**Предисловие**

Настоящее методическое пособие разработано в помощь студентам при выполнении эскизного проекта по дисциплине “Технологическая оснастка”, курсового проекта по дисциплине “Технология машиностроения”, а также дипломного проекта.

В пособии определено содержание проекта, которое состоит из графических документов: чертеж детали (AutoCAD или Компас), эскиз станочного приспособления для выполнения конкретной операции на станке ЧПУ, чертеж контрольного приспособления и пояснительная записка в составе:

- титульный лист;

- бланк задания;

- содержание;

- введение;

- разделительный лист “Проектирование станочного приспособления”;

- анализ конструкции детали;

- анализ технологического процесса, включая выполняемую операцию;

- выбор элементов базирования и зажима заготовки;

- схема нагрузок;

- расчет силы зажима;

- определение размеров элементов зажима заготовки;

- выбор гидро- или пневмоцилиндров;

- расчет на прочность “слабых” звеньев конструкции приспособления;

- графическая компоновка приспособления;

- конструкции и работы приспособления;

- расчет погрешности базирования;

- выводы по конструкции приспособления;

- разделительный лист “Проектирование контрольного приспособления”;

- расчет исполнительных размеров;

- конструкция и эксплуатация контрольного приспособления;

- литература.

Содержание проекта и этапы проектирования раскрываются на конкретном примере задания на эскизное проектирование.

В приложениях представлены гидроцилиндры по ОСТ 2Г22-86, работающие при давлении P=6 МПа, стыковочные размеры станков с ЧПУ для базирования приспособлений, титульный лист, бланк задания, чертеж детали, эскиз станочного приспособления, эскиз контрольного приспособления, и спецификации.

Листы пособия оформлены так, как должны быть оформлены в пояснительной записке проекта.

При разработке пособия учтены требования и положения, установленные в Государственных и отраслевых стандартах, рекомендациях и нормативных документах.

**Содержание**

Введение……………………………………………………………………….4

Проектирования станочного приспособления

Анализ конструкции………………………………...………….……………..6

Анализ технологического процесса, включая выполняемую операцию.….6

Выбор элементов базирования и зажима заготовки…………………...…....7

Схема нагрузок……………………………………...………………………....9

Расчет силы зажима…………………………………………………………..10

Определение размеров элементов зажима заготовки…….…………….......11

Выбор гидроцилиндров…………………………….…………….……….….13

Расчет на прочность “слабых” звеньев конструкции приспособления.…..14

Графическая компоновка приспособления…………………………………15

Конструкция и работа приспособления…………………………………….17

Расчет погрешности базирования…………………………...………….…...18

Выводы по конструкции приспособления…………………………....…….18

Проектирование контрольного приспособления

Расчет исполнительных размеров………………………………..…….……19

Конструкция и эксплуатация контрольного приспособления………..……20

Литература……………….……………………………………………..……..22

**Введение**

На протяжении всего периода развития авиационной промышленности наша страна всегда занимала ведущее место. Ситуация в стране постоянно меняется, но основные направления развития авиационной промышленности остаются неизменными – создание современных самолетов, которые отвечают всем мировым стандартам.

Для создания таких самолетов как истребитель-перехватчик СУ-30МК, самолет-амфибия БЕ-200 и других на Иркутском авиационном объединении принята линия научно-технического прогресса по мировым стандартам и международным правилам, совершенствование техники, технологии и информационных систем, внедрение высокопроизводительных многоцелевых станков с ЧПУ и прогрессивной технологической оснастки.

Современная технологическая оснастка в виде станочных приспособлений для станков с ЧПУ значительно повышает производительность труда за счет уменьшения вспомогательного времени на установку и закрепления заготовок, повышает точность обработки, облегчает условия труда операторов станков с ЧПУ, расширяет технологические возможности оборудования.

Приспособления для станков с ЧПУ предъявляется ряд специфических требований, обусловленных особенностью этих станков, не соблюдение которых значительно которых снижает эффективность использования станков с ЧПУ.

Приспособления должны иметь повышенную размерную точность. Погрешности базирования и закрепления, возникающие при установке заготовок в приспособления, должны быть сведены к минимуму. Для возможности использования полной мощности станка на черновых проходах и при обработке труднообрабатываемых материалов (титановые сплавы, нержавеющие, жаропрочные стали и другие) приспособления должны иметь повышенную жесткость конструкции.

