**РАЗДЕЛ 4.** **ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ** **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

*ТПТС АПК-20 Лекция №12=4ч.*

 **Тема 4.1.** **Основные понятия о технологии сборки машин**

 *1. Понятие о процессах сборки машин и классификация видов сборки.*

 *2. Организационные формы сборки.*

 *3. Размерные цепи, их определение, виды.*

 *4. Методы расчета плоских размерных цепей.*

 *5. Основные методы достижения точности замыкающего звена*

 *6. Проектирование технологических процессов сборки.*

***1. Понятие о процессах сборки машин и классификация видов сборки***

Изделия сельскохозяйственных машин по технологической структуре сборки можно разделить на машины, агрегаты и орудия (рабочие органы).

Каждая *машина*состоит из двигателя, трансмиссии (привода) и рабочего органа. Машины подразделяются на самоходные и стационарные.

*Агрегаты* не имеют двигателя, они состоят только из рабочего органа и трансмиссии. Агрегаты могут быть прицепные и навесные.

*Орудия* имеют только рабочий орган и не имеют ни двигателя, ни трансмиссии.

К *самоходным машинам* относятся тракторы с навесным или прицепными орудиями, зерноуборочные комбайны, хлопкоуборочные машины, автомобильные разбрасыватели удобрений и др.

К *стационарным* относятся зерноочистительные машины, зерносушилки, кормоприготовительные машины (соломосилосорезки, корнеклубнерезки, кормодробилки и др.).

*Прицепными агрегатами* являются картофелеуборочные, свеклоуборочные, кукурузоуборочные, силосоуборочные комбайны, картофелесажалки, сеялки, прессподборщики и т.п.

*Навесными агрегатами* являются косилки, жатки, опрыскиватели и др. Навесной или прицепной агрегат совместно с трактором образует машину. Орудия, как и агрегаты, могут быть прицепными и навесными. К ним относятся плуги, бороны, грабли, лущильники, культиваторы, катки и т.п.

Для удобства сборки машину разделяют на сборочные единицы первого, второго и более высоких порядков. Деление изделия на составные части осуществляется по технологическому признаку. Технологическим признаком составной части является возможность ее сборки обособленно от других элементов изделия. Составная часть первого порядка входит непосредственно в составную часть изделия, составная часть второго порядка – в составную часть первого порядка и т.д. Составной частью высшего порядка являются только детали.

Двигатель, трансмиссия и рабочий орган могут рассматриваться для машины как сборочные единицы первого порядка.

Изготовление и сборка сборочных единиц машины могут выполняться в различных цехах и даже на различных заводах.

*Процесс сборки* является заключительным этапом изготовления машин, в значительной степени определяющим ее основные эксплуатационные качества. Условия достижения высоких эксплуатационных качеств машины не ограничиваются созданием удачной конструкции или применением высококачественных материалов для изготовления ее деталей. Процесс изготовления машины может гарантировать достижение всех требуемых эксплуатационных показателей, а также ее надежности и долговечности в эксплуатации лишь при условии высококачественного проведения всех этапов сборки машины (т.е. сборки и регулировки отдельных единиц – узлов и общей сборки, и испытаний изготовляемого изделия в целом).

Выполнение сборочных работ связано с большой затратой времени, составляющей значительную долю общей трудоемкости изготовления машины. В зависимости от типа производства затраты времени на сборочные работы составляют (в процентах от общей трудоемкости изготовления машин):

- в массовом и крупносерийном производствах ……………20…30;

- в среднесерийном производстве …………………………...25…35;

- в единичном и мелкосерийном производствах ……………35…40.

В сельскохозяйственном машиностроении выполняется большой объем сборочных работ. Трудоемкость сборочных работ составляет около 25 % общей трудоемкости изделия, а по некоторым машинам может доходить до 60 %.

Следует также отметить, что основная часть (50…85 %) слесарно-сборочных работ представляет собой ручные работы, требующие больших затрат физического труда и высокой квалификации рабочих.

*Технологический процесс сборки* машин и механизмов представляет собой часть производственного процесса, включающего совокупность операций по соединению деталей в определенной технически и экономически целесообразной последовательности для получения сборочных единиц, и изделий, полностью отвечающих установленным для них требованиям.

