технология сборки червячной передачи состоит из следующих этапов:

1. Узловая сборка – сборка червяка с подшипниками и сборка вала колеса. Объем узловой сборки зависит от конструкции корпуса. Если применяется переходной стакан диаметром больше наружного диаметра колеса, то вал червячного колеса монтируется полностью с колесом и всеми подшипниками, в противном случае монтаж колеса и второго подшипника производится внутри корпуса, что крайне неудобно;

2. Общая сборка – предварительная установка вала с колесом;

3. Окончательная сборка, измерение и регулирование вала-червяка с крышками;

4. Установка крышек вала колеса, измерение зазоров, подбор компенсатора 1. Размер компенсатора определяем поочередным перемещением червячного колеса в одну и в другую сторону;

5. Измерение и подбор компенсатора 2;

6. Сборка второстепенных элементов;

7. Контроль (по угловому люфту и краске);

8. Обкатка и смена масла.

Для червячных передач средней и высокой ответственности обязателен контроль на краску (рис. 6.6).

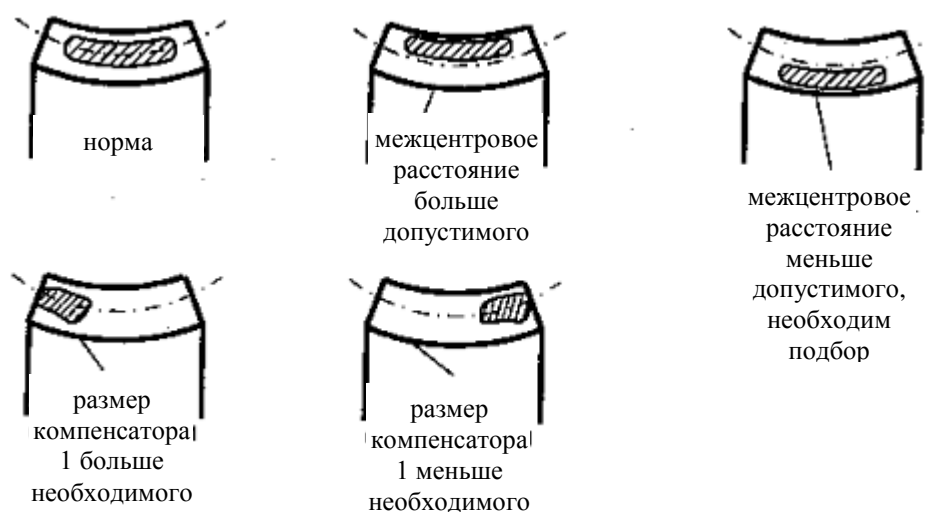


Рис. 6.6. Контроль червячных передач по пятну контакта

6.2. СБОРКА РЕМЕННЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

Технология сборки ременных и цепных передач идентична и выполняется в следующей последовательности:

- 1) сборка валов с подшипниками, иногда со шкивами или звездочками;
- 2) монтаж валов в сборе на раме или основании;
- 3) монтаж и выверка шкивов и звездочек при повышенных требованиях к точности установки.

Для точной работы передачи требуется обеспечить несовпадение диаметральных плоскостей шкивов и звездочек в пределах 1,5...2 мм на 1 метр межцентрового расстояния. При этом возможны следующие погрешности:

- перекося самого вала (рис. 6.7);
- биение шкивов (звездочек) (рис. 6.8);

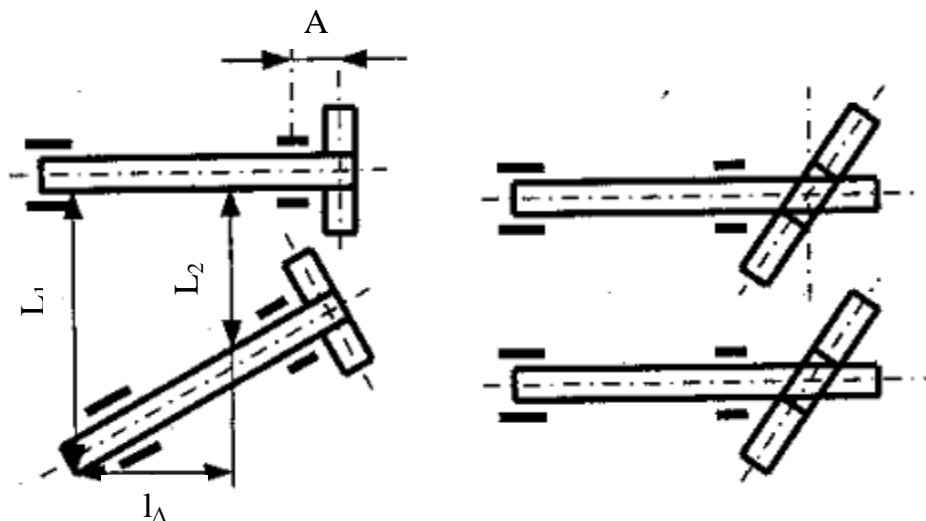


Рис. 6.7. Схема перекося валов Рис.6.8. Схема торцевого биения шкивов

- осевое смещение шкивов или звездочек (рис. 6.9);

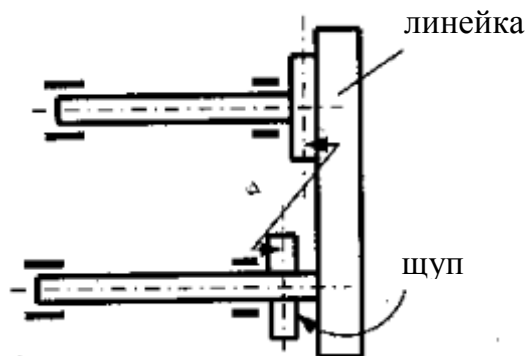


Рис. 6.9. Схема осевого смещения шкивов

- радиальное биение шкивов или звездочек (рис. 6.10).

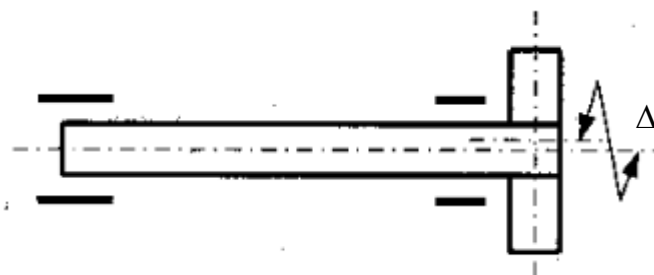


Рис. 6.10. Схема радиального биения шкива

Перекося валов. Причины — неверный монтаж. Обнаруживают это явление, измеряя расстояние между валами на мерной базе.

Исправление — распиливание овальных отверстий под болты, перемещение болтов, т. е. пригонка.

Осевое биение, каждого отдельного шкива. Причины:

- а) дефект изготовления шкива;
- б) кривизна участка вала;
- в) неправильное использование клиновых шпонок.

Методы обнаружения — при помощи линейки и отвеса.

Устранение дефекта — рихтовка, правильная установка шпонки.

Осевое смещение шкивов. Причина — погрешность изготовления и монтажа.

Выявление и контроль — при помощи линеек и щупов.

Устранение дефекта — регулировочное устройство типа зажимных болтов, применение компенсаторов (рис. 6.11.).

Монтаж ремня или цепи. Монтаж цепи производится при помощи стяжных устройств (рис. 6.12). Монтаж натяжных устройств:

- перемещение одного из валов, чем достигается натяжение;
- при помощи натяжного ролика, или звездочки, или шкива. Этот метод предпочтительнее.

