

ББК 39.53  
С56  
УДК 629.734.333

*Федеральная целевая программа книгоиздания России*

**АВТОРЫ:**

**Ю. Л. ИВАНОВ, В. Ф. КУЗЬМИН, Б. Н. МАРЬИН, И. В. ВОЛКОВ,  
К. А. МАКАРОВ, В. И. МУРАВЬЕВ, В. И. ОДИНОКОВ, А. И. ПЕКАРШ,  
В. И. ШПОРТ**

**С56** **Современные технологические процессы сборки планера самолета/Колл. авторов; Под ред. Ю. Л. Иванова. — М.: Машиностроение, 1999. — 304 с.: ил.**

ISBN 5-217-02910-2

Книга посвящена вопросам технологии сборки планера самолетов, а также содержит материалы по новым конструктивно-технологическим решениям, апробированным в процессе серийного производства самолета Су-27 на Комсомольском-на-Амуре авиационном производственном объединении.

*Для специалистов, работающих в авиационной промышленности.*

**ББК 39.53**

**ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ**

**Иванов Юрий Леонидович, Кузьмин Валерий Федорович,  
Марьин Борис Николаевич, Волков Игорь Валерьевич,  
Макаров Константин Анятольевич, Муравьев Василий Илларионович,  
Одинокое Валерий Иванович, Пекарш Александр Иванович,  
Шпорт Вячеслав Иванович**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
СБОРКИ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА**

Редакторы *О. Г. Красильникова, Т. П. Топчий, Л. Л. Черкасова*  
Художественный редактор *Т. Н. Галицына*  
Переплет художника *Т. Н. Галицыной*  
Технический редактор *Е. П. Смирнова*  
Корректоры *Е. В. Рослякова, Л. Л. Черкасова*

Лицензия ЛР № 080003 от 12.09.96

Сдано в набор 22.02.99. Подписано в печать 27.05.99. Формат 60×88<sup>1</sup>/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 18,62. Усл. кр.-отг. 18,62. Уч.-изд. л. 20,01. Тираж 1000 экз. Заказ 424

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Машиностроение",  
107076, Москва, Стромьинский пер., 4

АООТ "Политех-4", Москва, Б. Переяславская, 46

ISBN 5-217-02910-2

© Коллектив авторов, 1999

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборка планера самолета является заключительным этапом технологического процесса формообразования, который во многом определяет качество выпускаемого изделия.

Классические основы технологии агрегатно-сборочного производства изложены в трудах известных специалистов по технологии самолетостроения, в частности А. Л. Абибова, П. Н. Белянина, В. В. Бойцова, М. П. Горбунова, В. П. Григорьева, Е. П. Шекунова.

Новые конструктивные решения, применяемые авиационные материалы и виды соединений, тенденция к большей монолитности деталей приводят технологические службы предприятий к необходимости разработки новых технологических процессов сборки и новых вариантов практической реализации классических схем сборки при смене объектов производства. В прежние годы производственный опыт сборочных работ распространялся НИАТом через сеть филиалов и отделов, работавших непосредственно при самолетостроительных предприятиях. Оперативным средством свободного обмена информацией по отдельным новым технологическим процессам между предприятиями отрасли служили различного рода документы. Примерно один раз в пять лет издавалось "Руководство по технологичности самолетных конструкций", которое отражало уровень развития технологии всех видов формообразования за прошедший период, причем технологические процессы рассматривались с точки зрения целесообразности конструктивного оформления изготавливаемых деталей и узлов.

В последние годы в связи с переходом к рыночным отношениям в промышленности обмен технической информацией утратил свободный характер, структура и функции НИАТа изменились. Последнее издание "Руководства по технологичности самолетных конструкций" вышло в 1983 г. В этих условиях передовой, достаточно апробированный в производстве и эксплуатации технологический опыт отдельных предприятий не транс-

формируется в отраслевой, приобретает замкнутый характер, что может отрицательно отразиться на качестве авиационной техники в целом.

В связи с этим представляется актуальным систематизировать и обобщить информацию о наиболее существенных результатах, достигнутых в области технологии сборки за последнее десятилетие на Комсомольском-на-Амуре авиационном производственном объединении (КнААПО) при участии НИАТа. Настоящая книга, преследуя указанную цель, не претендует на всеобъемлющий охват всех технологических аспектов сборочного производства. Здесь выделены особенности, практические режимы и рекомендации по применению известных и новых технологических процессов сборки, обеспечивающих высокое качество и надежность авиационной техники, выпускаемой КнААПО.

Авторы книги выражают благодарность за разработку и внедрение указанных технологических процессов, а также за предоставление материалов и оказание помощи в написании книги ведущим специалистам НИАТа: В.Г. Подколзину, Н.Н. Абиню, В.Д. Аксютину, В.В. Бульчеву, Д.М. Ветровой, А.Н. Коптеву, Г.С. Кравченко, Г.Г. Кузьменко, А.А. Миненкову, М.Е. Уланову, В.И. Шаталовой, Ю.В. Шевереву; КнААПО им. Ю.Г. Гагарина: Б.В. Авину, А.М. Артазей, В.Н. Бурееву, А.А. Васильеву, В.А. Волчкову, В.Д. Глущенко, Г.В. Грубич, В.В. Косоурову, И.М. Пашкину, А.А. Пономаренко, С.Г. Седому, В.В. Хрыльченко, Р.В. Чуриной.

---

## Глава 1

### СБОРКА ПЛАНЕРА САМОЛЕТА

#### 1.1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАНЕРА САМОЛЕТА

Технология сборки планера в значительной степени зависит от решения ряда коренных вопросов его конструктивного оформления в целом. К таким вопросам относятся форма внешних обводов и общая компоновка агрегатов самолета, степень конструктивно-технологического членения планера и его агрегатов, расположение силового набора, расположение и оформление конструктивно-эксплуатационных разъемов [26].

**Внешние обводы самолета.** Технологичность самолетов в значительной степени определяется рациональным выбором аэродинамических обводов, к которым предъявляются следующие основные требования [14].

1. Простота аэродинамических форм агрегатов планера и всех входящих в конструкцию планера элементов.

2. Максимальное применение поверхностей одинарной кривизны, т. е. поверхностей с прямолинейными образующими, которые обеспечивают простоту, точность и оперативность выполнения геометрических расчетов (в том числе расчетов данных о контурах и поверхностях при подготовке управляющих программ для оборудования с ЧПУ при автоматизированном изготовлении плазов и обводообразующей оснастки), высокую точность и простоту увязки конструкции агрегатов. В случае линейчатой поверхности, заданной двумя ее плоскими сечениями, контуры всех промежуточных сечений могут быть определены простейшим расчетом или графическим построением на одной проекции.

Применение линейчатых поверхностей дает следующие преимущества:

предельно упрощаются обработка и контроль рабочих контуров и поверхностей плоской и объемной рабочей и контрольно-эталонной технологической оснастки. Обработка сводится к обеспечению прямолинейности образующих между двумя базо-

выми сечениями. Для этого требуются более простые станки с ЧПУ (по числу программно-управляемых координат);

устраняется необходимость изготовления шаблонов продольного набора сечений агрегата, что сокращает количество и трудоемкость изготовления оснастки.

3. Обеспечение высокой преемственности аэродинамических форм агрегатов планера для новых модификаций самолета. Это позволяет значительно сократить количество и трудоемкость изготовления плазов и обводообразующей оснастки и, кроме того, вторично использовать ранее изготовленную оснастку.

**Членение самолета.** Под членением понимается разделение самолета конструктивными, эксплуатационными и технологическими разрезами и стыками на агрегаты, отсеки, секции, узлы и детали.

*Разъем* – соединение, позволяющее производить некоторые перемещения или полное отсоединение одного агрегата (узла) от другого без повреждения основных и крепежных элементов конструкции.

*Стык* – любое неразъемное соединение, не позволяющее отсоединить один узел (секцию, отсек) от другого без повреждения основных и крепежных элементов конструкции.

Конструктивными называются разъемы и стыки, обусловленные различием в функциональном назначении отдельных элементов планера или особенностями их конструкции.

Эксплуатационными называются разъемы, определяемые требованиями эксплуатации – транспортировки, замены отдельных частей планера, двигателя, оборудования и т. п.

Технологическими называются разъемы и стыки, определяемые требованиями независимого и параллельного изготовления отдельных частей самолета.

Применение конструктивных, эксплуатационных или технологических разъемов и стыков определяется тем, какие требования при членении приняты за основные. Возможно совмещение конструктивных, эксплуатационных и технологических разъемов и стыков, что способствует уменьшению массы конструкции за счет сокращения их общего числа.

При членении учитывают также требования, обусловленные необходимостью улучшения летно-тактических характеристик самолета и общими тенденциями развития авиационной техники. Например, увеличение монолитности конструкции деталей и сборочных единиц, создание "интегральных" конструкций агрегатов без эксплуатационных разъемов приводит к уменьшению числа стыков и деталей крепления. При этом улучшаются массовые характеристики самолета. Большая монолитность конструкции, также как и мелкое членение, могут быть при опреде-

ленных условиях неэффективными с точки зрения технологических, экономических или организационных требований. Оптимальное членение конструкции должно определяться на основе технико-экономических расчетов с учетом конкретных условий производства.

**Технологические разъемы и стыки.** В серийном производстве конструктивных и эксплуатационных разъемов, как правило, недостаточно, поэтому вводят технологические разъемы и стыки, членящие агрегаты на более мелкие сборочные единицы – отсеки, секции и узлы.

От характера членения зависит выбор конструкции деталей, методов и средств их сборки, способов соединения деталей и узлов, схемы герметизации топливных и воздушных отсеков, а в случае сварной конструкции – порядок сварки замыкающих швов.

Членение агрегатов на отсеки, секции и узлы – важнейшее технологическое требование к конструкции. Расчлененная конструкция обеспечивает:

расширение фронта работ при проектировании технологических процессов и средств оснащения, что сокращает сроки и трудоемкость подготовки производства;

комплексную механизацию и автоматизацию процессов выполнения соединений, что приводит к повышению их качества, росту производительности труда и улучшению условий труда;

наилучшие условия для контроля качества основной массы соединений;

расширение фронта работ путем организации параллельной сборки отсеков, секций и узлов, что сокращает цикл сборочных работ;

транспортировку и ремонт агрегатов и отсеков.

При решении вопросов членения агрегатов учитываются возможности применения прогрессивных методов сборки, характеристики технологического оборудования, наличие и удобство подходов для выполнения сборочного процесса, программа выпуска изделия.

Технологическое членение фюзеляжа без конструктивно-технологических разъемов на отсеки определяется назначением отдельных частей фюзеляжа с учетом постоянства закона формообразования поверхности в пределах одного отсека, а также требованиями качественной и нетрудоемкой стыковки крыла и оперения с фюзеляжем. Для обеспечения стыковки крыла и фюзеляжа необходимо предусмотреть два технологических стыка, расчленяющих фюзеляж на носовую часть (Ф1), центроплан (ЦП) и хвостовую (Ф2) часть. Необходимость дополнительного членения фюзеляжа на отсеки определяется его конструкцией и

принятой организацией производства, учитывающей программу выпуска изделия.

Членение отсеков фюзеляжа на секции определяется габаритными размерами листов обшивки, характеристиками оборудования для выполнения соединений и принятой схемой сборки отсеков.

Членение сварных агрегатов должно обеспечивать свободные подходы к месту сварки, позволяющие автоматизировать и механизировать трудоемкие работы под подготовке кромок и поверхностей, а также процесс сварки.

Для выполнения этих требований необходимо следующее:

при образовании сложных поверхностей в конструкциях предусматривать их членение на переходах кривых;

для агрегатов типа тел вращения (фюзеляжа, гондолы двигателей) сварные швы располагать в плоскостях, проходящих через продольную ось, или в плоскостях, параллельных или перпендикулярных ей;

технологические стыки отсеков располагать в одной плоскости, не допуская в конструкции нетехнологичных ступенчатых стыков;

не допускать в конструкции стыка сочетания контактной сварки и сварки плавлением;

обеспечивать двусторонний подход к швам главного направления (швы в направлении наибольшей длины) для непрерывной работы автоматического сварочного оборудования;

предусмотреть возможность контроля сварных соединений и устранения дефектов;

отделять сварные отсеки от клепаных, обеспечивая возможность создания специализированных сборочных цехов;

в конструкциях, где наряду с точечной сваркой применяется клепка, применять прессовую клепку. Если это невозможно, ударную клепку производить до точечной сварки.

**Панелирование агрегатов, отсеков и секций.** Под панельрованием понимается технологическое членение агрегатов, отсеков и секций на сборные или монолитные панели.

Сборные панели состоят из обшивки и силовых элементов каркаса. Монолитные панели представляют собой монолитные детали – литые, прессованные, катаные, локально-штампованные и др.

При разработке схемы панельирования агрегатов необходимо учитывать сортамент листов, прессованных панелей и катаных плит (длину и ширину), поставляемых промышленностью; характеристики металлорежущего и заготовительно-штамповочного оборудования (фрезерного, гибочного, обтяжного и др.); характеристики оборудования для выполнения клепаных и сварных

соединений (сверлильно-зенковальных установок, прессов, сверлильно-клепальных автоматов, сварочных машин и автоматов и др.).

Определение габаритных размеров панелей – первая задача при выборе схемы панельирования. Второй задачей является определение состава элементов внутреннего силового набора, вынесенного на обшивку. Для агрегатов, имеющих сборные панели, может быть несколько вариантов решения этой задачи (рис. 1.1.).

В случае членения агрегатов на панели, включающие только обшивку и стрингеры, существенно ухудшаются условия механизации процессов соединения панелей со шпангоутами и нервюрами при сборке агрегата. Эффективность варианта панельирования, при котором панели содержат большое число поясов силовых шпангоутов или нервюр, снижается из-за трудоемкой стыковки этих элементов при сборке агрегата. Наилучшие технико-экономические показатели во многих случаях обеспечива-

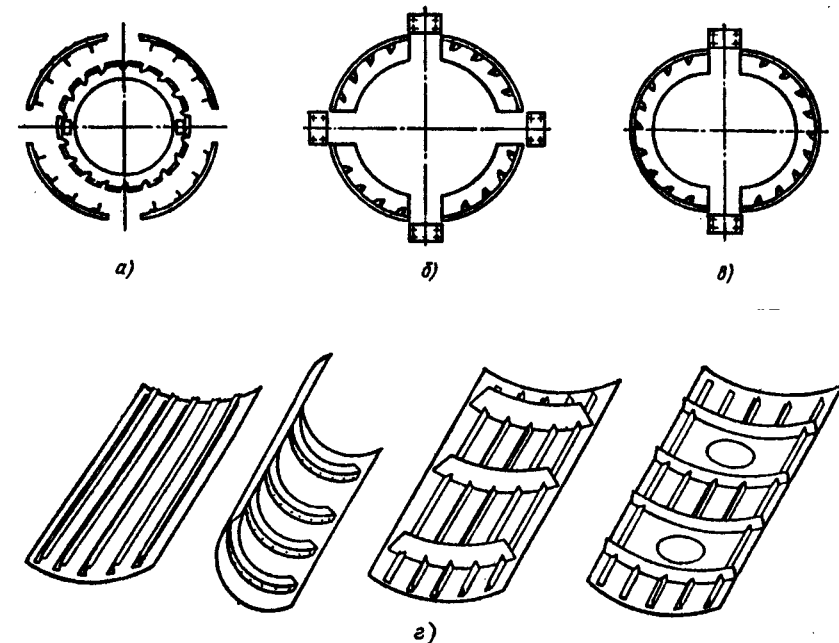


Рис. 1.1. Варианты панельирования фюзеляжа:  
а – панели из обшивки и стрингеров; б – панели из обшивки, стрингеров и частей шпангоутов; в – панели из обшивки, стрингеров и половинок шпангоутов; г – типовые панели фюзеляжа



ются при членении агрегатов на панели, включающие обшивку, стрингеры, части несилловых шпангоутов или нервюр.

Выбор оптимальной схемы панелирования в каждом конкретном случае должен производиться путем комплексного расчета основных технико-экономических показателей производства (уровня механизации, трудоемкости, затрат на оснастку) по каждому варианту.

Одним из основных показателей технологичности агрегата является коэффициент панелирования  $K_{\Pi}$ , который определяется отношением панелированной площади  $S_{\Pi}$  ко всей его площади  $S_a$ :

$$K_{\Pi} = S_{\Pi}/S_a.$$

Этот коэффициент должен стремиться к единице. Агрегат полностью панелирован, если  $K_{\Pi} = 1$ .

Число панелей, на которые расчленяется агрегат, оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели производства – фронт работ, сложность и количество сборочной оснастки, производственные площади, производительность труда при выполнении сборочных и монтажных работ, трудоемкость stapельных работ.

На рис. 1.2 показано изменение коэффициента относительной трудоемкости  $\beta_i$  при различных условиях сборки в зависимости от числа клепаных панелей  $m$ . Под коэффициентом относительной трудоемкости понимается отношение трудоемкости расчлененной конструкции к трудоемкости нерасчлененной конструкции. График составлен исходя из следующих условий: диаметры секций – 1...4 м; соотношение сборочно-клепальных и монтажных работ для нерасчлененной конструкции 6:4 (60 % от общей трудоемкости составляют сборочно-клепальные работы и 40 % – монтажные); монтажные работы выполняются вручную; условия ручного и механизированного труда наилучшие; потери труда не учитываются; фронт работ всегда наибольший, полная взаимозаменяемость деталей и узлов. При этом применяются следующие схемы сборки.

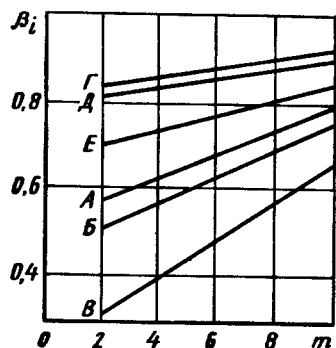


Рис. 1.2. Изменение коэффициента относительной трудоемкости для различных схем сборки

Схема А. Производится выполнение клепаных соединений пневморучным инструментом одновременно на всех панелях, на которые расчленена секция; параллельно на панелях

выполняются все монтажные работы, затем из панелей собирается секция.

Схема Б. Отличается от схемы А применением прессовой групповой клепки при соединении обшивки со стрингерами. Вся остальная клепка осуществляется вручную.

Схема В. Предусматривается полная механизация выполнения соединений всех элементов продольного и поперечного набора с обшивкой. Монтажные работы выполняются на панелях.

Схема Г. Отличается от схемы А тем, что монтажные работы выполняются в секции после ее сборки из панелей.

Схема Д. Отличается от схемы В тем, что монтажные работы выполняются в секции.

Схема Е. Все клепаные соединения выполняются с помощью автомата, а монтажные работы ведутся в секции.

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 1.2, позволяет сделать следующие выводы:

членение секций на панели всегда приводит к снижению трудоемкости. Оно тем больше, чем совершеннее процесс выполнения клепаных соединений, больше монтажей устанавливается на панелях и меньше объем стыковочных работ;

увеличение числа панелей приводит к возрастанию  $\beta_i$ . Это указывает на повышение трудоемкости стыковочных работ при сборке панелированной секции, хотя трудоемкость сборки панелей при этом снижается.

Для агрегатов, состоящих из монолитных панелей и отдельных монолитных узлов каркаса, схема панелирования определяется стыками монолитных панелей, соединяемых между собой и с деталями каркаса.

При панелировании конструкций сварных агрегатов могут быть применены три варианта членения: панельный, секционный, комбинированный.

При панельном варианте предусматривается радиальное членение оболочки с поперечными силовыми элементами конструкции (см. рис. 1.1, а, б, в) и обеспечивается широкий фронт работ в условиях свободного подхода в зону выполнения соединений. Однако этот вариант имеет ряд недостатков: невозможен непрерывный процесс сварки швов главного направления при переменной толщине полок поперечных силовых элементов; наличие поперечных силовых элементов на панелях резко увеличивает деформации узла в результате сварки; высокая трудоемкость подгонки продольных стыков большой длины. В целом этот вариант нерационален и может быть применен только в исключительных случаях при условии двустороннего подхода к сварным швам главного направления.

