



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

А. А. Пучков, М. П. Кульгейко, В. М. Быстренков

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРОЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

ПОСОБИЕ

**по одноименному курсу
для студентов специальности 1-36 01 01**

«Технология машиностроения»

дневной и заочной форм обучения

В двух частях

Часть 1

Гомель 2010

УДК 621.8.002.72(075.8)
ББК 34.68я73
П90

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 29.06.2009 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Металлорежущие станки и инструменты» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *М. И. Михайлов*

Пучков, А. А.

П90 Проектирование технологических процессов. Технология сборочного производства : пособие по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / А. А. Пучков, М. П. Кульгейко, В. М. Быстренков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 58 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены основные положения технологических процессов сборки, точность сборочных соединений, синхронизация рабочих мест сборщиков, приспособления, применяемые при сборке, основы обеспечения качества изделий, пригоночные работы при сборке.

Для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.8.002.72(075.8)
ББК 34.68я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2010

1. Основные положения

1.1. Значение сборочных процессов в машиностроении

Любая машина состоит из отдельных частей. Простейшей из них является деталь, т.е. изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе посредством сборочных операций, называется сборочной единицей. Таким образом, технологический процесс соединения, установки и фиксации деталей в сборочных единицах (а сб.ед. – в машине) называется сборкой.

Сборка является заключительной стадией всего технологического процесса изготовления сложного изделия.

Изделие машиностроительного завода (механизм или машина) является результатом производственного процесса, представляющего собой совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий.

Технологический процесс сборки – совокупность операций по соединению двух и более деталей в определенной технической и экономически целесообразной последовательности для получения изделия, полностью отвечающего своему служебному назначению. Таким образом, техпроцесс сборки является частью производственного процесса изготовления машины или механизма.

В организации современного машиностроительного производства процесс сборки имеет большое значение. Так, в серийном машиностроении трудоемкость сборки около 23 % общей трудоемкости изготовления изделий; при этом трудоемкость механообработки около 35 %, литья – 19 %, сварки – 9 %, обработки металлов давлением – 8 %, термообработки – 2 % и прочих процессов – 4 %.

В настоящее время сборка изделий производится преимущественно на том же заводе, где изготавливаются основные детали этого изделия.

Развитие наиболее прогрессивных форм организации промышленности (специализации и кооперирования производства с широким внедрением поддетальной и технологической специализации) дает возможность расчленить производственный процесс изготовления машины на ряд частных процессов. Это позволяет законченную про-

дукцию создавать в условиях поточного производства на сборочных заводах, что увеличивает выпуск машин и снижает себестоимость их изготовления.

С развитием специализации и кооперации предъявляются еще большие требования к технологии сборки и в том числе к комплексной механизации и автоматизации сборочных работ как главных условий дальнейшего роста производительности и облегчения труда, снижения себестоимости, улучшения качества сборки изделий. Причем, рациональная технология сборки изделий машиностроения имеет в ряде случаев решающее значение для обеспечения их надежности и долговечности.

Одним из видов сборочных работ, широко применяемом в народном хозяйстве – является разборка и сборка машин и механизмов при их ремонте в эксплуатационных условиях. Трудоемкость ремонтных работ очень большая и нередко превышает затраты труда на изготовление продукции. Причем, разборочные и сборочные работы составляют до 70% трудоемкости ремонтных работ.

Процесс сборки машин при ремонте принципиально не отличается от сборки при ее изготовлении. Меняются лишь организационные формы, технологическая сторона остается почти неизменной. Сборка машин после ремонта должна выполняться в той же последовательности и с той же тщательностью, как и сборка новой машины.

1.2. Исходная информация и последовательность проектирования технологических процессов изготовления изделия

В качестве исходной информации для проектирования технологических процессов изготовления изделия выступает:

- базовая информация:
 - а) конструкторская документация на машину;
 - б) программа (объем) выпуска машины;
 - в) общее количество машин, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам;
 - г) условия, в которых предполагается организовать и осуществит технологическую подготовку производства и изготовление машины;
 - д) организационные условия и др. (то есть конкретная производственная обстановка);
- руководящая информация: ГОСТ'ы, стандарты ИСО 9000-9004 (вопросы управления качеством продукции), 14040 (вопросы охраны

окружающей среды), решения и постановления руководящих органов, технические условия, нормативные материалы и т.п.;

– справочная информация: каталоги (паспорта, инструкции и т.д.) на оборудование, оснастку и т.п., в том числе данные библиотеки (базы данных) САПР, используемой на заводе.

Укрупненная последовательность проектирования технологических процессов изготовления изделия включает:

– анализ конструкторской документации и отработку изделия на технологичность;

– проектирование технологии общей сборки машины;

– проектирование технологии общей сборки всех отдельных сборочных единиц изделия;

– проектирование технологии изготовления деталей изделия;

– проектирование технологии изготовления заготовок деталей изделия;

– окончательная отработка технологических процессов сборочного производства;

– выбор средств технологического оснащения завода;

– решение вопросов унификации, нормализации и кооперирования на всех предыдущих этапах проектирования технологических процессов изготовления изделия;

– внесение необходимых дополнений (изменений) в базы данных существующей на предприятии САПР технологии изготовления изделий, в том числе с учетом требований стандартов ИСО по управлению качеством продукции и охране окружающей среды.

1.3. Основы разработки технологического процесса сборки изделия

Технологические процессы сборки изделий, в общем, разрабатываются в следующей последовательности:

– получение исходной информации для проектирования и предварительная ее проработка:

а) анализ информации с точки зрения норм точности, в том числе технических условий изготовления изделия;

б) расчет такта выпуска и определение типа производства;

в) выбор организационной формы сборки изделия;

г) отработка конструкции изделия на технологичность с точки зрения сборки и соответствия вышеуказанным стандартам ИСО по управлению качеством продукции и охране окружающей среды.

– разбивка изделия на сборочные единицы и наметка общей и узловой сборки, а также выявление необходимых переходов, включаемых в технологический процесс сборки;

– определение порядка комплектования сборочных единиц и деталей изделия в процессе сборки;

– дифференциация и концентрация процесса сборки с разработкой технологических схем процессов сборки сборочных единиц и изделия;

– проектирование технологического процесса сборки для определенного типа производства с нормированием сборочных работ, в том числе:

а) выбор и конструирование средств технологического оснащения;

б) решение вопросов, связанных с автоматизацией и механизацией сборочных работ;

в) определение рациональных способов и средств транспортирования деталей, сборочных единиц и изделий;

– разработка и оформление технологической документации.

Примечание. При разработке технологических процессов сборки изделий необходимо на всех этапах проектирования учитывать конкретную производственную обстановку в том числе и, в случае необходимости, особенности технологии автоматической сборки изделий, а также наличие и состояние программных средств для автоматизированного проектирования технологических процессов сборки изделий.

1.4. Построение схемы сборки (разборки) сборочных единиц и изделий

Сборку любой машины нельзя осуществлять в произвольной последовательности, которая определяется, прежде всего, конструкцией собираемого изделия или его составных частей, а также степенью требуемого разделения сборочных работ. Установленная последовательность ввода деталей и сборочных единиц в технологический процесс сборки изделия характеризует систему его комплектования.

Последовательность комплектования может быть одновариантной для простых сборочных единиц и многовариантной для комплексных изделий. В этом случае следует принимать оптимальный вариант, обеспечивающий наилучшее выполнение установленных технических требований к объекту сборки исходя из его служебного назначения при минимальных затратах труда и средств.

При разработке техпроцесса сборки изделие расчленяют на части так, чтобы конструктивные условия позволили осуществить сборку

наибольшего количества составных частей изделия независимо друг от друга. Процесс комплектования сборочных элементов, а также и изделия в целом для наглядности изображают в виде схем сборки. Эти схемы следует строить так, чтобы соответствующие сборочные единицы и детали были представлены в порядке их введения в технологический процесс сборки.

При разработке технологического процесса сборки необходимо учитывать рациональную последовательность и прогрессивные методы сборки с учетом применения высокопроизводительного оборудования, механизации и автоматизации отдельных операций, обеспечения минимальной трудоемкости слесарно-сборочных работ и минимального цикла сборки, а также обеспечения высокого качества собираемых машин. В связи с этим предусматривается расчленение изделия на сборочные элементы, допускающие возможность параллельного выполнения узлов и общей сборки; осуществление специализации сборщиков с применением высокопроизводительного оборудования и приспособлений, механизации пригоночных и сборочных работ; рациональный подбор транспортных средств.

При составлении технологической схемы сборки изделия разделяют так, чтобы каждая сборочная единица могла собираться самостоятельно, вне связи с другими сборочными единицами. В каждой сборочной единице должна быть найдена базовая деталь, определяющая положение всех составляющих данную сборочную единицу других сборочных единиц и деталей. Если по ходу общей сборки возникает необходимость производить предварительную разборку отдельных сборочных единиц, поступающих на общую сборку в собранном виде, то при построении схемы сборки в нее необходимо включать и все неизбежные по ходу технологического процесса разборки сборочных единиц.

На технологической схеме базовую деталь располагают слева, а собираемое изделие – в конце схемы, справа. Сверху от линии, соединяющей базовую деталь с изделием, располагаются детали, а снизу – сборочные единицы и необходимые пояснения (указания).

Для удобства чтения схемы сборки детали, сборочные единицы и т.п. обозначаются прямоугольниками, в верхней части которых указывается обозначение и количество, а в нижней – их наименование.

В необходимых случаях схему следует дополнять технологическими указаниями, например: запрессовать, измерить зазор, подобрать компенсатор, либо контроль и т.п.

Выбор последовательности сборки (разработки схемы сборки) значительно облегчается при наличии образца изделия (сборочной единицы). Разбирая сборочную единицу, составляется план демонтажа (разборки) ее, т.е. строится схема разборки сборочной единицы (обозначения аналогичные, что и на схеме сборки, только в качестве базовой «детали» изображается сборочная единица, а в качестве конечного элемента схемы разборки будет базовая деталь, с которой начинается построение (разработка) схемы сборки сборочной единицы). Приняв обратную последовательность ввода деталей и сборочных единиц схемы разборки, строится схема сборки изделия (сборочной единицы).

1.5. Виды сборки по стадиям процесса сборки: предварительная, промежуточная, сборка под сварку, окончательная сборка и по методу образования соединений; слесарная, монтаж, электромонтаж, сварка, пайка и т.д.

Сборка может быть общей, объектом которой является изделие в целом, и узловой – сборка составной части изделия (сборочной единицы).

В условиях единичного и мелкосерийного производства основная (большая) часть сборочных работ выполняется на общей сборке. С увеличением серийности производства сборочные работы все больше раздробляются по отдельным сборочным единицам, и в условиях крупносерийного и массового типа производства объем узловой сборки становится равным или даже переходит объем общей сборки.

По стадиям процесса сборки она подразделяется:

- предварительная сборка, т.е. сборке составных частей или изделий в целом, которые в последующем подлежат разборке (для определения величины неподвижного компенсатора);
- промежуточная сборка, т.е. сборка заготовок, выполняемая для дальнейшей их совместной обработки (для совместной обработки постелей под подшипники в разъемных корпусах);
- сборка под сварку, т.е. сборка заготовок для их последующей сварки. Процесс соединения деталей сваркой зачастую вводится непосредственно в поток узловой или общей сборки;
- окончательная сборка, т.е. сборка изделий или его составной части, после которой не требуется его последующая разборка при изготовлении. Для некоторых изделий (козловые краны, крупные тур-

бины и т.п.) после окончательной сборки выполняется их демонтаж в состав которого входят работы по частичной разборке собранного изделия с целью подготовки изделия к упаковке и транспортированию к потребителю.

По методу образования соединений сборка подразделяется:

- слесарная сборка, т.е. сборка изделия или его составной части при помощи слесарно-сборочных операций;
- монтаж, т.е. установка изделия или его составных частей на месте использования (у потребителя);
- электромонтаж, т.е. монтаж электроизделий или их составных частей, имеющих токоведущие элементы;
- сварка, пайка, клепка, склеивание. При этом все большее применение при сборке изделий и их составных частей находят процессы сварки и склеивания, которые при надлежащей технологии их выполнения обеспечивают высокое качество соединения.

1.6. Методы сборки: полной, неполной, групповой взаимозаменяемости

При этом под полной взаимозаменяемостью понимается просто соединение сопрягаемых деталей (например, изготовленных в механическом цехе завода с соответствующей точностью), в результате которого обеспечивается необходимая точность собранного соединения и отсутствие брака. При неполной взаимозаменяемости сопрягаемые детали изготавливаются с меньшей точностью, чем при полной взаимозаменяемости, (в так называемых расширенных допусках) и после сборки сопрягаемых деталей (простом соединении их) возможен брак в определенном количестве сопряжений. Если затраты на исправление брака меньше экономии труда и средств на изготовление сопрягаемых деталей в расширенных допусках, то используется данный метод обеспечения точности сборки. В противном случае – не используется. При обеспечении точности методом групповой взаимозаменяемости детали изготавливаются тоже в расширенных допусках и после изготовления сопрягаемые детали измеряются и разбиваются на размерные группы так, чтобы, собирая соединения из деталей, принадлежащих одной размерной группе обеспечивалась необходимая точность сборки. Метод пригонки заключается в том, что обеспечивается точность сборки путем снятия с одной из деталей (так называемого компенсатора) необходимого для этого слоя металла, т.е. деталь

«пригоняется» только для этого одного соединения. Метод регулировки аналогичен методу пригонки, но с детали-компенсатора слой металла не снимается, а путем подбора необходимой, например, толщины прокладок (метод неподвижного компенсатора), либо перемещения или поворота на необходимую величину одной из деталей (компенсатора) с последующим ее стопорением в этом положении (метод подвижного компенсатора), обеспечивается необходимая точность сборки.