Сборка может осуществляться простым соединением деталей, их запрессовкой, свинчиванием, сваркой, пайкой, клепкой и т.д. По своему объему сборка подразделяется на общую сборку, объектом которой является изделие в целом, и на узловую сборку, объектом которой является составная часть изделия, т.е. сборочная единица или узел.

В условиях единичного и мелкосерийного типов производств основная часть сборочных работ выполняется на общей сборке, и лишь малая их доля осуществляется с отдельными сборочными единицами. С увеличением серийности производства сборочные работы все больше раздробляются по отдельным сборочным единицам, и в условиях массового и крупносерийного типов производств объем узловой сборки становится равным или даже превосходит объем общей сборки.

*По стадиям процесса* сборка подразделяется на виды:

- *предварительная* сборка, т.е. сборка заготовок, составных частей или изделия в целом, которые в последующем подлежат разборке. Например, предварительная сборка узла с целью определения размера неподвижного компенсатора;

- *промежуточная* сборка, т.е. сборка заготовок, выполняемая для дальнейшей их совместной обработки. Например, предварительная сборка корпуса редуктора с крышкой для последующей совместной обработки отверстий под подшипники;

- *сборка под сварку,*т.е**.** сборка заготовок для ихпоследующей сварки;

- *окончательная* сборка, т.е. сборка изделия или его составной части, после которой не предусмотрена его последующая разборка при изготовлении.

# *По методу образования соединений* сборка подразделяется на:

# - *слесарную сборку*, т.е. сборку изделия или его составной части при помощи слесарно-сборочных операций;

# - *монтаж,* т.е. установку изделия или его составных частей на месте использования (например, монтаж станка с ЧПУ);

# - *электромонтаж,* т.е. монтаж электроизделий или их составных частей, имеющих токоведущие элементы;

# - *сварку, пайку, клепку и склеивание*.

 В результате сборки должно быть такое положение деталей и сборочных единиц, чтобы исполнительные (функциональные) поверхности или сочетания этих поверхностей в своем относительном движении, а также стабильном состоянии не выходили за пределы установленных допусков не только в процессе сборки, но и в процессе эксплуатации машины. Одним из средств определения рациональных допусков, обеспечивающих наиболее экономичную обработку деталей и сборку машин, является расчет и анализ размерных цепей.

 Поэтому при расчете размерных цепей с учетом типа производства применяют пять основных методов сборки (рис. 89).

 Каждый из этих методов сборки обладает своими преимуществами и недостатками, и потому, в зависимости от характера производства, его организации, технической оснащенности и т.п., применяют тот или иной метод.

 *Метод полной взаимозаменяемости* предусматривает сборку машин без какой-либо дополнительной обработки деталей с установкой и заменой любой детали без пригонки. Этот метод экономически целесообразен в массовом и крупносерийном производствах, где капитальные затраты на оснащение производства окупаются большим количеством изготовляемых машин. При этом методе благодаря отсутствию операций подбора или пригонки деталей ускоряется сборка машин, снижается трудоемкость и увеличивается выпуск продукции. Помимо этого, использование комплектов запасных деталей и узлов, изготовленных на основе полной взаимозаменяемости, обеспечивает быструю замену в эксплуатационных условиях изношенных или поврежденных деталей, что повышает эффективность эксплуатации машин.

Метод сборки с индивидуальной пригонкой деталей по месту

Технологическая классификация

методов сборки

Метод сборки с применением компенсаторов

Метод сборки с применением сортировки деталей (метод группового

 подбора)

Метод сборки с применением подбора деталей (неполная взаимозаменяемость)

Метод полной

взаимозаменяемости

Рис. 89. Схема технологической классификации методов сборки

 *Метод сборки с применением сортировки деталей.* Для осуществления высокой степени однородности посадок (без дополнительной пригонки деталей) и предотвращения увеличения затрат на производство при назначении излишне жестких допусков сборку ведут путем подбора (предварительной сортировки деталей).