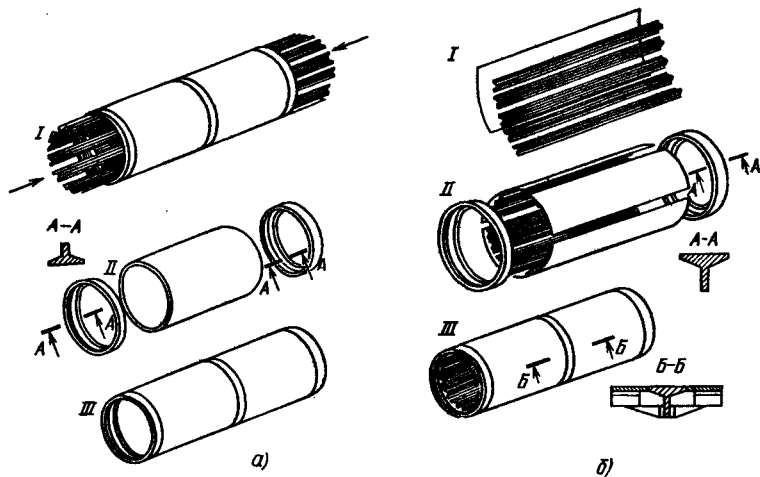


Рис. 1.3. Секционный (а) и комбинированный (б) варианты членения конструкций:

*I* – сварка продольного набора с обшивкой; *II* – сварка силовых элементов поперечного набора с обшивкой; *III* – сварка отдельных секций

При секционном варианте (рис. 1.3, а) предусматривается осевое членение на секции оптимальной длины. При этом обеспечиваются снижение массы за счет использования коротких стыковочных фитингов по стрингерам, возможность компенсации утяжки от сварки посредством распорных устройств, позволяющих создать в обечайке предварительный натяг; точность периметра двух сопрягаемых элементов за счет сварки замыкающего поперечного шва на эталоне внутренней поверхности.

Недостатками данного варианта являются значительная трудоемкость и увеличенный цикл сборки при последовательной точечной электросварке (ТЭС) стрингеров в замкнутой обечайке. Вариант рационален при длине секции 1,5...3,0 м и применении высокопроизводительной ТЭС.

При комбинированном варианте (рис. 1.3, б) предусматривается радиально-осевое членение оболочки без поперечных силовых элементов конструкции. При этом обеспечиваются широкий фронт работ при установке стрингеров, точный периметр при образовании секций на эталоне поверхности, возможность механической обработки продольных и поперечных стыков.

Недостатком варианта является увеличение массы за счет применения удлиненных стыковочных фитингов. Комбинированный вариант наиболее рационален при небольшой жесткости панелей.

Панелирование сварных агрегатов необходимо вести с учетом следующих технологических требований:

в пределах панели должно быть обеспечено постоянство закона формообразования обводов;

в конструкции панелей недопустимо сочетание различных видов соединений;

все виды сварки, применяемые при сборке панелей, должны выполняться на серийном оборудовании;

предусматривать применение минимальной номенклатуры видов сварки и избегать пакетов разной толщины в соединениях одной панели;

предусматривать возможность применения унифицированной оснастки при сборке панелей;

не применять конструкции панелей с большим числом поясов силовых элементов, несущих узлы стыковки.

**Расположение силового набора.** При проектировании агрегатов и панелей необходимо учитывать следующие технологические требования к расположению силового набора:

элементы поперечного силового набора (шпангоуты, нервюры) должны располагаться в плоскостях, перпендикулярных продольной оси фюзеляжа, gondолы двигателя или оси одного из лонжеронов крыла, киля или стабилизатора;

стрингеры и другие детали продольного силового набора фюзеляжа должны располагаться по образующим цилиндра;

малки всех деталей поперечного силового набора должны быть постоянными вдоль контуров. Выполнение этого требования существенно упрощает обработку деталей и изготовление заготовительной и сборочной оснастки. При расположении лонжеронов стрингеров по линиям равных процентов хорды обеспечивается постоянство их малки, но не выполняется требование взаимной параллельности заклепочных или сварных швов. Для агрегатов с незначительным сужением в плане предпочтительнее параллельное расположение лонжеронов и стрингеров, так как в этом случае изменение малки по длине стрингеров невелико и может не учитываться при изготовлении стрингеров;

в агрегатах, имеющих прямолинейные образующие, но состоящих из цилиндрических и конических секций, шпангоут необходимо располагать на стыке в цилиндрической части секции;

при выборе расстояний между элементами силового набора необходимо обеспечить свободные подходы для выполнения соединений механизированным инструментом или высокопроизводительным оборудованием;

расстояние между последовательными элементами поперечного набора должно быть одинаковым и кратным 50. Постоянство и кратность расстояний между всеми шпангоутами (или

нервюрами) упрощает монтаж сборочных приспособлений с использованием плаз-кондуктора и инструментального стенда;

углы между смежными плоскостями, в которых расположены стрингеры, должны быть равны между собой.

Расположение стрингеров с равными угловыми шагами позволяет собирать панели в групповых стапелях без сменных рубильников.

**Конструктивно-эксплуатационные разъемы.** При проектировании конструктивно-эксплуатационных разъемов (КЭР) должны быть обеспечены взаимозаменяемость агрегатов и повышение производительности труда.

Взаимозаменяемость агрегатов по КЭР является важнейшей составной частью технологичности конструкции самолета. Под взаимозаменяемостью понимается свойство конструкции агрегата (отсека), позволяющее производить его сборку и замену при ремонте без выполнения подгоночных работ по разъемам в пределах допусков на геометрические, механические и физико-химические параметры. При высокой степени взаимозаменяемости агрегатов значительно снижаются трудовые и материальные затраты, повышается качество сборки, становится возможным внедрение прогрессивных методов производства.

Уровень взаимозаменяемости КЭР определяется видом разъема (фланцевый, ушковый, телескопический, ленточный, шарнирный, шлицевый, цапфовый); формой контура стыкуемых агрегатов (круглые, прямоугольные, эллиптические); расположением плоскости разъема (прямые, наклонные, ломаные, ступенчатые); возможностью регулирования положения элементов разъема. Классификация КЭР приведена на схеме (рис. 1.4).

Расположение КЭР определяет членение самолета на агрегаты и отсеки. Основным критерий рациональности расположения КЭР – эффективность производства, возможность транспортирования агрегатов и удобство обслуживания самолета в эксплуатации. От выбора расположения КЭР зависят:

- габаритные размеры агрегатов и отсеков;
- возможность объединения сборных частей и деталей в агрегаты и отсеки, характеризующиеся единой спецификой технологических процессов сборки и испытаний.

В отдельные отсеки необходимо выделять герметические кабины, отсеки оборудования в целях обеспечения возможности подачи их на сборку загерметизированными, испытанными, с законченными монтажами. Силовые отсеки агрегатов также рекомендуется выделять в отдельные под сборки для обеспечения выполнения всех стыковочных и доводочных работ в комплектно-сборочных стендах механосборочного цеха;

способы обеспечения взаимозаменяемости агрегатов и отсеков.

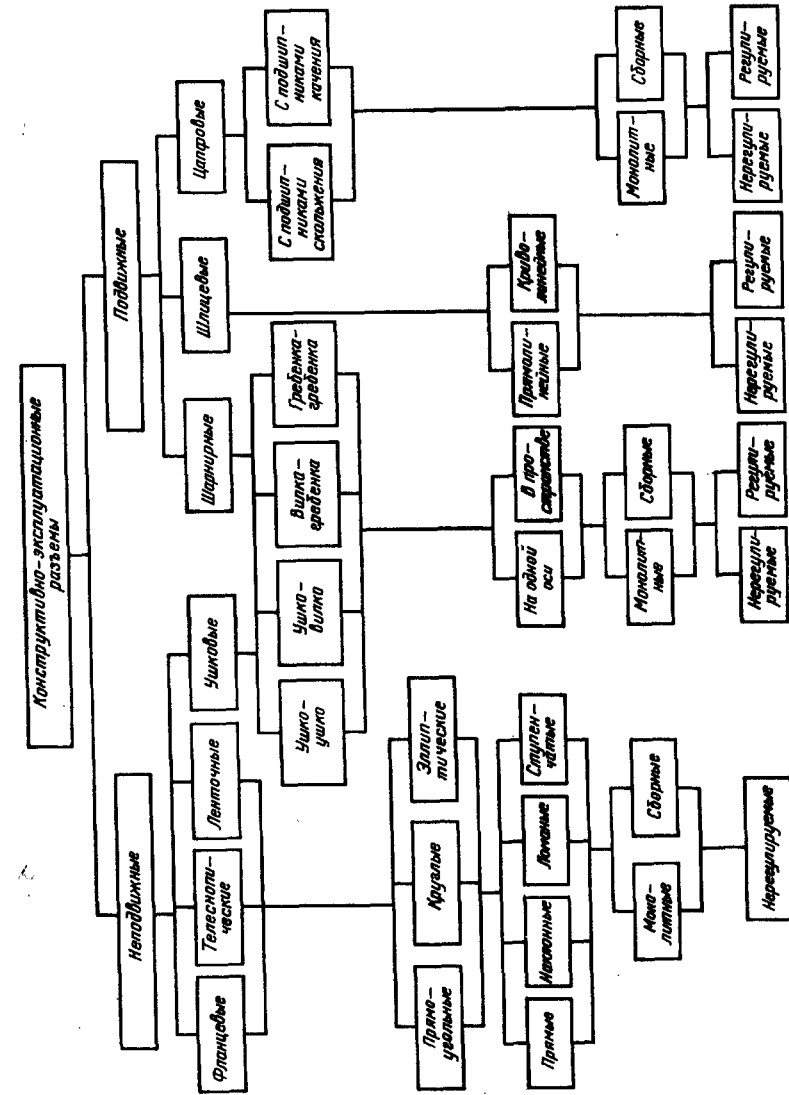


Рис. 1.4. Классификация конструктивно-эксплуатационных разъемов

Так, КЭР необходимо располагать в плоскостях, перпендикулярных оси фюзеляжа или плоскости хорд крыла, а оси рельсов и узлов механизации крыла – в плоскостях, параллельных плоскости симметрии самолета и перпендикулярных плоскости хорд крыла. В этом случае обеспечивается наибольшая простота контрольно-эталонной оснастки, сборочных и разделочных приспособлений. Все средства обеспечения взаимозаменяемости существенно усложняются, если КЭР выполнен неплоским, поэтому неплоские КЭР нетехнологичны.

Обеспечение взаимозаменяемости становится крайне сложной задачей, если конструкция предусматривает соединение более двух агрегатов или секций с одним КЭР. При соединении двух агрегатов через третий нарушается расположение их стыковочных баз. В отдельных случаях стыковка может быть облегчена введением размерных компенсаторов, но это обычно утяжеляет конструкцию.

Аналогичные требования предъявляются и к расположению узлов навески рулей, элеронов, закрылков, щитков, створок, люков и т. п. Узлы их навески должны устанавливаться на одном агрегате, в контур которого они вписываются.

Расположение КЭР должно обеспечивать свободные подходы для механизированной разделки отверстий под стыковые болты и обработки посадочных мест в узлах разъема.

Разъем можно считать технологичным, если он обеспечивает возможность качественной стыковки агрегатов (отсеков) – без применения специальных приспособлений, определяющих взаимное расположение агрегатов в пространстве; без подгонки или совместной обработки сопрягаемых поверхностей агрегатов; стыковку при наличии свободных подходов, позволяющих механизировать обработку стыковых отверстий и постановку крепежных элементов. Основным фактором, определяющим технологичность разъема, является схема базирования.

В общем случае всякое твердое тело (деталь, узел, агрегат), рассматриваемое в системе трех взаимно перпендикулярных осей, может иметь шесть степеней свободы: три перемещения и три поворота относительно осей координат.

При стыковке двух агрегатов (отсеков) определенность их взаимного положения обеспечивается наличием связей, ограничивающих возможные перемещения одного агрегата относительно другого. Для неподвижных разъемов это достигается лишением тела шести степеней свободы, для подвижных – пяти и меньше, в зависимости от функционального назначения агрегата.

Таким образом, чтобы устанавливаемый агрегат был неподвижен относительно ответного агрегата, необходимо иметь шесть

опорных точек, образующих сборочную базу со следующими свойствами:

поверхности, линии или точки базовых элементов должны быть изготовлены с точностью, обеспечивающей требуемую точность положения устанавливаемого агрегата относительно другого;

базовые элементы должны обеспечивать возможность фиксации устанавливаемого агрегата.

В качестве примера рассмотрим базирование секций фюзеляжа с фланцевым разъемом (рис. 1.5, а).

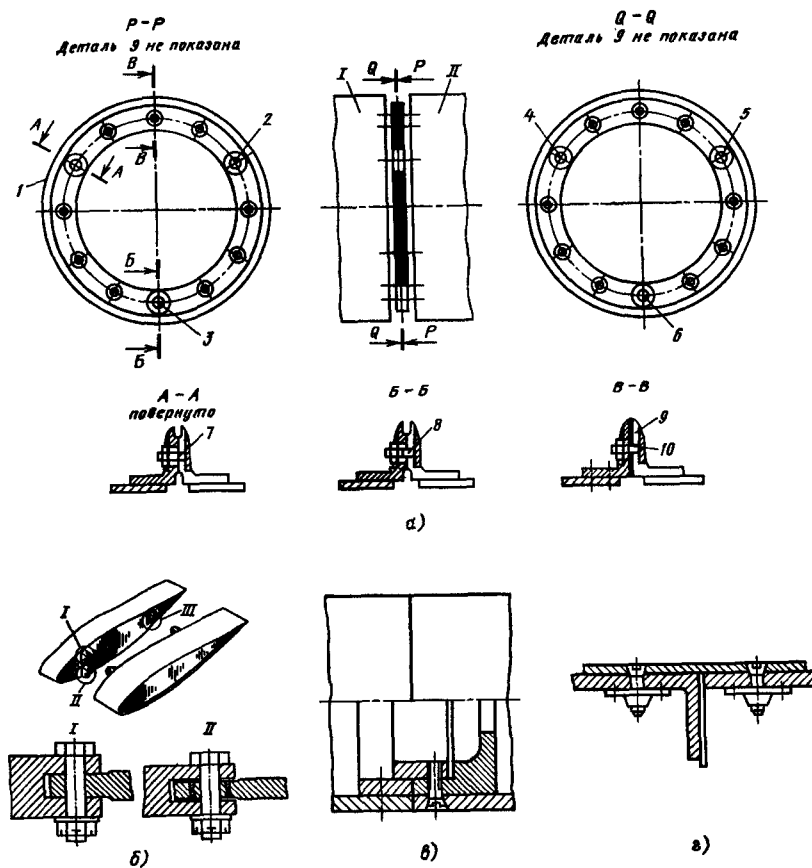


Рис. 1.5. Типы разъемов:  
 а – фланцевый разъем: I, II – секции фюзеляжа; 1...6 – приливы, 7 – классный болт; 8 – болт в овальном отверстии; 9 – компенсирующие прокладки; 10 – болт с зазором;  
 б – разъем агрегатов по трем узлам (I-III) типа ухо-вилка; в – телескопический разъем; г – ленточный разъем

При стыковке каждый из агрегатов лишается шести степеней свободы. Три базовые точки на стыке каждого из агрегатов оформлены приливами 1..6. Контакт по этим приливам лишает каждый из агрегатов трех степеней свободы. Агрегаты соединяются классным болтом 7 с неподвижной посадкой по отверстиям в приливах 1 и 5. Этот болт (сеч. А – А на рис. 1.5, а) лишает каждый из стыкуемых агрегатов еще двух степеней свободы – возможности перемещения в двух взаимно перпендикулярных направлениях в плоскости разъема.

Болт 8, соединяющий агрегаты через круглое отверстие в приливе 6 и овальное отверстие в приливе 3 (сеч. Б – Б на рис. 1.5, а), лишает агрегаты шестой степени свободы – возможности поворота вокруг оси болта 7.

Все остальные болты 10, соединяющие агрегаты по разъему, устанавливаются в отверстия с зазором по диаметру (сеч. В – В на рис. 1.5, а).

Контакт между плоскостями Р и Q разъема агрегатов обеспечивается заполнением зазора между ними специально предусмотренными компенсаторами 9, обуславливающими силовое замыкание плоскостей разъема без особых требований к точности обработки стыка каждого агрегата.

Рассмотренный вид разъема обеспечивает точную координацию агрегатов без применения стыковочных приспособлений и совместной обработки элементов разъема.

Введение в конструкцию разъема дополнительных элементов базирования делает его статически неопределимым и неизбежно приводит к необходимости выполнения подгоночных операций или к совместной разделке отверстий.

Разъем становится также статически неопределимым, если заменить овальное отверстие в приливе 3 или любое другое крепежное отверстие (см. рис. 1.5, а) классным. Соединение агрегатов по такому разъему без совместной разделки отверстий выполнить невозможно, так как для этого требуется выдержать расстояние между отверстиями под болты 7 и 8 с исключительно высокой точностью, недостижимой в условиях реального производства. Кроме того, для точной совместной разделки классного отверстия в приливах требуется установка обоих агрегатов в специальный стыковочный стенд.

В целом фланцевые разъемы относятся к числу наиболее технологичных. Многовариантность конструкций фланцевых разъемов определяется общей тенденцией максимального снижения массы при проектировании самолета. С этой целью массовые характеристики разъема стремятся приблизить к массовым характеристикам технологического стыка.

Разъемы типа ухо – вилка по конструктивному оформлению

весьма разнообразны. Как правило, эти разъемы накладывают на стыкуемые агрегаты значительное число избыточных связей, а многоплоскостность не позволяет производить отработку стыковых узлов за один установ инструмент. Поэтому требуются специальные меры по повышению технологичности их конструкции.

На рис. 1.5, б показан вариант технологичного разъема агрегатов по трем узлам типа ухо – вилка. Для того чтобы такой разъем соответствовал требованиям правила шести точек, необходимо соединение агрегатов по узлу I выполнять классным болтом с неподвижной посадкой по плоскостям вилки и уха, а по узлу II – классным болтом через сферический подшипник в вилке при наличии зазоров между плоскостями уха и вилки. Узел II должен быть “плавающим” как в плоскости разъема, так и в перпендикулярном к этой плоскости направлении. Во многих случаях практически достаточно обеспечить перемещение узла лишь в плоскости разъема, так как неточность совпадения отверстий уха и вилки в направлении, перпендикулярном этой плоскости, может быть компенсирована незначительным упругим деформированием элементов разъема. Узел III крепится на агрегате после стыковки.

Телескопические разъемы могут быть технологичными лишь в том случае, если они обладают достаточной жесткостью в радиальном направлении и по своему конструктивному оформлению и габаритным размерам допускают обточку и торцовку после сборки на станках токарного типа. Таким образом, взаимное положение соединяемых агрегатов будет зависеть от точности обработки базовых поверхностей. Подходы к стыковым болтам (гайкам) в телескопических разъемах могут быть внешними и внутренними. При внутреннем подходе к болтам конструкция разъема менее технологична, чем при внешнем. Один из вариантов технологического телескопического разъема показан на рис. 1.5, в.

Ленточные разъемы (рис. 1.5, г) можно представить как сдвоенные телескопические разъемы. Они обычно нетехнологичны. Для этих разъемов характерны высокие требования к точности увязки агрегатов по обводам. При наличии ступеньки стыковые ленты в процессе эксплуатации быстро разрушаются. Сборочными базами являются отверстия стыковых болтов по поверхности агрегатов. Так как положение базовых поверхностей не регулируется, при установке в процессе сборки или замене агрегатов в эксплуатации требуется совместная разделка отверстий под стыковые болты.

Шарнирные разъемы конструктивно выполняются по схеме разъема ухо – вилка и отличаются от неподвижных ушковых

разъемов тем, что лишают соединяемые агрегаты не шести, а пяти степеней свободы. На одну степень свободы (вращение вокруг оси) разъем не должен накладывать связей. Поэтому приведенные выше рекомендации по проектированию технологичных разъемов типа ухо – вилка остаются в силе и для шарнирных разъемов, но с заменой шести базовых точек пятью.

## 1.2. МЕТОДЫ СБОРКИ

Сборка узлов, секций, отсеков и агрегатов может осуществляться различными методами. Метод сборки предопределяет структуру всего технологического процесса сборки, выбор оборудования, уровень качества готовых изделий.

Методы сборки выбирают в зависимости от конструкции самолета. В то же время метод сборки может повлиять на конструкцию, в результате чего конструкцию изменяют в соответствии с требованиями технологии производства. Так было при переходе на реактивную авиацию, когда появилась необходимость для получения аэродинамических обводов высокой точности перейти на новый метод сборки – метод сборки с базированием панелей планера самолета на наружную поверхность обшивки. Для компенсации неизбежных погрешностей расстояний между обшивкой и деталями каркаса потребовалось изменение конструкции и введение специальных элементов конструкции – компенсаторов.

Методы сборки определяют весь комплекс технологической подготовки производства: выбор схем базирования и сборки, а также технологической оснастки, обеспечивающих изготовление деталей и сборку изделий с заданным уровнем взаимозаменяемости и точности; процессы изготовления и монтажа технологической оснастки для производства деталей и сборки изделий.

Конструкция самолета и технология его изготовления находятся во взаимосвязи. Существенные изменения в конструкции, выполненные на основе новейших достижений науки и техники, неизбежно вызывают необходимость использования новых технологических процессов и, наоборот, новые технологические решения позволяют усовершенствовать конструкцию самолета. При этом, как правило, вначале изменяется конструкция самолета, а затем технология. Классификация применяемых методов сборки приведена на рис. 1.6.

В зависимости от вида сборочных баз применяются три метода сборки совмещением сборочных баз элементов конструкций.