1.7. Виды работ сборочного производства

В общем, в составе процесса сборки можно выделить следующие основные виды работ:

1. Подготовительные – благодаря которым детали и покупные изделия приводятся в состояние, требуемое условиями сборки (деконсервирование, сортирование на размерные группы, укладка в соответствующую тару и т.д.).

2. Пригоночные – обеспечивающие собираемость на данной операции и на последующих участках сборки, а также достижение технических требований на сборку различных сопряжений деталей.

3. Собственно сборочные – в процессе выполнения которых из отдельных деталей формируются сборочные единицы, а затем и изделие.

4. Регулировочные – для достижения необходимой точности во взаиморасположении деталей в сборочных единицах и последних в изделии.

5. Контрольные – предназначенные для проверки пригодности собранной сборочной единицы и соответствия её параметров техническим условиям на сборку.

6. Заправочные – в результате которых собранное изделие (сборочная единица) подготавливается к работе в условиях эксплуатации или хранения (смазка, консервация и т.д.)

7. Демонтажные – состоящие в частичной разборке собранного изделия с целью подготовки его к упаковке и транспортированию к потребителю.

Как видно из этого перечня, в числе работ имеются технологические сборочные и вспомогательные. К последним относятся подготовительные и пригоночные, а к первым – все остальные работы.

Следует иметь в виду, что большой объем пригоночных работ, выполняемых в сборочных цехах, значительно увеличивает трудоёмкость сборки и снижает технико-экономические показатели процесса. Поэтому очень важно не только обеспечить сокращение объёма пригоночных работ, но и механизировать выполнение их с должным экономическим обоснованием.

1.8. Элементы процесса сборки

Сборочной технологической операцией называется законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, соединяемых при сборке, называется технологическим переходом. Отдельное законченное действие рабочего в процессе сборки или подготовки к сборке изделия (сб. ед.) называется элементом перехода. Например, сборка зубчатого колеса с валом представляет собой одну операцию, состоящую из двух переходов, - напрессовать колесо на вал и проверить сборку на биение. Каждый из этих переходов состоит из нескольких элементов: взять вал, установить на конец вала зубчатое колесо, нажать рычаг прессы и т.п.

В структуру сборочной операции в общем случае входят:

1) подача деталей, 2) их ориентация относительно друг друга или какой-либо одной детали; 3) соединение (осуществление контакта); 4) закрепление с помощью сил, создаваемых средствами, предусмотренными конструкцией; 5) снятие собранной сборочной единицы; 6) контроль (возможно и наоборот контроль, а затем снятие или подача его на следующую позицию сборки).

Содержание работ, связанное с выполнением сборочных операций и переходов, определяется при разработке технологического процесса сборки и заносится в техдокументацию к процессу. Элементы же переходов во многих случаях при разборке технологии заранее не устанавливаются и в связи с этим осуществляются различными рабочими-сборщиками по-разному. Однако, именно рациональные способы выполнения элементарных приемов значительно повышающие производительность труда. В связи с этим элемент перехода уже не является условным понятием, а представляет собой вполне определенную составляющую часть технологического процесса, существен-

но влияющую на его трудоемкость(пример микроэлементного нормирования с использованием ЭВМ).

Следует иметь в виду, что ряд операций по соединению двух и более деталей в сборочной единице целесообразно выполнять не в сборочном, а в механическом цеху (если после соединения требуется дальнейшая механическая обработка, или если изготавливаются составные зубчатые колеса, составные валы и т.д. – улучшается учет и планирование загрузки механического цеха).

1.9. Общие положения механизации сборочных работ

Степень совершенства технологического процесса сборки определяется уровнем его механизации. Причем, оптимальное значение последнего зависит от типа производства, вида собираемого изделия, средней точности изготовления его деталей и организации производства.

Как и на других участках производственного процесса, в машиностроении в сборочном производстве выделяют пять ступеней механизации и автоматизации:

1. Механизированно-ручное производство, когда операции выполняются преимущественно вручную или с помощью простейших механизмов и механизированных инструментов;

2. Механизированное производство, в котором основные операции технологического процесса сборки оснащены оборудованием и др. средствами механизации; вручную выполняются вспомогательные работы, а также управление механизированными средствами;

3. Комплексно-механизированное производство, обеспеченное средствами механизированной оснастки, как на основных, так и на вспомогательных операциях; вручную выполняются управление механизмами, а также вручную выполняются операции, комплексная механизация которых пока не целесообразна по техническим или экономическим соображениям;

4. Автоматизированное сборочное производство, оснащённое на большинстве основных и вспомогательных операций автоматическими сборочными установками и линиями, работа которых обеспечивается сборщиками-наладчиками; на отдельных операциях, когда это экономически оправдывается, возможно, применение ручного труда;

5. Комплексно-автоматизированное производство, основанное на выполнении всех работ, связанных со сборкой изделия, автоматическим оборудованием; ручной труд затрачивается лишь на наладку и управление системой автоматизированных машин.

Уровень механизации работ в сборочных цехах на большинстве машиностроительных заводов ограничен 1-й и 2-й степенями. Поэтому коренным решением задачи снижения трудоёмкости сборки, резкого повышения производительности труда, увеличения выпуска изделий является комплексная механизация (3-я ступень). Однако целесообразность использования приспособления, оборудования, особенно специального назначения, должна быть экономически обоснована.

1.10. Классификация соединений деталей

В изделиях машиностроения имеется большое количество разнообразных соединений деталей. В машинах приблизительно 35 – 40 % соединений типа цилиндрический вал-втулка, 15 – 20 % плоскостных; 15 – 25 % резьбовых; 6 – 7 % конических, 2 – 3 % сферических и др. Все эти соединения характеризуются различными конструктивными, технологическими и экономическими факторами, как-то: степенью относительной подвижности, возможностью разборки; технологичностью в сборке и демонтаже, прочностью, химической стойкостью, затратами труда и средств на сборку и т.д.

К сожалению, вопрос о классификации соединений, отвечающий всем этим требованиям, пока не решен. Наиболее часто используется классификация соединений по конструктивным и технологическим признакам.

По конструктивным признакам соединения могут быть:

- неподвижные разъёмные (резьбовые, пазовые, конические);
- неподвижные неразъёмные (заклёпочные, сварные, соединения запрессовкой или развальцовкой и многие другие);
- подвижные разъёмные (валы-подшипники скольжения, плунжеры-втулки; зубья колес; каретки-станины и др.);
- подвижные неразъёмные (некоторые подшипники качения; запорные клапаны и т.д.).

При этом неразъёмным соединением считается такое, когда при его разборке выходит из строя хотя бы одна деталь соединения.

По технологическим признакам соединения могут быть: резьбовые; сварные; паяные; клепаные; клеевые; прессовые; вальцовочные; осуществляемые гибкой и др. При этом, все эти соединения выполняются по своим технологиям, которые существенно отличаются друг от друга.

2. Точность сборочных соединений

2.1. Точность сборочных соединений, в том числе техническая диагностика состояния работающей машины

Под точностью сборки понимается степень совпадения материальных осей, контактирующих поверхностей или иных элементов сопрягающихся деталей с положением их условных прототипов, определяемым соответствующими размерами на чертеже или техническими требованиями, которые устанавливаются исходя из служебного назначения изделия (сопряжения). Достижение необходимой точности наиболее экономичными мерами – неперемное требование, предъявляемое к технологическому процессу. Точность машины является функцией точности составляющих ее частей.

Основными элементами (факторами) обеспечения точности сборки являются: базирование (необходимое взаимное положение деталей относительно друг друга, т.е. в пространстве) и жесткость (т.е. способность противостоять деформации при приложении нагрузки к детали).

Несмотря на чрезвычайно широкое разнообразие служебного назначения машин, основные показатели их точности общие:

- точность относительного движения исполнительных поверхностей, т.е. тех поверхностей (или их сочетаний) у деталей или сборочной единицы, с помощью которых машина выполняет свое служебное назначение;
- точность геометрических форм и расстояний между исполнительными поверхностями;
- точность их относительных поворотов.

Расчет точностных характеристик производится с использованием теории размерных цепей. При этом, точность замыкающего звена размерной цепи обеспечивается методами полной, неполной или групповой (селективная сборка) взаимозаменяемости, пригонкой или регулировкой (подвижный и неподвижный компенсатор).

2.2. Организационные формы сборки машин: стационарная и подвижная, в том числе, применение средств вычислительной техники при их реализации

В различных отраслях промышленности, в том числе и в машиностроении, основными организационными формами сборки изделий являются: стационарная и подвижная [3].

Стационарная сборка характеризуется тем, что весь процесс сборки изделий и его сборочных единиц выполняется на одном сборочном посту. Все детали, сборочные единицы и комплектующие изделия поступают на этот пост.

При подвижной сборке собираемое изделие последовательно перемещается по сборочным постам, на каждом из которых выполняется определенная операция. Посты оснащаются приспособлениями и инструментами, необходимыми для выполнения данной операции. Детали и сборочные единицы поступают на соответствующие посты (рабочее место сборщика).

Подвижная сборка изделий осуществляется по принципу дифференциации, то есть, с расчленением сборочных работ, а стационарная - как по принципу дифференциации, так и концентрации, то есть, без расчленения сборочных работ.

В условиях мелкосерийного и единичного производства, как правило, применяется стационарная сборка без расчленения сборочных работ, то есть, имеется один неподвижный объект сборки и все работы на нем выполняются одним слесарем-сборщиком или одной бригадой высококвалифицированных сборщиков, между которыми работы заранее не распределяются. Поэтому очевидна нецелесообразность использования средств вычислительной техники для данной организационной формы сборки изделий.

В условиях мелкосерийного производства может использоваться стационарная сборка изделий с дифференциацией работ на одном неподвижном объекте сборки. В этом случае весь объем сборочных работ заранее распределяется и закрепляется за отдельными бригадами сборщиков или (и) слесарями-сборщиками, которые специализируются на определенных видах работ. Такая организационная форма сборки изделий, в случае необходимости, может потребовать использование средств вычислительной техники для создания рациональной организации работ. Для решения этой задачи целесообразно использовать метод сетевого планирования, так как необходимо выдержать требуемую продолжительность цикла сборки при ограниченном (рациональном) количестве исполнителей, то есть, потребуется оптимизация сетевого графика.

В условиях среднесерийного производства применяется стационарная либо подвижная сборка с дифференциацией работ и регламентированным тактом выпуска изделий. Такт выпуска - интервал времени между выходом с конвейера двух смежных готовых изделий. При

стационарной поточной сборке имеется несколько объектов сборки, которые расставлены на стендах либо стапелях. Количество операций в технологическом процессе сборки изделия равно количеству одновременно собираемых объектов. Операция может выполняться как одним слесарем, так и бригадой слесарей-сборщиков, которые специализируются на выполнении только одной операции. Выполнив операцию в пределах такта выпуска изделий на одном объекте, осуществляется переход на новый объект сборки. При подвижной поточной сборке передача объекта сборки от одного рабочего места к другому осуществляется вручную, то есть, объекты сборки между собой механически не связаны. Поэтому возможно накапливание заделов на отдельных рабочих местах. При данных разновидностях организации труда на сборке изделий уже появляется целесообразность синхронизации загрузки рабочих мест слесарей-сборщиков, что будет способствовать уменьшению межоперационных заделов и улучшению организации производства сборки изделий. Рассмотренная разновидность подвижной поточной сборки находит применение и в крупносерийном производстве.

В условиях крупносерийного и массового производств, как правило, используется подвижная поточная сборка изделий с дифференциацией сборочного процесса на операции и переходы со строго регламентированным тактом выпуска изделий и с периодическим или непрерывным перемещением объекта по рабочим местам, число которых равно числу операций. Собранные изделия сходят с конвейера через промежуток времени, равный такту выпуска изделий. Срок функционирования таких конвейеров может исчисляться годами. Однако, за этот период расчеты, связанные с синхронизацией операций, могут проводиться неоднократно в связи с изменениями объемов выпуска продукции, совершенствованием изделий и технологических процессов сборки их, внедрением механизации, автоматизации и так далее, что влечет за собой корректировку содержания переходов, операций и норм времени на их выполнение.

При сборке крупногабаритных изделий требуется дополнительное время, связанное с подготовкой к выполнению новой технологической операции. Так, при непрерывно перемещающемся объекте сборки требуется переход рабочего из зоны окончания работы на одном объекте сборки в зону начала работы по выполнению операции на следующем. При периодическом перемещении объектов сборки по рабочим местам надо учитывать дополнитель-

ное время на перемещение изделия. При этом на одном конвейере сборки может выпускаться как одно, так и несколько однотипных изделий. Кроме этого, операции большей, чем величина такта выпуска трудоемкости приходится выполнять на двух (иногда трех и более) рабочих местах, как с параллельным, так и с последовательным выполнением их на каждом рабочем месте.