Относительное перемещение заготовки и инструмента на станках с ЧПУ осуществляется в системы заданных координат. Следовательно, заготовка должна иметь полное базирование в приспособлении, а приспособление иметь полное базирование относительно нулевой точки станка. Станки с ЧПУ обеспечивают возможность обработки заготовки с одной стороны за одну установки. Для этой цели приспособление должно обеспечить возможность подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям.

Наиболее существенное сокращение вспомогательного времени при зажиме – разжиме заготовки достигается за счет использования гидро и пневмоцилиндров.

Контрольные приспособления должны обеспечить максимальную точность контроля при минимальной затрате времени, должны быть долговечны в работе, просты по конструкции и удобны в эксплуатации.

1. **Проектирование станочного приспособления**
   1. **Анализ конструкции детали**

Деталь “Кронштейн” является силовой балкой конструкции фюзеляжа самолета. Деталь имеет габаритные размеры: длина – 135 мм, ширина – 100 мм, высота – 42 мм, в сечении - представляет балку в виде усеченного двутавра, что повышает жесткость конструкции детали. Деталь имеет двухстороннею конструкцию со стенкой толщиной 2 мм и 3 мм, обводные полки толщиной 2 мм, 2,5 мм и 3 мм совместно со стенкой удерживают ухо толщиной 25 мм. В ухе имеется паз шириной 13 мм и сквозное отверстие ø12Н7, в которое запрессовываются две втулки (показаны на сборочном чертеже) для соединения “Кронштейна” через ось с другой деталью узла. Ребра жесткости толщиной 2 мм противоположные полки. В стенке расположены два базовых отверстия ø9Н9. Точность обработки остальных поверхностей соответствует 14 квалитету точности. Шероховатость обработки отверстий Ra = 2,5, остальные поверхности имеют шероховатость Rz = 20.

Проведена унификация элементов конструкции: радиусы сопряжений R8 и R4, одинаковые диаметры базовых отверстий.

Исходя из этого коэффициенты точности, шероховатости и унификации должны по величине соответствовать технологичной детали. Наличие теоретического контура ухудшает технологичность детали.

* 1. **Анализ технологического процесса, включая**

**выполняемую операцию**

Техпроцесс начинается с входного контроля заготовки. Контрольная операция 005 проводится проверка марки материала на стиллоскопе и контроль габаритных размеров заготовки посредством ШК и штангенциркуля ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

В дальнейшем создаются базовые поверхности.

В операции 010 – разметка, производиться разметка границ фрезерования базовой плоскости стенки с обратной стороны на разметочной плите 630х400 ГОСТ 10985-86, комплектом разметочного и измерительного инструмента.

В операции 015 – фрезерная, производиться на фрезерном станке модели 6Р12 с использованием станочных тисков В-250, ход-160 ГОСТ 14904-80; переход 1 – фрезерование плоскости стенки концевой фрезой ø28, R4, *l*50, Р6М5 ГОСТ 23247-78, контроль проводится стенкомером С-10Б-0,1 ГОСТ 11358-89; переход 2 – фрезерование плоскости уха, контроль проводиться штангенрейсмусом ШР-150-0,05 ГОСТ 164-80; переход 3 – фрезерование торца полки, контроль проводиться штангенрейсмусом ШР-150-0,05 ГОСТ 164-80.

В операции 020 – слесарная, производиться опиловка заусенцев и скругление острых кромок R0,6 бормашиной ПМ34-150 с использованием борфрезы Р6М5 ГОСТ 22138-76.

В операции 025 – сверлильная, на сверлильном станке модели 2М112 с использованием кондуктора производиться обработка двух базовых отверстий ø9Н9; переход 1 – сверление двух отверстий ø8, сверло ø8 Р6М5 ГОСТ 10903-77; переход 2 – зенкерование двух отверстий ø8,7, зенкером ø8,7 Р6М5 ГОСТ 2255-71; переход 3 – развертывание двух отверстий ø9Н9, разверткой ø9Н9 Р6М5 ГОСТ 883-80, контроль проводится калибр - пробкой ø9Н9 ГОСТ 14810-69.