**Сборка по сборочным отверстиям (СО)** – процесс, при котором сборка осуществляется путем совмещения взаимосогласованных отверстий, выполняемых при изготовлении сопрягаемых де-

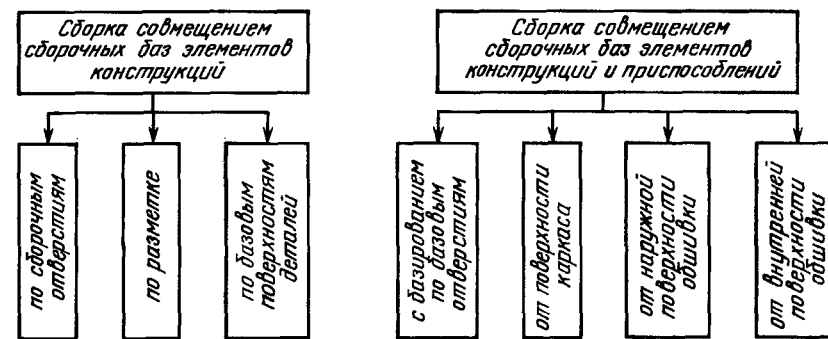


Рис. 1.6. Классификация методов сборки

талей. В эти отверстия на период сборки вставляются фиксаторы, технологические болты или технологические заклепки с последующим окончательным соединением деталей (рис. 1.7).

Базирование по СО возможно, когда допуски на обводы или взаимное положение деталей больше погрешностей процесса сборки. Точностные возможности метода сборки по СО в зависимости от конструктивного оформления сборных частей приведены в табл. 1.1. Погрешность внешнего обвода при сборке по СО достигает  $\pm 1,2$  мм.

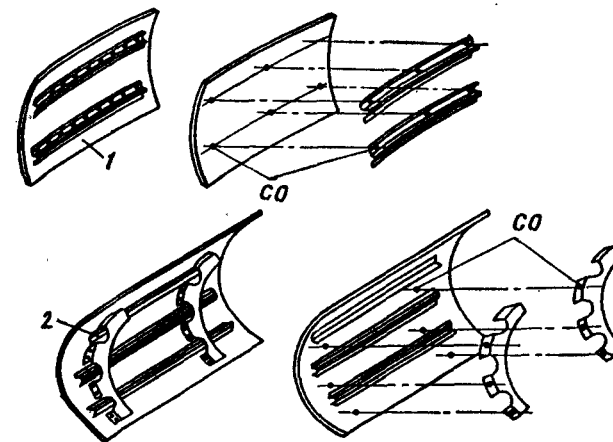


Рис. 1.7. Сборка панелей по СО:  
1 – панель с продольным набором; 2 – панель с продольным и поперечным наборами

Таблица 1.1

Тип подборок	Примеры подборок	Погрешность сборки по СО, мм	
		обводов	взаимного положения деталей
Плоская с одной базовой деталью	Стенки шпангоутов, лонжеронов, перегородок	±0,5	±0,4
Пространственная с малой кривизной	Панели цилиндрические и малой двойной кривизны	±1,0	±0,6
Пространственная со значительной кривизной	Панели двойной кривизны, обтекатели, зализы	±1,2	±0,8

Существенным фактором, влияющим на выбор варианта сборки по СО, является способ увязки положения СО между собой и контуром узла или панели. При плазово-шаблонном производстве могут использоваться две схемы увязки: с использованием плоских шаблонов или макета поверхности [4].

В первом случае (рис. 1.8, а) положение СО снимают с конструктивного плаза (КП) на шаблон контрольно-контурный (ШКК), по которому изготавливают шаблоны контурные (ШК) на все детали, входящие в узел. В местах расположения СО на ШК устанавливают кондукторные втулки, через которые можно сверлить отверстия непосредственно в деталях. ШК служат для изготовления обводообразующей оснастки – инструментальных штампов, формблоков, оправок (ОП), сборочных приспособлений (СП), а так же промежуточных носителей информации – шаблонов гибки (ШГ), шаблонов внутреннего контура (ШВК), шаблонов развертки детали (ШРД).

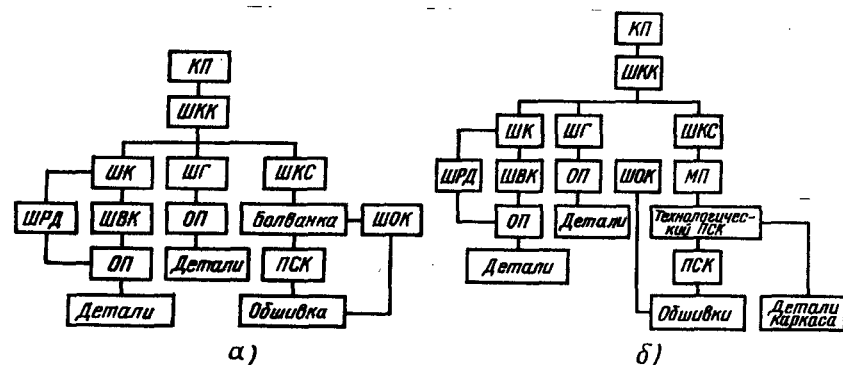


Рис. 1.8. Схемы увязки СО:

а – с использованием шаблонов; б – с использованием макета поверхности

На обшивке информация о положении СО передается от ШКК, через шаблоны контуров сечений (ШКС) на болванки, пуансоны из пескоклеевой массы (ПСК) и шаблоны обрезки контура (ШОК).

Для панелей со сложными криволинейными поверхностями применяют схему увязки с использованием пространственных носителей геометрической информации (рис. 1.8, б). Общим первоисточником увязки СО в этом случае является макет поверхности (МП) или эталон поверхности для обшивок и деталей каркаса.

На КНААПО действуют схемы увязки СО на базе независимого метода производства. Первоисточником увязки является математическая модель поверхности (ММП) и чертежи узлов и деталей. На станках с ЧПУ производится обработка и разметка болванок, формблоков и оправок, по которым изготавливают эталонные обшивки и детали каркаса. После контрольной сборки эталонных деталей положение СО переносится на рабочую оснастку (рис. 1.9).

Для узлов и панелей сложной криволинейной формы первоисточником увязки является макет поверхности. СО на макете поверхности размечают с помощью лазерных нивелиров (рис. 1.10), установленных на инструментальном стенде с ЧПУ модели МС-636Ф-2-11.

Сборочные отверстия располагаются в местах установки заклепок или болтов. Места расположения СО наносят на чертеж или указывают в специальных схемах. Для установки детали в сборочное положение должно быть не менее двух СО. При длине базиремого элемента более 500 мм СО располагают с шагом 500...800 мм. Расстояния между СО желательно назначать кратными 50 мм, что дает возможность использовать плаз-кондуктор при изготовлении шаблонов.

Широко применяется увязка узлов, состоящих из плоских деталей, на основе числовых координат СО по размерам чертежа с использованием универсального двухкоординатного оборудования по схеме: числовые координаты – станок – деталь – сборка.

На КНААПО разработан новый способ сборки по СО<sup>1</sup>, реализующий эту простую и дешевую схему увязки для панелей с криволинейной поверхностью.

Сборка осуществляется в следующем порядке. Сверлят сборочные отверстия с припуском при отдельной обработке обшивки и деталей. Для этого обшивку устанавливают на индексированное приспособление станка, фиксируют по криволинейной

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф., Шиньян Л. Г. Способ сборки по сборочным отверстиям деталей с криволинейными сопрягающимися поверхностями: А. с. 1408725 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

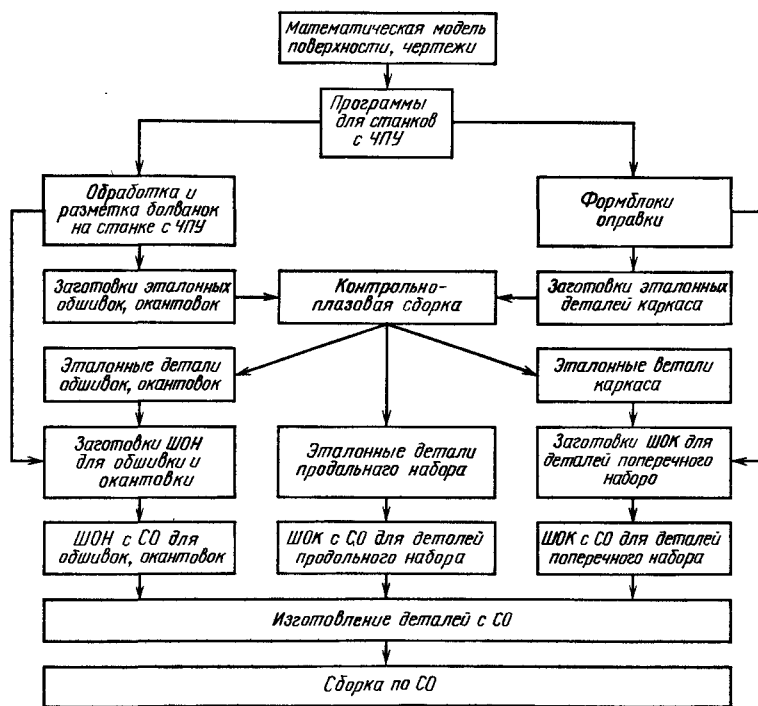


Рис. 1.9. Схема увязки СО на базе независимого метода оснастки для панелей и узлов линейных поверхностей

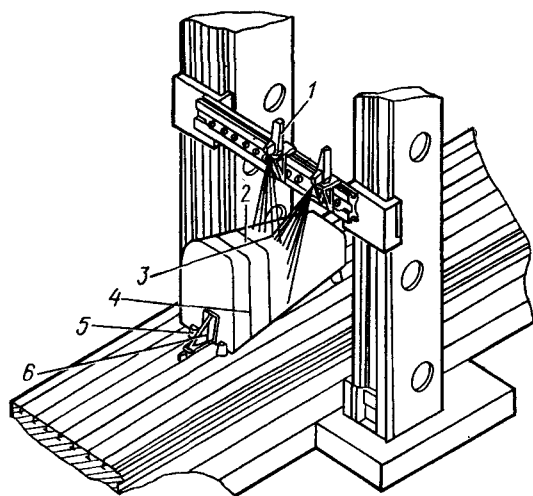


Рис. 1.10. Разметка макета поверхности на стенде модели МС-636Ф-2-11: 1 – лазерный нивелир, 2 – ось симметрии макета, 3 – базовые точки оси симметрии, 4 – поперечная ось макета, 5 – базовая опора (домкрат), 6 – координатный угольник

поверхности с помощью шаблона по базовым отверстиям. Затем поворачивают обшивку в рабочее положение и сверлят СО с одним направлением подачи инструмента для фиксации первой детали. После этого обшивку поворачивают в следующее положение и сверлят другие сборочные отверстия для фиксации следующей детали и т. д.

При сверлении сборочных отверстий угол  $\alpha$  между направлением подачи инструмента и нормалью  $N$  к поверхности детали вычисляется по формуле

$$\alpha \leq \arcsin \frac{(D/2 - h)(d/2)}{S/2},$$

где  $D$  – диаметр отверстия под крепежный элемент;  $h$  – минимальный припуск для окончательной обработки отверстия;  $d$  – диаметр сборочного отверстия;  $S$  – толщина пакета.

В деталях СО сверлят следующим образом. Сначала детали устанавливают с помощью шаблонов по базовым отверстиям на индексированное приспособление. Каждую из деталей сверлят в положении, соответствующем положению, при котором сверлились сборочные отверстия в обшивке, при этом угол  $\alpha$  для каждой детали равен углу  $\alpha$  при сверлении соответствующих СО в обшивке.

Далее фиксаторами соединяют обшивку с деталями с фиксацией их взаимного положения по СО. Затем рассверливают сборочные отверстия до окончательного диаметра крепежного элемента по нормали к сопрягаемым поверхностям и устанавливают в них крепежные элементы.

**Сборка по разметке** – процесс, при котором взаимное положение деталей определяют по рискам, нанесенным на детали при разметке.

Метод сборки по разметке по сравнению со сборкой по СО характеризуется более высокой трудоемкостью, низкой точностью и недостаточной взаимозаменяемостью подборок. При применении этого метода нет необходимости изготавливать комплект шаблонов для увязки СО в деталях.

Небольшие затраты на оснастку и сравнительно малый цикл подготовки производства позволяют применять указанный метод в опытно и мелкосерийном производствах для сборки плоских узлов и цилиндрических панелей.

**Сборка по базовым поверхностям** деталей – процесс, при котором определенность базирования деталей изделий может быть достигнута путем их сопряжения с ранее установленными деталями.

Возможность базирования детали по базовым поверхностям деталей определяется следующими условиями:



обеспечением заданной точности установки очередной детали посредством сравнения с расположением ранее установленных деталей;

отсутствием ограничения для приложения фиксирующей нагрузки;

достаточной жесткостью базовых элементов и их способностью воспринимать фиксирующие и другие нагрузки, возникающие при сборке.

Точность установки детали определяется точностью сборочной базы, образованной поверхностями ранее установленных деталей. Базирование деталей по базовым поверхностям деталей можно осуществлять также путем ориентации их относительно кромок, вырезов, подсечек и т. п., если обеспечивается фиксация базируемой детали относительно основной базы.

Конструктивное оформление чертежа изделия, при сборке которого может быть использовано базирование по базовым поверхностям детали, должно предусматривать фиксацию устанавливаемой детали одним из следующих способов: струбцинами, прижимными фиксаторами, макетными болтами и заклепками, прихваткой сварными точками.

**Сборка совмещением сборочных баз элементов конструкций и приспособлений** представлена двумя классификационными группами: с базированием по отверстиям и базированием по поверхности.

**Сборка по базовым отверстиям (БО)** – процесс, при котором взаимное положение устанавливаемых элементов конструкций определяется совмещением отверстий в деталях и элементах сборочного приспособления.

БО располагаются на базовых осях подборок или на расстояниях, кратных 25...50 мм. Система БО позволяет применять единые базы при обработке деталей и сборке узлов и агрегатов. Кроме того, эта система может быть использована в качестве базы при монтаже бортового оборудования.

Базирование по БО наиболее целесообразно применять при сборке узлов, панелей, отсеков и агрегатов средних, тяжелых и сверхтяжелых самолетов.

Сборка по БО универсальна и хорошо сочетается с другими методами сборки. Так, при сборке панелей и секций фюзеляжа применяется комбинированная схема базирования, при которой верхние панели собираются с установкой обводов шпангоутов по БО, указанная база сохраняется и в стапеле сборки отсека; боковые панели собираются с установкой обводов шпангоутов по БО, в качестве установочной базы на сборке отсека используются обводы и БО.

При сборке силовых и базовых узлов рациональной является следующая схема базирования:

формирование внешнего обвода узла с базированием обводообразующих элементов по поверхности приспособления;  
образование новых БО по кондукторам приспособления;  
установка узла по БО на сборке агрегата.

**Сборка с базированием от поверхности каркаса** – процесс, при котором базой для устанавливаемых обводообразующих элементов являются обводы деталей ранее собранного каркаса.

При таком способе базирования обшивка или панель устанавливается внутренней поверхностью на опорные поверхности собранного каркаса и прижимается рубильниками, лентами или шнурами. В этом случае погрешности обводообразующих элементов каркаса полностью переносятся на обводы окончательно собранного изделия. Поэтому необходимо добиваться наибольшей точности обводов при сборке каркаса, так как при установке обшивки или панели невозможно исправить образовавшиеся погрешности.

Базирование от поверхности каркаса применяется при сборке агрегатов самолетов легкого и среднего классов, отсеков непанелированной конструкции, состоящих из монолитных и сборных нервюр и шпангоутов.

**Сборка с базированием от наружной поверхности обшивки** – процесс, при котором базой для устанавливаемых обводообразующих элементов являются опорные поверхности приспособлений, выполненные по наружной поверхности обшивки. Этим способом собираются большинство отсеков с помощью стапелей с откидными рубильниками.

**Сборка с базированием от внутренней поверхности обшивки** – процесс, при котором базируемая обшивка или панель устанавливается внутренней поверхностью на базовые поверхности сборочного приспособления или на поверхности специальных макетных элементов – нервюр, шпангоутов и др. Сущность этого метода сборки заключается в образовании технологического каркаса с помощью силовых элементов агрегата и макетных элементов. Так, при сборке агрегатов крыла и оперения, состоящих из лонжеронов балочного типа, панелей с продольными элементами каркаса, стыковых нервюр с обводом по внутреннему контуру обшивки и промежуточных нервюр, соединяемых с панелями компенсаторами, рациональной является следующая схема сборки:

лонжероны устанавливаются по БО;

стыковые и макетные нервюры с обводами по внутреннему контуру обшивки устанавливаются по СО в стойках лонжеронов;

панели устанавливаются по внутреннему контуру на обводы лонжеронов, макетных и стыковых нервюр, а затем соединяются с промежуточными нервюрами компенсаторами;

макетные нервюры заменяются основными и через компенсаторы соединяются с панелями.

Достижение высокой точности при этом методе сборки обеспечивается при выполнении следующих условий:

основные силовые узлы собираются с базой от внутреннего контура обшивки;

БО и СО располагаются в плоскостях основных силовых узлов и сверлятся по кондукторам сборочных приспособлений;

макетные элементы должны обеспечивать заданную точность обводов собираемого агрегата;

число базовых и макетных элементов должно обеспечивать необходимое положение панелей, предотвращая их прогиб под действием собственной массы и технологических нагрузок.

Требования к числу, диаметру и точности БО и СО остаются такими же, как и в указанных ранее методах сборки.

Рассмотренные методы сборки отличаются точностными и технико-экономическими показателями (табл. 1.2). В табл. 1.2 приняты следующие обозначения:  $M_{осн}$  – расход металла на оснастку;  $T_{осн}$  – трудоемкость изготовления оснастки;  $C_{осн}$  – себестоимость изготовления оснастки;  $N_{осн}$  – количество сборочной оснастки;  $\delta_{обв}$  – точность наружного обвода агрегата.

Таблица 1.2

Метод сборки	$M_{осн}, \%$	$T_{осн}, \%$	$C_{осн}, \%$	$N_{осн}, \%$	$\delta_{обв}, \text{мм}$
От наружной поверхности обшивки	100	100	100	100	$\pm 0,4$
От поверхности каркаса	95	95	90	80...100	$\pm 0,5$
От внутренней поверхности обшивки	40...60	35...70	35...60	45...95	$\pm 0,8$
По базовым отверстиям	45...55	30...75	35...80	40...90	$\pm 1,0$
По сборочным отверстиям	25...75	30...60	25...55	35...85	$\pm 1,2$

### 1.3. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ СБОРКЕ

Сборка планера самолета представляет собой заключительное звено многоуровневого процесса, связывающего между собой различные способы формообразования, которые обеспечивают различную степень точности формы собираемых деталей.

По степени расчлененности собираемых агрегатов планера различают дифференцированные и недифференцированные схемы сборки [29]. Дифференцированная схема сборки соответ-

ствует членению агрегата на отсеки, панели, узлы и детали (рис. 1.11, а). При этом для каждой сборочной единицы изготавливают сборочные приспособления. Сборку выполняют широким фронтом; благодаря свободному доступу к зонам работ широко применяют механизированное и автоматизированное оборудование, что обеспечивает высокую производительность труда и хорошее качество продукции. При недифференцированной схеме сборки (рис. 1.11, б) агрегат собирают непосредственно из деталей и незначительного числа узлов минуя стадию сборки панелей и секций.

Сборку выполняют в стапеле агрегата; из-за стесненных условий и ограниченного доступа здесь преобладают ручные работы и производительность труда значительно ниже, чем при дифференцированной сборке.

В серийном производстве применяют дифференцированную схему сборки. Недифференцированную схему сборки применяют в опытном производстве с целью сокращения цикла производства за счет сокращения сроков изготовления сборочной оснастки. Независимо от дифференциации необходимо получить точность внешних обводов планера в пределах 1,0...2,5 мм. При значительных размерах и малой жесткости конструкции планера обеспечить такую точность обычным путем сборки по методу полной взаимозаменяемости невозможно. Поэтому на всех уровнях сборки (см. рис. 1.11) действует правило компенсации: основной сборочный размер должен образовываться не как сумма погрешностей собираемых деталей и подборок, а как определяемый сборочными базами оснастки с требуемой точностью для данного уровня сборки независимо от погрешностей сборки или изготовления предыдущих уровней.

Сборка по правилу компенсации возможна лишь в том случае, когда наряду с соответствующим выбором баз деталей выполняются следующие условия:

сборка производится в приспособлении, воспроизводящем основной сборочный размер;

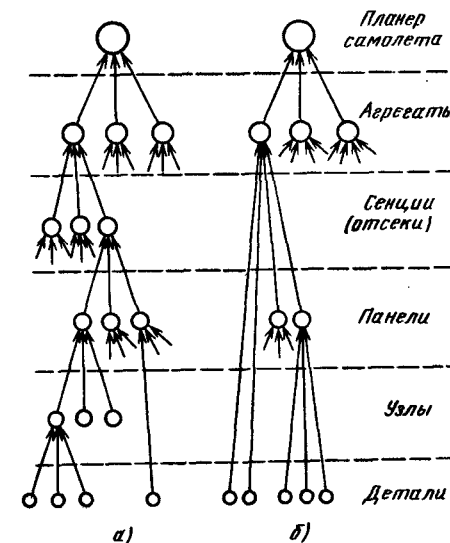


Рис. 1.11. Дифференцированная (а) и недифференцированная (б) схемы сборки

сборочные базы деталей можно совместить с базовыми поверхностями приспособления;

взаимное расположение установленных в приспособлении деталей можно зафиксировать, соединив их между собой непосредственно или через третью деталь.