При сборке малогабаритных изделий они, как правило, перемещаются непрерывно по рабочим местам. Однако, в случае получения малых значений такта выпуска изделий работа сборщиков усложняется, так как требуется большее напряжение и повышается утомляемость их. Уменьшение отрицательного влияния малых тактов выпуска изделий обеспечивается снятием (вручную или автоматически) с конвейера объекта сборки на рабочее место с последующей передачей его на конвейер после выполнения операции или организацией работы сборщика над целой партией объектов, размещенных в «спутнике». В первом случае создается задел изделий и время выполнения операции над каждым объектом сборки жестко не связано с тактом выпуска изделий, то есть, такт является регулирующим условием не для сборщиков, а для рабочих мест. Во втором случае такт выпуска изделий рассчитывается по количеству партий объектов сборки, находящихся в специальной таре на линии сборки. При этом каждый сборщик выполняет свою операцию над целой партией объектов сборки, работая по повышенному такту выпуска продукции. Возможно и совмещение обоих приемов уменьшения отрицательного влияния малых тактов выпуска изделий.

Рассмотренные организационные формы сборки изделий в основном используются в машиностроительных отраслях промышленности и, в частности, в станкостроении. В других отраслях промышленности используются, и некоторые другие организационные формы либо приходится учитывать присущие им особенности выполнения сборочных работ. В связи с многообразием организационных форм сборки изделий возникает необходимость формализованного описания всех понятий (факторов, от которых будет зависеть результат синхронизации сборочного процесса), а также и формализованного решения всей задачи. На основании изложенного к математической модели проектирования процесса сборки предъявляются следующие основные требования:

– математическая модель должна быть общей для всех форм организации потока сборки;

- проектируемый процесс может содержать выполнение узловой сборки, контрольных и испытательных работ, работу на автоматических и полуавтоматических установках с различной загрузкой рабочего и оборудования;
- трудовой процесс сборки может быть описан элементами разной степени укрупнения;
- техпроцесс сборки может содержать до тысячи и более элементов;
- описание характеристик элементов сборки должно быть достаточно кратким и наглядным;
- должна определяться целесообразность вынесения сборки отдельных частей изделия на специальные участки;
- необходимо иметь возможность использования нескольких правил приоритета на порядок включения переходов в операцию;
- необходимо учитывать все ограничения и требования на совмещение элементов процесса сборки в одну операцию;
- должны учитываться монотонность, сложность и тяжесть труда.

3. Синхронизация рабочих мест сборщиков

3.1. Факторы, влияющие на продолжительность трудового процесса сборки изделия

Под трудовым процессом понимается совокупность действий исполнителя (исполнителей) по осуществлению производственного процесса в производстве материальных благ или по выполнению функций в других сферах деятельности.

Трудовой процесс на сборочной поточной линии является коллективным. В его выполнении принимают участие многие рабочие, работа которых тесно связана между собой в пространстве и времени. Вся сборочная поточная линия рассматривается как одна производственная единица, где весь ряд операций или группа рабочих связаны с выпуском одного изделия. Рабочие зоны непосредственно примыкают одна к другой и поэтому каждая операция начинается там, где заканчивается предыдущая. Каждому рабочему на поточной линии поручается определенная небольшая часть всей работы и он выполняет только одну операцию. Рабочие непрерывно выполняют свои операции на всей сборочной поточной линии. Одновременно осуществляются первая, последняя и промежуточные операции.

Обеспечение согласованной работы всех рабочих на сборочной поточной линии и их эффективного взаимодействия должно базироваться на количественной оценке различных вариантов трудового процесса и сводится к выбору оптимального.

В основе оптимизации трудовых процессов лежит установление состава факторов и определение их влияния на продолжительность трудового процесса. От правильности установления факторов зависит качество спроектированного варианта трудового процесса.

На время выполнения трудового процесса сборочных работ влияют факторы, характеризующие технологический процесс, организацию производства и управления, предметы и орудия труда рабочего или исполнителя. Если обозначить группы факторов, характеризующих технологический процесс через (T), организацию производства и управления (организацию труда) через (O), предметы и орудия труда (M) (материальные факторы), рабочего или исполнителя через (P), то время (B), как функцию многих переменных, можно выразить следующей формулой $B = f(T, O, M, R)$.

К факторам, характеризующим технологический процесс (T), относятся: содержание технологических переходов и возможная последовательность их выполнения; способ выполнения технологического перехода и его продолжительность; санитарно-гигиенические характеристики технологического перехода; обеспечение необходимого качества соединения, получаемого в результате выполнения технологического перехода (зазор, натяг); степень ориентирования, контроля и тому подобное.

К факторам, характеризующим организацию производства (O), относятся: объем выпуска продукции и срок выпуска; номенклатура закрепленных изделий и характер их запуска в производство; планировка участка (цеха); характер передвижения предметов труда и рабочих по рабочим местам сборочного потока; степень механизации транспортирования и равномерность подачи предметов труда, преемственность смен и тому подобное.

К факторам, характеризующим организацию труда (O), относятся: характеристика разделения и кооперации труда (форма и степень разделения труда, форма организации коллективного труда и совмещение профессий); характеристика рабочего места (расстояния перемещения исполнителей, предметов труда, инструмента, оснастки; планировка рабочего места и его психофизиологическая характеристика, а также характеристика физических и химиче-

ских факторов на рабочем месте); характеристика обслуживания рабочего места (комплектующими изделиями, ремонтного обслуживания и наладочных работ, технического обслуживания рабочих); характеристика метода труда (содержание трудового процесса, состав движений и их последовательность, степень совмещения и перекрытия движений и тому подобное); а также характеристика режима труда и отдыха (длительность перерывов и степень их регламентации).

К факторам, характеризующим предметы и орудия труда (*M*) относятся: вид предмета труда, инструмента, приспособления, оборудования и подъемно-транспортных средств, а также их масса, габаритные размеры, конфигурация, материал, техническая характеристика и тому подобное.

К факторам, характеризующим исполнителя-рабочего (*P*), относятся: характеристика культурно-технического и профессионального уровня (образование, подготовка, стаж работы, разряд рабочего, умение выполнять смежные работы и навыки по данной работе, которую предстоит выполнять); характеристика степени трудовой активности (темп работы, дисциплина, умение рабочего организовать труд, степень ответственности и тому подобное); индивидуальные особенности рабочего (пол, возраст, антропометрические данные, особенности высшей нервной деятельности, функциональное состояние организма человека и состояние его здоровья).

Факторы, приведенные выше, подразделяются на факторы количественные (имеющие числовое выражение в физических единицах, например, вес предмета) и качественные (выражаемые в условных единицах, например, степень контроля); факторы условия, характеристики которых не изменяются при выполнении конкретного трудового процесса, и управляемые факторы, характеристики которых изменяются и должны определяться в процессе оптимизации трудового процесса.

К неизменным факторам (факторам-условиям) относятся, например, факторы, характеризующие предметы и орудия труда, технологический процесс, организацию производства. Характеристики факторов-условий должны задаваться исходными данными.

Проектирование оптимального трудового процесса осуществляется применительно к эталонному рабочему со средним культурно-техническим и профессиональным уровнем, средней характеристикой трудовой активности. Влияние характеристик технологиче-

ского процесса, предметов и орудий труда на затраты времени отражено в нормативах времени.

К управляемым относятся следующие факторы, характеризующие организацию труда:

- характеристики разделения и кооперации труда;
- характеристики метода труда;
- характеристики рабочего места и его обслуживания.

Следует иметь в виду, что факторы, влияющие на время выполнения трудовых процессов, связаны между собой. При оптимизации трудовых процессов в ряде случаев приходится иметь дело не с отдельными факторами, а с параметрами, которые могут отражать влияние одного или нескольких факторов. Таким параметром, например, является тяжесть работы. Это биологическое понятие, характеризующее состояние организма рабочего человека.

Тяжесть работы является интегральным показателем, отражающим влияние комплекса технических, организационных, психофизиологических и других факторов. Поэтому для постановки и решения задач оптимизации трудовых процессов необходимо использовать понятие параметров производственного процесса.

3.2. Принципиальный подход к оптимизации трудового процесса сборки изделия

При постановке любой задачи оптимизации должны быть определены: набор вариантов, критерий эффективности и система ограничений.

В задаче оптимизации трудовых процессов на сборочных поточных линиях количество вариантов определяется вариантами разделения и кооперации труда, состава и последовательности трудовых движений, планировки рабочего места и так далее.

Выбор наилучшего варианта трудового процесса осуществляется на основе критерия эффективности с учетом системы ограничений. Критерий эффективности представляет собой показатель, который позволяет осуществлять количественное сравнение различных вариантов трудовых процессов и выбор оптимального. В качестве критерия эффективности в задаче оптимизации трудовых процессов на сборочных поточных линиях могут быть использованы различные показатели, определяемые различными целями, стоящими перед сборочной поточной линией.

Выбор оптимального варианта осуществляется с учетом системы ограничений. На конкретных линиях ограничения могут быть технологические, организационные, технические и психофизиологические (ограничения, связанные с характеристиками исполнителя).

Весьма важным технологическим ограничением, используемым при оптимизации трудовых процессов на сборочных поточных линиях, является технологическая последовательность или отношение предшествования. Проектирование трудовых процессов на отдельных рабочих местах сборочных поточных линий должно осуществляться таким образом, чтобы не нарушалась технологическая последовательность. В качестве технологического ограничения используется также содержание технологического перехода.

В качестве организационного ограничения может быть принята возможность осуществлять работу в определенной зоне (на одной стороне) конвейера.

В качестве психофизиологических ограничений может выступать предельно допустимая тяжесть работы, которая определяется по соответствующей методике, разработанной НИИ труда, г. Москва.

Оптимизация трудового процесса на сборочной поточной линии предусматривает ряд этапов:

- расчленение технологического процесса сборки и выявление технологически-неделимых элементов трудового процесса;
- определение состава факторов, их значений и характеристик, влияющих на время выполнения элементов трудового процесса;
- разграничение факторов на факторы-условия, параметры, ограничения и критерий эффективности;
- выбор нормативных материалов и подготовка их для использования при оптимизации трудовых процессов;
- проектирование оптимального метода выполнения элементов трудового процесса;
- синхронизация сборочных операций (совместная оптимизация разделения труда и методов выполнения работы);
- расчет технико-экономических показателей работы сборочного конвейера.

Решение задач по оптимизации трудовых процессов на сборочных поточных линиях должно осуществляться в рамках автоматизированной системы управления предприятием.

Основными проблемами оптимизации трудового процесса на сборочных поточных линиях являются синхронизация операций и проектирование метода выполнения операций.

При проектировании трудового процесса сборки изделия на потоке за единицу проектирования не могут быть приняты ни технологический переход, ни прием. Оно должно осуществляться с использованием более мелких элементов, таких как движения и действия, которые поддаются оценке возможности совмещения их выполнения. При этом проектирование процесса должно выполняться в ходе формирования технологических переходов из этих элементов и заканчиваться при формировании операций, подлежащих выполнению на рабочих местах, то есть, на этапе синхронизации операций сборки.

3.3. Нормирование сборочных работ

Техническая норма времени на сборку - это задание по производительности труда сборщику, представляющее собой время, необходимое для выполнения определенной работы требуемого качества в рациональных организационно-технических и технологических условиях.

В зависимости от типа производства (единичного, мелкосерийного, среднесерийного, крупносерийного, массового) нормативы времени, применяемые для нормирования сборочных работ, отличаются по степени расчленения (дифференцированные и укрупненные) и масштабу применения (общемашиностроительные, отраслевые и заводские).

Учитывая, что техпроцесс сборки в единичном и мелкосерийном производстве обычно не детализируется и сборщики выполняют разнообразные комплексы работ, нормативы времени в этих условиях разрабатывают и применяют укрупненные.

В серийном производстве, где сборочный процесс расчленяется на операции, и сборщики специализируются на выполнении определенных работ, нормативы времени используются более детализированные и частично элементные.

Для крупносерийного и массового производства разрабатывают дифференцированные элементные нормативы времени с учётом переходов, приемов работ и трудовых движений. Здесь требуется высокая точность нормирования и поэтому в последнее время начинают вводить микроэлементное нормирование, которое выполняется с использованием персональных компьютеров.

Сборочные работы, типичные для отрасли машиностроения в целом, нормируются на основе общемашиностроительных нормативов времени. Для различных отраслей и групп однородных заводов (стан-

костроительных, автомобильных и др.) разрабатывают отраслевые нормативы. Процессы сборки, специфичные для каждого предприятия нормируют на основе заводских нормативов времени.

Техническую норму времени следует проектировать исходя из соответствующей квалификации исполнителя, полностью овладевшего техникой производства на данном рабочем месте; рационального построения технологического процесса, максимального использования оборудования при оптимальных режимах работы, а также наиболее целесообразных приспособлений и инструментов; применения рациональной организации труда на рабочем месте.

В общем случае норма штучного времени при сборке изделий определяется из зависимости (1)

$$T_{шт.} = T_o + T_e + T_{об} + T_n = T_{он} + T_{дон}, \quad (1)$$

где T_o – основное время, мин;

T_e – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места, мин;

T_n – время на отдых и перерывы, мин;

$T_{он}$ – оперативное время, мин;

$T_{дон}$ – дополнительное время, мин.