В операции 030 – фрезерная, проводится фрезерование наружного и внутреннего контура с одной стороны на фрезерном станке с ЧПУ модели МА655СМН с использованием специального фрезерного приспособления, которое необходимо спроектировать. Обработка производится за четыре установа, шесть переходов и два прохода.

Установ А. Переход 1 – фрезерование наружного контура окончательно, кроме уха и правого торца концевой фрезой ø28, R0,5, *l50*, Р6М5 ГОСТ 23247-78.

Установ Б. Переход 2 – фрезерование контура уха окончательно, фрезерование правого торца окончательно концевой фрезой ø16, R0,5, *l*50, Р6М5 ГОСТ 23247-78.

Установ В. Переход 3 – фрезерование плоскости уха, торца ребра и полки концевой фрезой ø28, R4, *l*30, Р6М5 ГОСТ 23247-78.

Переход 4 – фрезерование фаски по контуру уха угловой фрезой ø20, 45°, Р6М5.



Установ Г. Переход 5 – фрезерование плоскости стенки в карманах окончательно концевой фрезой ø28, R4, *l*30, Р6М5 ГОСТ 23247-78.

Переход 6 – фрезерование внутреннего контура окончательно концевой фрезой ø16, R4, *l*30, Р6М5 ГОСТ 23247-78.

Контроль производится посредством ШК, штангенциркуля ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, стенкомера С-10Б-0,1 ГОСТ 11358-89, радиусамера ГОСТ 4126-82 и фаскамера МН 5091-6098

Схема установок



* 1. **Выбор элементов базирования и зажима заготовки**

Для полного базирования заготовки в приспособлении элементы базирования должны лишить заготовку шести степеней свободы (правило “шести точек”). В качестве установочной базы принимается ступенчатый ложемент в виде плиты, конфигурация которого должна соответствовать конфигурации детали. Ложемент лишает заготовку трёх степеней свободы. В качестве направляющей базы принимается цилиндрический палец ø9f7, который лишает заготовку двух степеней свободы. И, наконец, срезанный палец ø9f7 лишает заготовку шестой степени свободы, выполняя функцию опорной базы. Указанные пальцы запрессованы в ложемент.

Для ориентации приспособления относительно координатных осей стола станка в плиту приспособления запрессовываются два цилиндрических пальца: ø30g6, который войдет в центральную втулку стола станка и ø22g6, который войдет в центральный паз стола.

Для зажима заготовки применяются плоские прихваты в количестве пяти штук, расположенные по контуру заготовки и работающие от гидроцилиндров толкающего типа.

* 1. **Схема нагрузок**

Схема нагрузок составляется для определения силы зажима заготовки W. Для построения схемы нагрузок вычерчивается упрощенный контур детали, относительно которого располагаются прихваты, которые обеспечивают зажим заготовки в данном установе, остальные прихваты показывают смещенными относительно заготовки. Причем выбирается тот установ, при котором работает минимальное количество прихватов, а главная сила резания Pz максимальна (черновое фрезерование при большой ширине фрезерования В). Показывается фреза с векторами сил резания Pz и Pос в том месте, где они максимальны. Сила Pос за счет правой винтовой канавки фрезы стремится оторвать заготовку от ложемента.

В точках зажима прихватами показывают векторы сил трения на станках между ложементом и заготовкой F1, F2 и т.д., которые создаются при зажиме прихватами направленные встречно силе Pz.

Схема нагрузок



* 1. **Расчет силы зажима**

Если расчет вести обычным способом при большом количестве работающих прихватов, получится статически неопределимая система. Поэтому расчет ведется по типу расчета заклепочных соединений.

Составляется уравнение сил, на схеме нагрузок:

(Pz+Poc·f)·Кз=с1·F1+c2·F2

Тогда из уравнения определяется сила зажима заготовки W:



Pz – максимальная сила резания, согласно заданию 890 Н;

*ω -* подъема винтовой канавки концевой фрезы для обработки материала В95пч фрезой из быстрорежущей стали Р6М5 – *ω=*30°;

f - коэффициент трения на стыке между ложементом и заготовкой, f=0,15;

- коэффициент запаса, учитывает степень затупления, колебание припуска при обработке за счет износа штампа, твердость и вязкость материала детали; =2,5;



с1 и c2 – коэффициенты, которые учитывают нагружение прихватов;

с1 – всегда равен 1;

с2 =1/2.