 Этот метод сборки применяют там, где по условиям работы деталей требуется зазор или натяг в более узких пределах, чем получаемый из основных размеров деталей с учетом допусков на их изготовление. В таком случае требуемые конструкцией зазор или натяг получают не за счет изготовления деталей с минимальными допусками, а путем соответствующего подбора охватывающих и охватываемых деталей, т.е. к отверстию с диаметром, близким к верхнему пределу, подбирают более полный вал и, наоборот, к отверстию с диаметром близким к нижнему пределу, подбирают менее полный вал.

 Подбор деталей значительно упрощается, если детали обоих наименований по размерам (в пределах допусков на их изготовление) разбирают на несколько групп. Метод предварительной сортировки деталей на группы предусматривает разбивку полей допусков сопрягаемых деталей на несколько равных частей и подбора их таким образом, чтобы полномерные охватываемые детали сопрягались с полномерными охватывающими деталями.

 *Метод сборки с применением подбора деталей*. Этот метод основан на учете вероятностей отклонений размеров, составляющих размерную цепь, причем возможно получение некоторого количества узлов, выходящих за установленные пределы точности. Сборка с применением подбора деталей, благодаря расширению допусков на все звенья размерной цепи, позволяет экономнее изготовлять детали.

 *Метод сборки с применением компенсаторов.* При большом числе звеньев размерной цепи и малом допуске замыкающего звена (зазора или натяга) необходимая для полной взаимозаменяемости точность изготовления деталей может в значительной степени усложнить производство и далеко выйти за пределы экономически целесообразной точности. В таких случаях приходится либо отказаться от полной взаимозаменяемости, допуская пригонку деталей по месту, либо вводить в конструкцию механизма тот или другой вид компенсатора, позволяющего регулировать в определенных пределах один из размеров. Такую регулировку называют *компенсацией,* а деталь, подбираемую в размерной цепи или специально вводимую в цепь для уменьшения допуска замыкающего звена, - компенсатором.

 Характерная особенность всех компенсаторов состоит в том, что сборка с их применением позволяет выдерживать установленные пределы точности в размерной цепи путем изменения величины одного из ранее намеченных звеньев. Обработка же всех остальных звеньев цепи осуществляется по допускам, наиболее приемлемым для данных производственных условий.

 Величину компенсирующего звена можно регулировать двумя способами: введением в размерную цепь специальной детали – прокладки, шайбы, промежуточного кольца и т.п. (неподвижные компенсаторы) и изменением положения одной из деталей, например, клина, втулки, эластичной или пружинной муфты, эксцентрика и т.п. (подвижные компенсаторы).

 *Метод сборки с индивидуальной пригонкой деталей по месту.* Сборка с пригонкой деталей по месту заключается в том, что установленный предел точности замыкающего звена в размерной цепи достигается изменением величины одного из заранее намеченных звеньев путем снятия дополнительного слоя материала. По существу, сборка с доделкой деталей по месту является методом неполной взаимозаменяемости с пригонкой деталей в тех случаях, когда размер замыкающего звена лежит за пределами допускаемых отклонений.

 Чтобы производить пригонку за счет выбранного компенсирующего звена, необходимо: располагать поля допуска, подлежащей пригонке детали относительно номинала с таким расчетом, чтобы обеспечить на компенсирующем звене слой материала (припуск на пригонку), достаточный для компенсации величины превышения допускаемой погрешности замыкающего звена; выдерживать при обработке деталей, входящих в размерную цепь, установленные экономически приемлемые величины допусков, не выбирать в качестве компенсирующего звено, которое является общим для нескольких размерных цепей, так как изменение его величины вносит погрешности во все, связанные между собой, размерные цепи.

***2. Организационные формы сборки***

 Выбор рациональной организации сборки определяет эффективность всего производства машин. При выборе организационной формы исходят из основных требований, предъявляемых к процессу сборки: экономия рабочего времени и средств; сокращение продолжительности цикла сборки; рациональное использование производственных площадей.

 Основными организационными формами сборки являются стационарная и подвижная (рис. 90).