Время оперативной работы $T_{он}$ при выполнении сборочной операции представляет собой сумму основного (технологического) времени T_o , требуемого для выполнения непосредственно процесса сборки, и вспомогательного неперекрываемого времени T_e . Последнее представляет собой время, необходимое сборщику для совершения движений или действий (взять деталь, переместить инструмент, измерить и т.п.), дающих возможность осуществить технологическую работу.

В норму времени на сборочную операцию, кроме этого, входит неперекрываемое время $T_{об}$, которое необходимо для обслуживания рабочего места, т.е. для раскладки инструмента перед началом работы, очистки рабочего места, замены инструмента в процессе работы, удаления инструмента и передачи рабочего места сменщику; и время T_n , учитывающее перерывы для удовлетворения естественных надобностей и отдыха рабочего.

В случае сборки изделий партиями в нормировании должно быть отражено время, потребное для подготовки к выполнению сборочных работ над данной партией, так называемое, подготовительно-заключительное время $T_{пз}$. В массовом производстве $T_{пз}$ равно нулю, а в единичном и мелкосерийном производстве оно составляет значительную долю в рабочем времени сборщика.

3.4. Основы подхода к решению задачи синхронизации загрузки рабочих мест сборщиков

Оптимальный вариант трудового процесса представляет собой такой трудовой процесс, при котором суммарные затраты на сборку минимальны и обеспечивается выполнение объема выпуска продукции в заданные сроки. Сложность задачи заключается в том, что ее нельзя свести к ряду независимых задач организации труда на отдельных рабочих местах, так как выполнение отдельных технологических переходов сборки связано между собой целым рядом ограничений.

Оптимизация пооперационного разделения труда на поточной линии (синхронизация операций) производится с учетом следующих допущений и ограничений:

- поточная линия рассматривается как ряд мест, называемых сборочными постами, на каждом из которых выполняется некоторое подмножество из всего множества технологических переходов (U_1, U_2, \dots, U_n) сборки единицы продукции;

- собираемое изделие последовательно проходит все сборочные посты;

- на каждом из рабочих мест выполняется все подмножество технологических переходов, закрепленных за данным рабочим местом. Подмножество технологических переходов, выполняемых на одном рабочем месте, называется операцией;

- лучшей формой организации труда является такая, когда на каждом сборочном посту имеется всего одно рабочее место. Однако, при сборке крупногабаритных изделий, если выполнение переходов одним рабочим не вызывает помех для других, экономически целесообразна организация нескольких рабочих мест на одном сборочном посту, что сокращает число последних, а следовательно, и капитальные вложения на создание конвейерной линии и цеха сборки в целом, а также затраты на их обслуживание в процессе эксплуатации. С другой стороны, иногда неизбежна (время выполнения технологического перехода превышает время такта) или целесообразна (для сокращения простоев рабочих) организация рабочего места на 2-х - 3-х и более последовательно расположенных сборочных постах (рабочие места с «кратностью такта» 2 и 3 и т.д.). На таких рабочих местах работают соответственно 2, 3 или более рабочих, но работу один сборщик выполняет на каждом втором, третьем и т.д. изделиях, проходящих через эти сборочные посты;

– сумма норм времени на подготовку и выполнение технологических переходов, включаемых в операцию, приведенная к одному рабочему (т.е., с учетом кратности такта), должна быть максимальной в пределах времени такта работы конвейера. Иными словами, простои рабочих на каждом рабочем месте должны быть минимальны;

– набор технологических переходов в операции должен производиться без нарушения технологической последовательности сборки.

– выполнение комплекса переходов на рабочем месте не должно приводить к недопустимому, с точки зрения психофизиологии труда, утомлению рабочих;

– по технологическим, организационным и тому подобным признакам могут накладываться ограничения и требования по включению технологических переходов в тех или иных сочетаниях в одну операцию. Эти ограничения и требования могут носить характер безусловного запрещения или показывать только нежелательность набора технологических переходов в рассматриваемом сочетании;

– при некоторых сочетаниях технологических переходов, включаемых в одну операцию, может изменяться состав работы, входящей в отдельные технологические переходы;

– выполнение технологических переходов под сборки желательно выносить на специальные участки. Однако это не должно повлечь за собой увеличения суммарного простоя всех рабочих, занятых выполнением технологических переходов сборки и под сборки;

– методы синхронизации операций для пульсирующих и конвейеров непрерывного действия не имеют принципиальных отличий и поэтому, за счет формализации некоторых понятий, целесообразно иметь общие алгоритмы решения задачи и программу реализации их с использованием средств вычислительной техники.

Основным и безусловным технологическим ограничением является последовательность выполнения технологических переходов сборки. Наиболее наглядной формой представления ее является ориентированный граф последовательности выполнения технологических переходов, с помощью которого могут быть получены необходимые для расчета сведения о возможном порядке выполнения технологических переходов.

При этом необходимо, чтобы сумма норм времени на выполнение технологических переходов, включаемых в операции, с учетом времени потребного на подготовку к выполнению следующего технологического перехода (переход из зоны в зону крупногабаритного изделия, поворот малогабаритного, смена рабочего инструмента и т.п.) и времени, потребного на подготовку к выполнению работ на следующем собираемом изделии (переход рабочего от изделия к изделию, ожидание изделия, перемещаемого конвейером пульсирующего типа и тому подобное), не превосходила времени такта выпуска, т.е.

$$\sum_{i=1}^{i=n} (t_i + t_{подг.i}) + K_p \cdot t_{перем.} \leq K_p \cdot \tau_{эф.}, \text{ или}$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} (t_i + t_{подг.i}) \leq K_p \cdot \tau_{синхр.},$$

$$\tau_{синхр.} = \tau_{эф.} - t_{перем.},$$

где t_i – время на выполнение технологических операций, мин;

$\tau_{эф.}$ – эффективный такт мин;

$\tau_{синхр.}$ – такт синхронизации мин;

K_p – количество рабочих на данном рабочем месте;

n – количество технологических переходов, включенных в операцию для выполнения на данном рабочем месте.

Не менее важным и также безусловным является ограничение по тяжести и сложности работы на каждом рабочем месте.

Тяжесть труда определяют по степени совокупного (комплексного) воздействия производственных факторов (условий труда), реально имеющих на рабочем месте, на функциональное состояние организма человека, его здоровье и воспроизводство рабочей силы.

В результате исследований, проведенных сотрудниками НИИ труда г. Москва, разработана медико-физиологическая классификация работ по тяжести в зависимости от условий их выполнения. На этой основе разработана «Межотраслевая методика количественной оценки тяжести работ по условиям их выполнения», которая позволяет оценить тяжесть работы по показателям условий труда, не проводя всякий раз чрезвычайно трудоемких медико-физиологических исследований.

Проектирование разделения труда на поточной линии сборки производится с использованием метода локальной оптимизации, дополненного правилами приоритета, к числу которых отнесены два из них:

– метод максимального кандидата: из числа технологических переходов – кандидатов на включение в операцию, удовлетворяющих принятым требованиям и ограничениям, каждый раз приоритетом пользуется имеющий максимальную норму времени;

– технологический – предусматривает приоритет технологического перехода, включенного перед этим.

Отдельно следует выделить правило внеочередного включения перехода в операцию по присвоенному ему коду категории работ. Такой переход в нарушение используемого основного правила приоритета сразу же после перевода его в число кандидатов включается в формируемую операцию, если это не противоречит безусловным ограничениям. В противном случае он включается первым в следующую формируемую операцию.

3.5. Организация рабочего места при сборке

В понятии организация рабочего места в широком смысле включается правильная расстановка и удобная конструкция верстаков, сокращение и уплотнение трудовых движений сборщиков, рациональная схема расположения на рабочем месте инструментов, приспособлений и вспомогательных материалов, достаточное освещение, режим труда и пр. важнейшим элементом организации рабочего места является безусловное соблюдение всех требований техники безопасности. Хорошая организация рабочего места, в конечном счете – весьма существенный фактор в деле повышения качества продукции, снижения ее себестоимости, соблюдения технологической дисциплины, повышения общей культуры сборочного производства.

Верстаки и стеллажи. Наиболее рациональной конструкцией является верстаки на 1-2 рабочих, но может быть на 3-4. наиболее целесообразно металлические каркасы. Верстак оборудуется гидропневматическим механизмом подъема тисков или другим зажимным приспособлением, разводкой сжатого воздуха, штепсельной розеткой для подключения механизированного инструмента, полкой для деталей (если они мелкие, то полка-ячейки), пластмассовым поддоном для их промывки и ящиками для инструмента.

Стеллажи – стандартные сборно-разборные конструкции, либо передвижные (для мелкосерийного производства), либо механизированные (когда полки их могут перемещаться под действием тягового органа). Для закрепления на рабочем месте сборочного инструмента используют подвески эластичного (противовес, пружинный балансир).

Тара для деталей, поступающих на сборку, может быть 3-х типов:

- а) для одиночно транспортируемых деталей;
- б) для группового транспортирования деталей;
- в) для деталей, требующих тщательной индивидуальной изоляции.

Тара может быть деревянной или сварной из металлических или пластмассовых прутков (пластин).

4. Технологическое оборудование сборочных цехов

4.1. Приспособления, применяемые при сборке

Сборочные приспособления могут быть универсальные и специальные.

Универсальные приспособления применяются обычно в единичном и мелкосерийном производстве и они могут быть применены на любой операции, которая соответствует функциям, выполняемым данным приспособлением. Специальные приспособления, как правило, проектируются для выполнения определенной операции с конкретным объектом сборки и поэтому они могут быть использованы лишь на той сборочной единице и той операции, для которой они предназначены. Применяются они обычно в серийном и массовом производстве.

Тип привода сборочного приспособления выбирается на основании технико-экономического расчета и может быть механическим, гидравлическим, пневматическим и пневмогидравлическим.

В зависимости от назначения приспособления можно разделить на следующие четыре основные группы:

1) приспособления-зажимы, которые служат для закрепления собираемых изделий, сборочной единицы или деталей в требуемом для сборки положении, а также для придания устойчивости собираемой сборочной единицы и облегчения ее сборки;

2) установочные приспособления, предназначены для правильной и точной установки соединительных деталей или сборочной единицы относительно друг друга, что гарантирует получение требуемых монтажных размеров;

3) рабочие приспособления, используемые при выполнении отдельных операций технологического процесса сборки, например для вальцевания, запрессовки и т.д.;

4) контрольное приспособление, изготовленные применительно к конфигурации, формам, размерам и другим особенностям прове-

ряемых сопряжений сборочной единицы и изделий для контроля конструктивных параметров, получающихся в процессе сборки.

Основные требования, предъявляемые к любому сборочному приспособлению, состоят в том, чтобы его конструкция обеспечивала точность установки деталей или сборочной единицы, удобство расположения собираемого объекта и простоту его закрепления, возможность легкого снятия собранной сборочной единицы (изделия) после сборки, безопасность в работе.

Большое значение для точности сборки имеет известный принцип определенности базирования деталей в приспособлении. Определенность характеризуется таким относительным положением детали в сборке, при котором процесс соединения осуществляется в полном соответствии с технологией и достигается высокое качество сборки, обусловленное технологическими требованиями.

Так, сборка крупных сборочных единиц, а в ряде случаев и общая сборка изделий осуществляется в приспособлениях, называемых стапелями (самолетостроение, судостроение). При сборке недостаточно жестких деталей и сборочных единиц их закрепляют в массивных каркасах-стапелях, на которых и производят все необходимые пригоночные и сборочные операции. Благодаря сохранению постоянства технологии баз в самих стапелях обеспечивается совпадение и единство баз собираемых сборочных единиц и в результате точная стыковка их между собой при общей сборке.

Различают разделочные и собственно сборочные стапели. Первые предназначены для выполнения механической доработки стыковых поверхностей и др. элементов сборочной единицы, а вторые – для выполнения всех подготовительных операций и сборки сборочных единиц (с применением клепки, сварки, крепления на болтах и пр.).

Проектирование, изготовление и отладка оснастки и средств механизации часто составляет 75 – 80% трудоемкости подготовки производства при освоении нового изделия. Поэтому целесообразно широкое внедрение нормализованной сборочной оснастки, пригодной для многократного использования. В первую очередь целесообразно нормализовать элементы приспособления наиболее трудоемкие в изготовлении и требующие больших затрат металла, как-то: фиксаторы, зажимы, балки, колонны, основания и др. как показывает опыт заводов, применяющих нормализованную оснастку, около 90 % элементов ее используется многократно.

Использование типовой нормализованной сборочной оснастки при подготовке производства нового изделия позволяет почти в 2 раза

больше объема проектных работ и намного сократить сроки их выполнения, а также снизить затраты средств на 40 – 50% и металла на 60 – 70% в связи с возможностью повторного использования ряда нормализованных элементов и изготовления их партиями.

Целесообразность использование приспособления того или иного типа, особенно специального назначения, должна быть экономически обоснована. В общем случае, если в год на данной операции должно собираться A сборочных единиц, то наибольшие затраты, допустимые при изготовлении приспособления Π рассчитываются по формуле (2)

$$\Pi = \frac{З_э \cdot \left(1 + \frac{Н}{100}\right) \cdot A}{К}, \quad (2)$$

где $З_э$ – экономия заработной платы, достигаемая при использовании приспособления, отнесенная к одной операции, р.;

$Н$ – начисление цеховых расходов на заработную плату сборщиков в процентах;

$К$ – коэффициент, учитывающий расходы по использованию данного приспособления (на обслуживание, ремонт, амортизацию).