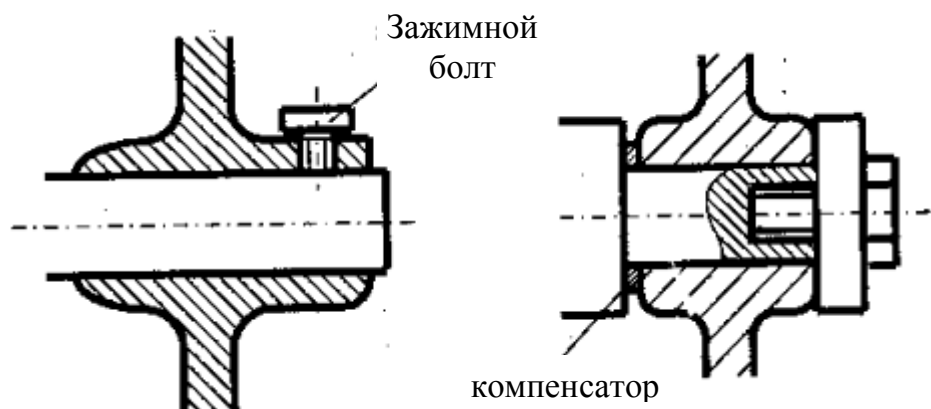


Рис. 6.11. Схема регулировки осевого положения шкивов

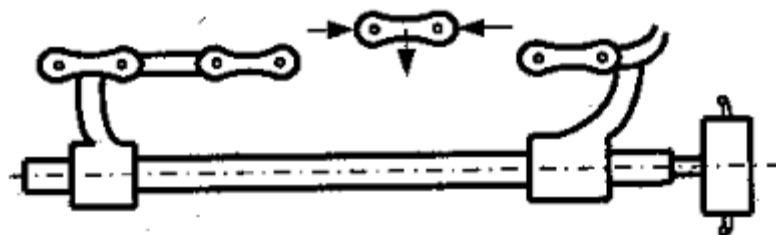


Рис. 6.12. Монтаж цепи

6.3. БАЛАНСИРОВКА ВРАЩАЮЩИХСЯ МАСС

Быстроходные передачи всех видов подлежат обязательной балансировке во избежание возникновения вредных вибраций.

В зависимости от концентрации масс балансировка может быть:

- статической (рис. 6.13);
- динамической (рис. 6.14).

В том случае, если основная масса сосредоточена на участке незначительной длины, то дисбаланс, т. е. несовпадение центра масс (центр тяжести) с центром вращения, может быть устранен добавлением или устранением массы в плоскости, проходящей через центр масс.

$M = Ga$ (если переместим G),

где M – возвращающий момент.

Устранение:

- высверливание отверстия на расстоянии b ; т. е. убавление массы;
- добавление массы – противовес.

Обнаружение статического дисбаланса производится:

- на направляющих, на призмах, ножах;
- на роликах;
- на дисках.

Если масса распределена по длине вала, то статической балансировки недостаточно.

Валы с распределенными массами нуждаются в динамической балансировке. Динамическая балансировка заключается в том, что вал приводят во вращение в подпружиненных опорах. Против каждого диска ставят мел, электрод, резец.

В том случае, если оставлены риски, то центр масс смещен. Если ставится электрод или резец, то балансировка называется – автоматической.

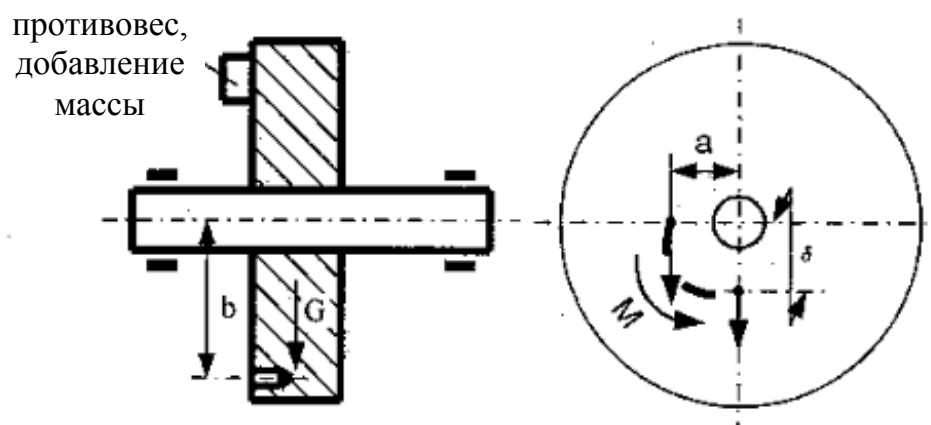


Рис. 6.13. Статическая балансировка вращающихся масс

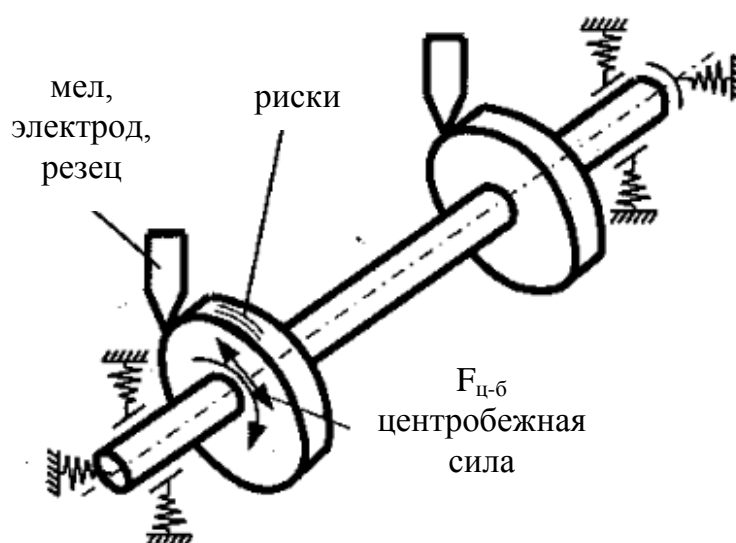


Рис. 6.14. Динамическая балансировка вращающихся масс

6.4 СБОРКА ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР

В любом механизме, имеющем детали, осуществляющие вращательное движение, имеются подшипниковые опоры.

В своем большинстве опоры вращения делятся на две категории:

- подшипники скольжения;
- подшипники качения.

Помимо перечисленных могут встречаться опоры на кернах (рис. 6.15): гидростатические, гидродинамические, аэростатические и аэродинамические. Они применяются для особо быстроходных валов и не так уж часто.

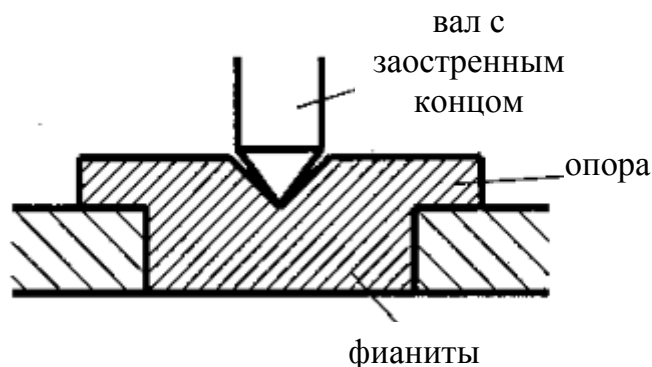


Рис. 6.15. Опора на кернах

6.4.1. Сборка подшипников скольжения

Подшипники скольжения преимущественно применяются в следующих случаях:

- для быстроходных валов с частотой вращения $n > 5000$ об/мин., где долговечность подшипников качения крайне мала;
- при необходимости особо точной установки валов (у подшипников качения радиальный люфт всегда больше, чем у подшипников скольжения);
- при монтаже многоопорных валов (с числом опор более двух);
- для промежуточных опор коленвалов, где требуются разъемные подшипники скольжения;
- для тихоходных валов, так как подшипники скольжения проще и дешевле подшипников качения;
- для валов, испытывающих ударные нагрузки, так как площадь контакта подшипника скольжения значительно больше площади контакта подшипника качения. Кроме того, в подшипнике скольжения лучше демпфирует усилие масляная пленка;
- если подшипник работает в агрессивной среде (газы, кислоты, электролиты).

Подшипники скольжения могут работать в следующих режимах:

- режим жидкостного трения, к нему нужно стремиться;
- режим полужидкостного трения — это жидкостное трение с периодическим продавливанием масляной пленки — менее благоприятный;
- режим полусухого или сухого трения — неблагоприятный, аварийный режим.

Смазка подшипников скольжения осуществляется, как правило, жидкой смазкой. Подается самотеком или под давлением.

Консистентные смазки используют, когда подшипник должен обеспечить герметизацию (солидол, ЦИА-ТИМ-201).

Твердые смазки применяются при работе подшипника в условиях высоких температур (делаются они на основе графита (чистый углерод), на основе дисульфида молибдена MoS_2).