Организационные формы сборки

Стационарная

Подвижная

Без расчленения сборочных работ (принцип концентрации)

С расчленением сборочных работ (принцип дифференциации)

Со свободным перемещением объекта сборки

С принудительным перемещением объекта сборки

Прерывного

действия

Непрерывного действия

Рис. 90. Схема организационных форм сборки

 При стационарнойсборке изделия полностью собирают на одном сборочном посту. Все детали и узлы, требуемые для сборки изделия, поступают на этот пост.

 При подвижной сборке собираемое изделие последовательно перемещается по всем сборочным постам, на каждом из которых выполняют определенную операцию. Каждый пост оборудуют приспособлениями и инструментами, предназначенными для выполнения данной операции. Детали и узлы для сборки поступают на соответствующие посты.

 Стационарная сборка может быть осуществлена двумя методами:

1) без расчленения сборочных работ (принцип концентрации);

2) с расчленением (принцип дифференциации).

 При стационарной сборке без расчленения сборочных работ сборку изделия практически должен выполнять один человек или бригада от начала до конца. Цикл сборки по этому методу при значительной трудоемкости сборочного процесса чрезвычайно продолжителен, и при большой программе выпуска изделий требуется большое количество сборочных площадей, инструмента, оборудования и пр.

 Этот метод применяют в единичном или опытном производстве при сборке специальных, уникальных машин и приборов, а также в мелкосерийном производстве, когда весь процесс сборки изделия состоит из небольшого количества несложных операций. Широкого практического значения этот метод сборки в настоящее время не имеет.

 Разновидностью метода сборки без расчленения процесса на операции является бригадный метод, когда сборку всего изделия выполняет бригада рабочих; но бригадный метод уже является первым шагом на пути расчленения сборочного процесса на части, ибо внутри бригады имеет место некоторая дифференциация работ, т.е. одни рабочие специализируются на одной группе сборочных операций, другие – на другой.

 В ряде случаев за каждым рабочим бригады закрепляют один из узлов изделия, вследствие чего члены бригады специализируются на выполнении определенных сборочных работ. Однако по конструктивным условиям в большинстве случаев вести сборку всех узлов одновременно невозможно. В связи с этим при таком методе сборки большое значение имеет правильное планирование начала и конца сборочных работ по узлам с учетом их трудоемкости и последовательности установки на машину.

 Бригадный метод сборки широко распространен в единичном и мелкосерийном производствах, а также при выполнении повторной сборки машины при ремонте.

 Стационарная сборка с расчленением работ предусматривает деление процесса на узловую сборку основных групп и общую сборку изделия. В результате одновременного выполнения сборочных операций большим количеством рабочих длительность процесса сборки значительно сокращается. Расчленение процесса сборки дает значительный экономический эффект. При этом сокращается потребность в рабочей силу и производственным площадях, увеличивается выпуск машин, уменьшается трудоемкость, снижается себестоимость сборочных работ.

 При подвижной сборке рабочие, выполняющие отдельные операции, распределены по рабочим местам – постам, к которым подают соответствующие детали и узлы; объект же производства последовательно перемещается от одного поста к другому. Это перемещение может быть свободным, когда объект сборки располагается, например, на тележках, перемещаемых самими исполнителями, и принудительным, когда объекты сборки перемещают механическими транспортными устройствами непрерывного или прерывного действия (конвейер).

 Преимущества этого способа состоят в том, что расчлененный сборочный процесс не требует высококвалифицированных исполнителей, так как закрепление за исполнителем одной или небольшого количества операций дает ему возможность приобрести в короткий срок необходимые навыки.

 При расчлененном процессе сборки каждую операцию оснащают соответствующими приспособлениями и инструментом; в связи с этим время на сборку изделия и потребное количество рабочих при расчлененном процессе сборки меньше, чем при нерасчлененном, расчлененный процесс для заданной программы выпуска изделий требует значительно меньших производственных площадей благодаря сокращению производственного цикла сборки. Количество одновременно собираемых изделий при этом значительно меньше, чем при нерасчлененном процессе.

 Процесс сборки может быть расчленен в условиях крупносерийного и массового производства таким образом, что каждую операцию будет выполнять только один исполнитель. В этом случае объект работы (узел или изделие) должен в процессе производства последовательно переходить от одного рабочего места к другому, по потоку. Под этим понятием подразумевается движение собираемого изделия, обычно осуществляемое механическими транспортными средствами.