При сборке амортизации приспособления B (в годах) и P годовых расходов на его обслуживание и ремонт в процентах от первоначальной стоимости

$$К = \frac{1}{B} + \frac{P}{100}.$$

Годовая экономия заработной платы ($\mathcal{E}_{з.п.}$), обуславливаемая использованием приспособления, составит

$$\mathcal{E}_{з.п.} = З_э \cdot \left(1 + \frac{Н}{100}\right) \cdot A.$$

4.2. Вспомогательное оборудование сборочных цехов: подъемное, подъемно-транспортное, транспортное

Условно может быть разделено на две группы: технологическое, предназначенное непосредственно для выполнения работ по осуществлению подвижных или неподвижных сопряжений деталей, их регулировке и контролю в процессе узловой и общей сборки, и вспомогательное, назначение которого – механизировать все виды вспомогательных работ.

Вспомогательное оборудование. Технологическая характеристика необходимого для сборочных работ подъемно-транспортного оборудования зависит от типа и масштаба производства, вида организации процесса сборки, конструктивных и технологических данных собираемых изделий.

Основные виды подъемно-транспортных средств:

1) Подъемные:

а) гидравлические, пневматические и гидропневматические домкраты;

б) электрические лебедки;

в) полиспасты и тали;

г) электро- и пневмоподъемники;

д) подъемники-кантователи и др. специальные устройства;

2) Подъемно-транспортные:

а) тельферы;

б) кран-балки;

в) мостовые краны;

г) поворотные краны;

д) передвижные напольные краны;

3) Транспортные:

а) роликовые конвейеры: однорядные или двурядные, горизонтальные или наклонные (2-4 градуса в сторону движения груза), прямолинейные или подковообразные, или замкнутые (радиус закругления 2,5-3,5В, где В – ширина роликов от 200 до 1200 мм). Скорость перемещения изделий до 20 м/мин, устанавливаются они на высоте 0,6-0,8м от пола. В местах прохода они имеют откидную секцию, а для подачи и снятия собранных изделий предусматривают поворотные или подъемные секции, приводимые в действие пневмоцилиндрами. Разновидностью роликовых конвейеров являются *склизы* с выступающими над поверхностью шарами для облегчения поворота изделий.

б) тележки рельсовые и безрельсовые (для менее тяжелых деталей), на которых закрепляют собираемые изделия и перемещают их от одного рабочего к другому со скоростью 10-15 м/мин. на колеса тележки надевают литые резиновые шины либо колеса выполняют с ребордами для движения по рельсам. Для возврата тележек в исходное положение применяют вспомогательный рельсовый либо безрельсовый путь. Для передачи тележек на холостую ветвь служат поворотные круги или механизмы подъема с пневматическим цилиндром, когда путь движения тележек установлены на эстакаде высотой 0,7-0,8 м при сборке малогабаритных изделий.

в) конвейеры: сборочные – для перемещения собираемых изделий на узловой и общей сборках; транспортные – для подачи на сборочные участки и линии деталей и сборочных единиц.

Сборочные конвейеры могут быть с непрерывным движением рабочего органа: тележечные, горизонтально замкнутые, вертикально-замкнутые, подвесные с автоматическим адресованием, ленточные и пластинчатые.

Тележечный конвейер имеет скорость перемещения тележки 0,1-0,4 м/мин и состоит из следующих частей:

- приводной, состоящей обычно из элементов двигателя, редуктора и вариатора скоростей;
- тяговой – в виде одной или двух шарнирных цепей;
- несущей – представляющей собой ряд тележек, соединенных с цепями;
- опорной – направляющие, по которым катят ролики тележек;
- натяжной – предназначенной для создания нормального натяжения тяговых цепей.

Ленточные сборочные конвейеры применяются при сборке мелких сборочных единиц и изделий (в приборостроении наиболее широко используется). Они представляют собой плоскую тканепрорезиненую ленту шириной 200-800 мм, рабочая часть которой скользит по гладкому деревянному или металлическому столу, а холостая ветвь опирается на ролики. Скорость движения ленты 0,02-0,5 м/с.

У пластинчатых конвейеров тяговым органом является одна или две цепи, а рабочая поверхность конвейера выполнена в виде металлических или пластмассовых (реже деревянные) пластин.

Для сборки крупных объектов применяют *цепные напольные конвейеры*. В этом случае изделия собирают на одной или двух тележках, ролики-катки которых опираются на рельсы или стальные пластины, смонтированные в пол. тележки при помощи щеток присоединяют к тяговой цепи, расположенной в канаве ниже уровня пола. Возврат тележки осуществляется по параллельному пути. Для машин, имеющих ходовую часть (тракторы, автомобили и др.) конвейер имеет специальные тележки лишь на участке монтажа ходовой части. В этих типах конвейеров предусматриваются варианты для изменения скорости передвижения от 0,1 до 0,5 м/мин, причем движение конвейеров может совершать непрерывно или периодически со скоростью 4-5 м/мин с последующими остановками, продолжительностью равной темпу сборки. При пульсирующем движении цепного конвей-

ера тяговая цепь может двигаться последовательно в одном и том же направлении или же совершать возвратно-поступательное движение, при котором прямолинейные участки цепи иногда заменяют штангами, выполненными из швеллерных балок, на которых имеются кулачки с односторонним сколом для перемещения собираемых объектов по сборочным постам.

Для сборочной единицы при небольшом количестве операций применяют *карусельные конвейеры*, представляющие собой вращающийся стол, по периметру которого размещаются от 4-х до 8-ми рабочих мест. На специальной неподвижной стойке при необходимости устанавливаются требуемое по технологии по технологии сборки сборочной единицы оборудование (пресс, клепальную скобу и пр.) или подвешивают механизированный инструмент. Внутри корпуса стола размещается привод (электродвигатель, вариатор, червячный редуктор).

Если в процессе сборки изделия требуется точная выверка их, то применяют *шагающие (рамные) конвейеры*. Устройство и принцип работы – в бетонном основании пола установлены под каждое рабочее место точно выверенные чугунные плиты, на которых устанавливают, например, станины собираемых станков. Конвейер расположен под полом и выполнен в виде рамы из двутавровых балок, которые опираются на гидравлические домкраты. Через период времени равный темпу сборки домкраты поднимают раму конвейера вместе с собираемыми объектами и затем происходит перемещение рамы на величину шага между рабочими местами. Рама опускается и в таком состоянии возвращается в исходное положение.

Транспортные конвейеры могут быть: передающие и комплектующие; с ручным перемещением и с механизированным перемещением; грузонесущие, грузотянущие, толкающие и с автоматическим адресованием.

Для транспортирования деталей и сборочных единиц, предназначенных для сборки изделий (комплектующих), а также готовых изделий на испытательные станции или в окраску (передающие) применяют *подвесные конвейеры*. Транспортирование деталей и сборочных единиц в таре возможно также на напольных тележках, присоединенных посредством штыря, опускающегося через щель в полу к бесконечной цепи, движущейся в канале. Используются также эстакадные транспортеры, но наибольшее применение получили подвесные.

Путь подвесного конвейера обычно выполняется в виде монорельса, прикрепленного к строительным конструкциям, по которому движутся каретки, соединенные разборной блочной или пластинчатой

цепью, а в конвейерах небольшой грузоподъемности (вес единичного груза до 30 кг) – стальным канатом, который в 4-6 раз легче цепи. Рабочая каретка предназначена для крепления на ней груза с помощью крючков, ухватов, лотков, этажерок и т.д., а холостая – для поддержки цепи – это *грузонесущий конвейер*.

Грузотянущий конвейер транспортирует грузы посредством наполных тележек, увлекаемых штангами рабочих кареток. Принцип работы толкающих конвейеров с автоматическим адресованием состоит в том, что грузовые тележки не имеют жесткой постоянной связи с тяговой цепью. Цепь движется непрерывно, а грузовые тележки могут двигаться вместе с цепью (с помощью толкающих кареток), но могут и останавливаться там, где необходимо. Применяются адресующие устройства в виде селекторных механизмов, наборов штифтов, действующих на конечные выключатели, устройства с фотоэлементами и с перфокартами. Основной недостаток подвесных конвейеров – это необходимость значительных затрат труда на их загрузку.

5. Основы обеспечения качества изделий

5.1. Мойка деталей и сборочных единиц

Подготовительные работы. Чистота деталей и сборочных единиц – одно из основных условий достижения высокого качества сборки изделий. Работы на очистку и мойку деталей трудоемки и на них расходуется до 10 % времени, затрачиваемого на изготовление деталей. Очистка сборочных единиц и деталей от слоя антикоррозионной смазки, следов краски на поверхностях и др. твердых загрязнений может быть осуществлена механическим путём, при помощи приводных и ручных щёток, с последующей мойкой и обдувкой сжатым воздухом.

Способы мойки: химическая (мойка окунанием и струйная мойка с применением органических и неорганических растворителей), электрохимическая (в спокойном или принудительно возбужденном электролите) и ультразвуковая. Качество мойки улучшается в этой же последовательности с использованием аналогичных растворителей.

Обычно при мойке используются промывочные шкафы и механизированные установки одно- и многокамерные. Моющий раствор в зависимости от его состава подогревается до температуры 60 – 100 °С и под соответствующим давлением используется в первой (первых) камере установки. Вторая камера предназначена для ополаскивания деталей чистой водой, а третья – для сушки (воздухом с температурой до 100 °С).

5.2. Окраска деталей и сборочных единиц

Окраска деталей и сборочных единиц. Лакокрасочные покрытия применяют как декоративные, так и для защиты металлических поверхностей от коррозии, деревянных – от влаги и загнивания. Процесс нанесения покрытий состоит из трех основных этапов: подготовки поверхности к покрытию; ее окраски и сушки; отделки окрашенной поверхности.

Подготовка поверхности к покрытию включает очистку и выравнивание поверхности, ее грунтовку и шпаклёвку с последующим шлифованием. Применяют также фосфатирование и оксидирование для создания плёнок, обеспечивающих прочное соединение лакокрасочных покрытий с поверхностью.

Окраска поверхности производится в один или несколько слоев. Для окраски применяют масляные и эмалевые краски и лаки. Методы окраски:

1. Ручная окраска кистью – проста, но трудоёмка;
2. Окраска распылением (механическое, воздушное, безвоздушное и в электростатическом поле);
3. Метод окунания (небольшие детали);
4. Окраска обливанием (крупные детали);
5. Окраска в барабанах (мелкие нормализованные детали);
6. Окраска на вальцах (на листовой материал).

Качество лакокрасочного покрытия во многом зависит от способа его сушки. Сушка – это сложный химический процесс, состоящий из испарения растворителя и окисления или полимеризации плёнки. Два метода сушки – естественная (при температуре 18 – 25°C) и искусственная. Разновидности искусственной сушки: конвекционная (плёнка образуется с поверхности покрытия, что препятствует улетучиванию растворителя); терморadiационная сушка (рефлекторная, панельная, ламповая) основана на поглощении инфракрасных лучей окрашиваемой поверхностью, что обеспечивает образование пленки с нижних слоев покрытия, т.е. ускоряет испарение растворителя и уменьшает в 5-10 раз время сушки, с одновременным повышением качества покрытия; индукционная сушка требует изготовления сложных индукторов по профилю детали (сборочной единицы) и применима только для токопроводящих материалов, поэтому находит ограниченное применение.

Отделка окрашенной поверхности включает: лакирование (в один или несколько слоёв) обеспечивает повышенную стойкость по-

крытия и придаёт ему блеск; полирование производят для получения особо ровной и блестящей поверхности путем ее обработки фетровыми и суконными кругами или шкуркой цигейки с применением специальных паст и составов; художественное оформление предусматривает нанесение узких декоративных линий, рисунков, фабричных знаков, которые обычно наносятся по трафарету.

5.3. Заправка сборочных единиц смазками и подготовка их к хранению

Многие собранные сборочные единицы, проверенные и испытанные (если это требуется), до их отправления на общую сборку предварительно заправляют маслом или консистентными смазками. Это часто предусматривается для сборочных единиц с подвижными сопряжениями с целью предотвращения сухого трения в начальный период работы машины, а также и для предохранения от коррозии.

Обычно после обкатки сборочной единицы рабочее масло сливают и в зависимости от срока хранения заливают: рабочее масло при малом сроке; консервационную смазку – при длительном хранении; либо рабочее масло со специальной присадкой – растворимым ингибитором коррозии. Консервация изделий осуществляется не только покрытием их смазкой или ингибитором, но и путем упаковки в ингибированную бумагу; помещением в атмосферу, насыщенную парами ингибитора; помещением в герметизированный пленочный чехол или инертной атмосферой и т.д.

В мелкосерийном производстве для заправки смазками применяют разнообразные шприцы и насосы (затраты ручного труда), а в крупносерийном производстве пневматические дозаторы. Консервация путем обертывания сборочных единиц и небольших изделий (подшипников) в ингибированную бумагу позволяет механизировать или автоматизировать процесс упаковки.