Последующие коэффициенты определяются по формуле:



*к* – порядковый номер работающего прихвата;

*n* – общее количество работающих прихватов в установе.



**1.6 Определение размеров элементов зажима заготовки**

* + 1. Определение диаметра резьбы шпильки прихвата.

Исходя из прочности материала шпильки и при одинаковой длине плеч прихвата b, диаметр резьбы шпильки определяется по формуле:



W – сила зажима – 1013 кг

- допускаемое напряжение на растяжение для шпилек из стали 45 - 1700 кг/см2, из стали 40Х - 2500 кг/см2



Принимается шпилька с резьбой М16.

1.6.2. Определение размеров прихвата.



Ширина прихвата B принимается (3…3,5)dшп

B=3·dшп=3·16=48 мм

Высота прихвата h принимается (1,1…1,3)dшп

h=1,2·dшп=1,2·16=19 мм

Ширина прихвата L принимается (6…10)dшп

L=7·dшп=7·16=112 мм

Ширина паза b= dшп=16 мм

Длина паза зависит от величины смещения прихватов при выполнении установа.

*l*= dшп+c=16+39=55 мм

с – максимальная величина смещения прихватов с = Dмакс+к+1=28+10+1=39 мм

Dмакс – максимальный диаметр фрезы – 28 мм

к – максимальная длина контакта прихвата с заготовкой – 10 мм (в установах А и Б)

Размер *l*1 определяется при выполнении компоновки, он должен быть ≥ 6 мм.

По ГОСТ 12937-67 принимаются плоские передвижные прихваты.

**1.7 Выбор гидроцилиндров**

Гидроцилиндры по сравнению с пневмоцилиндрами имеют следующие преимущества: развивают большую силу зажима при минимальных диаметральных размерах; высокая стабильность силы зажима, что даёт возможность исключить погрешность закрепления; высокое быстродействие.

Для данной схемы закрепления заготовки принимаются толкающие гидроцилиндры двухстороннего действия.

Определяем диаметр цилиндра по формуле:



D – диаметр цилиндра - см

W – сила зажима - 1013 кг

p – давление в цилиндре 100 кг/см2

η – КПД - 0,85.



По нормали МН 2251-61 принимается гидроцилиндр ближайшего большего значения с D = 40 мм, с длиной хода штока 15 мм. Нормаль предусматривает ряд диаметров: 40,50,60,80,100 мм с минимальной длиной 70 мм. В штоке имеется резьбовое отверстие М12 для установки шпильки с минимальным выступанием 10 мм, в крышке имеется резьбовое отверстие – М12 для крепления цилиндра. Рабочее давление P = 10МПа (100кг/см2).



Гидроцилиндры по ОСТ 2Г22-3-86 (см. приложение) работают при давлении Р = 6 МПа (60кг/см2) и имеют ряд диаметров: 40,50,63 мм с минимальной длиной – 23 мм. Если принимать цилиндры по ОСТ, то он будет иметь больший диаметр и длину, а значит, толщина ложемента при небольшой высоте детали получится значительно больше.

Гидроцилиндры по ГОСТ 19899-74 имеют только резьбовое крепление корпуса цилиндра, что неприемлемо для данного приспособления.

Если принимать гидроцилиндры тянущего типа, то диаметр рассчитывается по формуле:



W – сила зажима - Н

Р – рабочее давление - Па

η – КПД - 0,85.

**1.8 Расчет на прочность “слабых” звеньев конструкции**

Слабым звеном конструкции является прихват, ослабленный пазом при работе на изгиб.

Напряжение при одинаковой длине плеч прихвата (см.п. 1.6) определяется по формуле:



W – сила зажима – 1013 кг

*l* – длина плеча – см

W’ – момент сопротивления сечения прихвата – см3

- допускаемое напряжение на изгиб: для стали 45 – 2000 кг/см2, для стали 40Х – 3000 кг/см2.