 Переход на поточный метод производства позволяет увеличить выпуск продукции, снизить себестоимость изделия, сократить длительность производственного цикла, уменьшить незавершенное производство, увеличить производительность труда, облегчить и улучшить условия труда, учет и планирование производства, укрепить трудовую дисциплину.

 Под поточной линией сборки понимают ряд рабочих мест, участвующих в сборке узла или машины, расположенных соответственно последовательности операций технологического процесса сборки (рис. 91).



Рис. 91. Схема поточной сборки с подвижным объектом

 Непрерывность процесса при поточной сборке достигается благодаря равенству или кратности времени выполнения операций на всех рабочих местах линии сборки, т.е. длительность любой сборочной операции на линии сборки должны быть равна или кратна такту сборки изделия.

 *Тактом сборки* называется промежуток времени между выходом со сборки двух смежных готовых изделий. Номинальный такт сборки (мин/шт)

, (50)

где *F* – годовой фонд рабочего времени, ч; *N* – годовая производственная программа, шт.

 Годовой фонд рабочего времени

, (51)

где *D* – число рабочих дней в году; *m* – число рабочих смен в сутки; *TСМ* – длительность рабочей смены, ч; *η* - коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования (*η* = 0,98 при односменной и *η* = 0,97 по двухсменной работе).

Действительный такт отличается от нормального, так как при его определении учитывают потери времени на перерывы в работе и обслуживание рабочих мест.

 Действительный такт

, (52)

где *ТОБС* – потери времени в течение смены на обслуживание рабочих мест, ч; *ТП* – потери времени на перерывы в работе для отдыха и естественных надобностей рабочих в течение смены, ч.

 Количество изделий, собираемых в единицу времени, называется *темпом сборки*. Номинальный темп сборки (шт/мин)

. (53)

 Действительный темп сборки

. (54)

Продолжительность сборки машины (узла) на поточной линии (мин)

, (55)

где *nП* – число постов на поточной линии.

 Время от момента поступления деталей на сборку до выпуска собранной машины (агрегата) называется *циклом сборки* (мин) и определяется по формуле

, (56)

где а – число компонентов узлов, собираемых в запас вне главного потока для бесперебойной работы поточной линии; *∑nП/τq* – число постов, на которых время выполнения одних сборочных операций перекрывается временем выполнения других операций. Например, на одном сборочном посту выполняются две операции длительностью, равной одному такту и 0,7 такта.

 Для этого случая *nП/* = 0,3.

 Скорость непрерывно движущегося конвейера

, (57)

где *l* – длина рабочего места, м.

 Скорость перемещения собираемого объекта принимают равной 10…15 м/мин при ручном перемещении, до 20 м/мин при перемещении по рольгангу, 30…40 м/мин при использовании транспортных конвейеров, 15…20 м/мин для конвейера периодического действия и 0,25…3,5 м/мин для непрерывного конвейера (меньшее значение скорости выбирают для напольных сборочных конвейеров из условий техники безопасности).

 Для большинства изделий сельскохозяйственного машиностроения наиболее совершенной по технико-экономическим показателям является поточная сборка при расчлененном процессе с принудительным движением объекта и принудительно регулируемым тактом. Такт сборки на конвейере является планирующим началом всей работы не только сборочного цеха, но и др.

***3. Размерные цепи, их определение, виды***

 Размерной цепью называется совокупность размеров деталей в изделии или совокупность обрабатываемых размеров в детали, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной точностной задачи. Различают линейные, плоские и пространственные размерные цепи.

 Размерную цепь называют линейной, если все ее звенья являются линейными, параллельными один другому размерами, которые могут быть спроектированы без изменения на две или несколько параллельных линий. Размерную цепь называют плоской, если все или часть ее звеньев не параллельны, но расположены в одной или нескольких параллельных плоскостях. Размерную цепь называют пространственной, если все или часть ее звеньев не параллельны одно другому и находятся в различных непараллельных плоскостях.