5.4. Контроль качества выполненных сборочных работ

Погрешности сборки по характеру их проявления могут быть случайными, если их возникновение обусловлено неопределенными, трудно учитываемыми причинами, и периодическими, зависящими от причин, поддающихся учету. Все эти погрешности являются следствием или неточностей, допущенных при изготовлении деталей в ме-

ханических, термических и других цехах, или недостаточной проду- манности технических требований на сборку, или, наконец, непра- вильной технологии самой сборки. Все это приводит к браку (испра- вимому и неисправимому).

Контроль в сборочных цехах осуществляется в процессе сборки сборочных единиц и изделий, а также и после окончания сборки. Ос- новной контроль качества сборки ведут сами сборщики (самоконтроль, в том числе входной контроль). Однако, если для проверки качества сборки потребуется значительное время и специальная аппаратура, то это выносится на специальное контрольное рабочее место на общей или узловой сборке (ОТК). В зависимости от сложности и ответственности собираемой сборочной единицы и изделия контролю подвергаются ли- бо все сборочные единицы (сплошной контроль) или на выборку (выбо- рочный контроль) определенное их количество (10, 15, 30 и 50 %).

Существуют также дополнительные виды контроля: супер кон- троль для выборочной проверки уже принятых изделий; инспекцион- ный контроль, осуществляемый лабораториями качества; статистиче- ский контроль. Контрольные операции снабжаются инструкционны- ми картами, в которых указывается, что и как должно быть провере- но. При этом, важнейшим фактором обеспечения высокого качества продукции является соблюдение технологической дисциплины.

Заключительной контрольной операцией техпроцесса изготов- ления изделия может быть испытание, т.е. проверка работы изделия со снятием необходимых характеристик в искусственно создаваемых условиях, сходных с эксплуатационными.

Существует много различных видов производственных испытаний сборочных единиц (машин), но все они могут быть сведены к следующим:

- приемочные – для определения фактических эксплуатацион- ных характеристик изделия (мощности, точности и т.д.);
- контрольные – им подвергают те изделия, у которых при приемочных испытаниях были обнаружены недостатки;
- специальные – проводятся при необходимости изучения како- го-либо явления в изделии (износа), либо новой сборочной единицы, нового материала, либо качества изготовления деталей и т.д.

Для получения более полных данных о качестве продукции в ряде случаев заводы-изготовители организуют систематическое на- блюдение за группами машин, работающих в обычных эксплуатаци- онных условиях (большегрузные автомобили в карьерах), а также осуществляют анализ выявляющихся погрешностей по рекламациям, поступающим от потребителей.

5.5. Балансировка сборочных единиц и изделий в сборе

Неуравновешенность вращающихся деталей и сборочных единиц является причиной появления в машине при ее работе динамических сил, которые дополнительно нагружают опоры, повышают интенсивность износа подшипников, а также вызывают вибрационные явления и связанные с этим усталостные напряжения в деталях. Часто неуравновешенность может сказаться на основных показателях качества машины (станок - колебания)

Балансировку деталей обычно осуществляют в мелких цехах при их изготовлении. При этом сборочные единицы зачастую приходится подвергать балансировке. В этом случае зачастую отпадает необходимость в балансировке отдельных деталей. В связи с этим в ТП сборки многих изделий балансировка является обязательной операцией.

В процессе сборки обычно производят статическую и динамическую балансировку сборочных единиц – например, роторов.

Статическую балансировку производят на горизонтальных параллелях, на дисковых роликах, на сферической пяте, на весах и на специальных станках. Методы статической балансировки применяют в мелкосерийных и единичных производствах, а в крупносерийных и мелкосерийных производствах используют более точный и производительный метод статической балансировки в динамическом режиме (ротор вращается с повышенной скоростью).

Основной частью любой балансирующей машины является ее колеблющаяся система. Эти системы можно условно разделить на четыре группы:

- с неподвижными опорами;
- с фиксированной осью колебания ротора;
- с фиксированной плоскостью колебания оси ротора;
- без жестких связей оси ротора с окружающей средой.

Устраняется (снижается) дисбаланс съемом металла, либо его наращиванием.

5.6. Испытание и проверка новых сборочных единиц и машин

Опытный образец (опытную партию) продукции подвергают следующим видам испытаний (проверок):

- предварительным (заводским), которые проводятся для проверки соответствия продукции техническому заданию, технической

документации и решения вопроса о возможности представления ее на приемочные испытания;

– приемочным, которые служат для определения соответствия продукции техническому заданию, технической документации, требованиям стандартов и определения возможности постановки продукции на производство.

В зависимости от характера связей между разработчиком, изготовителем и потребителем приемочные испытания опытного образца продукции могут быть ведомственными, межведомственными и государственными.

Предварительные испытания проводит организация-разработчик с привлечением при необходимости предприятия-изготовителя продукции и предприятий-соисполнителей.

Приемочные испытания организует предприятие-разработчик при участии предприятия-изготовителя и заказчика. По результатам приемочных испытаний комиссия оформляет протокол, на основании которого составляется акт, являющийся разрешением для постановки продукции на производство.

5.7. Испытание сборочных единиц машин при сборке

Заключительной контрольной операцией техпроцесса изготовления изделия может быть *испытание*, т.е. проверка работы изделия со снятием необходимых характеристик в искусственно создаваемых условиях, схожих с эксплуатационными.

Существует много различных видов производственных испытаний сборочных единиц (машин), но все они могут быть сведены к следующим:

– приемочные – для определения фактических эксплуатационных характеристик изделия (мощности, точности и т.д.);

– контрольные – им подвергают те изделия, у которых при приемочных испытаниях были обнаружены недостатки;

– специальные – проводятся при необходимости изучения какого-либо явления в изделии (износа), либо новой сборочной единицы, нового материала, либо качества изготовления деталей и т.д.

Для получения более полных данных о качестве продукции в ряде случаев заводы-изготовители организуют *систематическое наблюдение* за группами машин, работающих в обычных эксплуатационных условиях (большегрузные автомобили в карьерах), а также осуществляют анализ выявляющихся погрешностей по рекламациям, поступающих от потребителей.

6. Пригоночные работы при сборке

6.1. Пригоночные работы при сборке и виды приводов механизированного инструмента

Под пригонкой понимается ручная или механическая обработка в процессе сборки сопрягающихся поверхностей деталей для достижения необходимой точности сопряжений или обеспечения других качественных показателей.

В зависимости от типа производства объем пригоночных работ в среднем составляет: в крупносерийном производстве 8 – 10 %, в серийном – 20 – 25%, в мелкосерийном и единичном 30 – 40% трудоемкости сборки. В массовом производстве незначительные пригоночные работы при сборке тоже нередко встречаются, но, как правило, их не должно быть.

Процесс пригонки состоит из двух этапов: определение величины погрешности и устранение ее снятием из лишнего слоя металла. В результате пригоночных работ компенсирующая деталь оказывается выполненной по месту, т.е. годной только для данной сборочной единицы, данного сопряжения. Причем, пригоночные работы могут быть технически необходимыми, экономически целесообразными, а также вызванные некачественным изготовлением деталей в обрабатывающих цехах. Основной путь уменьшения пригоночных работ – это всемерное улучшение технологичности конструкции, применение подвижных компенсаторов, улучшение организации и техники контроля деталей в обрабатываемых цехах, а также уменьшение величины компенсации или ускорение процесса пригонки посредством механизации. Следует иметь в виду, что нормирование пригонки затруднено из-за колебания величины погрешности пригонки.

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

Пригоночные работы при сборке механизировать главным образом с помощью универсальных и специальных инструментов с электрическим, пневматическим, реже гидравлическим приводами, что существенно повышает производительность труда и качество работ.

Современные механизированные инструменты имеют КПД 8-11% с пневмоприводом; 55 – 65% - с электро- и 70% с гидроприводом.

Пневматическими приводами инструментов служат лопастные (до 30 тыс. об/мин) и турбинные двигатели (до 150 тыс. об/мин). Электроинструменты имеют двигатель переменного тока, коллекторные или асинхронные, питаемые током нормальной (50 Гц) или повышенной (80 – 200 Гц, а в ряде случаев до 400 Гц) частоты.

Основные преимущества пневмоинструментов по сравнению с электроинструментом: значительно большая мощность на 1 кг веса, удобство и безопасность в применении, бесступенчатое изменение частоты вращения, меньшие стоимость и затраты в обслуживании. Один из основных недостатков пневмоинструментов – шум, возникающий при их работе. Крупным недостатком, препятствующим рациональному использованию механического инструмента, является его вибрация. С увеличением числа оборотов инструмента увеличивается допустимая частота вибрации, но уменьшается ее допустимая амплитуда. Инструмент с гидравлическим приводом имеет сравнительно небольшое распространение, при этом преимущественно на сборочных операциях.

6.2. Пригоночные работы: опилование и зачистка, сверление, развертывание и нарезание резьбы, торцевание и шарошение

Опилование и зачистка. Основные требования – производить эти работы на специально отведенном участке, изолированном от рабочих мест сборки.

Примеры этих работ: опилование детали по контуру для снятия неровностей, шероховатостей, забоин, заусенцев; снятие припуска на детали-компенсаторе под размер, предусмотренный технологией сборки; устранение дефектов на поверхности детали (сколов, царапин) в тех случаях, когда исправление их допускается техническими условиями; опилование плоскостей, сложных поверхностей, пазов и выступов при подгонке соединения.

Опилование считается грубым, если необходимо удалить слой металла больше чем 0,2 мм. При тонком опиловании слой снимаемого металла редко превышает 0,1 мм, при этом может быть достигнута точность до 0,02 мм. Во всех случаях после опилования поверхность зачищают. Зачистку производят личным напильником с мелом, шкуркой, оселком. Инструментами при опиловании и зачистке обычно служат напильники, надфили и абразивные круги, головки, бруски (с применением минерального масла, керосина или скипидара), шлифо-

вальные шкурки и абразивные ленты. Широко используется механизированный инструмент: верстачный или передвижные установки с гибким валом, приводятся в движение специальные напильники или абразивные головки; переносные пневмо- и электро-, ручные или приводные машины, работающие с абразивными кругами, шлифовальными шкурками или абразивными лентами, при изготовлении которых применяют абразивные порошки: электрокорундовые, карбидкремневые и из окиси алюминия соответствующей зернистости. Так, для улучшения шероховатости поверхности ленты перед началом работы иногда смазывают маслом. Точность обработки лентой до 0,05 мм, высота микронеровностей до 0,1 мкм.

Сверление. В процессе сборки отверстия сверлят, когда требуемая точность достигается проще всего путем обработки двух и более деталей в сборе; когда место сверления труднодоступно для обработки на станке, а отверстие небольшого диаметра может быть просверлено с помощью механизированного станка; когда отверстие не было предусмотрено при механической обработке (например, для постановки пробок при обнаружении пористости в литых деталях – в станке, картере, блоке, в различных корпусах), если это допускается техническими требованиями.

Для отверстий диаметром до 10 – 12 мм применяют переносные приспособления или небольшие станки, а для более крупных – станки на фундаментах, которые устанавливаются вблизи линии сборки. Применяются так же специальные сверлильные машинки с электромагнитным основанием (сила притяжения до 700 кг). При работе пневматическими и электрическими сверлильными машинками не рекомендуется давать ускоренную подачу. Целесообразно закреплять их в стойках или на жестких подвесках (обеспечивающих большую точность улучшающих шероховатость отверстия).

Желательно применять смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ) при обработке стали (минеральное масло) и алюминия (керосин). При сверлении чугуна жидкость не применяется.

Часто встречающиеся при сверлении погрешности – это увеличенное по диаметру отверстие, грубая поверхность, перекосяк и увод отверстия. Увеличенный диаметр получается при биении сверла или при неправильной его заточке. Грубая поверхность отверстия получается при слишком большой силе прикладываемой к сверлильной машине, а так же при плохой очистке отверстия от стружки, для чего машинки целесообразно снабжать приспособлениями для отсоса

стружки. Перекос и увод отверстия получаются в результате неправильного или слабого закрепления детали, а так же при неточном или изношенном кондукторе.

При мелкосерийном производстве в процессе сборки частот приходится после сверления отверстия нарезать в нем резьбу. Для этого на машинках устанавливают головки с реверсивным механизмом, обеспечивающим ускоренное выворачивание метчика.

Развертывание. Эту операцию выполняют при сборке для получения требуемой посадки в сочленении или для обеспечения соосности отверстий монтируемых деталей. Припуски под развертывание от нескольких сотых до 0,2 – 0,3 мм в зависимости от диаметра отверстия. При большем припуске применяют несколько разверток с последовательно увеличивающимися диаметрами. На долю последней развертки (чистовой) оставляется минимальный припуск, чем достигается шероховатость Ra 2,5 – 1,25 мкм и большая точность. При развертывании используются те же жидкости, что и при сверлении. Развертки бывают цельными, регулируемые и со вставными ножами зачастую совместно с кондукторами. Хорошие результаты дает применение плавающих разверток.

Для механизации процесса развертывания применяют электрические или пневматические сверлильные машины с дополнительными редукторами, понижающими частоту вращения до 30 – 50 об/мин.