L – длина прихвата 112 мм (см.п.1.6.2)

dшп – диаметр шпильки в штоке цилиндра – 12 мм

к – максимальная длина контакта прихвата с заготовкой – 10 мм (в установах А и Б)

*е* – величина отступа шпильки цилиндра от торца прихвата – 2 мм



B – ширина прихвата 4,8 см

b – ширина паза 1,6 см

h – толщина прихвата 1,9 см



Расчет удовлетворяет прочности прихвата.

**1.9 Графическая компоновка приспособления**

Графическая компоновка приспособления выполняется на миллиметровой бумаге стандартного форматы. Количество видов, разрезов и сечения должно быть достаточным для представления формы входящих деталей и узлов.

Для выполнения эскиза компоновки приспособления необходимо:

- вычертить эскиз детали штрихпунктирной линии с двумя точками, причем элементы конструкции детали, которые не выполнены до данной операции не вычерчиваются, деталь считается прозрачной;

- относительно контура детали вычерчиваются элементы базирования и зажима заготовки: ложемент, конфигурация которого должна соответствовать конфигурации детали, цилиндрический и срезанный палец, прихваты, гидроцилиндры, шпильки, пружины, шайбы и гайки;

- вычерчивается плита приспособления, размеры которой для уменьшения металлоемкости должны быть минимальны, толщина плиты принимается длины плиты; на плите показывают пазы для крепления приспособления на столе станка (см. приложение);



- на плите размещают два цилиндрических базовых пальца ø30g6 и ø22g6 (см. приложение) четыре рым-болта для транспортировки приспособления;

- если требуется большая величина смещения прихватов, то вычерчиваются направляющие 3, которые образуют Т-образный паз для одновременного смещения цилиндра 1, вместо шпильки болта 5 и прихвата с установкой обоймы 6 для фиксации постоянного межцентрового расстояния *l* между цилиндром и центральным болтом (Рис.1); направляющие 3 крепятся к плите 2 винтами 7, цилиндр 1 без натяга крепиться болтами с лысками 4;

- вычерчивают штифты для фиксации ложемента, крепежные винты;

- указывается место маркировки;

- проставляются номера позиции и узлов;

- проставляются позиционные, посадочные, монтажные и габаритные размеры;

- представляются технические требования;

- составляется спецификация.



**1.10 Конструкция и работа приспособления**

Приспособление состоит из плиты 2, на которой размещается ступенчатый ложемент 3, который фиксируется двумя штифтами 6 и крепится на плите винтами 7. В плиту запрессованы два цилиндрических пальца 4, 5 для ориентации приспособления на столе станка. На ложементе размещается цилиндрический палец 15 и срезанный 16 для базирования заготовки. Для зажима заготовки предусмотрены прихваты 14, шпильки 9, пружины 13, гайки 10, сферические шайбы 12 и гидроцилиндры 1. На плите размещены рым-болты 17 для транспортировки приспособления.

После установки приспособления на столе станка и закрепления его посредством болтов и гаек через Т-образные пазы стола на ложемент через базовые пальцы устанавливается заготовка.

Прихваты, работающие в установе А сдвигаются на плоскость уха и стенки заготовки. Включается четырехпозиционный распределитель в требуемую позицию, поворачивается кран управления. Тогда масло от гидростанции высокого давления через гибкий шланг, кран управления, распределитель, шланг и трубопроводы будет поступать в нижние полости двух гидроцилиндров – штоки гидроцилиндров смещаются вверх, воздействуя через шпильки, ввернутые в штоки на два прихвата. Прихваты поворачиваются относительно сферических шайб, прижимаю заготовку к ложементу.

Для перехода на установ Б поворачивается кран управления – масло поступает в верхние полости цилиндров, смещая штоки вниз, пружины прижимают прихваты до горизонтального положения. Исполнитель отодвигает их от заготовки, смещает прихваты, работающие в установе Б на торцы полок заготовки (см. схему установов), переключает распределитель в другую позицию, поворачивает кран управления, программа отрабатывает установ Б и так далее до установа Г включительно, после чего заготовка снимается.