 В практике чаще всего встречаются линейные размерные цепи. Решение простейших размерных цепей для диаметральных размеров сопрягаемых поверхностей, состоящих из трех звеньев: диаметр вала, диаметр отверстия и зазор (натяг), в настоящее время разработаны наиболее полно. При назначении диаметральных допусков конструктору практически не требуется выполнять расчеты, поскольку эти допуски регламентированы системой допусков и посадок. Установление же допусков на недиаметральные размеры, особенно в случае многозвенной цепи, более сложно и требует расчета размерной цепи. Точность расчета размерной цепи существенно влияет на выбор метода сборки изделий.

 Размерная цепь в сборочном чертеже, размеры которой принадлежат разным деталям, называется сборочной. Размерная цепь, определяющая относительное положение и точность поверхности у одной детали, называется подетальной.

 В цепи различают следующие звенья: составляющие (А1…А4), замыкающее (АΔ), которое получается последним при изготовлении детали или при сборке сборочной единицы изделия.

 Составляющие звенья бывают увеличивающие, с возрастанием которых увеличивается замыкающее звено (А1), и уменьшающие, с ростом величины которых замыкающее звено уменьшается (А2…А4).

 Размерную цепь условно изображают замкнутым контуром в виде безмасштабной схемы. На схеме увеличивающие размеры показаны стрелками, направленными вправо, а стрелки уменьшающих размеров направлены влево.

***4. Методы расчета плоских размерных цепей***

 Функциональная связь между сборочными и составляющими размерами деталей сопряжения в общем виде выражается уравнением

 (58)

где *N* – сборочный размер; *l1*, *l2*, *l3*, …, *ln* – составляющие размеры.

 Различают два метода расчета плоских размерных цепей: проектный и проверочный. Проектный метод расчета сводится к вычислению допусков составляющих размеров *lix* по известным числовым значениям номинала и допуска сборочного размера *N*. Таким образом, уравнение принимает вид

. (59)

 Расчет может быть произведен на основании обеспечения как полной, так и неполной взаимозаменяемости. Полная взаимозаменяемость характеризуется уравнением

 , (60)

где *ITN* – поле допуска сборочного размера; *IТli* – поле допуска составляющего размера; *n* – число составляющих звеньев размерной цепи.

 Неполная взаимозаменяемость характеризуется условием

. (61)

 Методика проектного расчета заключается в определении шероховатости поверхностей (размеров) деталей рассматриваемого сопряжения исходя из допуска на сборочный размер.

 Для нормальной работы конструкции необходимо выдержать размер *N* с заданными отклонениями, числовые значения которых оговорены на чертеже.

 Уравнение этой размерной цепи имеет вид:

. (62)

 Решить полученное уравнение можно при условии, что поверхности всех размеров рассматриваемого сопряжения имеют одинаковую шероховатость.

 Проверочный метод расчета сводится к вычислению номинала и допуска сборочного размера *N* по известным числовым значениям составляющих размеров *l1*, *l2*, *l3*, …, *ln*. При этом уравнение (58) примет вид:

. (63)

 Этот расчет проводят двумя способами: максимума-минимума и вероятностным.

***5. Основные методы достижения точности замыкающего звена***

 Исходное или замыкающее звено размерной цепи характеризует точность, которую необходимо обеспечить при сборке для нормальной эксплуатации рассматриваемой сборочной единицы. Как правило, размеры и отклонения исходного или замыкающего звена на чертеже не проставляют.

Размеры и отклонения этого звена получаются в результате выдерживания размеров и отклонений составляющих звеньев размерной цепи.

 Размерные цепи составляют для решения двух задач:

1) определение допусков (отклонений) составляющих звеньев по размеру и допуску (отклонениям) исходного звена;

2) определение размера и допуска (отклонения) замыкающего звена по размерам и допускам (отклонениям) составляющих звеньев.

 При расчете размерной цепи, т.е. при определении допусков (отклонений) составляющий звеньев или исходного (замыкающего) звена устанавливают, какой из перечисленных выше методов сборки является наиболее приемлемым.