Торцевание и шарошение. Для торцевания предпочтительнее торцовые фрезы с неравным делением зубьев и с нечетным числом их. Чтобы торцуемая поверхность была перпендикулярно оси отверстия (а это обычно основное требование при торцевании), необходимо иметь на фрезе направляющую часть достаточной длины, входящую с возможно меньшим зазором в отверстие.

Операции торцевание и шарошение целесообразно выполнять с помощью пневматической или электрической сверлильной машины или же на сверлильных станках, установку которых следует в таких случаях предусматривать вблизи места сборки.

6.3. Пригоночные работы: притирка, полирование, шабрение и гибочные работы

Притирка. При притирке точность размеров до 0,1 мкм, шероховатость – Ra 0,16 – 0,04 мкм существует два способа притирки деталей: первый – одной детали по другой (притирка клапанов, пробок

и др.); второй – каждой из детали по третьей – притиру. С помощью притиров доводят детали топливной аппаратуры, крышки, торцы, фланцы и буртики в плотных сопряжениях. Притирами могут быть плиты, бруски, конусы, втулки и др. детали из материала более мягкого, чем материал притираемых деталей. Лучшее качество дают плиты из серого чугуна с перлитно-ферритной структурой. Чугунные плиты применяются для притирки стальных деталей, стальные – для чугунных, стеклянные – для деталей из цветных металлов. Для предварительной притирки иногда применяют притиры, имеющие на поверхности канавки, нарезанные через 10 – 15 мм в двух направлениях. Гладкие притиры используют для окончательной доводки.

Качество притирки и производительность во многом зависит от удельного давления, создаваемого в процессе притирки. Обычно давление 0,8 – 1,5 кг/см² и до 2,0 кг/см², при меньших значениях давления производительность уменьшается, но шероховатость улучшается. Скорость притирки не выше 25 – 35 м/мин, так как из-за возможности нагрева детали увеличивается шероховатость поверхности. Притирку начинают с применения паст более крупных номеров и постепенно переходят к пастам мелких номеров.

Ручная притирка процесс трудоемкий, поэтому применяют электро- или пневмомашинки ручные с вращательным движением рабочего органа, а также специальные станки. Во всех случаях притирам или притираемым деталям сообщается сложное движение, с тем чтобы, не накладывались следы друг на друга.

Полирование. Применяется после опилования или зачистки (припуск 0,005 – 0,007 мм). Уменьшается только шероховатость поверхности: при обычном полировании – Ra 0,63 – 0,16 мкм, а при полировании абразивной лентой – Ra 0,63 – 0,04 мкм. Заглаживание рисок при полировании поверхностей благотворно сказывается на износостойкости деталей и повышает их коррозионную стойкость. Полирование позволяет также обнаружить дефекты поверхностного слоя – трещины, волосовины, которые на грубо обработанной поверхности часто не заметны.

Процесс полирования осуществляется при помощи вращающихся со скоростью 30 – 50 м/с эластичных кругов, на рабочую поверхность которых наносится абразивная смесь с жидким наполнителем или мастика, состоящая из вяжущего вещества и полировального порошка. Круги применяются из войлока, хлопчатобумажной ткани. Для получения поверхности высокого качества применяют круги с

графитовым наполнителем, а так же алмазные эластичные полировальные ленты.

Полирую с применением тонких порошков или специальных паст. Для грубого полирования употребляют окись алюминия, окись железа и окись хрома, а для самого тонкого полирования – венскую известь без смазочных наполнителей. Полирование при обработке деталей осуществляется на специальных полировальных станках. В условиях же сборки, где объем таких работ небольшой, применяют механизированные шлифовальные или быстроходные сверлильные машинки, используя их или в качестве переносного инструмента, или в качестве верстачной установки. При большем объеме полировальных работ применяют ручные полировальные машины с эластичным кругом, работающим торцовой поверхностью. Операции полирования при сборке следует выносить из потока и выполнять на специальных отведенных рабочих постах.

Применяется также полирование пластическим деформированием или давлением с помощью гладилок, форма которых зависит от формы детали, для которых они предназначены.

Шабрение. Этот метод отделочной обработки состоит в отскабливании шаберами (ручными – плоские, канавочные, трехгранные, полукруглые и др., а также механические) тонких (около 5 мкм) слоев металла для получения ровной поверхности после предварительной обработки ее резцом, напильником или другим режущим инструментом. При чистовом шабрении шероховатость Ra 2,0 – 1,25 мкм, при тонком – шероховатость Ra 0,63 – 0,32 мкм, плоскостность и прямолинейность до 0,002 мм на длине 1000 мм. Припуски на шабрение зависят от размеров пришабриваемых поверхностей, так при 100×500 мм – 0,1 мм, и при 1000×6000 мм – 0,5 мм. Результаты шабрения определяются по краске или всухую – «на блеск».

Гибочные работы. Соединения, осуществляемые с помощью гибки, имеют в конструкциях машин небольшое распространение. Типичные сборочные единицы с закреплением деталей посредством гибки обеих деталей (соединение листов), или одной из них. Встречаются также соединения, когда одна из деталей сборочной единицы отгибается в углубление или отверстие другой, а также когда изгибаются или скручиваются специальные соединительные элементы.

Гибочные работы при сборке машин выполняются главным образом в связи с пригонкой различных трубопроводов. Так, медные и латунные трубки диаметром до 8 мм при больших радиусах закругле-

ния, а также, если не предъявляются требования в отношении точности формы, обычно гнут вручную в холодном состоянии. Трубопроводы диаметром 8 – 14 мм изгибают вручную по шаблону, но на место сгиба на трубу надевается плотно навитая спиральная пружина из стальной проволоки для обеспечения плавного изгиба и сохранения круглой формы трубопровода.

Гибка труб вручную малопроизводительная и тяжелая работа. Поэтому там, где это возможно, применяют механические или пневматические приспособления и трубогибочные станки, на которых гибка труб осуществляется по принципу штампования или обкатывания роликами. Трубы диаметром больше 20 мм гнут после наполнения их песком или расплавленной канифолью. Стальные трубы диаметром до 10 мм гнут без наполнения, трубы большим диаметром гнут в горячем состоянии. Стальные трубы нагревают до ярко-красного цвета, алюминиевые или дюралюминиевые – до тех пор, пока от прикосновения к трубе начнет обугливаться бумага. Медные трубы нагревать не обязательно, но они должны быть нагреты и замочены в холодной воде.

7. Направление дальнейшего развития сборочного производства

7.1. Состояние сборочных процессов и пути повышения качества изделий и их сборочных единиц

В отечественном и зарубежном машиностроении уделяется большое внимание анализу существующего состояния и перспективам дальнейшего развития процессов сборочного производства.

Трудоемкость сборочных работ в зависимости от объема сборки и условий производства – 20 – 70 % от трудоемкости изготовления изделий.

Степень механизации – 25 – 35 %, и только в условиях массового производства – 60 – 70 %. Степень автоматизации сборочных процессов даже в массовом производстве не превышает 10 – 15 %.

Уровень технического развития сборочного производства отстает от уровня развития других видов производств, вследствие недостаточного оснащения сборочных предприятий и цехов машинным оборудованием и низкой автоматизацией сборочных процессов.

В сборочных цехах на одного рабочего приходится станочного оборудования и расхода различных видов энергии в 20 – 30 раз меньше,

чем в механических цехах. Капитальные затраты на изготовление сборочного оборудования – 10 – 20% от затрат, выделяемых на металлообрабатывающие станки.

Отставание развития сборочного производства объясняется трудностью автоматизации многих сборочных операций, недостаточной приспособленностью конструкций собираемых изделий для автоматической сборки и сложностью конструкций сборочных машин, многие из которых являются специализированными и не всегда оказываются рентабельными в производстве.

Область наиболее рентабельного применения автоматической сборки определяют масштабы производства, стабильность и сложность конструкций собираемых изделий, трудоемкость ручных операций и качество изготовления деталей.

Масштаб производства изделий предопределяет производительность: для автоматической сборки больше или равно 500 и для полуавтоматической 200-300 изделий в час.

Стабильность конструкций порядка двух лет считается достаточной для окупаемости автоматического оборудования.

Качество изготовления деталей, их взаимозаменяемость и чистота поверхности имеют большое значение. Наличие заусенцев, грата, грязи и других дефектов является часто главной причиной, затрудняющей или исключаящей возможность применения средств автоматизации.

Применение средств автоматизации и прогрессивных методов сборки обеспечивает нередко увеличение производительности труда на 70-80 % по сравнению с механизированной сборкой и в 4-10 раз по сравнению с ручной.

Экономическая эффективность автоматизации сборочных процессов определяется с учетом затрат на проектирование, приобретение, монтаж и наладку сборочного оборудования, изготовление вспомогательных устройств и технологической оснастки. При этом, из общих затрат на внедрение процесса автоматической сборки стоимость проектно-конструкторских работ составляет 50-40 %; затраты на приобретение основного сборочного оборудования меньше или равно 25-35 %; расходы на наладку оборудования и освоение процесса составляют до 40 %.

В процессе разработки прогрессивных сборочных процессов предусматривается значительное снижение трудоемкости ручных работ и максимальная автоматизация основных и вспомогательных операций, отработка конструкций собираемых изделий на технологичность сборки; применение новых методов сборки, автоматизированного проекти-

рования процессов, синхронизация сборочных линий и групповой метод сборки, при котором бригада сборщиков сама распределяет между собой объем выполняемых ими работ в пределах установленного такта, выпуска изделия и места его сборки.

Наиболее просто поддаются автоматизации типовые, часто повторяющиеся сборочные операции, когда собираемые детали (валы, оси, втулки и др.) просты по конфигурации, легко соединяются и удобны для транспортирования. Однако там, где требуется для выполнения операций особая сноровка сборщика и нельзя избежать сложных движений в ориентировании и подаче деталей, там оставляют ручной труд.

При автоматизации сборочных процессов считают неразъемные соединения (прессовые, клепаные и др.) более рентабельными в производстве. Резьбовые соединения выполняются с большими трудностями и требуют применения более сложного оборудования, а зачастую и ручного труда по наживлению гаек, винтов, шпилек.

К новым методам автоматической сборки изделий относится применение комбинированных процессов, включающих одновременное выполнение операций сборки, обработки резанием, штамповки, сварки и др., сочетание автоматических и сложных ручных операций, а также соединение деталей с помощью самонарезающих винтов, гарантированной затяжки резьбовых соединений, обжатия и вдавливания гаек, нагрева, охлаждения, гидропрессовки, орбитальной клепки, ультразвука, клеев, пластмассовых компенсаторов и др.

При обработке конструкций собираемых изделий на технологичность автоматической сборки предусматривают надежность ориентирования и подачи деталей к месту сборки, необходимость иметь меньшее число сборочных единиц и деталей, конструкция которых должна быть по возможности симметричной и простой формы, не допускающей заклинивания и сцепления, возможность производить узловую сборку в направлении сверху вниз, обеспечение высокого качества изготовления деталей, их взаимозаменяемости и т.д.

Форма собираемых деталей непосредственно влияет на сложность конструкций сборочных машин и ориентирующе-подающих устройств к ним и является одним из основных критериев рентабельности автоматической сборки.

Сложность деталей по их форме возрастает: шарообразные, дисковые, прутковые, с головкой или фланцем. Каждая из этих групп может быть: с гладкой поверхностью, с выступом или отверстием и эксцентричные (самые сложные). При автоматизации сборочных операций учитывают также размер и массу деталей.

Во время проектирования процессов автоматизированной сборки обращается внимание на необходимость координации работы конструкторов, технологов и экономистов при отработке конструкций собираемых изделий на технологичность сборки, выборе средств автоматизации и обеспечении рентабельности собираемых изделий.

Наибольший прогресс автоматизация сборочных процессов имеет в автомобильной, приборостроительной, электротехнической, электронной и некоторых других отраслях промышленности, т.е., там, где в больших объемах осуществляется сборка одних и тех же или однотипных изделий.

В автомобильной промышленности автоматизирована сборка блоков и головок блока цилиндров двигателей, коробок перемены передач, задних мостов, передних осей, кузовов и др.

В электротехнической промышленности – электроламп, предохранителей, переключателей, конденсаторов, резисторов, сухих батарей и др.

В других отраслях промышленности автоматизирована сборка подшипников качения, соединительных муфт, вентилях, масляных фильтров и др.

Для автоматизации процессов сборки изделия применяют различные виды автоматизированного оборудования: сборочные машины, сборочные линии, промышленные роботы. В зависимости от конструктивных особенностей и назначения применяются сборочные полуавтоматы, машины с программным управлением и др. типы машин для сборки.

Сборочные машины - автоматы и полуавтоматы - в сборочном производстве используются в следующих видах:

1. Однопозиционные машины с неподвижным столом - предназначены для сборки простых изделий, состоящих из 2-3 деталей малых размеров, и обеспечивают производительность до 2000 и более сборочных единиц в час;

2. Много позиционные с поворотным столом (роторные) - используются для сборки небольших и средних изделий, содержащих 2-10 деталей, их производительность 500-2000 изделий в час;

3. Прямолинейные сборочные машины имеют обычно продольное основание и в отличие от роторных машин оснащаются транспортерами со сборочными приспособлениями-спутниками, которые подаются на рабочие позиции с помощью жесткой (синхронной) или гибкой(несинхронной) связи с транспортером. Прямолинейные машины используются для сборки средних и крупных изделий, включающих до 50 деталей, их производительность достигает 1800 изделий в час.