Это правило осуществляется путем регулирования размера замыкающего звена одним из следующих методов компенсации погрешностей при сборке (рис. 1.12).

**Конструктивная компенсация погрешностей при сборке.** Конструктивная компенсация обеспечивается специальной конструкцией узла, благодаря которой собираемые детали перед окончательным закреплением могут перемещаться относительно друг друга с целью достижения более существенных для работы узла геометрических параметров. В зависимости от типа геометрических параметров конструктивная компенсация может быть линейной или угловой.

**Линейная компенсация.** Примером сборки с использованием линейной конструктивной компенсации является сборка кессона крыла в приспособлении. В этом случае размер между заклепочными швами может изменяться благодаря конструкции соединения панелей через специальные детали-компенсаторы. Благодаря этому положение аэродинамического контура кессона крыла относительно лонжеронов сборочного приспособления с заданной точностью обеспечивается независимо от накопленных погрешностей при изготовлении деталей и сборке верхней и нижней панелей.

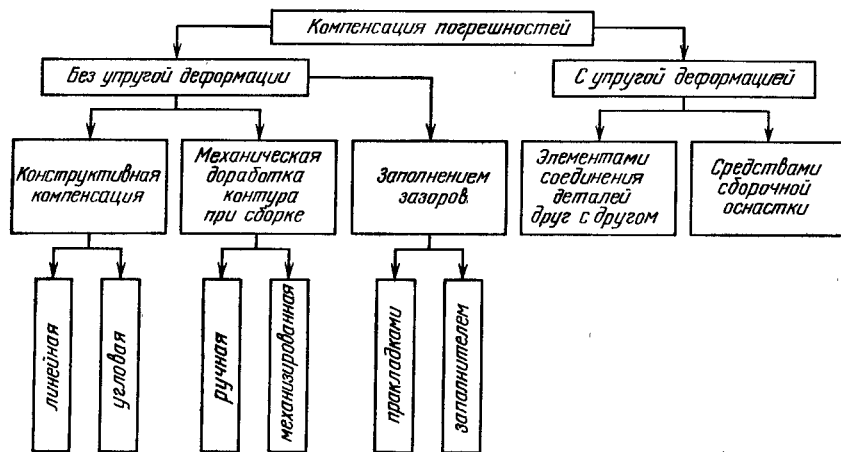


Рис. 1.12. Классификация методов компенсации погрешностей при сборке

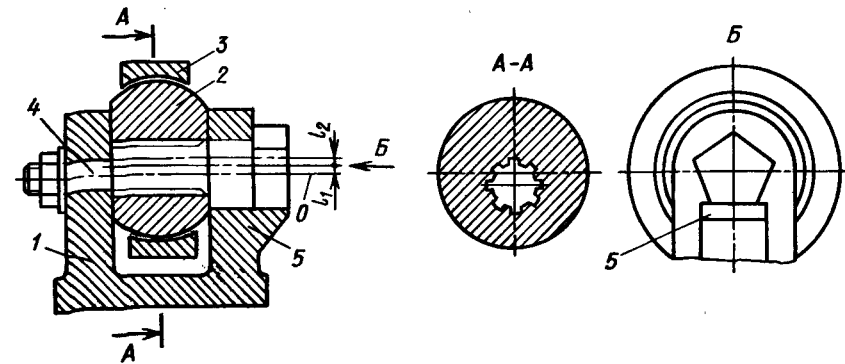


Рис. 1.13. Эксцентриковый узел

Достаточно известны узлы, в которых используются эксцентричные поверхности, для компенсации, например, несоосности трех и более осей узлов навески поворотных панелей, створок, рулей. Более эффективна для целей компенсации конструкция узла<sup>1</sup> с двумя взаимно эксцентричными поверхностями, показанная на рис. 1.13. Эксцентриковый узел состоит из кронштейна 1, установленного на основной агрегат, эксцентриковой втулки 2 с ответной частью 3, закрепленной на поворотном агрегате, например руле. Эксцентриковая втулка 2 закреплена в кронштейне 1 на болте 4 со шлицами, выполненными на участке, имеющем эксцентриситет относительно оси его вращения. Положение болта относительно кронштейна фиксируется упором 5 кронштейна, взаимодействующим с гранями головки болта. При этом число шлицев может быть кратным или некратным числу граней головки болта и рассчитывается по условиям допустимой несоосности узлов.

При повороте эксцентриковой втулки 2 относительно эксцентрикового болта 4 с фиксацией по шлицам и поворотного болта 4 относительно кронштейна 1 с фиксацией по граням головки ось поверхности ответной части 3 может изменять свое положение в пределах круга с радиусом, равным сумме эксцентриситетов болта и втулки ( $l_1 + l_2$ ) с центром по оси шлицевой поверхности. Это обеспечивает возможность компенсировать несоосность узлов навески, вызванную погрешностями изготовления деталей, узлов и шарнирно соединенных агрегатов.

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф., Фролов В. Я. Эксцентриковый узел: А. с. 813001 СССР: МКИ F 16 C 3/28.

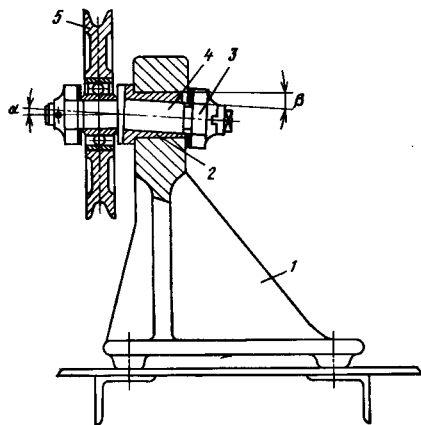


Рис. 1.14. Узел навески направляющих роликов тросовой проводки

верхности втулки выполнена под углом  $\beta = 1...2^\circ$  по отношению к ее наружной поверхности.

При монтаже узла такой конструкции можно менять угловые положения направляющего ролика путем поворота его оси относительно втулки и втулки относительно кронштейна, как раздельно, так и вместе, т. е. ролик может быть ориентирован в любом направлении пространства в интервале углов  $2...4^\circ$ .

Это компенсирует угловые погрешности изготовления и монтажа и позволяет установить ролик в плоскости тросовой проводки, что обеспечивает надежность работы системы управления самолетом.

**Компенсация погрешностей при сборке механической доработкой контура деталей.** Необходимым условием сборки с механической доработкой контура (подгонкой) деталей является наличие припуска.

Выбор припусков осуществляют следующим образом.

1. На основании анализа конструкции собираемого изделия определяют элемент конструкции (закрывающий элемент), на котором можно назначить припуски, удаляемые при сборке подгонкой по месту. При этом следует руководствоваться положением о недопустимости нарушения размеров других элементов конструкции. Закрывающее звено выбирают из числа тех элементов, на которых с наименьшими затратами труда и с определенным уровнем качества можно выполнить подгоночные работы.

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф. Узел навески направляющих роликов тросовой проводки. А. с. 358211 СССР: МКИ В 64 С 13/30.

**Угловая компенсация.** Примером конструктивной компенсации угловых погрешностей является разработанный на КнААПО узел<sup>1</sup> навески направляющих роликов тросовой проводки.

На рис. 1.14 изображен узел навески направляющих роликов тросовой проводки. В отверстие кронштейна 1 вставлена втулка 2, в которой посредством гайки 3 закреплена ось 4 направляющего ролика 5 тросовой проводки. Ось ролика в месте выхода из втулки имеет излом с углом  $\alpha = 1...2^\circ$ . Ось внутренней поверхности втулки выполнена под углом  $\beta = 1...2^\circ$  по отношению к ее наружной поверхности.

2. На все элементы собираемого изделия назначают допуски, технически выполнимые в условиях конкретного производства. Допуски не должны выходить за пределы, установленные ТУ.

3. На замыкающем элементе конструкции припуски задают на поверхностях, которые сопрягаются с другими элементами конструкции и дают возможность компенсировать накопление погрешности формы без нарушения прочности стыкуемых элементов при обеспечении их функционального назначения.

Выполнение этих условий обеспечивает достижение заданной точности узлов и агрегатов самолета доработкой замыкающего элемента при практически выполнимых производственных допусках на все входящие элементы конструкции собираемого изделия.

Подгонка осуществляется ручным или механизированным способом путем обрезки припусков на листовых деталях, опилования кромок и плоскостей деталей, шабрения сопрягаемых плоскостей, фрезерования поверхностей, сверления и развертывания отверстий.

Метод сборки с механической доработкой контура деталей применяют при стыковке агрегатов планера. Для этой цели применяют специальные разделочные станды [9], объединяющие в одном устройстве ступень сборки с фрезерным и (или) разделочными станками.

Разделочные станды являются сложным и дорогостоящим оборудованием, обычно используемым при серийном производстве самолетов. При сборке опытных изделий и головной партии на КнААПО применяется способ разделки стыковых отверстий<sup>1</sup> на хвостовой части фюзеляжа (ХЧФ), позволяющий исключить влияние монтажных напряжений без применения разделочного станда. Технологический процесс компенсации угловых и линейных отношений стыкового отверстия руля высоты осуществляется в следующей последовательности:

сверлят предварительное стыковое отверстие с припуском при изготовлении детали;

собирают ХЧФ с фиксацией детали по предварительному стыковому отверстию. После расфиксации ХЧФ по обводам и стыковому отверстию поверхность стыкового отверстия под действием монтажных напряжений меняет свое угловое и линейное положение;

по фиксатору ступени устанавливают технологическую втулку с зазором относительно поверхности стыкового отверстия. Зазор заливают цементом НИАТ НЦ;

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф. Способ получения отверстия в детали агрегата соосно базовому: А. с. 967019 СССР: МКИ G 01 В 5/12.

Таблица 1.3

Наименование компонентов	Массовое содержание компонентов заполнителя, %							
	ЗП-3	ВЗ-27		ВЗ-27М			ВЗ-27МВ	
		І	ІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ
Клей ВК-27 (без наполнителя)	–	40	30	48	47	45		
Электрокорунд белый марки 24А зернистостью М5-М20 по ОСТ 2МТ71-5-84	–	40	50	–	–	–	–	–
Полевой шпат зернистостью М14 по ТУ 2-036-1032 – 88	–	–	–	40	39	39	24,0	16,0
Ровинг из стеклянных комплексных нитей РБН 13-2520-4Э по ГОСТ 17139 – 79	–	5	20	12	14	16	7,5	4,5
Полимерная основа (клей ВК-27)	–	–	–	–	–	–	28,5	19,5
Эпоксидная смола по ГОСТ 10586 – 76	48	–	–	–	–	–	–	–
Полиамидная смола по ТУ 301-10-1108 – 76	32	–	–	–	–	–	–	–
Ровинг из стеклянных комплексных нитей РБТ-10 по ГОСТ 17139 – 79	20	–	–	–	–	–	–	–

деталь, несущую стыковое отверстие, демонтируют с ХЧФ, устанавливают на универсальный расточной станок и настраивают в положение для обработки отверстия по направлению втулки;

разделяют отверстия по направлению втулки, т. е. по направлению фиксатора в стапеле сборки ХЧФ;

монтируют деталь на ХЧФ.

Описанный способ позволяет повысить точность сборки, сократить сроки производства, снизить металлоемкость и стоимость оснастки.

**Компенсация погрешностей сборки путем заполнения зазоров.** Заполняемые зазоры между сопрягаемыми поверхностями могут являться результатом сложения погрешностей при отклонении размеров в пределах допусков на изготовление входящих в сборку узлов и деталей либо они могут быть предусмотрены конструкцией в качестве компенсирующего замыкающего размерного звена.

Зазоры заполняются одним из следующих способов: подбором пакета прокладок различной толщины, механической обработкой (подгонкой) прокладки, заполнением компенсирующим заполнителем.

Наиболее эффективным с точки зрения снижения трудоемкости, повышения точности сопряжений и снижения монтажных напряжений в узле является использование заполнителей [17].

Заполнители представляют собой полимерную композицию холодного отверждения. Состав и содержание компонентов заполнителей приведены в табл. 1.3, в которой также предусмотрены рецептуры различной вязкости (І – малая, ІІ – средняя, ІІІ – высокая).

Менее вязкий заполнитель рекомендуется преимущественно для заполнения зазоров между деталями способом нагнетания или путем использования шпателя, более вязкий – для профилирования в виде жгутов и технологической ленты.

Заполнители приготавливаются смешиванием компонентов ручным или механизированным способом по заказам сборочных цехов.

Ручной способ смешивания применяется в лабораторных условиях при небольших порциях заполнителя (массой 100...200 г). В производственных условиях рекомендуется механизированный способ смешивания.

Механизированное смешивание производится в специальном смесителе УПЗ-0,3Г, конструкция которого предусматривает вращение и возвратно-поступательное движение лопастей для качественного приготовления заполнителей.

Для удобства применения при сборке заполнители ЗП-3, ВЗ-27, ВЗ-27М, ВЗ-27МВ непосредственно после окончания смешивания компонентов рекомендуется профилировать в виде жгутов круглого, плоского и овального сечений, а также в виде рулонированной технологической плоской ленты в обкладках.

Профилирование заполнителей в виде жгутов плоского и круглого сечений производится через фильтры, устанавливаемые вместо заглушки непосредственно на сопло смесителя.

Компенсация производственных погрешностей с помощью заполнителя может выполняться следующими способами:

формованием точного контура монолитного или сборного узла;

заполнением зазоров между деталями в процессе сборки герметичных и негерметичных конструкций технологически разъемных и неразъемных;

методом нагнетания заполнителя в зазор между деталями собранного пакета через отверстия под крепеж и торцы деталей.

Поверхности деталей (узлов) перед нанесением заполнителя любым способом подлежат обезжириванию бензином "Галоша" по ГОСТ 443 – 76 или ацетоном по ГОСТ 2603 – 79 (в зависимости от типа защитных покрытий) путем двукратной протирки смоченными в растворителе чистыми хлопчатобумажными салфетками с сушкой на воздухе после каждого раза в течение 5...10 мин. Зона обезжиривания должна на 20...30 мм перекрывать зону нанесения заполнителя. Время между окончанием обезжиривания и началом нанесения заполнителя не должно быть больше 1 ч. При превышении этого времени необходимо обезжиривание повторить.

Для защиты смежных поверхностей деталей или оснастки от натеков или облоя заполнителей при сборке негерметичных конструкций разрешается применять жировые смазки (типа пущечной или ЦИАТИМ-201) или полиэтиленовую пленку с липким слоем. При сборке герметичных конструкций рекомендуется защиту осуществлять пленками, отверждаемыми из водного раствора поливинилового спирта.

Способ формирования точных контуров (внутренних обводов или посадочных мест) с применением заполнителя рекомендуется для жестких монолитных элементов конструкции (толстостенных, оребренных, выполненных из прессованных профилей и плит, литых или штампованных), а также жестких сборных узлов, плоских или пространственных.

Рабочие поверхности формирующих элементов приспособлений, предназначенные для формирования точных контуров, должны быть облицованы полиэтиленом или выполнены из фторопласта. Допускается в качестве разделительного материала применять тонкие пленки, например полиэтиленовую ленту с липким слоем марки А по ГОСТ 20477 – 75, фторопластовую ленту ФУМ марки 1 по ТУ 7-05-1388 – 70, а также разделительные покрытия из 10 %-го раствора фторкаучука в ацетоне либо поливинилового спирта в воде.

Рабочие поверхности должны быть чистыми, гладкими и не иметь продигов, рисок, сколов и других механических повреждений. Конструкция формирующих элементов должна позволять их перемещение по нормали к формируемому контуру и обеспечивать создание давления не менее 0,1 МПа.

В отдельных случаях допускается вместо облицовки рабочих поверхностей формообразующих элементов приспособления применять тонкую полиэтиленовую пленку (толщиной 0,04...0,06 мм) марки М первого сорта по ГОСТ 10354–82, а также фторопластовую сырую пленку толщиной 0,045...0,085 мм по ОСТ 6-05-405–75 или электроизоляционную ориентированную пленку Ф-4ЭО первого сорта толщиной 0,04...0,08 мм по

ГОСТ 24222 – 80. Пленку накладывать на предварительно смазанную тонким слоем смазки ЦИАТИМ-201 поверхность формирующего элемента и приглаживать, обеспечивая ее плотное прилегание и натяжение (отсутствие складок, неровностей и пр.).

Формующие элементы приспособления устанавливаются в рабочее положение и фиксируются. Выдавленные излишки заполнителя удаляются специальным ножом или ножницами путем подрезки его слоя вдоль кромок детали (узла). При этом заполнитель не должен вытягиваться из формируемой прослойки. Для исключения вытягивания рекомендуется подрезку производить через 1...2 ч после нанесения заполнителя. Подрезанные кромки заполнителя следует прогладить заподлицо с торцами детали (узла) плоским штапелем или чистой сухой салфеткой.

В зонах с удобным доступом в случае необходимости разрешается удаление свисающего облоя после отверждения заполнителя путем опиливания или обрезки с помощью специальной пневмоножовки.

Расфиксацию детали (узла) и выемку из приспособления производят после отверждения заполнителя, но не ранее чем через 25 ч с момента его нанесения при температуре воздуха 18...20 °С или 12 ч при температуре 28...30 °С.

Для ускорения полимеризации рекомендуется спустя 1,0...1,5 ч после нанесения заполнителя применение нагрева узла вместе с приспособлением. Нагрев производить при температуре 60...65 °С в течение 1,0...1,5 ч (время выдержки считается с момента нагрева прослойки заполнителя до заданной температуры. Допускается применение местного нагрева в зоне прослойки заполнителя теплым воздухом или инфракрасными излучателями. После окончания нагрева перед расфиксацией узел следует охладить до комнатной температуры.

Отдельные натеки и наплывы заполнителя на поверхности детали вне зоны прослойки нужно удалять до отверждения заполнителя чистой сухой салфеткой, после отверждения – с помощью шпателя из оргстекла.

В холодное время года при температуре воздуха в помещении ниже 18 °С применение нагрева является обязательным, особенно для массивных деталей, во избежание местного вспучивания ("желваков" стеклянных нитей) на поверхности прослойки заполнителя.

Способом заполнения зазоров между деталями и в процессе сборки заполнитель может наноситься на одну из сопрягаемых деталей до замыкания (сборки) пакета наложением непрофилированного (при ручном приготовлении) или профилированного технологического полуфабриката (жгутов круглого, плоского и овального сечений, а также технологической ленты).

В целях обеспечения формирования качественной прослойки непрофилированный или профилированный наполнитель должен наноситься с избытком (не менее 50 % от размера наибольшего зазора между соединяемыми деталями).

Непрофилированный и профилированный в виде жгутов наполнитель наносится с помощью вильчатого и плоского шпателя путем равномерного вытягивания массы сплошным слоем по поверхности детали в противоположных направлениях. Для разделения массы наполнителя на части рекомендуется применять бытовые ножницы. Плоский шпатель изготавливают из коррозионно-стойкой стали, фторопласта, полиэтилена или полипропилена, толщина лопатки шпателя на ее конце составляет 1...2 мм. Для исключения налипания шпателя и ножницы периодически в процессе нанесения наполнителя нужно протирать чистой сухой салфеткой, а после нанесения – промывать теплой водой с последующей протиркой чистой сухой салфеткой и сушкой на воздухе до полного испарения влаги.

Разрешается при необходимости применять для промывки инструмента бензин, ацетон или растворитель Р-5 по ГОСТ 7827 – 74.

После нанесения наполнителя в течение срока его жизнеспособности производится установка технологических или контрольных болтов. Перед установкой стержень болта и резьбовая часть гайки протираются салфеткой, пропитанной смазкой ЦИАТИМ-201. Установка "конструктивных" болтов (предусмотренных чертежом) выполняется как непосредственно после нанесения, так и после отверждения наполнителя.

Отверстия под крепеж в прослойке наполнителя необходимо прокалывать шилом соответствующего диаметра во избежание вытягивания наполнителя при установке болтов. На выходе из пакета с резьбовой части болтов удалять наполнитель путем протирки чистой сухой салфеткой. Необходимо также периодически очищать таким же способом шило.

Отверстия большого диаметра (более 6 мм) рекомендуется продавливать специальными полированными стальными прошивками.