Сборка неразъемных подшипников скольжения

Неразъемный подшипник скольжения представляет собой втулку из антифрикционного материала.

Втулка в корпусе устанавливается по посадке с натягом. Запрессовка осуществляется:

- ударами молотка по специальной оправке;
- давлением на прессе;
- охлаждением втулки при запрессовке.

Стопорение втулок осуществляется при помощи винтов (рис. 6.16, а), штифтов, тангенциальных штифтов (рис. 6.16, б), при помощи стопорных винтов или гужонов (рис. 6.16, в).

Для точных подшипников скольжения применяется совместное растачивание или протягивание для обеспечения соосности.

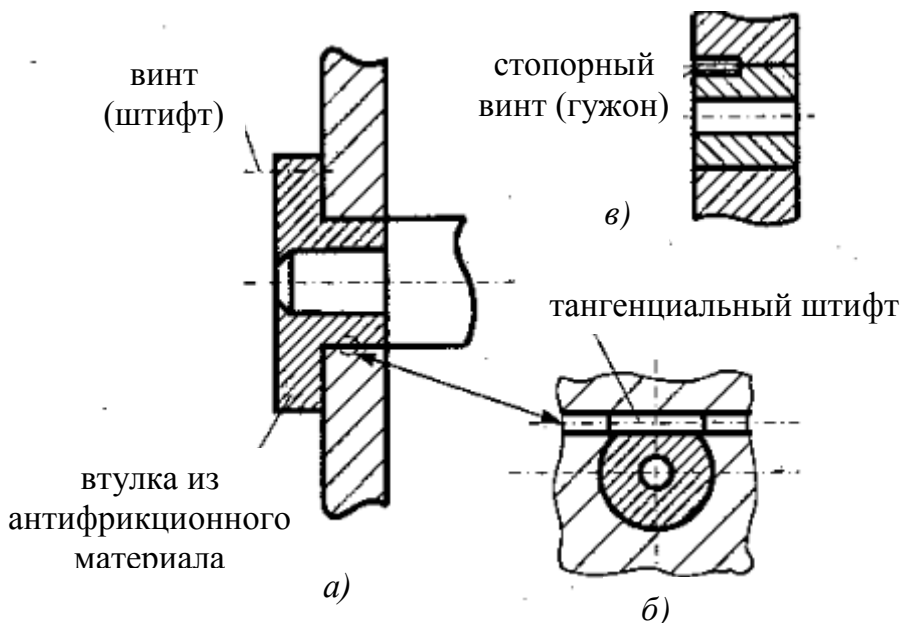


Рис. 6.16. Стопорение втулок

Сборка разъемных подшипников скольжения

Разъемный подшипник скольжения, как правило, имеет антифрикционный вкладыш (рис. 6.17).

Последовательность сборки разъемных подшипников скольжения:

- 1) предварительная установка корпусов подшипников;
- 2) установка нижних вкладышей;
- 3) выверка линейности расположения корпусов при помощи линейки, струны, коллиматора, лазера;

- 4) закрепление корпусов;
- 5) установка вала;
- 6) установка верхних вкладышей и крышек;
- 7) подбор и установка прокладок, обеспечивающих зазор подшипника;
- 8) затяжка крышек;
- 9) проверка на пятно контакта;
- 10) разборка крышек, пригонка вкладышей шабрением;
- 11) сборка крышек с корпусом и затяжка;
- 12) проверка усилия проворачивания вала;
- 13) шплинтовка гаек, монтаж системы смазки и т. д.

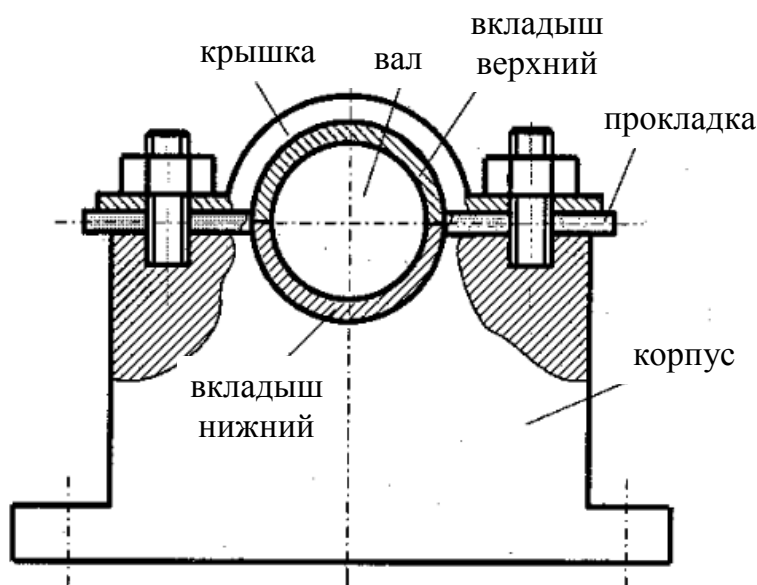


Рис. 6.17. Разъемный подшипник скольжения

6.4.2. Сборка подшипниковых опор качения

Подшипники качения монтируют в СЕ по двум неподвижным посадкам: внутреннему кольцу с валом и наружному кольцу с корпусом – обычно без специальных креплений, препятствующих проворачиванию. Характер обеих посадок, как правило, различный. Внутреннее и наружное кольца подшипника, находящиеся под действием постоянной радиальной нагрузки, работают в разных условиях. Так как одно из колец подвижно, то износ его желобка происходит равномерно. Неподвижное же кольцо воспринимает действие нагрузки все время одним и тем же небольшим участком желобка, который интенсивно изнашивается. Для уменьшения этого износа желательно, чтобы при сборке в сочленении неподвижного кольца с корпусом или валом была достигнута посадка, позволяющая этому кольцу незначительно поворачиваться.

Если нагрузка при вращении меняет направление, выбор посадок представляет несколько большие затруднения. Здесь при назначении переходных посадок возможны небольшие зазоры. Величину зазора при сборке СЕ необходимо соблюдать особенно строго. Даже при незначительном увеличении зазора между вращающимся валом и установленным на нем кольцом подшипника при переменных нагрузках происходит качение вала по кольцу – своеобразный процесс вальцевания, нередко являющийся причиной быстрого износа вала.

Посадки с учетом конкретных условий работы подшипниковых узлов в машине назначаются конструктором. Примеры установки подшипников качения на валах показаны на рис. 6.18 [20]. На рис. 6.18, *а* подшипник удерживается на валу за счет посадки с натягом. В сборочных единицах, выполненных по рис. 6.18, *б* после посадки подшипника в канавку вала устанавливается разрезное пружинное кольцо. На рис. 6.18, *в* осевому смещению подшипника препятствует втулка, прижимаемая гайкой или муфтой. Распространенные способы крепления подшипников посредством резьбы показаны на рис. 6.18, *г* и *д*.