**1.11 Расчет погрешности базирования**

Погрешность базирования при установке заготовки на цилиндрический и срезанный палец определяется по формуле:



- минимальный диаметральный зазор между пальцем ø9f7 и отверстием ø9H9 - 0,013 мм



- допуск на изготовление пальца ø9f7 - 0,015 мм



- допуск на изготовление отверстия ø9H9 - 0,036 мм



- наибольшее расстояние от центра пальца до обрабатываемого контура детали 40 мм



L- расстояние между пальцами 74 мм

## =0,13 мм



Что соответствует требуемой точности обработки детали с учетом других погрешностей обработки.

**1.12 Выводы по конструкции приспособления**

1. В конструкции приспособления используется 87% стандартных деталей и узлов, что приводит к снижению себестоимости его изготовлению.

2. Приспособление механизировано за счет использования гидроцилиндров, что привет к снижению вспомогательного времени на обработку деталей.

3. Приспособление обеспечит полное базирование заготовки и исключит погрешность закрепления за счет стабильной силы гидроцилиндрами, что повысит точность обработки.

4. Приспособление по конструкции удобно в эксплуатации.

5. Приспособление обеспечит качественное выполнение данной операции обработки детали с одной стороны.

6. Недостатком является необходимость приобретения стандартной гидростанции, распределителя, крана управления, проведение монтажных работ. Поэтому необходимо предусмотреть питание гидростанции группы приспособлений для станков с ЧПУ.

**2. Проектирование контрольного приспособления**

**2.1 Расчет исполнительных размеров**

Диаметры базового и рабочего пальцев рассчитываются по схеме полей допусков.



2.1.1 Определяется номинальный диаметр рабочего пальца dпр

dпр - диаметр изношенного проходного калибра, принимается по справочнику на исполнительные размеры калибров, этот диаметр фактически является номинальным для базового пальца и составляет 8,952 мм

2.1.2 Определяется номинальный диаметр рабочего пальца dном по схеме полей допусков

dном = dmin- 2Δ+2Δк+W+H

dном – номинальный диаметр для рабочего пальца определяется из схемы полей допусков на рабочий палец

dmin – минимальный диаметр отверстия

Δ – отклонение на межцентровое расстояние, указанное на чертеже

Δк – предельное отклонение измерительного элемента от номинального положения – принимается по таблице в зависимости от Δ

W – допуск на износ измерительного элемента – принимается по таблице в зависимости от Δ

Н – допуск на изготовление – принимается по таблице в зависимости от Δ.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Δ | Н | W | Δк |
| мкм | | | |
| 50-100 | 8 | 10 | 8 |
| 100-160 | 10 | 12 | 10 |
| 160-250 | 12 | 16 | 12 |
| 250-400 | 16 | 20 | 16 |

dном = 9-2·0,05+2·0,008+0,01+0,008=8,934 мм



**2.2 Конструкция и эксплуатация контрольного приспособления**

Контрольное приспособление предназначено для контроля межцентрового расстояний отверстий. Калибр состоит из планке, в которую запрессованы базовый измерительный палец (он должен иметь большую длину), а также рабочий палец. В планку запрессована или посажена резьбовым соединением ручка с сетчатыми рифлениями, на ней имеется лыска для маркировки. Предварительно контролируются диаметры выполненных отверстий в заготовке калибр-пробками. В случае положительных результатов контроля производится контроль межцентрового расстояния контрольным приспособлением. Для этого вводится базовый палец в отверстие, а далее и рабочий, если он проходит, то межцентровое расстояние выполнено в допуске.

**3. Литература**

1. Кузнецов Ю.И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ. – М.: Машиностроение. 1990.

2. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. – М.: Высшая школа. 1980.

3. Ансеров М.А. Приспособление для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение. 1975.

4. Плотицын В.Г. Наладка фрезерных станков. – Л.: Машиностроение. 1975.

5. Корсаков В.С. Основы проектирования приспособлений. – М.: Машиностроение. 1983.

6. Справочник технолога-машиностроителя под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение. 1985.

7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение. 1979.

8. Кутай А.К. Справочник по производственному контролю в машиностроении. – Л.: Машиностроение. 1974.

9. Кутай А.К. Справочник контрольного мастера. Лениздат. 1980.

10. Городецкий Ю.Г. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение. 1971.

11. Допуски и посадки. Справочник. Под ред. Мягкова В.Д. – Л.: Машиностроение. 1978.