Предварительную затяжку технологических, контрольных и конструктивных болтов производить в период жизнеспособности наполнителя до обеспечения требуемого положения деталей относительно сборочной базы (в оснастке или конструкции изделия). При невозможности контроля положения деталей затяжку болтов производить со значением крутящего момента, не превышающим  $1/4 M_{кр}$ , рекомендуемого по ОСТ 100017 – 77 для данного диаметра болта с одновременной проверкой плавности контура в соответствии с техническими условиями на изделие (отсутствие местных утяжек обшивки в зоне болтов).

Окончательная затяжка болтов во избежание недопустимых деформаций пакета производится после отверждения наполнителя, но не ранее чем через 48 ч с момента его нанесения при температуре воздуха в помещении 17...20 °С или 24 ч при температуре воздуха в помещении 28...30 °С.

Замену технологических болтов после отверждения наполнителя на крепление, предусмотренное чертежом, нужно производить последовательно, соблюдая меры предосторожности от замыкания пакета. Рассверливание отверстий под конструктивный крепеж выполнять только после постановки основного крепежа на участках между технологическими болтами. Затяжка болтов, установленных после отверждения наполнителя, производится в соответствии с чертежом и технологической картой.

Вставка и расклепывание заклепок (прессовым или ударным методом) во избежание недопустимых деформаций пакета производится после отверждения наполнителя, но не ранее, чем через 24 ч с момента его нанесения при температуре воздуха в помещении 17...20 °С или 12 ч при температуре 28...30 °С.

Установка одностороннего и безударного крепежа типа заклепок с сердечником, гайкопистонов, болт-заклепок может выполняться как непосредственно после формирования прослойки в пакете (без выдержки), так и после отверждения наполнителя.

Нагнетание наполнителя в зазоры между деталями производится через отверстия под крепеж в одной из сопрягаемых деталей или торцы пакета с помощью двухступенчатого пневматического шприца, снабженного комплектом сменных фильтров. При нагнетании через отверстия их диаметр должен быть не менее 5 мм, а шаг не более 40 мм. При нагнетании через торцы пакета зазор между деталями должен быть не менее 0,3 мм, а ширина сопряжения (например, полки детали) не более 30 мм.

Наполнитель поочередно нагнетается в каждое отверстие или зазор по торцам до тех пор, пока его избыток не начнет выдавливаться из соседних отверстий и смежных торцов пакета.

Для нагнетания наполнителя через сквозные отверстия рекомендуется применять специальные фильтры с внутренними каналами или закрывать отверстия на выходе из пакета фторопластовыми или полиэтиленовыми заглушками.

Полимерные компенсирующие наполнители применяются в сочетании с различными материалами, вариантами конструктивного оформления узлов и практически на всех агрегатах планера.

Эффективность применения полимерного компенсирующего наполнителя характеризуется следующими показателями:



снижением трудоемкости операций подгонки при сборке в 5...8 раз;

повышением качества поверхности и точности обводов изделия более чем в 1,5 раза;

снижением дополнительной массы технологических компенсаторов в конструкции изделия в 2,0...2,5 раза;

снижением монтажных напряжений в элементах конструкции в 3...4 раза.

**Сборка с упругой деформацией.** Метод сборки с упругой деформацией предполагает совмещение поверхностей деталей между собой и (или) с базами сборочной оснастки путем упругого деформирования сопрягаемых элементов конструкции узла. Усилие деформации может создаваться с помощью средств временного или постоянного крепления деталей или специальных механизмов сборочной оснастки. Наиболее простым и распространенным способом упругой деформации является установка болтов с выборкой зазоров подтяжкой резьбового соединения.

На КНААПО разработано устройство временного крепления<sup>1</sup> для сборки с упругой деформацией в двух направлениях: по нормали к сопрягаемой поверхности и вдоль нее, причем в условиях одностороннего подхода к месту крепления. Это существенно важно для последующей установки нерезьбовых соединений с односторонним подходом, которые не стягивают пакет, и требуется обеспечение плотного прилегания деталей в пакете до установки крепежных элементов.

Устройство для сборки с односторонним доступом (рис. 1.15) содержит стержень 1 с головкой 2 на его конце (стержень состоит из двух симметричных относительно его оси частей 3 и 4, расположенных с зазором между ними) и средство фиксации стержня в виде клина 5 со скосами в двух взаимно перпендикулярных плоскостях *K* и *M*. Головка стержня расположена с недоступной стороны, а свободные концы частей стержня соединены между собой посредством шарнира, ось *б* которого расположена в плоскости *N* разреза. Клин 5 расположен в зазоре между частями 3 и 4 стержня.

Сборку с упругой компенсацией деталей 7 и 8 производят в следующем порядке. Сначала стержень 1 с головкой 2 вводят в отверстие в сложенном положении (рис. 1.15, *a*). Для этого его части 3 и 4 поворачивают относительно оси *б* до совмещения плоскостей, ограничивающих зазор с плоскостью *N* разреза полуцилиндров. При этом части стержня и головки сближаются в радиальном направлении на величину  $2a$ , что обеспечивает возможность прохождения головки 2 через несоосно распо-

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф., Михайлов В. В., Волчков В. А. Крепежное устройство с односторонним доступом: А. с. 1344 966 СССР: МКИ G 01B 5/00.

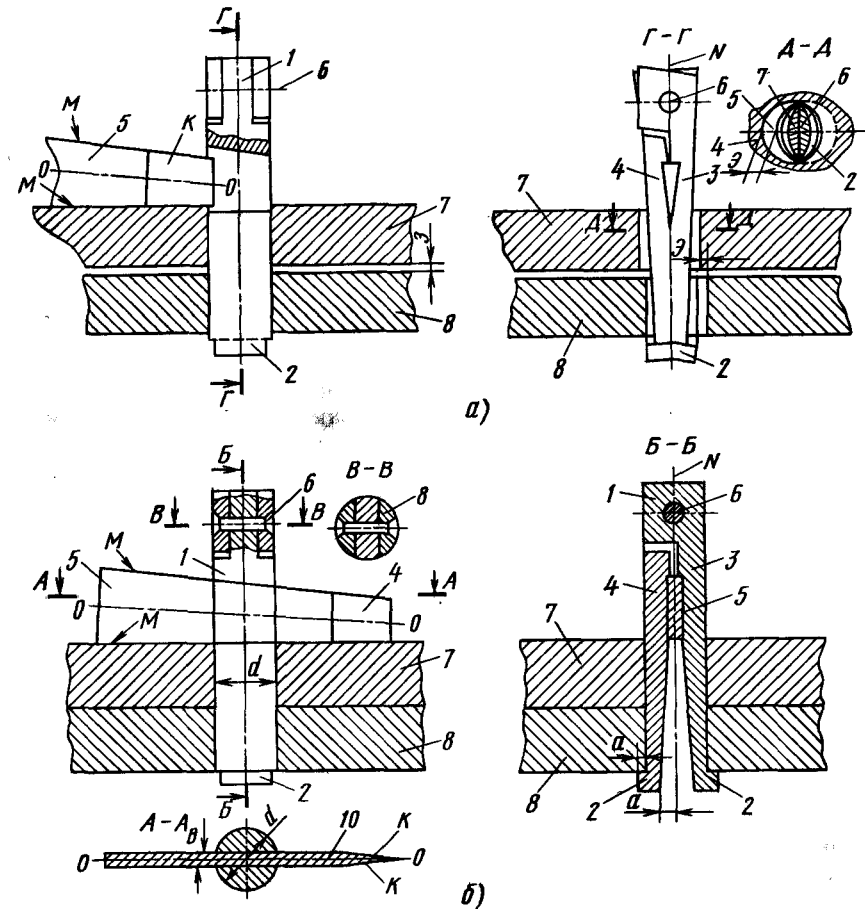


Рис. 1.15. Устройство для упругой сборки:  
*a* — положение до соединения деталей; *б* — положение после соединения деталей

женные отверстия в недоступную сторону скрепленных деталей. До крепления детали 7 и 8 не стянуты между собой, образуя зазор 3 по плоскости стыка, а отверстия могут быть несоосны в пределах эксцентриситета  $\mathcal{E}$ . Затем в зазор между частями стержня вводится клин 5 (рис. 1.15, *б*). Первоначально перемещаясь, клин 5 благодаря скосам в плоскостях разводит части 3 и 4. При этом стержень 1 образует цилиндрическую поверхность с диаметром *d*, равным диаметру отверстий, а упорные площадки, расходясь, выходят за кромку отверстия в недоступной стороне. Перемещаясь, части 3 и 4 воздействуют на поверхности деталей



7 и 8, приводя отверстия в соосное положение. При дальнейшем перемещении клина на стержень 1 и деталь 7 действуют наклонные поверхности *M*. Это приводит к перемещению стержня в осевом направлении и стягиванию деталей 7 и 8 между собой. Все операции по установке в рабочее положение производятся с доступной стороны, обеспечивая возможность крепления деталей с односторонним доступом.

Суть метода упругого деформирования средствами сборочной оснастки заключается в использовании усилия, создаваемого различными рычажными механизмами типа винт – гайка. При этом погрешности формообразования объекта сборки компенсируются его деформацией. Точность образуемого контура в данном случае будет зависеть от точности формы положения рубильника стапеля, а также от величины остаточных деформаций после сборки [1].

Метод сборки с упругой деформацией эффективен с точки зрения снижения затрат на его техническое обеспечение. Однако существенным недостатком этого метода является возникновение в сопрягаемых элементах монтажных напряжений, вызванных местными деформациями изгиба. Это приводит к снижению ресурса соединений и конструкции в целом, а также дополнительным погрешностям формы подборок (снижение точности).

Проведенные исследования [17] показали, что монтажные напряжения в элементах конструкции, возникающие за счет упругой компенсации, по величине сравнимы с эксплуатационными и зависят от следующих факторов: исходного зазора между обшивкой и элементом каркаса, длины зазора (несовпадения сопрягаемых контуров), толщины обшивки и полка элементов каркаса, размеров клетки каркаса (шага продольных и поперечных элементов набора), радиуса поперечной кривизны панели, шага постановки технологического крепежа.

При этом на величину монтажных напряжений влияют не только абсолютные значения геометрических параметров деталей, но и отношение толщины обшивки  $\delta_0$  к толщине полки  $\delta_k$  сопряженного элемента каркаса. С возрастанием отношения  $\delta_0/\delta_k$  монтажные напряжения в обшивке снижаются при  $\delta_0 < \delta_k$  и, наоборот, увеличиваются при  $\delta_0 \geq \delta_k$ .

Для контроля над ресурсными характеристиками ответственных соединений следует устанавливать ограничение на величину упругой компенсации в виде допустимых значений зазоров между деталями до их соединения.

Снижение точности сборки под влиянием упругой компенсации происходит по следующим причинам. В процессе сборки

детали и узлы фиксируют с упругой деформацией с помощью устройств сборочной оснастки (рубильников, прижимов, фиксаторов и т. д.). При этом в деталях возникают монтажные напряжения. Эти напряжения складываются с напряжениями, вызванными деформацией вследствие выборки зазоров по сопряженным поверхностям при соединении деталей, а также с напряжениями от клепки вследствие неравномерной раздачи стержней заклепок. После расфиксации подборки форма и положение базированных поверхностей относительно заданных оснасткой (в том числе и аэродинамические обводы) под действием монтажных напряжений меняются.

Известны следующие средства повышения точности, а также контроля обводов и положения элементов каркаса (9): установка эквидистантных рубильников взамен рабочих; перенос собранного агрегата из сборочного стапеля на измерительный стенд для контроля обводов в состоянии с незажатыми рубильниками.

## Глава 2

### СОЕДИНЕНИЯ В АГРЕГАТНО-СБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

#### 2.1. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ

Соединения классифицируются по признакам подвижности, разъемности, характеру передаваемой нагрузки, конструктивным особенностям, степени механизации и автоматизации, доступности к месту соединения и сплошности.

*Подвижные соединения* допускают перемещения соединяемых деталей и узлов относительно друг друга, для неподвижных любые перемещения невозможны.

*Разъемные соединения* характеризуются возможностью разборки соединения без разрушения. К неразъемным относятся сварные, клепаные, паяные, клеевые, а также болтовые с большим радиальным натягом.

По характеру передаваемой нагрузки соединения подразделяются в зависимости от преимущественно действующей нагрузки: чаще это работа на срез, реже – на растяжение.

*По конструктивным особенностям* соединения различаются в зависимости от типа головки (потайные, плоские, плоскоскругленные, плосковыпуклые, полукруглые шестигранные), размера головки (уменьшенные, нормальные, низкие, высокие), точности исполнения, материала, сложности (одноэлементные и составные) и т. д. Трудноразличимые конструктивные особенности болтов и заклепок (материал, точность исполнения) маркируются в специально отведенных местах (табл. 2.1...2.4).

*По степени механизации и автоматизации* соединения делятся на выполняемые ручным механизированным инструментом, с помощью стандартного механизированного оборудования, с помощью автоматического оборудования; *по доступности к месту соединения* – на соединения с односторонним или двусторонним подходом; *по сплошности* – на соединения непрерывным швом (сварные, паяные, клеевые) и точечные (сварные, болтовые, заклепочные).



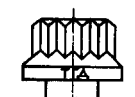

Таблица 2.1

Материал	Марка	Маркировка
Сталь углеродистая	10; 15; 20; 25; А12; 45	Не маркируют
Сталь легированная	16ХСН	ЛА
	25ХГСА	ЛБ
	30ХГСА	ЛГ
	$\sigma_B = 1080...1420$ МПа	ЛЗ
	$\sigma_B = 880...1080$ МПа	ЛК
	$\sigma_B = 590...780$ МПа	ЛН
	38ХА	ЛО
	40ХН2МА	ЛП
	30ХГСН2А	ЛТ
03Н18К9М5Т		
Сталь коррозионно-стойкая и жаропрочная	20Х13	НА
	03Н11Н10М2Т	НБ
	13Х11Н2В2МФ	НГ
	15Х16К5Н2МВФАБ	НТ
	14Х17Н2	НД
	07Х16Н6	НЗ
	10Х11Н23Т3МР	НК
	37Х12Н8Г8МФБ	НН
	12Х18Н9Т; 12Х18Н10Т	НО
Сплавы коррозионно-стойкие и жаропрочные	ХН73МБТЮ	ОА
	ХН50МВКТИОР	ОБ
	ХН56ВМКЮ	ОГ
Алюминиевые сплавы	Д1П; Д1Т; Д16П Д16Т; Д16АТ; АК4-1	Не маркируют
	В95П	АВ
Латуни	ЛС59-1Т	МА
	ЛС59-1Т антимагнитная	МБ
	Л63 полутвердая	Не маркируют
	Л63 антимагнитная, полутвердая	МГ
Титановые сплавы	BT1-0	ТА
	BT3-1	ТБ
	BT16 $\sigma_B = 810...930$ МПа	ТГ
	Деформационно-прочностной материал	ТД
	$\sigma_B = 1030...1180$ МПа	ТЗ

Таблица 2.2

Поле допуска диаметра стержня	Маркировка
p6(Пл)	П
f7(X)	Х
u8(Пр2 <sub>2а</sub> )	Т
h8(С <sub>3</sub> )	Д
x8(Пр2 <sub>3</sub> )	В
f9(X <sub>3</sub> )	Ш
h10(С <sub>3а</sub> )	К
Специальное для посадки с натягом	Г
Специальное для переходной посадки	С
Специальное с предельным отклонением 0...0,10 мм или 0...0,15 мм	
h9(-)	
h11(С <sub>4</sub> )	
h12(С <sub>5</sub> )	
	Не маркируют

Таблица 2.3

Крепежные изделия	Место нанесения маркировки	Пример маркировки
Болты, винты, стержни болт-заклепок, шпильки из титанового сплава BT16 с полем допуска диаметра стержня h8	Торец головки	 <p><i>Облегчающая лунка</i></p>
	Грань головки	
	Буртик головки	
	Торец стержня	
		ТГД

Продолжение табл. 2.3




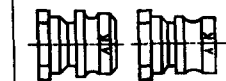


Крепежные изделия	Место нанесения маркировки	Пример маркировки
Гайки из титанового сплава BT16	Торец	
	Грань	
	Буртик	
	Других конфигураций	Не маркируют
Гайки для соединения с тарированной затяжкой из стали 30ХГСА	Буртик	
		ЛК

Таблица 2.4

Материал заклепки	Маркировка
Алюминиевые сплавы: В65	Без маркировки
Д18	
Д19П	
АМг5п	
АМц	
Стали: 10	Без маркировки
20Г2	

Продолжение табл. 2.4.

Материал заклепки	Маркировка
12Х18Н9Т	
Медь и латунь Л63 Л63АМ М2	Без маркировки

В агрегатно-сборочном производстве преимущественно используются точечные соединения (до 90 %), а до 80 % от этого количества составляют заклепочные соединения. Один из факторов, влияющих на высокий уровень применения заклепок, обусловлен более высокой (в 4...6 раз) трудоемкостью установки болтового соединения, особенно для высокоресурсных соединений [30].

Основным отличительным признаком заклепки является наличие пластической деформации по крайней мере одного из ее элементов при установке.

Выбор вида соединения в конкретной конструкции узла зависит от таких важнейших конструктивно-технологических факторов, как повышение ресурса самолета, снижение массы конструкции, снижение трудоемкости выполнения соединений.

Повышение ресурса. Определяющей составляющей ресурса самолета в целом является ресурс его планера. В свою очередь основной причиной нарушения работоспособности планера являются усталостные разрушения, до 80 % которых начинаются в местах соединения деталей и узлов [30]. Поэтому рассмотрение конкретных конструктивных решений при выборе вида соединения является весьма актуальным.

Наиболее эффективным методом повышения выносливости неразъемных соединений является обеспечение осевого и особенно радиального натяга [25]. На рис. 2.1, а показаны преимущества крепежа с натягом.

Методы повышения усталостной долговечности крепежных соединений в основном предусматривают создание благоприятных остаточных напряжений в районе отверстия. Установлено, что остаточные напряжения могут быть заметно выше, чем пороговые напряжения при коррозионном растрескивании многих алюминиевых сплавов, используемых в настоящее время в авиационных конструкциях (рис. 2.1, б). Таким образом, дальнейшее повышение значения предела усталости крепежных соединений сдерживается недостаточным сопротивлением коррозионному

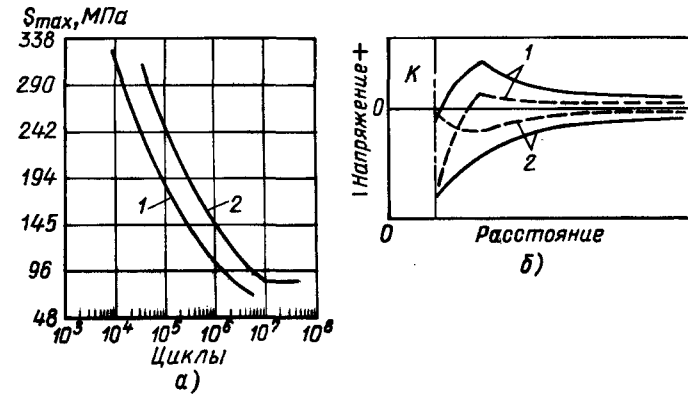


Рис. 2.1. Влияние натяга в болтовых соединениях на надежность:  
 а — усталостная долговечность болтовых соединений в зависимости от величины натяга (1 — 0,038 мм; 2 — 0,076 мм); б — распределение напряжений в области отверстия (1 — окружные напряжения; 2 — радиальные напряжения; сплошные линии — после нагружения; пунктирные линии — после перегрузки; К — край отверстия)

растрескиванию многих современных сплавов в напряженном состоянии.

Выносливость соединений начинает возрастать при достижении значений радиального натяга 0,8...1,5 % и более. Верхний предел определяется коррозионным растрескиванием, в том числе из-за возможного нарушения покрытия крепежного элемента [13]. Требуемый радиальный натяг в соединениях обеспечивается в основном следующими конструктивными особенностями элементов соединения: соответствующей посадкой болтов или заклепок в пакете узла, наличием компенсатора (выступающей части над головкой для сплошных заклепок); наличием конической поверхности стержня в элементах соединения.

Снижение массы. При сборке современных самолетов используется до 2 млн штук заклепок, 200 тыс. штук болтов. Общая масса болтов и заклепок, например на самолете США С-5А, составила около 3900 кг. Таким образом, снижение массы соединений достаточно существенно влияет на уменьшение общей массы планера.

Наибольшую массу при других относительно равных условиях имеют болтовые соединения. Болт-заклепочные соединения на 10...30 % легче болтовых [21]. Применение специальных болт-заклепок (ОСТ 130041 — 82...ОСТ 130044 — 82) дает выигрыш в массе 0,95 кг в расчете на каждые 1000 штук в сравнении с обычными болт-заклепками из одного и того же материала.

Наименьшую массу имеют заклепочные соединения. Это в совокупности с наиболее низкой трудоемкостью обеспечивает широкое применение этого вида соединения (до 80 % от всего количества крепежных точек в плане) [1].