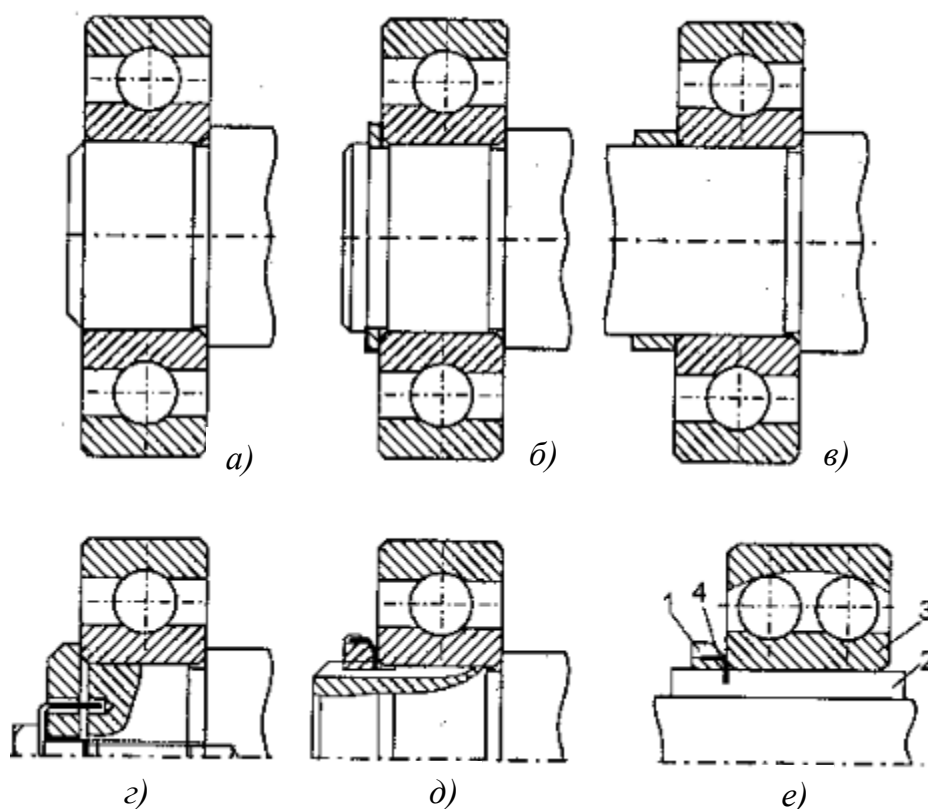


Рис. 6.18. Установка подшипников качения на валах

Подшипник на закрепленной втулке (рис. 6.18, *е*) удерживается от смещения благодаря трению втулки о вал, что достигается соответствующей затяжкой гайки 1. При установке подшипника 3 гайка должна быть отвернута, а внутреннее кольцо сдвинуто к резьбе. В таком

виде закрепленная втулка 2 может быть свободно надета на вал. Гайку 1 после затяжки стопорят, отгибая усы фасонной шайбы 4.

Крепление подшипников в корпусе (рис. 6.19, а, в, д, е) применяют как для разъемных, так и для неразъемных корпусов. Подшипники монтируют в корпус обычно после установки их на валу. На рис. 6.19, з показано крепление подшипниковой СЕ в разъемном корпусе; ограничительное кольцо и крышку можно установить при сборке в канавках лишь при наличии диаметрального разьема. Конструкции, показанные на рис. 6.19, б, ж обычно применяют при неразъемных корпусах.

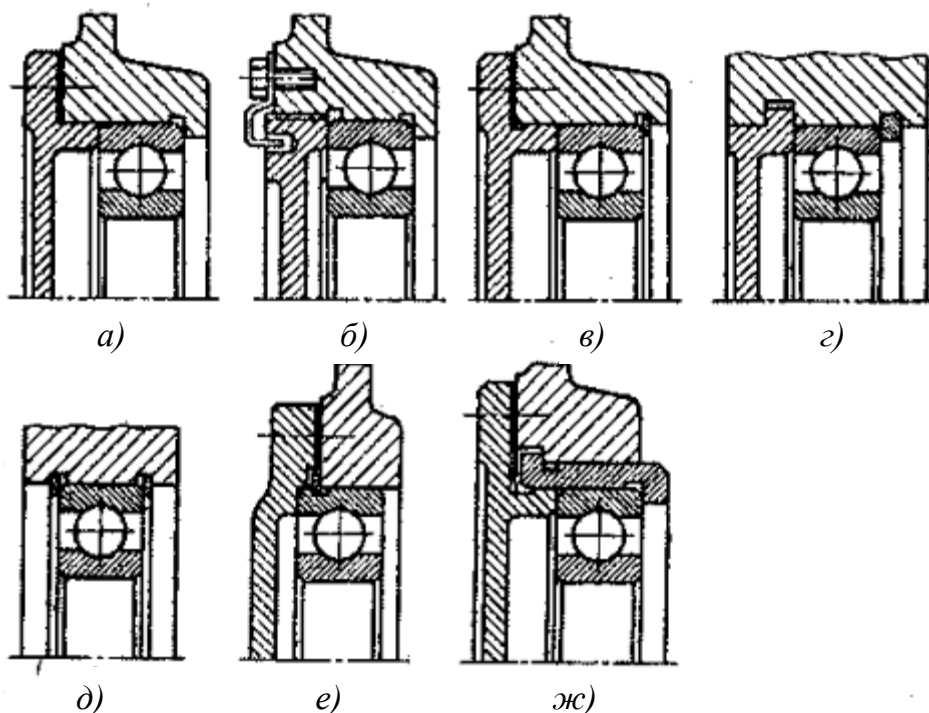


Рис. 6.19. Установка подшипников качения в корпусе

Так как кольца подшипников имеют малую жесткость, очень важно при сборке не допустить их перекоса. Поэтому, устанавливая подшипники на валу или в корпусе, следует использовать торцы колец как базы, добиваться плотного контакта колец с буртиками вала, корпуса или промежуточной детали.

Для осуществления надежного сопряжения подшипника с валом и корпусом посадочные места должны быть чистыми, гладкими, без рисок, задиров и коррозионных пятен. Шероховатость посадочных поверхностей для высокоточных подшипников должна соответствовать $Ra = 1,25 \dots 0,32$ мкм, для менее точных $Ra = 3,2$ мкм, $Ra = 1,25$ мкм, а торцов заплечиков валов и корпусов $Ra = 3,2$ мкм, $Ra = 1,25$ мкм.

Допустимые отклонения от правильной геометрической формы мест посадки шарико- и роликоподшипников на валах и в корпусах

следующие: овальность и конусность – не более 0,5 допуска на диаметр, а для точных подшипников – не более 0,25 допуска на диаметр; биение заплечика для подшипников нормальной и повышенной точности – 0,02...0,03 мм на валу и 0,04...0,07 мм – в отверстии корпуса.

Контроль производится индикатором или миниметром.

Сборку СЕ вал — подшипник качения осуществляют следующим образом. Подшипник тщательно промывают в 6%-ном растворе масла, в бензине или в горячих (75-85°C) антикоррозионных водных растворах. В хорошо промытом подшипнике наружное кольцо легко и равномерно вращается. Проверку ведут, удерживая подшипник за внутреннее кольцо в горизонтальном положении.

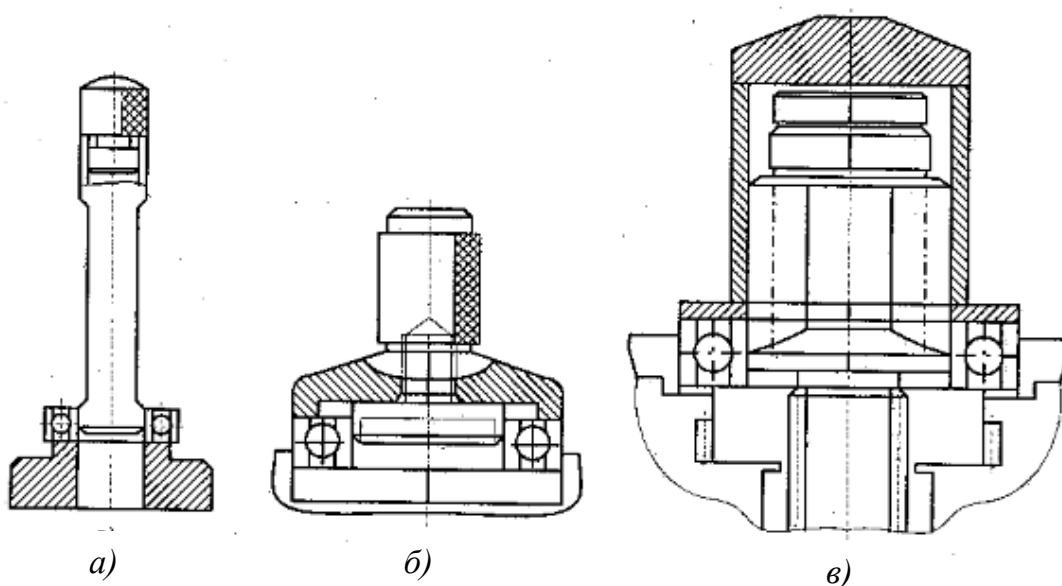


Рис. 6.20. Схемы установки подшипников качения на валу и в корпусе

Далее промытый подшипник нагревают (до 60-100°C) в масляной ванне в течение 15-20 мин и после этого напрессовывают на вал. Операцию напрессовки необходимо обязательно осуществлять с применением оправок. Наносить удары непосредственно по подшипнику нельзя, так как при этом могут быть повреждены кольца, поломаны шарики.