Сборочные машины совершенствуются путем упрощения их конструкции, применения унифицированных агрегатов, оснащения программным управлением, средствами вычислительной техники, ЧПУ, манипуляторами (роботами); визуальными устройствами, в том числе телекамерами, датчиками обратной связи и др., что позволяет зачастую отказаться от применения специальных ориентирующих устройств и механизмов.

В сборочном производстве широко используются средства вычислительной техники для контроля и управления сборочными машинами, линиями, испытательными установками, транспортерами подачи сборочных единиц и деталей, загрузочными и ориентирующими устройствами и др.

Используются также многоцелевые машины, на которых одновременно выполняется несколько различных операций (обработка резанием, штамповка, сварка, маркировка, сборка и др.). Применение их сокращает количество используемого в производстве оборудования, уменьшает затраты на вспомогательные устройства, связанные с загрузкой деталей, и улучшает качество изготовления изделий.

Современные сборочные линии оборудуют сборочными машинами (головками), загрузочными устройствами, транспортерами, приспособлениями-спутниками. На линиях обычно предусматривается возможность выполнения сборочных и других операций, включение резервных позиций для установки дополнительного оборудования или выполнения ручных операций.

Автоматизированные сборочные линии подразделяются на два вида: синхронные с жестким расположением спутников и несинхронные с гибким (плавающим) расположением спутников на транспортере.

Наблюдается тенденция к переходу к сборочным линиям с несинхронной компоновкой спутников. Преимущества таких линий: более рациональное сочетание автоматических и ручных операций, обеспечение большей универсальности и меньшей зависимости от неполадок в работе оборудования и подаче деталей на сборку.

На сборочных линиях часто используются компьютеры, которые обеспечивают контроль и управление работой сборочного оборудования, своевременную подачу деталей в бункеры, надлежащую ориентацию деталей в процессе сборки, точный учет и подачу сборочных единиц на сборочные позиции, а также получение, обработку и выдачу различных информационных данных о ходе процесса сборки.

Эффективным средством механизации и автоматизации сборочных операций на линиях продолжают оставаться ручные машины (гайковерты, клепальные молотки и др.), последние модели которых оснащаются

механизмами для гарантированной затяжки резьбовых деталей, автоматизированной подачи крепежных деталей и др.

Сборочные линии имеют обычно производительность 500-1800 изделий в час и наиболее успешно используются в отраслях промышленности с массовым выпуском продукции и нередко с одновременным выполнением операций по изготовлению деталей.

Сборочные машины и линии начали изготавливать агрегатным методом из унифицированных узлов, базовых деталей и мест их стыковки, что способствует более широкому их использованию для сборки изделий нестабильной конструкции. Сборочные машины и линии агрегатной конструкции позволяют на 50-70 % повторное использование узлов и деталей, в то время как для сборочных машин специального назначения повторное использование составляет 10-20 %.

Использование промышленных роботов на машиностроительных предприятиях расширяется вследствие того, что они обеспечивают хорошее качество выполняемых операций, сохраняют постоянную производительность в течение длительного времени, могут работать на монотонных и утомительных операциях, а также во вредных и опасных условиях.

Наиболее успешно их используют на операциях погрузки и разгрузки деталей, установки и снятия изделий с технологического оборудования, выполнения ряда сборочных операций, а также при складировании и упаковке деталей и изделий.

Применение роботов в сборочном производстве развивается в следующих основных направлениях:

- более широкое использование роботов для автоматизации основных и вспомогательных операций;
- совершенствование конструкций роботов путем оснащения их визуальными и осязающими устройствами, датчиками обратной связи, системами ЧПУ и микропроцессорами, а также улучшение маневренности и более точного позиционирования;
- увеличение производства роботов, в том числе специализированных роботов упрощенной конструкции применительно к собираемым изделиям и условиям производства;
- применение роботов как для обслуживания сборочных машин и линий, так и для выполнения основных сборочных, испытательных, сварочных, окрасочных и других операций;
- повышение рентабельности использования роботов (снижение трудоемкости и себестоимости, увеличение производительности, повышение качества собираемых изделий и безопасность труда).

7.2. Перспективы развития сборочного производства, в том числе в зарубежном машиностроении

Развитие сборочных процессов происходит в следующих основных направлениях:

- повышение уровня автоматизации процессов сборочного производства и расширение номенклатуры изделий, подвергаемых автоматической сборке;
- уменьшение трудоемкости ручных операций и максимальная автоматизация основных и вспомогательных операций;
- внедрение прогрессивных сборочных процессов, основанных на применении новых методов сборки изделий и автоматизации сборочных операций;
- улучшение качества собираемых изделий, снижение себестоимости и увеличение производительности труда;
- увеличение производства автоматического и полуавтоматического сборочного оборудования для основных и вспомогательных операций;
- изготовление новых типов полуавтоматических и автоматических сборочных машин, роботов, линий, в том числе машин с ЧПУ, многоцелевых и др. типов;
- применение программного управления и средств вычислительной техники в сборочном оборудовании и системах автоматического управления сборочным производством.

Опыт работы зарубежных сборочных предприятий показывает, что рациональное применение автоматизации сборочных процессов обусловлено большим объемом выпуска изделий, высокой трудоемкостью ручных работ, стабильностью конструкций собираемых изделий, высоким качеством и взаимозаменяемостью изготавливаемых деталей.

Рентабельность применения новых средств автоматизации в сборочном производстве увеличивается с ростом производства и при сборке изделий стабильной конструкции. Срок окупаемости оборудования может быть менее одного года.

В качестве средств автоматизации сборочных процессов предлагается широкое использование полуавтоматических, автоматических и многоцелевых сборочных машин, промышленных роботов, сборочных линий и автоматизированных ручных машин. Дальнейшее развитие автоматических сборочных машин происходит в направлении совершенствования конструкций их агрегатов, применения программного управ-

ления и средств вычислительной техники, манипуляторов, датчиков обратной связи, а также использования унифицированных узлов.

Намечается более широкое использование многоцелевых машин для одновременной обработки деталей и сборки изделий, с помощью которых обеспечивается уменьшение количества потребного оборудования, загрузочных и других вспомогательных устройств. Промышленные роботы в сборочном производстве становятся одним из основных средств автоматизации сборочных процессов, их используют для обслуживания сборочных машин, сборки несложных сборочных единиц, сварки кузовов автомобилей, окраски изделий и других операций.

Дальнейшее развитие сборочных линий производится в направлении одновременного использования на них синхронных и несинхронных позиций и выполнения комплекса операций по изготовлению деталей и сборке изделий различных модификаций. В области производства автоматизированного сборочного оборудования предполагается значительное увеличение выпуска полуавтоматов, автоматов, роботов и сборочных линий, в том числе роторно-конвейерных многоцелевых сборочных линий, для сборки различных изделий и их сборочных единиц. Ожидается выпуск новых типов сборочного оборудования, в том числе машин, оснащенных системами ЧПУ, ПЭВМ и телевизионными устройствами, сборочных роботов и автоматических линий агрегатной конструкции.

В области разработки технологических процессов автоматической сборки изделий предусматривается: резкое сокращение трудоемкости ручных работ как в процессе проектирования технологических процессов с разработкой и использованием соответствующих программных средств для ПЭВМ, так и в процессе сборки изделий, а также широкая автоматизация сборочных операций, отработки конструкций собираемых изделий на технологичность сборки и применение новых методов сборки. В числе последних намечается применение балансирования с использованием ПЭВМ на сборочных линиях, широкое использование комбинированных методов изготовления деталей, включающих одновременное выполнение операций по обработке деталей и сборке сборочных единиц: рентабельное сочетание автоматических и сложных ручных операций; применение новых способов соединения деталей и др.

При отработке конструкций на технологичность автоматической сборки достигается возможность надежного ориентирования и подачи деталей к месту сборки, использования деталей симметричной и простой формы, исключаяющей их сцепление между собой, определение

минимально необходимого количества деталей и сборочных единиц в изделии, проведения сборки сборочных единиц в направлении сверху вниз и др. В целях повышения качества автоматической сборки изделий и обеспечения бесперебойной работы сборочного оборудования повышаются требования к взаимозаменяемости и качеству изготовления деталей, контролю операций в процессе сборки, а также сохранности и чистоте деталей при их транспортировании и хранении.

В целях рационального распределения операций по позициям сборки и более рентабельной загрузки их в пределах установленного такта выпуска изделий сборочной линии более широко будут подвергаться синхронизации с помощью математических методов и применения ЭВМ, при этом загрузка рабочих мест на линиях может достигать 95 % и более.

Рентабельность внедрения средств автоматизации определяется их экономической эффективностью с учетом затрат на проектирование, приобретение, монтаж и наладку сборочного оборудования, изготовление нестандартного оборудования и технологической оснастки.

В сборочном производстве расширяется применение компьютеров с периферийными устройствами, с помощью которых производится контроль и управление сборочным, испытательным, транспортно-подъемным и др. видами оборудования, а так же расчеты и конструирование объектов производства и технологического оборудования, разработка технологических процессов и др.

В области управления предусматривается необходимость широкого применения систем автоматизированного управления основными и вспомогательными процессами сборочного производства, включая учет наличия и подачу сборочных единиц, деталей и материалов, в том числе и всех необходимых комплектующих изделий, а также бухгалтерский учет и отчетность, расчет заработной платы и др.

В современных условиях автоматизированное управление сборочным производством становится одной из основных частей комплексного автоматизированного управления машиностроительным предприятием.

При этом при технической подготовке автоматизированного сборочного производства и его реализации необходимо учитывать требования международных стандартов ИСО 9000-9004 (по управлению качеством продукции) и 14040 (по охране окружающей среды).

Список литературы

1. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справ. /Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1983. Т. 1 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
3. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. М.: Высшая школа, 1976. 534 с.
4. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, 1985.-496 с., ил.
5. Киреева Л.Е., Пучков А.А. Практическое пособие к лабораторным работам по теме «Синхронизация загрузки рабочих мест сборщиков» курса «Технология машиностроения (отраслевая)». -Гомель: ГГТУ, 1998.-56с.

Содержание

1. Основные положения	3
1.1 Значение сборочных процессов в машиностроении.....	3
1.2 Исходная информация и последовательность проектирования тех- процессов изготовления изделия	4
1.3 Основы разработки техпроцесса сборки изделия	5
1.4 Построение схемы сборки (разборки) сборочных единиц и изделий .	6
1.5 Виды сборки по стадиям процесса сборки: предварительная, про- межуточная, сборка под сварку, окончательная сборка	8
1.6 Методы сборки: полной, неполной, групповой взаимозаменяемо- сти, пригонки и регулировки с неподвижным, в т.ч. метод шайб, и подвижным компенсатором	9
1.7 Виды работ сборочного производства.....	10
1.8 Элементы процесса сборки.....	11
1.9 Общие положения механизации сборочных работ	12
1.10 Классификация соединений деталей	13
2. Точность сборочных соединений.....	14
2.1 Точность сборочных соединений, в том числе техническая диаг- ностика состояния работающей машины.....	14
2.2 Организационные формы сборки машин (стационарная и подвиж- ная), в т.ч. применение средств вычислительной техники при их ре- ализации	14
3. Синхронизация рабочих мест сборщиков.....	18
3.1 Факторы, влияющие на продолжительность процесса сборки изде- лия.....	18
3.2 Принципиальный подход к оптимизации трудового процесса сборки изделия.....	21
3.3 Нормирование сборочных работ.....	23
3.4 Основы подхода к решению задачи синхронизации загрузки рабо- чих мест сборщиков	25
3.5 Организация рабочего места при сборке.....	28
4. Технологическое оборудование сборочных цехов.....	29
4.1 Приспособления, применяемые при сборке.....	29
4.2 Вспомогательное оборудование сборочных цехов: подъемное, подъемно-транспортное, транспортное.....	31

5. Основы обеспечения качества изделий	35
5.1 Мойка деталей и сборочных единиц	35
5.2 Окраска деталей и сборочных единиц.....	36
5.3 Заправка собранных сборочных единиц смазками и подготовка их к хранению	37
5.4 Контроль качества выполненных сборочных работ.....	37
5.5 Балансировка сборочных единиц и изделий в сборе.....	39
5.6 Испытание и проверка новых сборочных единиц и машин	39
5.7 Испытание сборочных единиц машин при сборе.....	40
6. Пригоночные работы при сборке.....	41
6.1 Пригоночные работы при сборке и виды приводов используемого механизированного инструмента.....	41
6.2 Пригоночные работы: опилование и зачистка, сверление, развертывание и нарезание резьбы, торцевание и шарошение	42
6.3 Пригоночные работы: притирка, полирование, шабрение и гибочные работы	44
7. Направление дальнейшего развития сборочного производства	47
7.1 Состояние сборочных процессов и пути повышения качества изделий и их сборочных единиц.....	47
7.2 Перспективы развития сборочного производства, в т.ч. и зарубежном машиностроении	53
Список литературы	56

**Пучков Анатолий Андреевич
Кульгейко Михаил Петрович
Быстренков Владимир Михайлович**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРОЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

**Пособие
по одноименному курсу
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
заочной формы обучения
В двух частях
Часть 1**

Подписано в печать 20.09.10.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,38.

Изд. № 263.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.