В последние десятилетия заметно расширилось применение титановых сплавов для элементов соединений. Практически все виды соединений – болты, болт-заклепки, заклепки сплошные, составные одностороннего крепежа и др. – представлены в исполнении из сплава ВТ16 (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Область применения	ОСТ	Тип головки	Диаметр, мм
<b>Заклепки сплошные</b>			
для композиционных материалов	1 34009–86	Потайная ( $\angle 120^\circ$ )	3...4
	1 34008–86	Плоскоскругленная	3...4
для соединений с натягом	1 34113–89	Плоскоскругленная	5...8
	1 34114–89	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	5...8
<b>Заклепки высокого сопротивления срезу</b>			
для композиционных материалов	1 30070–88	Шестигранная	4...6
	1 30075–88	Потайная	4...6
	1 11446–74	Шестигранная	4...6
общего назначения	1 11449–74	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	4...6
	1 11451–74	Потайная ( $\angle 120^\circ$ )	4...6
<b>Болт-заклепки с технологическим хвостовиком</b>			
с уменьшенной головкой	1 30041–82	Плоскоскругленная	4...10
	1 30042–82	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	4...10
с переходной посадкой	1 12337–78	Плоскоскругленная	4...10
	1 12338–78	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	4...10
с натягом	1 30047–87	Плоскоскругленная	5...10
	1 30048–87	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	5...10
с посадкой f9	1 30037–79	Плоскоскругленная	2,5...5,0
	1 30046–85	Потайная ( $\angle 120^\circ$ )	2,5...5,0
с посадкой h10	1 11382–74	Плоскоскругленная	4...10
с посадкой p6	1 11384–74	Плоскоскругленная	4...10
с посадкой h10	1 11386–74	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	4...10
с посадкой p6	1 11388–74	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	4...10
<b>Болт-заклепки без хвостовика</b>			
с переходной посадкой	1 30007–77	Плоскоскругленная	5...10
	1 30011–77	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	5...10
	1 30015–77	Потайная ( $\angle 120^\circ$ )	5...6

Продолжение табл. 2.5

Область применения	ОСТ	Тип головки	Диаметр, мм
с посадкой h10	1 30009–77	Плоскоскругленная	4...8
	1 30013–77	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	4...10
	1 30017–77	Потайная ( $\angle 120^\circ$ )	4...6
<b>Болты с натягом</b>			
с посадкой p6	1 10830–72	Шестигранная	5...16
с переходной посадкой	1 12085–77	Шестигранная	5...10
с посадкой u8	1 10572–72	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	5...8
с посадкой p6	1 10834–72	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	5...16
с переходной посадкой	1 12086–77	Потайная ( $\angle 90^\circ$ )	5...10

Применение титановых сплавов в крепежных элементах соединений определяется их высокой удельной прочностью при высоких температурах по сравнению со стальными и дюралюминиевыми сплавами. Например, масса болтов из ВТ16 на 40 % меньше массы высокопрочных болтов из стали 30ХГСНА, и их можно использовать без ограничения ресурса при температурах эксплуатации до 130 °С [31].

Снижение трудоемкости выполнения соединений. Болтовые соединения выполняются в основном с помощью ручного механизированного инструмента. Технически возможно создание автоматов для выполнения всех элементов технологического процесса изготовления болтового соединения. Однако расчеты показывают, что срок окупаемости таких автоматов при имеющихся программах выпуска самолетов недопустимо велик.

Наиболее трудоемким элементом технологического процесса выполнения болтового соединения является образование и чистовая обработка отверстий. При образовании болтового соединения по шестому качеству точности более 70 % трудоемкости приходится на образование и обработку отверстий с помощью разверток. При использовании протяжек доля времени, приходящаяся на образование и чистовую обработку отверстий, снижается до 36 % от общей трудоемкости выполнения соединения. Более 20 % трудоемкости приходится на вставку болта, установку шайбы, наживление и завинчивание гаек (в случае заклепочного соединения эти операции отсутствуют). Причем с увеличением диаметра болта трудоемкость его установки возрастает. Так, трудоемкость установки крепежных деталей диаметром 18 мм вдвое больше трудоемкости установки деталей диаметром

8 мм [30]. Выполнение заклепочных соединений может осуществляться с помощью ручного механизированного инструмента, на стационарных прессах групповой клепки или на прессах-автоматах, в том числе с числовыми системами программного управления.

Существенное снижение трудоемкости для заклепочных соединений происходит в случае применения заклепок с односторонним доступом, так как при этом исключается более трудоемкая ударная клепка, выполняемая, как правило, двумя исполнителями.

Достижение оптимальных конструктивно-технологических характеристик узла или агрегата зависит не только от выбора вида соединения отдельно взятого шва, но и в значительной степени от комплексного технического решения взаимно увязанных между собой его составляющих: конструктивного оформления агрегата, способа сборки, видов соединений.

Примером такого комплексного технического решения<sup>1</sup> является разработанный на КНААПО способ сборки, обеспечивающий возможность создания конструкции агрегата с малодоступными или даже полностью недоступными зонами для двустороннего подхода к соединениям.

Традиционно задача улучшения подходов для отсеков и агрегатов с закрытыми зонами конструктивно решалась путем замены неразъемных соединений разъемными, введением технологических люков и различного рода съемных панелей, деталей и узлов. Это ухудшало ресурсные характеристики, увеличивало массу и трудоемкость сборки независимо от использования самых прогрессивных в этом отношении видов соединений.

Суть способа, предложенного на КНААПО поясняется на примере конструкции гипотетического отсека фюзеляжа (рис. 2.2), обобщающей такие наиболее неблагоприятные условия для сборки, как сравнительно небольшая строительная высота каркаса между обшивками, отсутствие каких-либо вырезов, люков, съемных элементов, полная недоступность к соединениям в окончательно собранном виде. Раньше такая конструкция была бы признана нетехнологичной. Сборка осуществляется в IV этапе (на рис. 2.2. они показаны в соответствующих секторах отсека).

I. С базированием на поверхность наружных обшивок 1 производится установка стрингеров 2, стенок шпангоутов 3 и соединение их между собой угольниками 4. В результате образуется жесткий каркас в виде сетки продольных и поперечных элемен-

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф., Пономанерко А. А., Зайцев В. А. Способ сборки агрегатов с зонами, недоступными для двусторонней клепки: А. с. 1085180 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

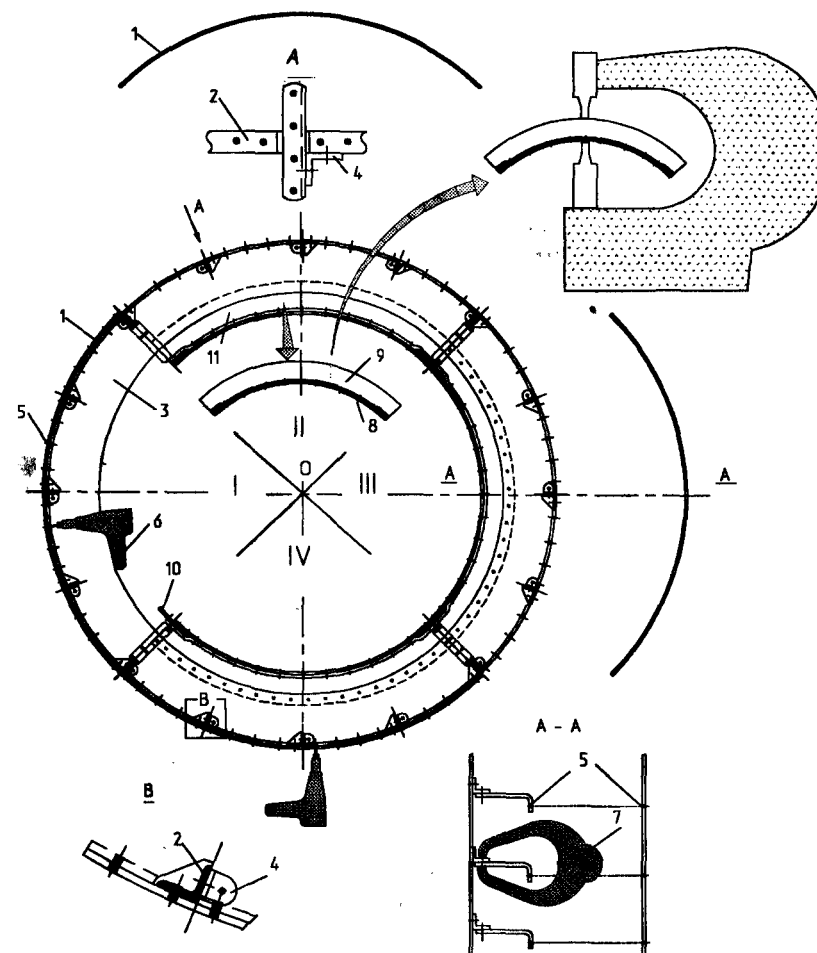


Рис. 2.2. Способ сборки отсека с недоступными для двусторонней клепки зонами

тов цилиндрической формы. После этого сверлят предварительные отверстия 5 (с припуском для будущего соединения обшивки с деталями каркаса) со стороны каркаса. Сверление всех отверстий и прессовая клепка каркаса ручным инструментом 6, 7, а также контроль положения отверстий и соединений обеспечивается в условиях свободных подходов со стороны оси *O* отсека.

II. Снимают наружные обшивки 1 с просверленными отверстиями 5. В условиях открытого подхода с внешней стороны отсека с базированием на поверхности внутренних обшивок 8 и

стенок шпангоутов 3 собирают панель 9, соединяя внутренние обшивки со стыковыми лентами 10 и угольниками 11 средствами временного крепления. После сборки панель 9 снимают с отсека и клепают на прессе. В этих условиях возможна и сварка обшивок с угольниками.

III. Собранные панели 9 устанавливают на отсек. В условиях открытого подхода соединяют панель с каркасом клепкой с помощью пневмоскобы 7. Стыковые ленты 10 соединяют с каркасом болт-заклепками или заклепками высокого сопротивления срезу.

IV. Устанавливают обшивки 1, окончательно разделяют отверстия 5, соединяют обшивки с каркасом любыми заклепками для клепки с односторонним подходом.

Комплексные конструкторско-технологические решения при проектировании новых самолетов способствуют повышению ресурса, уменьшению массы конструкции и трудоемкости сборки, а также повышают эффективность использования прогрессивных видов соединений в целом.

## 2.2. СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ПОД БОЛТЫ И ЗАКЛЕПКИ

В зависимости от требований к точности и другим характеристикам для образования и обработки отверстий применяют комбинации сверления, зенкования, протягивания, пробивки, раскатывания, дорнирования. Качество подготовки отверстия является решающим фактором, определяющим ресурс соединения. Трудоемкость подготовки отверстий составляет до 30% от общей трудоемкости выполнения соединения.

**Сверление и зенкование.** Сверление применяется для образования предварительного размера отверстия. С помощью сверления окончательный размер отверстия можно получить с точностью по 12...14 качеству. Часто сверление совмещают с зенкованием гнезда под потайные головки заклепок и болтов.

Сверление может производиться на сверлильных станках, специализированных полуавтоматических установках на базе сверлильно-зенковальных агрегатов, сверлильно-зенковальных установках (СЗУ), сверлильно-зенковальных встраиваемых в сборочную оснастку устройствах (СЗВУ), а также ручным механизированным инструментом (сверлильные машины, дрели, раделочные устройства).

Тип оборудования выбирается в зависимости от формы и размеров узлов, агрегатов, диаметра отверстий, требований точности и удобства подхода к месту обработки.

Ориентирование инструмента при подготовке отверстий диаметром до 16 мм производится с помощью поддерживающих устройств СЗУ; по кондуктору; без кондуктора со стороны каркаса по направляющим отверстиям; со стороны обводов с помощью треног, призм, угольников, обеспечивающих перпендикулярность сверления опорной плоскости пакета.

Сверлильно-зенковальные установки, как правило, комплектуются из двух унифицированных агрегатов: сверлильно-зенковального агрегата (СЗА) и поддерживающего агрегата (АП).

При необходимости поддерживающий агрегат в СЗУ может быть и специальным. Агрегаты шифруются следующим образом:

СЗА-02М – сверлильно-зенковальный агрегат (СЗА), второй модели, модифицированный;

АП-02-155-СЗУ – агрегат поддерживающий, второй модели, с полным ходом пиноли 155 мм, для сверлильно-зенковальных установок.

СЗА могут работать в ручном и автоматическом режимах, обеспечивая сверление и зенкование отверстий диаметром до 8 мм и производительность до 24...26 отверстий в минуту. В стационарных сверлильных установках, а также в установках, встроенных в сборочную оснастку, используются машины сверлильные или сверлильно-зенкероальные с автоматической подачей. Они предназначены для образования отверстий диаметром 5...40 мм в алюминиевых и титановых сплавах, высокопрочных сталях, композиционных материалах.

**Шифровка машины:**

МСП-8 – машина сверлильная (МС) с автоматической подачей (П), наибольший диаметр обрабатываемого отверстия 8 мм (8);

МСП-12Т – ...для сверления отверстий в титановых сплавах (Т);

МСП-12К – ...для сверления отверстий в композиционных материалах (К);

МСЗП-35У – машина сверлильно-зенкероальная (МСЗ) с автоматической подачей (П), наибольший диаметр обрабатываемого отверстия 35 мм (35), угловая (У).

Буква "А" в шифре указывает на параллельность осей рабочего органа и привода. Характеристики сверлильных машин с автоматической подачей приведены в табл. 2.6. В условиях стапельной сборки, на отсеках и агрегатах преимущественно используются ручные сверлильные машины.

В зависимости от конструктивного исполнения существует два типа сверлильных машин: с рукояткой пистолетного типа и угловые.

**Шифровка сверлильных машин конструкции:**

Таблица 2.6

Модель	Выполняемые операции	Обрабатываемые материалы	Наибольший диаметр отверстий, мм	Мощность, Вт	Частота вращения шпинделя, с <sup>-1</sup>	Подача, мм/об	Ход шпинделя, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
МСП-8	Сверление	Алюминиевые сплавы	8	—	2800	0,08 и 0,12	40	300×80×300	3,0
МСП-10	— " —	То же	10	—	11,6	0,01...1,00	40	410×96×228	4,1
МСП-12-1	Сверление и зенкование	— " —	12 22	650	21,3	0,01...1,00	40	330×96×228	5,0
МСП-12Т	То же	Титановые сплавы	12 22	200	1,3	0,01...1,00	40	358×97×230	4,8
МСП-12К	— " —	Полимерные композиционные материалы	12 14	560	18,3	0,01...0,65	40	325×74×220	3,8
МСП-20	Сверление	Алюминиевые сплавы	20	640	4,2	0...0,12	70	440×96×228	5,8
МСП-24У	— " —	То же	24	1,0	8,0	0,12	75	294×98×384	5,0
МСЗП-20А	Сверление и зенкование	Алюминиевые и титановые сплавы	12 20	400	3,8	0,12	60; 100*	305; 385*× ×73×234	2,7; 2,9*
МЗСП-20У	То же	Алюминиевые, титановые сплавы и высокопрочные стали	12 20	400	3,3	0,08	60; 100*	295, 375*× ×50×385	2,5; 3,0*
МСЗП-35А	— " —	Алюминиевые сплавы	16 35	0,50	3,0	0,10	60; 90; 150*	300; 360; 480*×77×4; 4; 5; 5,0	—
МСЗП-35У	— " —	То же	16 35	0,46	2,5	0,12	40; 60; 100; 160*	341; 401; 461; 596*× ×130×437	5,3; 5,4; 5,5; 5,8*
МСЗП-40У	— " —	Алюминиевые и титановые сплавы и высокопрочные стали	20 40	1,0	1,8	0,08; 13*	90; 150*	372; 492*×150×435	7,2; 7,6

\* В зависимости от исполнения.

СМУ21-6-500 – сверлильная машина (СМ), угловая (У), второй группы мощности (2), первой модели (1); максимальный диаметр сверления 6 мм (6), частота вращения шпинделя на холостом ходу 500 об/мин (500).

В табл. 2.7 представлены перспективные модели сверлильных пневматических машин с улучшенными санитарно-гигиеническими, энергетическими и расходными характеристиками, соответствующими требованиям государственных стандартов. В малодоступных местах используются сверлильные машины углового типа со сменными насадками с уменьшенными размерами патронов (табл. 2.8). Сверление отверстий может в разных вариантах сочетаться с зенковкой в зависимости от конкретного технологического процесса сборки.

Диаметр и длина сверл должны соответствовать ГОСТам. Большое влияние на качество отверстия (чистоту поверхности, форму отверстия, наличие заусенцев на входе сверла), требуемую мощность и усилие при сверлении оказывают значение угла заточки и режимы обработки. Угол заточки сверла зависит от марки и прочности обрабатываемого материала (табл. 2.9). Режимы обработки (скорость резания, подача, число оборотов) зависят от марки материала сверла или пластинки из твердого сплава.

Таблица 2.7

Модель	Исполнение	Диаметр отверстия, мм	Мощность, Вт	Частота вращения, с <sup>-1</sup>	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
СМ11-3-18000	Нормальное	3	184	300	140×150×46	0,8
СМ12-3-18000	— " —	3	220	150	160×135×45	0,7
СМ11-6-3600	— " —	3	184	60	150×146×46	0,8
СМ12-6-3500	— " —	6	210	58	180×135×45	0,75
СМ22-6-12000	— " —	6	330	100	150×125×45	0,9
СМ21-9-2500	— " —	9	294	41	180×155×55	1,15
СМ22-8-2300	— " —	8	330	19	180×130×45	0,9
СМ22-8-900	— " —	8	300	7,5	230×130×45	1,1
СМ21-9-300	— " —	9	294	5	230×152×55	1,35
СМ22-8-300	— " —	8	300	2,5	220×130×45	1,1
ИП-1027	— " —	10	400	23...47	180×178×53	1,1
УСМ12-6-3000	Для мест с ограниченным подходом	6	184	50	316×46×70	1,0
СМУ11-6-3000	То же	6	200	25	300×50×90	0,8
СМУ21-6-500	— " —	6	294	8,4	312×74×55	1,7



Продолжение табл. 2.7

Модель	Исполнение	Диаметр отверстия, мм	Мощность, Вт	Частота вращения, с <sup>-1</sup>	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
СМУ-22-6-500	— " —	6	330	4,3	250×50×70	1,1
УСМ21-20М	— " —	8	242	37	252×92×55	1,8
СМУ21-8-2000	— " —	8	330	17	300×50×90	1,1
МС-5У	Нормальное	5,5	290	18,4	330×55×75	1,6

Таблица 2.8

Модель	Максимальный диаметр сверления, мм	Патрон	Диаметр головки, мм	Высота головки без цанги, мм	Высота головки с цангой, мм	Длина насадки, мм
НЦ1-СМУ-6	6,0	Цанговый	27	29	40	62,0
НЦ2-СМУ-6	6,0	— " —	36	47	60	73,0
НЦ1-СМУ-9	9,0	В12	36	47	—	—

Сверление отверстий в сталях и титановых сплавах сверлами с пластинами из твердых сплавов позволяет увеличить скорость резания и стойкость сверл в 2...3 раза по сравнению со сверлами из быстрорежущей стали. На сверле имеется маркировка, где указан диаметр сверла, марка материала, из которого выполнено сверло, и марка материала пластинки твердого сплава (если она напаяна на сверло).

Таблица 2.9

Материал, тип и форма сверла	Обрабатываемый материал (σ <sub>в</sub> , МПа)	Угол заточки сверла, °
Быстрорежущая сталь; спиральное	Алюминиевый сплав (200...550) Сталь углеродистая (500...650)	90...118 118
Быстрорежущая сталь, твердые сплавы; спиральное с пластинками из твердого сплава	Сталь хромансильевая (1300...1600) Титановый сплав (900...1200)	135±2 140

В качестве примера в табл. 2.10 приведены режимы резания при обработке алюминиевых, титановых сплавов и высокопрочных сталей.

Качество просверленных отверстий контролируют визуально и с помощью калибров-пробок (рис. 2.3), по которым определяют диаметр просверленного отверстия (проходная, непроходная сторона) и перпендикулярность оси отверстия относительно поверхности детали. В зависимости от диаметра заклепки зазор Δ<sub>0</sub>=0,15 мм при d=3,5...7,0 мм и Δ<sub>0</sub>=0,25 при d=8...10 мм.

Таблица 2.10

Обрабатываемый материал	Инструмент из быстрорежущей стали		Инструмент, оснащенный пластинками из твердого сплава	
	Скорость резания, м/с	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об
Алюминиевые сплавы	0,16...0,60	0,10...0,20	—	—
Титановые сплавы	0,08...0,16	0,05...0,15	0,16...0,32	0,05...0,15
Высокопрочные стали	0,08...0,16	0,05...0,15	0,16...0,32	0,05...0,15

Одним из показателей, характеризующих качество поверхности потайного клепаного шва, является наблюдаемое после клепки выступание или углубление головок потайных заклепок относительно поверхности листа. Для получения гладкой внешней поверхности и достаточной прочности клепаного соединения размеры гнезд должны соответствовать размерам головок заклепок. Величины выступания или углубления головок заклепок и зазоров между головкой и гнездом оказывают существенное влияние на прочность соединения, его коррозионную стойкость и герметичность шва.