Осевые силы, требуемые для установки подшипников качения, должны прикладываться только к тому кольцу, которое при данной операции сопрягается с базовой деталью (рис. 6.20, а и б). Если вал имеет небольшую длину и малую массу, напрессовывать подшипник можно, прикладывая осевые усилия к валу. Если подшипник монтируется одновременно на вал и в корпус, то усилия передаются на торцы обоих колец (рис. 6.20, в).

Во избежание перекоса подшипника при его запрессовке целесообразно применять подставки, обеспечивающие хорошее базирование деталей СЕ (рис. 6.21).

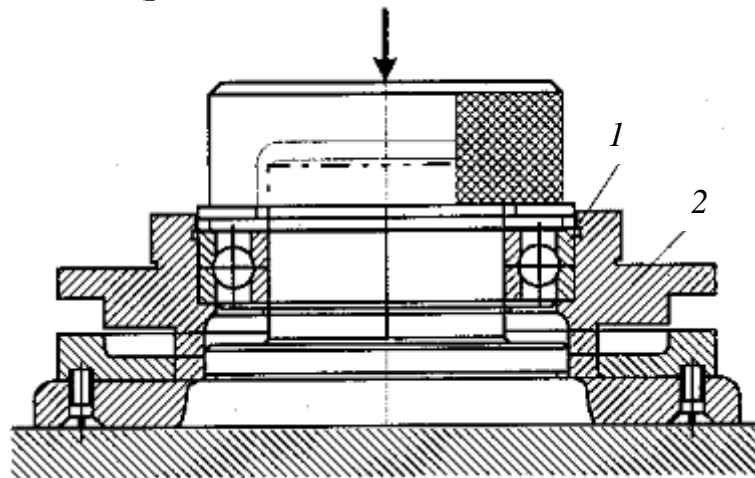


Рис. 6.21. Базирование в приспособлении подшипника 1 и корпуса 2 при сборке узла

Для облегчения установки крупных подшипников на вал применяют гидропрессовый способ монтажа с нагнетанием между сопрягаемыми поверхностями минерального масла.

После напрессовки подшипника на вал следует убедиться в том, что шарики его не защемлены. Наружное кольцо должно вращаться равномерно, без заедания, с незначительным шумом. Проверяют также плотность соприкосновения торца кольца с буртиком или заплечиком.

Установку подшипника в корпусе, если его наружное кольцо запрессовывают в отверстие, производят так же, как и монтаж подшипника на валу, только нагревают при этом корпус или охлаждают подшипник. Для охлаждения используют сухой лед.

6.4.3. Сборка составных валов и муфт

Распространены следующие способы соединения составных валов: шлицевой муфтой, втулочной муфтой со шпонками или штифтами, соединение на конусе со штифтами, болтами, работающими на срез, фланцами, стягиваемыми болтами, запрессовкой одной части вала в другую, созданием сил трения, удерживающих части вала в определенном положении.

Сборку составного вала со шлицевой муфтой (рис. 6.22, а) [20] начинают с установки и закрепления частей вала 1 и 2 на призмах таким образом, чтобы оси их совпадали. Для этой цели удобно применять призмы с регулируемой высотой, устанавливаемые на выверенной плите. Параллельность осей плоскости плиты контролируют индикатором,

укрепляемым на стойке. Части вала закрепляют в положении, требуемом условиями их последующего монтажа, т. е. с учетом расположения шпоночных канавок, отверстий, выступов и т. п. Далее надевают ограничительные кольца 3 и на один из шлицевых концов – муфту 4; конец второго вала вводят в отверстие муфты.

Если при данном относительном положении частей вала впадины и выступы шлицев вводимого конца вала и муфты не совпадут, валы необходимо раздвинуть, переставить муфту 4 на несколько шлицев, а затем снова собрать.

Для окончательной посадки муфты иногда применяют «мягкие» молотки. При посадке Н/к (напряженной) по центрирующему диаметру шлицев муфту перед сборкой целесообразно прогреть в горячем масле.

Сборочную единицу валов со втулочной муфтой на шпонках (рис. 6.22, б) собирают в таком же порядке, предварительно установив шпонки. Посадка муфты обычно Н/к зазоры $e = 1.5...2$ мм (для диаметров валов до 150 мм).

Валы, соединяемые втулочной муфтой со штифтами (рис. 6.22, в), собирают в следующей последовательности: устанавливают муфту на один конец вала, затем на другой; сверлят отверстия под штифты в валах, развертывают их и запрессовывают штифты. Так как в сопряжении этой муфты с валами часто применяют посадку Н/п, Н/г, Н/р, то сборку лучше производить с предварительным нагревом муфты.

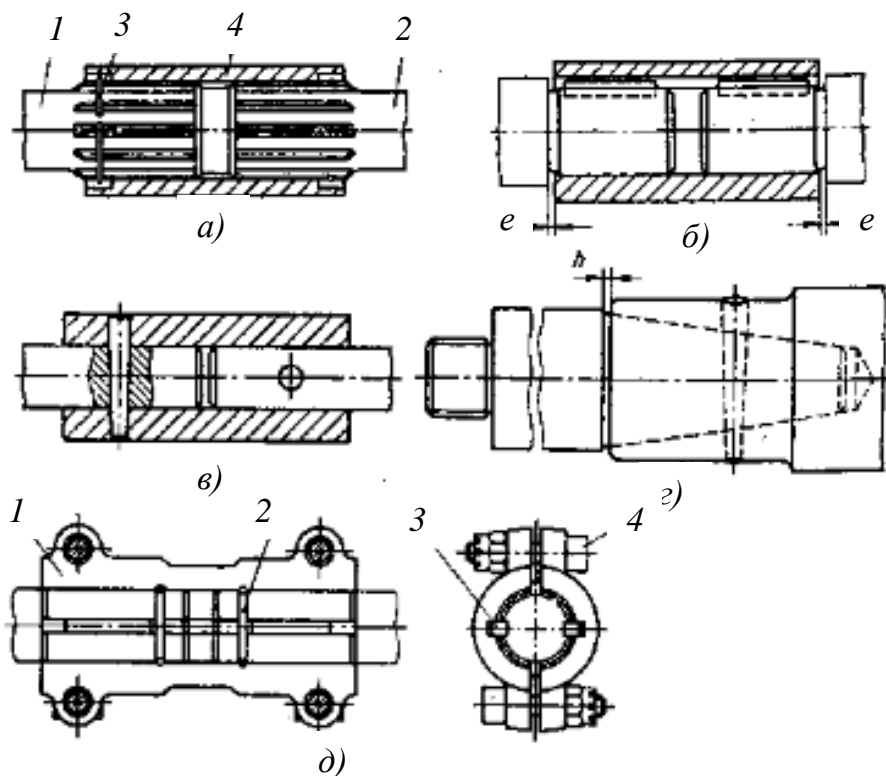


Рис. 6.22. Сборка составных валов

Однако при больших диаметрах валов такое соединение применяют сравнительно редко. При небольших длинах и диаметрах валов сборка упрощается, ее производят обычно напрессовкой муфты под прессом. В таких соединениях обычно применяют цилиндрические штифты, которые запрессовывают переносным прессом или молотком.

Особенностью сборки составного вала, части которого соединяются коническими поверхностями (рис. 6.22, *з*), является необходимость контроля силы запрессовки, так как углы уклона конуса в таких соединениях бывают очень малыми, и при сборке возможен разрыв охватывающей части вала.

Контролировать запрессовку конуса можно измерением зазора и до начала запрессовки и в конце ее. Сверление отверстий под штифты и их подстановку осуществляют после окончательной запрессовки частей вала. Составной вал (рис. 6.22, *д*) начинают собирать с подбора боковин 1 муфты по валам таким образом, чтобы между валами и выточками в боковинах не было зазора. Затем устанавливают пружинные кольца 2 и шпонки 3 и обе боковины предварительно стягивают двумя болтами 4. После этого проверяют, нет ли «зависания» боковин на шпонках. Причиной такого зависания могут быть недостаточные размеры канавок под шпонки, в связи с чем боковины упрутся в эти детали. Далее устанавливают остальные два болта, затягивают и зашплинтовывают гайки.