 Из теории размерных цепей известно, что допуск исходного или замыкающего звена равен сумме допусков размеров составляющих звеньев цепи. Если допуск замыкающего звена имеет большое значение, то при распределении его среди составляющих звеньев их допуски получаются экономически выгодными, т.е. достижимы при использовании типовых методов обработки. Тогда сборку этих составляющих звеньев можно вести методом полной взаимозаменяемости, т.е. методом, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается при включении в нее или замене в ней любого звена (детали) без выбора, подбора или изменения его.

 Если допуск замыкающего звена мал или число составляющих звеньев цепи большое, то допуски составляющих звеньев получаются небольшими, и их достижение экономически невыгодно, а иногда и технически недостижимо. В этом случае допуски составляющих звеньев увеличивают до значений средней экономической точности. Так как сумма допусков составляющих звеньев в данном случае превышает заданный допуск замыкающего звена, то при сборке методом полной взаимозаменяемости часть сборочных единиц либо невозможно собрать, либо их собирают с превышением допуска замыкающего звена по сравнению с заданным, т.е. получают брак. В этом случае следует определить убытки от полученного брака, которые должны быть меньше расходов, связанных с применением других методов сборки. Если убытки от брака недопустимы, прибегают к другим методам сборки: групповой взаимозаменяемости, пригонке или регулированию. С помощью этих методом добиваются обеспечения заданного допуска замыкающего звена при расширении допусков составляющих.

 Метод групповой взаимозаменяемости заключается в том, что точность замыкающего звена достигается путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к одной из групп, т.е. собирают детали одной из групп, на которые они предварительно рассортированы.

 При использовании этого метода допуска *ITСР* увеличивают в *n* раз и получают производственный допуск *IT/СР* = *nITСР*. Исходя из величины *IT/СР*, устанавливают экономические допуски *IT/1*, *IT/2*,…, *ITm-1* на каждое составляющее звено размерной цепи. На каждое из увеличивающих или уменьшающих звеньев можно устанавливать разные по величине допуски, но при этом необходимо, чтобы сумма допусков всех увеличивающих звеньев была равна сумме допусков всех уменьшающих звеньев. При обработке деталей выдерживают отклонения размеров в пределах установленных допусков. После обработки размеры деталей проверяют. Годные детали внутри каждого типоразмера сортируют на n групп. Изделия собирают из деталей, принадлежащих к одной из групп, и тем самым обеспечивают заданную точность замыкающего звена у всех изделий. Этот метод используют для достижения высокой точности замыкающих звеньев малозвенных размерных цепей в серийном и массовом производствах.

 Метод пригонки заключается в том, что заданную точность замыкающего звена размерной цепи достигают изменением одного заранее выбранного составляющего звена путем снятия необходимого слоя материала. Это звено называют компенсирующим. При использовании данного метода на все составляющие звенья устанавливают экономические допуски, в результате чего допуск замыкающего звена оказывается увеличенным, так как

. (64)

 При этом допуск замыкающего звена превышает допуск *ITΔ*, определяемый служебным назначением или поставленной задачей. Для обеспечения точности замыкающего звена из размерной цепи удаляют отклонение *ITК* – величину компенсации

. (65)

 В качестве компенсирующего звена не следует выбирать звено, общее для нескольких параллельно связанных размерных цепей.

 Снятие припуска на пригонку осуществляют подрезкой, шлифованием, шабрением и т.д. Этот метод малоэкономичен, требует значительных затрат ручного труда рабочих высокой квалификации. Метод пригонки применяют в единичном и мелкосерийном производствах для обеспечения точности замыкающего звена многозвенных цепей.

 Метод регулирования состоит в том, что заданная точность замыкающего звена достигается изменением заранее выбранного компенсирующего звена без снятия слоя материала. Метод регулирования осуществляют путем изменения положения одной из деталей или путем введения в размерную цепь специальной детали требуемого размера. В первом случае такая деталь называется подвижным компенсатором, во втором – неподвижным компенсатором. В качестве неподвижных компенсаторов применяют прокладки, кольца, втулки и т.д.

 Подвижные компенсаторы позволяют поддерживать точность замыкающего звена в процессе эксплуатации и компенсировать износ составляющих звеньев. Метод регулирования позволяет достичь высокой точности замыкающих звеньев без применения пригоночных работ или работ, связанных с подбором деталей, этот метод является весьма экономичным.