Образование гнезд под головки потайных заклепок является очень ответственной операцией. Гнезда под головки потайных заклепок могут быть получены различными способами: зенкованием, штамповкой или комбинацией зенкования и штамповки.

Зенкование производится двумя способами: одновременно со сверлением или отдельной операцией. Зенкование с одновременным сверлением можно выполнять по разметке, по направляющим отверстиям или по программе на станках и сверлильно-зенковальных установках.

Зенкование с одновременным сверлением занимает меньше времени и гнездо получается более высокого качества, чем при раздельном сверлении и зенковании. Зенкование гнезд производят сверлом-зенковкой, зенковкой с направляющим штифтом или сверлом.

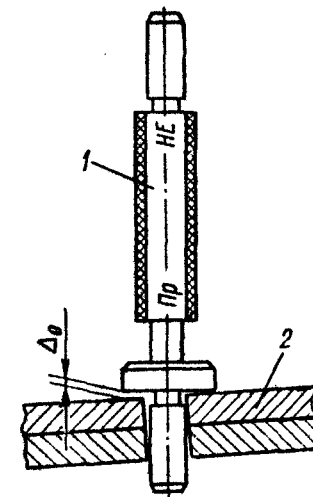


Рис. 2.3. Контроль отверстия калибром-пробкой:  
1 — калибр-пробка; 2 — соединяемые детали

Зенковки с направляющими штифтами вставляют в специальные насадки, которые закрепляют в шпинделе дрели или сверлильного станка. Зенковальные насадки по конструктивным и эксплуатационным признакам делятся на закрепляемые на корпусе дрели или сверлильного станка; закрепляемые на шпинделе дрели или сверлильного станка; закрепляемые в патроне дрели или сверлильного станка.

**Зенкерование.** Операция зенкерования применяется для окончательной обработки отверстий по 11...12 квалитетам точности; повышения точности предварительно просверленных отверстий (под последующее развертывание или протягивание); обработки в один или несколько переходов с целью увеличения диаметра предварительно просверленных отверстий, в том числе и отверстий со ступенькой, образующейся в пакете в процессе установки деталей в сборочное положение.

При зенкерровании используют зенкеры. Зенкеры имеют три-четыре режущие кромки, поэтому процесс резания проходит более устойчиво, чем сверление. Зенкерование применяют для увеличения диаметра предварительно просверленного отверстия, поэтому усилие осевой подачи меньше, а шероховатость примерно вдвое меньше, чем при сверлении.

Зенкерование может быть прямым и обратным. При прямом зенкерровании с целью повышения точности или увеличения диаметра предварительно просверленных отверстий применяют зенкеры с направляющей.

Совместную обработку отверстий после установки деталей в сборочное положение при несовпадении осей раздельно подготовленных предварительных отверстий выполняют специальным зенкером, используя отверстие с большим диаметром в качестве направляющего.

Обратное зенкерование отверстий выполняется специальными насадными зенкерами. Базирование зенкера осуществляется по обрабатываемому отверстию посредством сменных направляющих втулок, устанавливаемых на шпиндель машины.

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости при зенкерровании отверстия применяют смазку МР-4 или индустриальное масло И-40А.

Для зенкерования с автоматической подачей применяются сверлильно-зенковальные машины типа МСЗП (см. табл. 2.6).

**Развертывание.** Когда требуется получить отверстия точнее 10-го квалитета, применяется окончательная обработка развертыванием. Ручное развертывание осуществляется, как правило, с малым припуском (0,02...0,20 мм) с небольшими подачами (0,1...0,5 мм/об) для обеспечения спокойных условий резания,

хотя подачи по рекомендациям, предусматривающим максимальную стойкость разверток, должны быть большими. Стружка при развертывании образуется в условиях, очень похожих на прямое резание, так как режущие кромки составляют небольшой угол с образующими отверстиями. При этом может быть получена шероховатость поверхности в пределах 0,04...5 мкм, а точность отверстий – в пределах 7...8-го квалитетов. Ручное развертывание допускается применять в случаях, когда подходы в конструкции не позволяют использовать механизированное развертывание.

Операция механизированного развертывания применяется для окончательной обработки отверстий по 7...9 квалитетам точности в пакетах, включающих алюминиевые, титановые сплавы и стали. Механизированным развертыванием обеспечивается обработка отверстий с диаметром 4...45 мм в пакетах толщиной 8...225 мм, в том числе отверстий, расположенных в труднодоступных местах конструкции изделия.

Механизированное развертывание отверстий осуществляется развертывающими машинами моделей МР (табл. 2.11). Модель развертывающей машины выбирают в зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия, материала пакета и подходов к отверстию.

Механизированным развертыванием обрабатывают предварительные отверстия, подготовленные с допусками по 12-му квалитету точности со следующим припуском под окончательную обработку: 0,5 мм для отверстий диаметром 4...27 мм; 0,7 мм для отверстий диаметром 30...45 мм. Механизированное развертывание отверстий осуществляют комплектом разверток, базирующихся по обрабатываемому отверстию без использования дополнительной направляющей оснастки.

Таблица 2.11

Модель	Исполнение	Диаметр обрабатываемых отверстий, мм	Частота вращения шпинделя, с <sup>-1</sup>	Мощность, Вт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
МР-8У	Развертывающая угловая	8	6,6	180	325×52×58	1,6
МР-12	Развертывающая	12	5,0	280	248×55×152	1,3
МР-12У	Развертывающая угловая	12	5,0	250	335×55×75	2,1
МР-14У	То же	14	5,0	250	360×55×77	1,7
МР-24У	– ” –	24	6,7	480	389×62×85,5	3,0
Мр-40У	– ” –	40	2,0	690	468×75×100	4,0

Основные рекомендации при развертывании в условиях агрегатной сборки:

малые отверстия диаметром до 4 мм обрабатывать специальными развертками;

отверстия диаметром 6...12 мм и глубиной до  $5d$  в пакетах из алюминиевых и титановых сплавов обрабатывать развертками по ОСТ 1 52485 – 86;

большие отверстия диаметром 5...45 мм в пакетах, включающих титановые сплавы и стали средней прочности ( $\sigma_b \leq 1100$  МПа), обрабатывать развертками из быстрорежущей стали;

отверстия в пакетах, включающих титановые сплавы повышенной прочности и стали типа 14X17H2, обрабатывать развертками из маловольфрамовой быстрорежущей стали P12Ф2К5М3, P12Ф2К8М3, P12Ф3К10МВ;

отверстия с диаметром 14...45 мм в пакетах, включающих высокопрочные стали, обрабатывать развертками, оснащенными пластинами из твердого сплава;

отверстия седьмого качества точности в смешанных пакетах из алюминиевых и титановых сплавов предпочтительно обрабатывать со стороны алюминиевого сплава;

при выполнении технологического перехода развертывание осуществлять без промежуточных выводов развертки из отверстия;

выводить развертку из отверстия во избежание повреждения обработанной поверхности в направлении рабочей подачи. Допускается при обработке отверстий в местах со стесненными или односторонними подходами плавно выводить развертку из обработанного отверстия в направлении, обратном направлению рабочей подачи, при пониженной частоте вращения шпинделя машины.

Скорость резания при развертывании отверстий в пакетах из однородных материалов (в пределах 0,08...0,16 м/с) обеспечивается частотой вращения шпинделя развертывающих машин. При обработке отверстий седьмого качества точности в смешанных пакетах из алюминиевых, титановых сплавов и высокопрочных сталей скорость резания должна быть снижена до 0,016...0,032 м/с (частота вращения шпинделя 0,8...1,6 с<sup>-1</sup>) для отверстий с диаметром до 12 мм и до 0,060...0,084 м/с (частота вращения шпинделя 0,5...0,8 с<sup>-1</sup>) для отверстий с диаметром 30...45 мм.

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости при развертывании применяют индустриальное масло И-40А или смазку МР-4.

**Протягивание.** Операция протягивания применяется для окончательной обработки отверстий 7...9 квалитетов точности в однородных пакетах из алюминиевых, титановых сплавов и сталей, а также в смешанных пакетах, включающих алюминиевые

сплавы и стали, и отверстий 8...9 квалитетов точности в смешанных пакетах, включающих алюминиевые и титановые сплавы.

Протягиванием обеспечивается обработка отверстий с диаметром 5...24 мм в пакетах толщиной 5...70 мм. Его целесообразно применять в зонах массового расположения отверстий при наличии свободных подходов в направлении продольной оси отверстия.

Технологический процесс получения точных отверстий протягиванием представляет собой снятие режущим инструментом – протяжкой – определенного припуска металла с заранее подготовленного отверстия путем перемещения инструмента в продольном осевом направлении с вращением или без него.

В зависимости от вида главного движения, осуществляемого режущим инструментом в процессе выполнения операции, и конструкции этого инструмента различают три вида протягивания: осевое, осевое с выглаживанием и протягивание с принудительным вращением инструмента. Последнее обеспечивает более высокое качество обработки по сравнению с осевым протягиванием, особенно при обработке отверстий в пакетах из разнородных материалов.

Припуски под протягивание точных отверстий назначают таким образом, чтобы полностью и с некоторым запасом компенсировать погрешности, накопленные в процессе выполнения технологических операций сборки элементов пакета и подготовки отверстий, а также обеспечить минимальную длину протяжного инструмента.

Припуск под протягивание  $A_0$ , распределяемый между режущими зубьями и деформирующе-выглаживающими элементами, определяется по формуле

$$A_0 = 2A = D - D_0;$$

$$A_0 = 0,005D + 0,1\sqrt{L},$$

где  $A_0$  – припуск под протягивание на диаметр;  $A$  – припуск на сторону, равный толщине слоя, снимаемого протяжкой;  $D$  – диаметр протянутого отверстия;  $D_0$  – диаметр предварительного отверстия;  $L$  – толщина пакета (рис. 2.4, а). Припуски устанавливают отдельно в каждом конкретном случае исходя из особенностей технологического процесса сборки пакета и конструктивных особенностей входящих в него деталей, узлов [22].

Снятие припуска и доводку отверстия осуществляют следующими проходами:

- режущим;
- калибрующим;
- деформирующе-выглаживающим финишным.

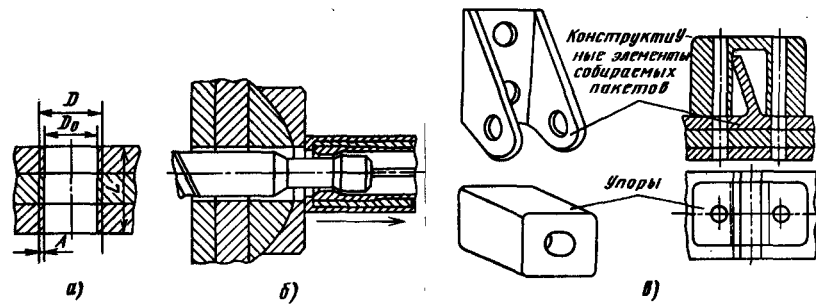


Рис. 2.4. Протягивание точных отверстий

Режущее и деформирующе-выглаживающее протягивание проводится с применением смазочно-охлаждающей жидкости (табл. 2.12). При невозможности обильного полива в условиях агрегатной сборки эту жидкость наносят кистью на инструмент и поверхность отверстия. Протягивание отверстий в титановых сплавах допускается без применения смазочно-охлаждающих средств.

Таблица 2.12

Марка стали	Смазочно-охлаждающая жидкость для протягивания			
	режущего		деформирующе-выглаживающего	
	в разбираемых пакетах	в неразбираемых пакетах	в разбираемых пакетах	в неразбираемых пакетах
30ХГСНА	15%-ная эмульсия на основе эмульсола СДМУ-2 (СВТУ-36-13-154-15)			АМГ-10 с добавкой 30% талька АСФ-3; пластифицированная нитроцеллюлозная смола (1...2 вес. ч) + органический растворитель (1...2 вес. ч) + порошкообразный фторопласт зернистостью 1...7 мкм (1,5...2 вес. ч)
30ХГСА	10%-ная эмульсия на основе эмульсола НГЛ-205 (СВТУ-36-13-772-63)	Олифа "оксоль"; масло "сурепное"	Сульфифрезол	
40ХНМА	Сульфифрезол			

Для обеспечения перемещения протяжки в строго осевом направлении (там, где не гарантируется перпендикулярность оси

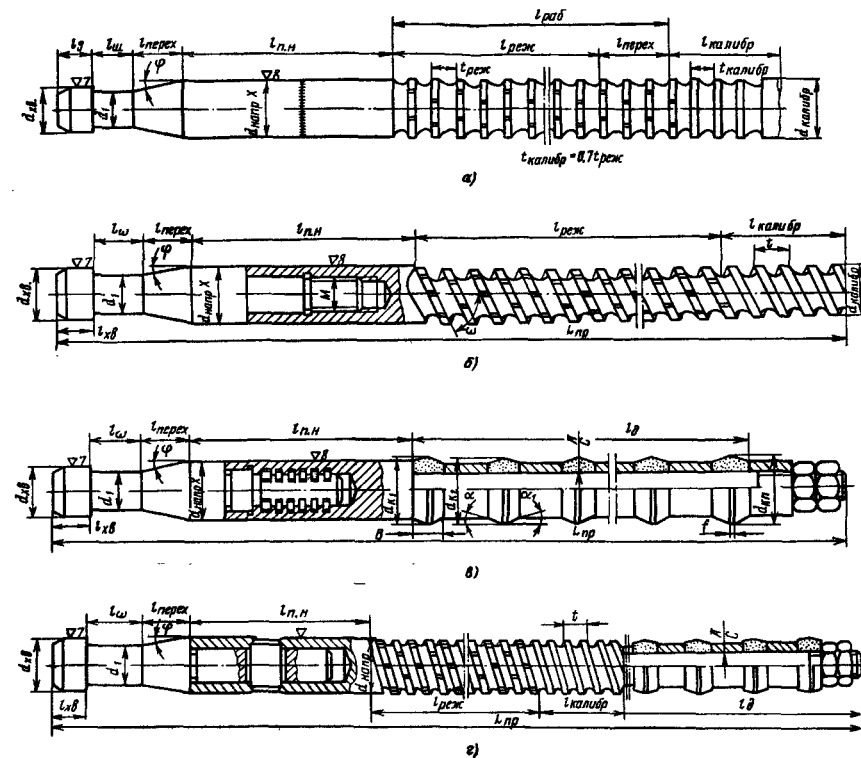


Рис. 2.5. Конструкции протяжного инструмента для обработки точных отверстий в однородных и смешанных пакетах

отверстия к опорной поверхности детали) применяются самоустанавливающиеся упоры (рис. 2.4, б, стрелка указывает направление протягивания) или специальные упоры для мест с ограниченным подходом (рис. 2.4, в).

В зависимости от толщины пакетов, диаметров отверстий и материалов деталей в пакете указанные проходы могут совмещаться благодаря специальным конструкциям протяжек (рис. 2.5):

режущая кольцевая протяжка для снятия припуска в пакетах, составленных только из алюминиевых сплавов, входящая в комплект с отдельным режущим и деформирующе-выглаживающим проходами (см. рис. 2.5, а);

режущая спиральная протяжка для снятия технологического припуска при обработке точных отверстий в однородных и смешанных пакетах, входящая в комплект с отдельными ре-

жущими и деформирующе-выглаживающими проходами (см. рис. 2.5, б);

деформирующе-выглаживающая протяжка для обработки точных отверстий методом поверхностного пластического деформирования после режущего прохода; номинальный натяг на кольцо  $a = d_{к2} - d_{к1}$ ; суммарный натяг колец протяжки  $\Sigma a = d_{кп} - d_{пр.отв}$  ( $d_{пр.отв}$  — диаметр отверстия, подготовленного под протяжку); пластическая деформация отверстия  $\xi = D_{оконч} - D_{предв}$  (см. рис. 2.5, в);

комбинированная режуще-выглаживающая протяжка с устанавливаемыми на спецхвостовике деформирующе-выглаживающими кольцами (см. рис. 2.5, г).

При обработке отверстий по 7-му качеству на стальных и смешанных пакетах режущее и деформирующе-выглаживающее протягивание осуществляется отдельно.

В условиях агрегатно-сборочных работ в качестве оборудования для протягивания применяются передвижные пневмогидроусилители с протяжными пистолетами или протяжные машины.

По конструктивному исполнению и технологическим требованиям машины делятся на два типа: для протягивания отверстий с принудительным вращением протяжки (МПВ) и для протягивания отверстий методом осевого протягивания (МП). Шифровка машин:

МПВ-6-100 — машина протяжная (МП) с принудительным вращением протяжки (В), наибольший диаметр обрабатываемого отверстия 6 мм (6), наибольший рабочий ход 100 мм (100).

Технические характеристики применяемых протяжных машин представлены в табл. 2.13.

Таблица 2.13

Модель	Дополнительные движения инструмента	Диаметры отверстий, мм	Усилия протягивания, кН	Рабочий ход, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
МП-6-10	—	5; 6	11	100	328×38×168	1,0
МПВ-6-100	Вращение	5; 6	5,6	100	328×38×168	1,2
МП-10-130	—	5...10	23	130	392×46×195	1,9
МПВ-10-130	Вращение	5...10	13	130	392×47×195	2,4
МП-12-150	—	8...12	24	150	448×52×199	2,2
МПВ-12-150	Вращение	8...12	17	150	448×52×199	2,7
МП-24-180	—	14...24	38	180	529×64×210	3,8
МПВ-24-180	Вращение	14...24	31	180	529×64×240	4,0

**Упрочнение отверстий путем пластической деформации.** В целях

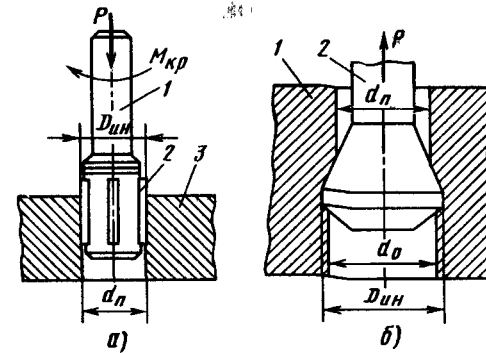


Рис. 2.6. Упрочнение отверстий путем пластической деформации отверстий: а — схема раскатывания отверстия: 1 — регулируемая оправка; 2 — конические ролики; 3 — упрочняемая деталь; б — схема дорнирования отверстия: 1 — обрабатываемая деталь; 2 — дорн; Р — усилие подачи;  $M_{кр}$  — крутящий момент, создаваемый инструментом;  $D_{ин}$  — диаметр инструмента;  $d_{п}$  — диаметр предварительной разделки отверстия;  $d_{о}$  — диаметр отверстия после обработки

увеличения ресурса соединений применяется раскатывание или дорнирование — пластическое деформирование поверхности отверстия. Стружка при этом не образуется и материал не удаляется.

Деформированный поверхностный слой отверстия оказывает существенное влияние: повышает жесткость соединения и его выносливость, т. е. ресурс работы при повторно-статических и вибрационных нагрузках.

Раскатывание осуществляется за счет качения роликов между направляющей инструмента и поверхностью (рис. 2.6, а).

При раскатке обеспечивается высокая точность обрабатываемого отверстия и зеркальная поверхность его стенок в смешанных пакетах из титановых сплавов и алюминиевых сплавов, а также стальных деталей.

Раскатыванию должно предшествовать зенкерование (для отверстий одиннадцатого качества точности) или развертывание (для отверстий седьмого качества точности). Припуск под раскатывание определяется в зависимости от диаметра отверстия и материала в пределах до 0,05 мм. Для каждого рабочего диаметра инструмент (раскатник) специально настраивается в специализированной мастерской с отметкой в паспорте раскатника. В условиях агрегатной сборки раскатывание обычно производится с применением ручного механизированного инструмента с частотой вращения не более 350 об/мин.

Дорнирование отверстий (рис. 2.6, б) осуществляется путем протягивания через отверстие шариков или инструмента — дорна. Протягивание дорна в условиях агрегатно-сборочного производства обеспечивается ручными прессами, аналогичными используемым при протягивании.

### 2.3. КЛЕПКА СПЛОШНЫХ ЗАКЛЕПОК ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Соединение сплошными заклепками заключается в пластической деформации стержня заклепки с формированием замыкающей или обеих головок, включая закладную. Этот процесс осуществляется при помощи ударов пневмомолотка и поддержки пресса или раскаткой с помощью специальных машин. Удар молотка может наноситься со стороны замыкающей головки заклепки (такой метод клепки называют прямым) или со стороны закладной головки при обратном методе клепки. Клепка давлением пресса получила соответственно название прессовой клепки.

Прессовая клепка имеет следующие преимущества в сравнении с ударной:

значительно улучшаются психофизиологические условия работы клепальщиков вследствие снижения воздействия шума и вибрации;

повышаются усталостные характеристики соединения вследствие более плотного и равномерного заполнения отверстия осаживаемым стержнем заклепки по толщине пакета;

в ряде случаев можно отказаться от герметизации соединения, что обеспечит снижение массы конструкции;

повышается производительность труда в 1,5...2 раза при сокращении числа рабочих на 50...75%.