В конструкции, приведенной на рис. 6.23, *а*, две части вала соединены болтами, установленными во фланцах; при этом соосность обеих частей обеспечивается центрирующим буртиком и строгой перпендикулярностью плоскостей фланцев к осям сопрягаемых частей вала.

Если требования в отношении соосности жесткие, то сборку такого вала начинают с подбора его частей по диаметрам центрирующего буртика и выточки для обеспечения минимального зазора в этом сочленении. Посадку болтов в отверстиях фланцев назначают обычно Н/п, Н/к.

При сборке обе половины вала устанавливают на призмах и, сдвигая их до соприкосновения фланцев, фиксируют в таком положении тремя болтами, расположенными в отверстиях под углом 120° . Затем вал устанавливают в центрах и проверяют на биение по всем шейкам обеих половин его. Если биение не выходит за пределы допустимого, устанавливают и закрепляют остальные болты. При этом для лучшего совпадения отверстия нередко разворачивают. Если биение шеек в предварительно собранном вале больше допустимого, сборочную единицу необходимо разобрать, а затем собрать вновь, сместив одну половину по отношению к другой на некоторый угол.

Сборка коленчатых валов, сопряжения в которых осуществлены с гарантированным натягом, производится в такой последовательности (рис. 6.24, а). Палец кривошипа гидравлическим прессом запрессовывают в отверстие щеки 2. После этого во второе отверстие щеки устанавливают макет вала с разжимной цапфой и проверяют параллельность осей отверстия щеки и запрессованного пальца кривошипа. Далее напрессовывают щеку на цапфу вала и производят окончательный контроль сборочной единицы на параллельность и непересечение осей пальца кривошипа и вала.

Если в конструкции предусмотрены торцовые штифты (рис. 6.24, б) [20], то сверление и развертывание отверстий под штифты и установку их (H7/s7, H7/u7) производят после предварительного контроля собранного вала.

В тяжело нагруженных крупных валах штифты и отверстия для них нередко упрочняют обкатыванием.

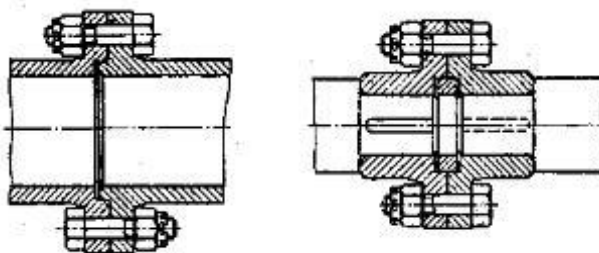


Рис. 6.23. Соединение прямых составных валов

Сборку составного вала, показанного на рис. 6.24, в, можно выполнить двумя способами. Палец 1 кривошипа запрессовывают вначале в щеку 2, при этом палец и щека фиксируются в приспособлении. Щеку обычно предварительно нагревают до 170-180°C (или охлаждают палец). После этого на палец 1 надевают шатун с набранными роликами (если головка его не имеет разъема) и на свободный конец пальца напрессовывают предварительно нагретую вторую щеку 3. Для обеспечения требуемого расстояния *a* между щеками устанавливают дистанционную плиту. Соосность отверстий в щеках под цапфы 4 и 5 обеспечивается направляющим штырем, вставленным в точно обработанные отверстия *K*. Затем в обе щеки запрессовывают цапфы 4 и 5 с предварительно вставленными шпонками.

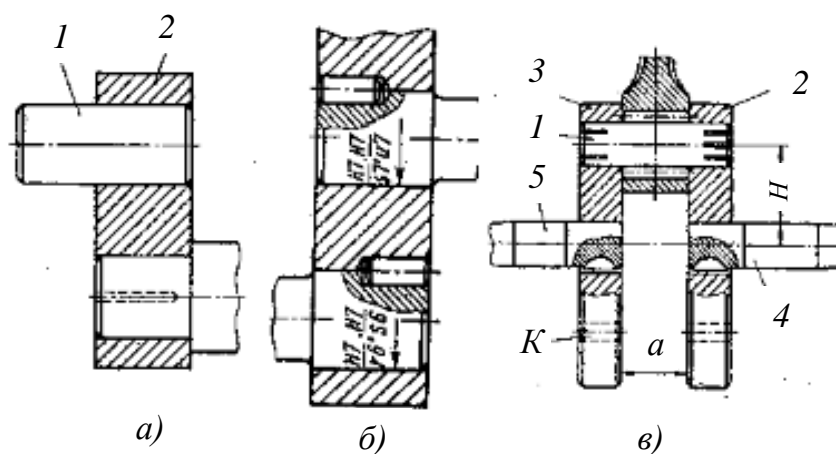


Рис. 6.24. Соединение составных коленчатых валов

При другом способе сборки в каждую щеку запрессовывают цапфы 4 и 5, затем палец 1 запрессовывают в отверстие одной из щек, устанавливают шатун с роликами и напрессовывают вторую щеку. Соосность цапф 4 и 5 обеспечивается установкой сборочных единиц в центрирующем приспособлении, в результате чего отпадает надобность в отверстиях К. Технология сборки в этом случае следующая: в цапфы 4 и 5 запрессовывают шпонки; в нагретую щеку устанавливают цапфу 4; так же запрессовывают цапфу 5 в другую щеку. Щеку с цапфой 4 в сборе вновь нагревают и производят запрессовку пальца 1. На пальце монтируют шатун на роликовом подшипнике. Далее нагревают щеку с цапфой 5, обе подгруппы базируют в приспособлении, устанавливают дистанционную плиту и производят окончательную сборку вала.

Параллельности осей цапф и пальца добиваются групповой технологией сборки. Точность посадки шатуна на пальце (зазор 0,01-0,025 мм) обеспечивается сортировкой пальцев (по диаметру дорожки качения), роликов и шатунов (по диаметру отверстия нижней головки) на три-четыре размерные группы). Контроль собранных составных коленчатых валов производят на призмах или в центрах. Допускаемая несоосность или биение цапф 0,02-0,05 мм, [20].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Характеристика зубчатых передач.
2. Требования к зубчатым передачам.
3. Порядок сборки цилиндрических зубчатых передач.
4. Особенности сборки при методе неполной взаимозаменяемости.
5. Сборка конических зубчатых передач.
6. Этапы сборки конической зубчатой передачи.

7. Методы контроля конических редукторов.
8. Достоинства червячных передач.
9. Недостатки червячных передач.
10. Особенности сборки червячной передачи.
11. Этапы сборки червячной передачи.
12. Сборка ременных передач.
13. Сборка цепных передач.
14. Балансировка вращающихся масс.
15. Применение подшипников скольжения.
16. Сборка неразъемных подшипников скольжения.
17. Сборка разъемных подшипников скольжения.
18. Сборка подшипниковых опор качения.
19. Крепление подшипников на валу.
20. Крепление подшипников в корпусе.
21. Требования к посадочным местам.
22. Сборка составного вала со шлицевой муфтой.
23. Сборка составного вала втулочной муфтой со штифтами.
24. Особенности сборки составного вала, части которого соединяются коническими поверхностями.
25. Сборка составного вала с болтами.
26. Сборка составных коленчатых валов.

7. АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРКИ

7.1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СБОРКИ

Автоматизация сборки повышает качество изделий, производительность, улучшает условия труда и высвобождает большое количество рабочих, снижает себестоимость изделий и уменьшает потребные производственные площади.

Автоматизацию сборки сдерживают нетехнологичность конструкции изделий, недостаточная унификация и малая серийность их выпуска, отсутствие типового сборочного оборудования, недостаточно высокое качество деталей изделий, а также малое число апробированных на производстве приемов решений.

При автоматической сборке должна быть использована прогрессивная и проверенная на практике технология. Недопустимо простое копирование ручной сборки. Создание технологии автоматической сборки тесно связано с глубоким изучением сущности сборочных процессов для выявления закономерностей их протекания и эффективного управления ими. На базе научных и методических основ автоматизации сборки разрабатываются технологические основы проектирования сборочного автоматического оборудования и создаются типовые исполнительные устройства, из которых по принципу агрегатирования можно быстро компоновать автоматическое сборочное оборудование различного целевого назначения. В основе этой работы должна лежать типизация ТП сборки.

Стадии развития процессов автоматизации сборки – частичная и комплексная механизация, частичная и комплексная автоматизация. Такая последовательность способствует постоянному накоплению опыта, однако она не является обязательной во всех случаях.

Комплексная автоматизация – высшая форма автоматизации сборки. Из технологического и вспомогательного оборудования komponуются автоматические линии, цехи и заводы, где в едином потоке осуществляются процессы выполнения сборки, контроля, регулировки, окраски, упаковки или консервации. При комплексной автоматизации обеспечивается возможность непрерывной работы в едином потоке, отпадает необходимость в промежуточных складах, сокращаются производственные заделы и длительность цикла производства, упрощается планирование производства и учет выпускаемой продукции.

ТП автоматической сборки существенно отличается от ручной и механизированной сборки.

Для автоматической сборки нужно иметь:

- бункерно-ориентирующие устройства для деталей изделия, кассеты или магазины, загружаемые более сложными по своей конфигурации деталями в предварительно ориентированном виде;
- накопители, соединяемые с бункерно-ориентирующими устройствами, открытыми или закрытыми лотками;
- отсекатели – устройства для поштучной выдачи деталей из накопителя на сборочную позицию автомата;
- питатели – устройства для передачи деталей из накопителя после освобождения ее отсекателем на сборочную позицию автомата (направляют деталь для точного соединения с сопрягаемой деталью);
- устройства для получения соединений (прессовых, клепаных и т. д.);
- устройства, выполняющие специальные функции (обдувку, смазку и др.);
- устройства, контролирующие правильность выполнения соединения;
- механизм для удаления собранного изделия из автомата в тару или на транспортер для передачи на следующий автомат без изменения ориентации.

Автоматизированные и автоматические линии сборки узлов автомобилей и тракторов являются специализированными и спроектированы из типовых элементов. Автоматизированные линии применяют для сборки крупногабаритных узлов и агрегатов машины, таких как двигатель, задний мост и др. Сборку меньших по размеру узлов и агрегатов осуществляют, как правило, на автоматических линиях.

По типу транспортеров линии бывают с жестким и нежестким тактом. Линии с жестким тактом оснащены штанговыми или цепными транспортерами циклического действия с пневматическим или электрическим приводом движения. Производительность таких линий зависит от надежности работы каждой позиции и собственно транспортера. Число позиций не должно превышать 8. Если необходимо большее число позиций на линии, то линию делят на участки, создавая между ними накопители.

Более высокую производительность обеспечивают линии с жестким циклом или связью — так называемые несинхронные линии. В несинхронных линиях используют пластинчатые или цепные роликовые конвейеры. По компоновке это горизонтально замкнутые рабочие конвейеры.

7.2. ОРИЕНТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ

При автоматической сборке деталям изделия необходимо придавать простые и симметричные формы. Это упрощает ориентацию деталей при выдаче их из бункерно-ориентирующего устройства на рабочую позицию. Ориентация, т. е. придание деталям вполне определенного положения в пространстве, – это основной первоначальный и наиболее сложный этап автоматической сборки. Ориентации подвергаются детали небольших и средних (до 100 мм) размеров. Детали загружают в бункерно-ориентирующие устройства навалом. Более крупные детали поступают из магазинов, или их подают на сборочный автомат вручную.

Главные факторы, определяющие сложность автоматического ориентирования деталей в вибрационных устройствах, – число осей и плоскостей симметрии, которые имеет деталь, и соотношение ее габаритных размеров.

Детали, подлежащие ориентации, можно разбить на три основные группы (рис. 7.1.):

- имеющие ось вращения,
- имеющие плоскость симметрии,
- не имеющие плоскости симметрии [20].

Детали первой группы могут иметь и не иметь плоскости симметрии, перпендикулярной к оси вращения. При первом условии автоматическая ориентация значительно упрощается. Детали второй группы можно разбить на три класса.

1-й класс – детали имеют три плоскости симметрии, 2-й класс – две плоскости симметрии, 3-й класс – одну.

Ориентация деталей третьей группы значительно усложняется, поскольку на лотке ориентирующего устройства возрастает число возможных положений детали.

Деталям необходимо придавать простые и симметричные формы, увеличивая, по возможности, количество плоскостей симметрии.

Задача автоматической ориентации часто затрудняется или становится невозможной, когда несимметричность детали выражена слабо различными внешними признаками (отверстиями малого диаметра, переходными поверхностями с различными, но близкими по величине радиусами закругления и т. д.). Для упрощения ориентации таких деталей их конструкцию изменяют, предусматривая уступы, срезы, дополнительные отверстия и другие элементы, несколько усложняя при этом механическую обработку.

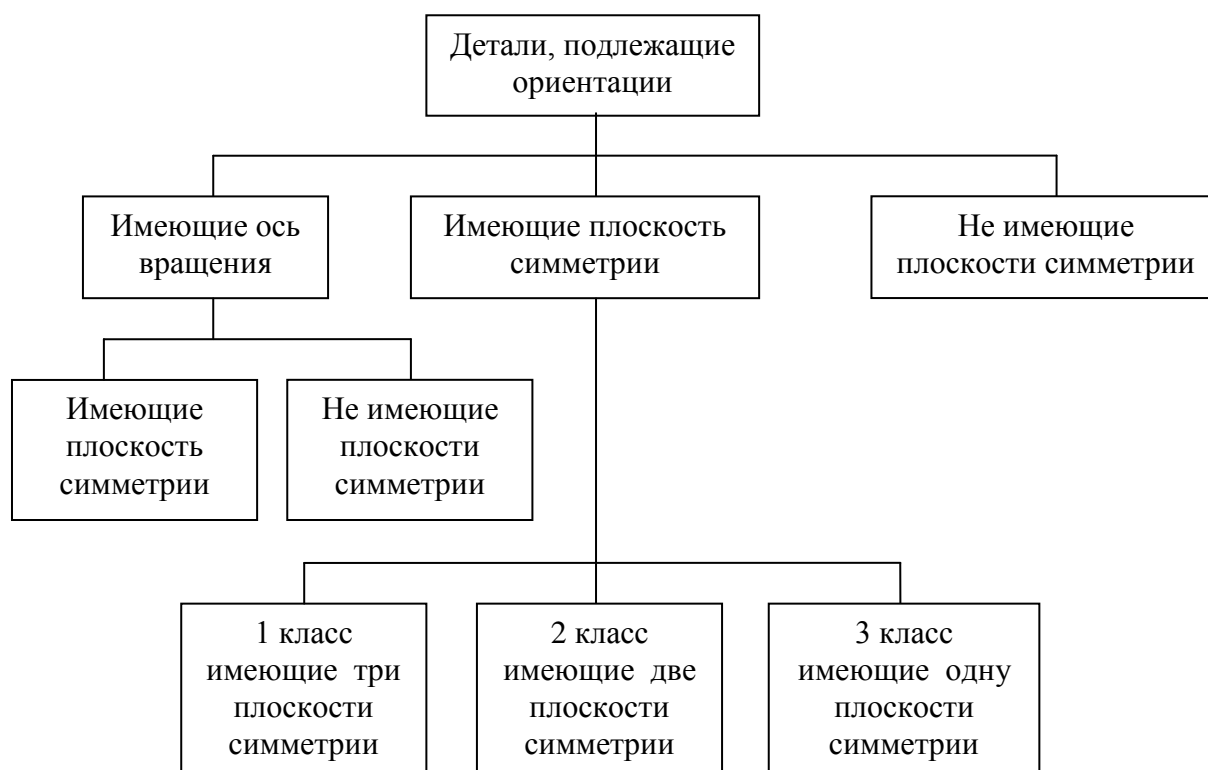


Рис. 7.1. Классификация деталей подлежащих ориентации

Конструкция деталей должна быть такой, чтобы при выдаче из вибробункера они не сцеплялись в виде многозвенных цепочек. Большие трудности создаются при выдаче из бункера спиральных пружин, разрезных колец и пружинных шайб с большим зазором в замке. Если торцевые витки не поджаты, то при диаметре проволоки, меньшем промежутка между витками, возможно взаимное сцепление пружин.

Детали, сопрягающиеся с зазором или натягом, необходимо выполнять с фасками или направляющими элементами.

Базовые детали изделий при автоматической сборке должны просто и надежно устанавливаться и закрепляться на рабочих позициях автоматов. При корректировке конструкции изделия следует в максимальной степени стремиться к использованию унифицированных и стандартных деталей, а также к унификации элементов оригинальных деталей. Это позволяет использовать однотипные исполнительные и вспомогательные устройства сборочных автоматов, что сокращает сроки и себестоимость их изготовления.

Конструкция изделия должна быть удобной для подвода и отвода сборочных инструментов по прямолинейным траекториям.

Конструкцию изделия в целом желательно делать такой, чтобы сборку можно было производить без изменения положения базовой детали. Сложные изделия необходимо расчленять на предварительно

собираемые элементы. Это позволяет шире применять и автоматизировать узловую сборку.

Автоматизация сборки облегчается переходом к более удобным видам соединения деталей и частей изделия. Традиционные методы выполнения соединений, ориентированные на ручную механизированную сборку, необходимо критически анализировать и заменять новыми, более эффективными. Сборка резьбовых соединений в условиях автоматизации сложнее, чем сборка клепкой, а при использовании отдельных видов сварки и пайки сборка выполняется проще, чем при клепке.

7.3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

При проектировании ТП автоматической сборки имеются свои особенности.

1. До начала работ по проектированию ТП выявляют технико-экономическую целесообразность автоматизации, если она не диктуется только требованиями облегчения и оздоровления условий труда.

2. Тщательно разрабатывают ТП сборки на основе установления сущности и закономерностей их протекания. Знание этих закономерностей является основным условием определения параметров, воздействуя на которые, можно интенсифицировать производство и повысить его точность.

3. Тщательность разработки технологии автоматической сборки обусловлена трудностями последующей корректировки принятых решений и большими затратами времени и средств на ее проведение.

4. За основу разрабатываемой технологии принимают прогрессивную технологию и проверенные типовые решения, а также результаты научных исследований в данной области.

5. С развитием автоматизации сборки возрастает роль и ответственность технолога за выбор принятой технологии и дорогостоящего оборудования, за выполнение всех этапов проекта нового и реконструируемого сборочного цеха.

6. Заданное качество продукции обеспечивается в результате устойчивой и надежной работы технологического оборудования. ТП должен быть стабильным во времени, а принятое оборудование - должно допускать возможность быстрой переналадки.

7. Сокращается число рабочих, обслуживающих автоматическое оборудование, уменьшается их влияние на качество продукции и производительность сборки. Максимально высвобождаются сборщики.

8. Обеспечиваются непрерывность протекания ТП сборки и сокращение производственного цикла, оптимальная концентрация технологических переходов при построении операций, более полная балансировка сборочных линий, использование энергосберегающих ТП сборки.

9. Работа технолога усложняется необходимостью детальной проработки вопросов ориентации, базирования, транспортирования и контроля качества продукции, а также обоснованной и подробной разработки технических заданий на конструирование специальных исполнительных устройств и оснастки.

10. Проектирование ТП автоматической сборки требует от технолога большого опыта, широкой инженерной эрудиции и знаний в различных смежных областях.

По организационным формам автоматическая сборка может быть стационарной и подвижной (конвейерной). [20].

Сборочные работы относятся к числу весьма трудоемких, поэтому автоматизация сборки должна быть первоочередным делом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что дает автоматизация сборки?
2. Что сдерживает автоматизацию сборки?
3. Что необходимо иметь для автоматической сборки?
4. Что такое ориентация деталей?
5. Что необходимо делать для автоматической сборки?
6. Требования к деталям при ориентации.
7. Классификация деталей, подлежащих ориентации.
8. Технологичность конструкции деталей.
9. Каковы требования к базовым деталям при автоматической сборке?
10. Технологичность конструкции изделия.
11. Особенности проектирования технологического процесса автоматической сборки.
12. Актуальность автоматизации сборки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Балабанов, В.Н.** Технологичность конструкций машин / В.Н. Балабанов. – М.: Машиностроение, 1997. – 464с.
2. **Беспалов, В.В.** Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.В. Беспалов; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2012. – 179с.
3. **Беспалов, В.В.** Расчет размерных цепей: учеб. пособие / В.В. Беспалов. Н.Новгород: ВГИПА, 2003. – 44с.
4. **Бондаренко, А.Д.** Современная технология: теория и практика А.Д. Бондаренко. Киев: Техника. 1985. – 181с.
5. **Горохов, В.Г.,** Степин В.С. Философия науки и техники. – М.: Высшая шк., 1995. – 212с.
6. **Жабин, А.И.,** Мартынов А.П. Сборка изделий в единичном и мелкосерийном производстве / А.И. Жабин, А.П. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1983. – 184с.
7. **Замятин, В.К.** Технология и автоматизация сборки: учебник для машиностроительных специальностей вузов / В.К. Замятин. – М.: Машиностроение, 1993. – 464с.
8. **Князев, В.Н.** Человек и технология / В.Н. Князев. – Киев: Техніка, 1990. – 194с.
9. **Колесов, И.М.** Основы технология машиностроения: учебник для вузов/ И.М. Колесов. 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2001. – 592с.
10. **Котельников, В.И.** Технология сборки машин и механизмов: комплекс учебно-методических материалов / В.И. Котельников; НГТУ. Нижний Новгород, 2007. – 149с.
11. **Кушнер, В.С.** Технологические процессы в машиностроении: учебник В.С. Кушнер, А.С. Верещака, А.Г. Схиртладзе. – М.: Академия, 2011. – 416с.
12. **Маталин, А.А.** Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». Л.: Машиностроение, 1985. - 509с.
13. **Машиностроение:** Энциклопедия / Ред. Совет У. В. Фролов и др. Т. 111 – 5/А. Технология сборки в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 640с.
14. **Мосталыгин, Г.П.** Толмачевский А.А. Технология машиностроения: учеб. для вузов / Г.П. Мосталыгин, А.А. Толмачевский. – М.: Машиностроение, 1990. – 288с.
15. **Новиков, М.П.** Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980. – 592с.

16. **Проектирования технологических процессов в машиностроении:** учеб. пособие для вузов / И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро [и др.], Под общ.ред. И.П. Филонова; Сд. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 910с.
17. **Справочник технолога машиностроителя в 2 т. Т.1** / Под. ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещарякова, А.Г.Суслова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 912с
18. **Справочник технолога машиностроителя в 2 т. Т.2** / Под. ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещарякова, А.Г. Суслова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 944с.
19. **Схиртладзе А.Г.** Проектирование технологических процессов машиностроительных производств / А.Г. Схиридзе, В.П. Пучков, Н.М. Прис. – НГТУ им. Алексеева, Арзамас.политехн. ин-т (фил.). – Н.Новгород, 2010. – 523с.
20. **Тамаркин М.А.** Технология сборочного производства / М.А. Тамаркин, И.В. Давыдова, Э.Э. Тищенко. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007. – 270с.
21. **Технологические процессы машиностроительного производства** учеб. пособие / В.А. Кузнецов [и др.]. – М.: ФОРУМ. 2010. – 528с.
22. **Технологичность конструкции изделия:** Справочник / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волкова [и др.]; Под общ. ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990. – 786с.
23. **Технология машиностроения/** Бурцев В.М., Васильев А.С., Дальский А.М., [и др.]; под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 564с.
24. **Технология машиностроения:** учеб.: в 2 т. Т.1: Основы технологии машиностроения / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, О.М. Деев [и др.]; под. ред. Г.Н. Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 640с.
25. **Технология машиностроения:** учебник / А.Г. Суслов. – М.: Машиностроение, 2004. – 400с.
26. **Технология машиностроения:** учебник для студ. высш. учеб. заведений / Л.В. Лебедев, В.У. Мнацаканян, А.А. Погодин [и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 400с.
27. **Шишмарев В.Ю.** Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский цент «Академия», 2007. – 368с.

БЕСПАЛОВ ВАЛЕРИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ МАШИН

Редактор **Е.В. Комарова**
Компьютерный набор и верстка **М.П. Журина**

Подписано в печать 2014 Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. Уч. изд. л. Тираж 100 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева.

Типография НГТУ.

Адрес университета и полиграфического предприятия
603950, ГСП-41, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.