Типы сплошных заклепок общего назначения в условиях двустороннего подхода приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14

Наименование	Обозначение	Тип	Эскиз
Заклепки с плоской головкой	3501А...3508А ГОСТ 14801-85	ЗП	
Заклепки с плоскоскругленной головкой из жаропрочного сплава	ОСТ 1 34000-84 ОСТ 1 34003-86	ЗП	
Заклепки с плосковыпуклой головкой	3558А...3564А ОСТ 14800-85	ЗВ	
Заклепки с полукруглой головкой	3515А...3523А ГОСТ 14797-85	ЗК	
Заклепки с потайной головкой (∠90°)	3531А-3532А ГОСТ 14798-85 ОСТ 1 34085-80... ОСТ 1 34091-80	ЗУ (∠90°)	
Заклепки с потайной головкой (∠90°) из жаропрочного сплава	ОСТ 1 34001-84 ОСТ 1 34004-86	ЗУ (∠90°)	

Продолжение табл. 2.14

Наименование	Обозначение	Тип	Эскиз
Заклепки с потайной головкой (∠120°)	3547А-3552А ГОСТ 14799-85 ОСТ 1 34096-80... ОСТ 1 34101-80	ЗУ (∠120°)	
Заклепки с потайной головкой (∠120°) из жаропрочного сплава	ОСТ 1 34002-84 ОСТ 1 34005-86	ЗУ (∠120°)	
Заклепки с потайной уменьшенной головкой (∠120°)	ОСТ 1 11847-74... ОСТ 1 11648-74	ЗУМ (∠120°)	
Заклепки с плоскоскругленной головкой	ОСТ 1 34073-85... ОСТ 1 34083-85	ЗПВС	

**Автоматическая клепка** – наиболее прогрессивный с точки зрения повышения производительности, стабильности качества, надежности и ресурса вид прессовой клепки. Он обеспечивает в автоматическом цикле выполнение таких операций, как сжатие пакета, сверление отверстия (сверление и зенкование для потайных заклепок), подача герметизирующего материала в отверстие<sup>1</sup> вставка заклепки в отверстие (с автоматической подачей), расклепывание заклепки, зачистка потайных закладных головок<sup>2</sup>, снятие усилия сжатия, перемещение инструмента в следующую позицию (для автоматов с ЧПУ).

Указанные операции выполняются специальными агрегатами – клепальными автоматами, которые в зависимости от размеров, формы и других конструктивных особенностей обрабатываемых панелей и узлов могут использоваться самостоятельно или комплектоваться с агрегатами позиционирования и образовывать автоматические установки. С целью повышения надежности вставки для автоматической клепки в условиях двустороннего подхода применяются заклепки со скругленной торцевой частью (табл. 2.15).

Применяемое оборудование для автоматической клепки имеет специальную отличительную шифровку, несущую информацию об основных технических характеристиках. Например: АК-3,4-0,8 – автомат клепальный (АК) с усилием клепки 34 кН (3,4) и вылетом скобы 80 мм (0,8); У30-2АКД-16-2 – установка (У) для клепки панелей длиной до 30 м (30) с двумя автоматами (2) модели АКД-16-2. Технические характеристики автоматического оборудования для клепки приведены в табл. 2.16 и 2.17.

<sup>1</sup>Для автоматов и установок АК3-5,5-1,2; АК-16,0-3,0; 930-2АКД-16-2; 918-2АКД-16-2.

<sup>2</sup>Для автоматов и установок АК3-5,5-1,2; АК-16,0-3,0; 930-2АКД-16-2; 918-2АКД-16-2.

Таблица 2.15

Наименование	Обозначение	Тип	Эскиз
Заклепки с плоской головкой	ОСТ 1 34035-78	ЗП	
Заклепки с плосковыпуклой уменьшенной головкой	ОСТ 1 34036-78	ЗВУ	
Заклепки с потайной головкой (∠90°)	ОСТ 34037-78	ЗУ (∠90°)	
Заклепки с потайной головкой (∠120°)	ОСТ 1 34038-78	ЗУ (∠120°)	
Заклепки с плоскоокругленной головкой	ОСТ 1 34054-85	ЗПВС	

Для поддержания и перемещения плоских каркасных и кольцевых узлов с двусторонним расположением элементов каркаса используются поддерживающие устройства, работающие в комплексе со сверлильно-клепальными автоматами (табл. 2.18). Шифровка устройств: УПП-А0,5-2,5 – устройство (У) поддерживающее (П) подвесное (П) к автомату (А) с величиной вылета скобы 0,5 м (0,5) и длиной узла 2,5 м (2,5); если в шифровке не указан вылет скобы, то устройство предназначено для всех моделей автоматов.

Для клепки панелей одинарной и двойной кривизны на автомате АК-5,5-2,4 применяются позиционеры с пятикоординатной системой с ЧПУ. Технические характеристики позиционеров представлены в табл. 2.19.

Шифровка позиционеров: П1 – позиционер (П) первой модификации (1).

Наиболее надежные показатели качества обеспечивает клепка на сверлильно-клепальных автоматах и автоматических установках с ЧПУ. Ресурс получаемых при этом соединений увеличивается вследствие концентрации операций сверления, зенкования и клепки в одной рабочей позиции, при одном установе, с использованием единых баз; повышения качества, герметичности, стабильности усилий сжатия пакета, точностных параметров швов, снижения влияния субъективных факторов на процесс клепки.

Широкому распространению автоматической клепки препятствуют следующие технологические и конструктивные ограничения:

Таблица 2.16

Характеристика обрабатываемого узла	Модель	Диаметр заклепок, мм	Усилие прессования, кН	Усилие сжатия пакета, кН	Частота вращения, с <sup>-1</sup>	Число циклов в минуту	Вылет скобы, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Малогабаритные панели и каркасные узлы	АК-2,2-0,5	3...4	22	2,2	500...5000	20...25	500	1830×1300×1800	1200
То же	АК-3,4-0,8	3...5	34	2,2	500...5000	18...25	800	2610×700×2220	1770
Панели и каркасные узлы	АК-5,5-2,4	3...6	55	1,6	9000	15...20	2400	3600×1350×2600	4300
Панели и каркасные узлы (с зачисткой головок заклепок)	АК3-5,5-1,2	3...6	55	12	9000	10...15	1200	2600×1350×2750	2500
Панели сложной формы с радиусом кривизны 200...500 мм	АК-2,2-0,6П	3...4	22	–	500...5000	–	600	1830×130×2100	1200
С автоматической настройкой режимов клепки	АКМП	3...6	55	2,2	500...10 000	15...20	2400	–	–
С ЧПУ для клепки стержневыми заклепками	АК-16,0-3,0	4...8	160	12	500...6000	5...6	–	30000×8810×5230	5000

Таблица 2.17

Характеристика установки	Модель	Наибольшие размеры обрабатываемого узла, мм	Углы поворота позиционера,		Перемещение инструмента, мм		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
			поперек	вдоль	поперек	вдоль		
Для малотабаритных узлов	У2,5-АК-3,4-0,8	2500×800	±25	±10	-	-	8570×3800×2370	5500
С ЧПУ для длинномерных панелей	У18-2АКД-16-2	18000×3500	-15...10	±15	2100	920	33500×17870×7000	307 700
То же	У30-2АКД-16-2	30000×2000	-25...10	±15	2100	920	55000×11110×7000	335 000
- " -	У25-2-3АКД	25000×2000	-25...10	±15	2100	920	93000×11650×7000	-
С ЧПУ для длинномерных каркасных узлов	У30-2АКД-5,5	30000×2200×400	-	-	-	-	55000×5700×6200	120 000
Для крупногабаритных секций	У15-АКФ-5,5	15000×5200×2000	-	±10	-	15 000	47580×15280×6440	260 000
С ЧПУ с автоматической настройкой на режимы	У11АКМП	11000×2100	±50	±10	-	-	-	-
Для клепки отсек	УКВА-1	3000×1000×1500	-	-	-	-	11460×4550×2930	16 700
Система с ЧПУ для клепки стыков швов	СКСШ-1	15000×180	-	-	-	-	11100×4100×3720	600

Таблица 2.18

Наименование	Модель	Наибольшие размеры обрабатываемых узлов, мм		Расположение деталей на обшивке	Масса, кг
		длина	ширина		
Устройство поддерживающее подвесное к сверлильно-клепальным автоматам АК-5,5-2,4; АК-2,2-0,5 для клепки кольцевых узлов	УПКШ-А6	Ø6000	700	Двухстороннее	60
Устройство поддерживающее подвесное к сверлильно-клепальному автомату АК-2,2-0,5 для клепки плоских каркасных узлов	УПП-А 0,5-2,5 (УПП-7)	2500	1000	Одностороннее	60
Устройство поддерживающее типа рольганг к сверлильно-клепальному автомату АК-2,2-0,5 для клепки плоских узлов длиной до 4000 мм	УПР-А 0,5-4,0 (УПН-3)	4000	1000	- " -	40
Устройство поддерживающее подвесное поворотное к сверлильно-клепальному автомату АК-2,2-0,5 для клепки плоских каркасных узлов	УПП-А 0,5-1,0 (УПП-8)	1000	500	- " -	50
Устройство поддерживающее напольное к сверлильно-клепальному автомату АК-2,2-0,5 для клепки плоских каркасных узлов	УПН-А 0,5-2,0 (УПН-2)	2000	800	- " -	10
Устройство поддерживающее к сверлильно-клепальному автомату АК3-5,5-1,2 для плоских узлов	УП-А1,2-4	4000	1200	Двустороннее	50



Таблица 2.19

Наименование	Модель	Наибольшие размеры обрабатываемых панелей, мм		Скорость перемещения рабочая, м/с	
		длина	ширина	продольная	поперечная
Позиционер с ЧПУ к автомату АК-5,5-2,5 для клепки панелей	П1	8000	2200	0,033	0,006
Устройство выравнивающее с ЧПУ к автомату АК-5,5-2,4 для клепки панелей одинарной кривизны	ВУП-6К	6000	1700	0,033	0,006

по форме и размерам собираемых деталей в зоне расположения заклепок;

по форме и размерам панели в целом;

по материалу деталей, входящих в сборку, и типу заклепок.

Для клепки на сверлильно-клепальных автоматах детали и заклепки должны быть изготовлены из алюминиевых сплавов. Заклепки применяются только стержневые, в том числе высокоресурсные, универсальные и высокоресурсные с компенсатором.

Вследствие указанных ограничений, как показывает анализ [1], даже при самых благоприятных организационно-технических условиях использование существующих клепальных автоматов может автоматизировать не более 20% от общего объема клепки.

**Прессовая клепка.** При прессовой клепке замыкающая головка образуется в результате давления пресса на стержень заклепки. Этому обязательно предшествует сжатие пакета. Оба действия – сжатие пакета и деформация стержня заклепки выполняются непрерывно за один ход плунжера пресса.

Клепальные прессы подразделяются на стационарные групповой клепки, стационарные одиночной клепки, переносные ручные.

Возможность применения того или иного типа пресса зависит от подходов к месту клепки, диаметра расклепываемых заклепок, размеров узлов и панелей и других конструктивных и технологических факторов. В промышленности применяют различные прессы для групповой и одиночной клепки.

В отличие от клепальных автоматов число ограничений применения клепальных прессов существенно ниже. На клепальных прессах можно клепать узлы и панели из алюминиевых, титановых сплавов и сталей любыми сплошными стержневыми заклепками. Это позволяет расширить объем безударной клепки (включая автоматическую и заклепками с односторонним подходом) до 60...70% от всего объема заклепочных соединений.

**Клепка на стационарных прессах.** Для некоторых типов стационарных клепальных прессов часть операций может быть автоматизирована. Например, на прессе типа КП-602 можно клепать панели размерами 5×2,8 м, а также панели переменной толщины заклепками одного диаметра, не перенастраивая при этом пресс. Склепываемые узлы и панели поступают на эти прессы с просверленными и зенкованными отверстиями и вставленными в них заклепками.

В процессе клепки на прессе автоматически выполняются следующие переходы: выравнивание поверхности панели перпендикулярно оси клепальных головок; подвод верхнего и нижнего штампов к изделию; образование замыкающих головок заклепок и отвод верхнего и нижнего штампов в исходное положение; перемещение изделия на шаг групповой клепки. После выполнения клепки по одному ряду заклепок оператор, пользуясь пультом управления, перемещает клепальные головки прессы на следующий ряд заклепок, затем ставит панель в исходное положение и включает пресс на автоматический цикл работы.

Прессы типа КП-602 и другие прессы для групповой клепки снабжаются набором сменных инструментов (штампов для сжатия склепываемого пакета и образования замыкающих головок заклепок). Технические характеристики стационарных клепальных прессов даны в табл. 2.20.

В стационарных клепальных прессах для ориентирования оси заклепки или группы заклепок относительно рабочего инструмента используют выравнивающие, поддерживающие и транспортирующие устройства.

При помощи выравнивающих и транспортирующих устройств автоматически выравнивают изделие и перемещают его в двух взаимно перпендикулярных направлениях; они обеспечивают хороший доступ к клепальному инструменту в зоне клепки и имеют необходимое число точек опоры для предотвращения коробления и изгибов узлов и панелей при клепке.

В зависимости от степени механизации и автоматизации работы, а также расположения относительно клепальных прессов эти устройства можно разделить на следующие группы:

автоматически действующие, являющиеся составной частью конструкции прессы;

автоматически действующие, конструктивно не связанные с прессом, выполненные в виде отдельных выравнивающих и транспортирующих механизмов. Система управления работой таких устройств включается в единую систему управления прессом в процессе клепки или управление происходит от независимой от прессы системы с пульта управления;

Таблица 2.20

Наименование	Модель	Наибольшее усилие, кН	Наибольшие размеры обрабатываемых панелей, мм		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
			ширина	длина		
Пресс с поддерживающим устройством для группового расклепывания заклепок в крупногабаритных, плоских, конических и цилиндрических панелях	КП-602М	700	2800	15 000	2850×6700×4100	50 000
Пресс с поддерживающим устройством для группового расклепывания заклепок в крупногабаритных, цилиндрических, конических панелях и панелях двойной кривизны	КП-504П-1-8,5	250	2200	8500	15560×5400×4355	34 000
То же	КП-504П-1-13,5	250	2200	13 500	20560×5400×4355	40 000
Пресс для группового расклепывания заклепок в плоских, цилиндрических, конических панелях и панелях двойной кривизны	КП-503М	250	1150	—	2765×750×2530	5000
Пресс для одиночного расклепывания заклепок в каркасных узлах	КПК-406М	100	—	—	19550×900×2300	2200
Пресс для одиночного расклепывания заклепок в средних и мелких узлах	Кп-204М	35	1050	—	1700×800×1800	1250

Продолжение табл. 2.20

Наименование	Модель	Наибольшее усилие, кН	Наибольшие размеры обрабатываемых панелей, мм		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
			ширина	длина		
Пресс с поддерживающим устройством для одиночного расклепывания заклепок в малогабаритных панелях двойной кривизны	КМП-205	50	—	1500	2800×4400×5200	3200

с ручным перемещением изделий в виде тележки, передвигающейся в двух взаимно перпендикулярных направлениях, рольганга, подвесных устройств и устройств, монтируемых на станине прессы.

Выравнивающие и поддерживающие устройства первой группы используются в прессах КП-602 и КП-504П, второй – в прессах групповой клепки, в частности КП-503М, КП-403М, КП-405М, КП-501А, третьей – в прессах групповой клепки и стационарных одиночной клепки.

На рис. 2.7 приведены универсальные выравнивающие устройства к прессам КП-403М, КП-503М и КП-501А для клепки панелей одинарной и двойной кривизны с параллельным расположением продольных и поперечных элементов жесткости. Устройство (рис. 2.7, а) предназначено для клепки цилиндрических панелей одинарной кривизны длиной 5...15 м и шириной 0,5...2,2 м. Панель 1 устанавливается на ложементы 2 и перемещается по ним в поперечном направлении с помощью гидравлического привода (цилиндра). При клепке продольных швов пресс перемещается по направляющим 3. Трос помещен на тележке, которая приводится в движение системой механизмов, связанных с зубчатой рейкой 4 на полу цеха. Система управления этого устройства подключается к системе прессы и может работать в процессе клепки на автоматическом цикле; при ручном управлении – с пульта управления работой прессы.

Выравнивающее устройство (рис. 2.7, б) предназначено для клепки панелей одинарной и двойной кривизны длиной до 10 м, шириной 0,3...2,0 м. Панель 1 устанавливается на ложементы 2, смонтированные на четырех гидроподъемниках 5. Пресс 6 установлен на тележке и имеет возможность перемещаться вдоль панели по направляющим 3 и поперек по направляющим 7. Привод продольного и поперечного перемещений прессы –

Продолжение табл. 2.21

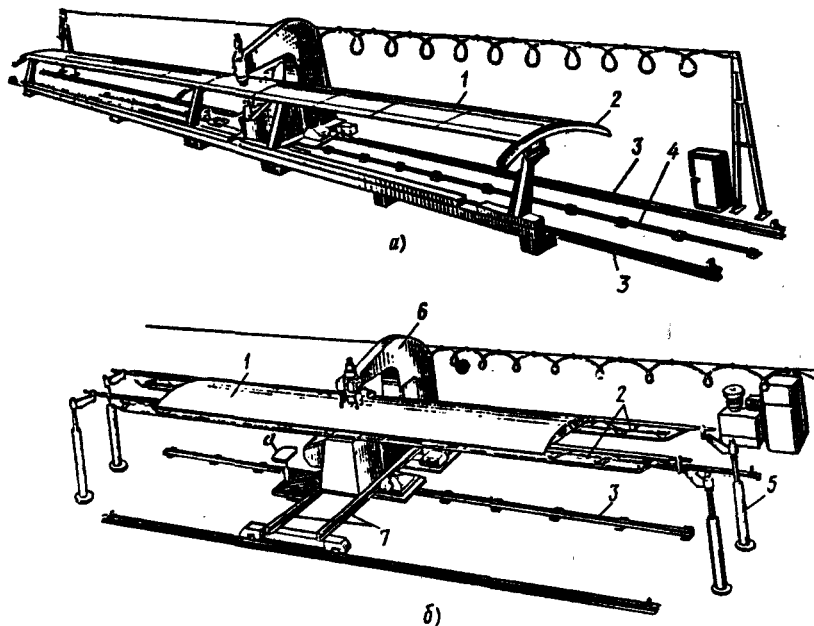


Рис. 2.7. Универсальные выравнивающие устройства

гидравлический. Это обеспечивает плавность хода пресса. Система управления соединена (сблокирована) с системой управления механизмами пресса и может работать в режиме автоматического цикла, а также при ручном управлении. Технические характеристики поддерживающе-выравнивающих устройств к прессу КП-503М приведены в табл. 2.21.

Таблица 2.21

Наименование	Модель	Наибольшие размеры обрабатываемых панелей, мм		Скорость перемещения пресса $\cdot 10^{-3}$ , м/с		Мощность, Вт
		длина	ширина	продольная	поперечная	
Устройство выравнивающее к прессу КП-503М для обработки панелей двойной кривизны	УВП-10 (ВУП-10)	10 000	2200	6,6...116	5...33	6800
Устройство поддерживающе-выравнивающее к прессу КП-503М для клепки длинномерных панелей одинарной кривизны	УПВА-2,0 (УВП-3)	20 000	1200	6,6...116	5...41	1250

Наименование	Модель	Наибольшие размеры обрабатываемых панелей, мм		Скорость перемещения пресса $\cdot 10^{-3}$ , м/с		Мощность, Вт
		длина	ширина	продольная	поперечная	
Устройство поддерживающее к прессу КП-503М для клепки плоских каркасных узлов типа неограниченных длин	УП (УП-2П)	Не ограничена	2400	6,6...116	5...41	4850

Поддерживающе-выравнивающие устройства в виде рольгангов или тележек достаточно сложны, металлоемки и занимают большую производственную площадь (не менее площади плановой проекции панели).

На КНААПО разработаны и с успехом применяются более простые подвесные устройства, в которых продольное перемещение панели осуществляется вертикально, причем панель размещается в специальной нише под полом цеха. При этом пресс может размещаться на полу цеха в боковом положении.

На рис. 2.8 изображено подвесное устройство к клепальным прессам<sup>1</sup>, работающее следующим образом. Клепаемое изделие 13 закрепляют при помощи захватов 11 и вводят между клепальными головками 14 пресса. Изделие выравнивают перпендикулярно оси клепки и производят клепку. Затем клепаемое изделие 13 перемещают вертикально относительно головок 14 на следующий шаг групповой клепки. При настройке на следующий ряд клепаемое изделие 13 отклоняют в сторону. При этом конец балки 4 с траверсой 8 перемещается в плоскости, совпадающей с плоскостью клепаемой панели. Такое движение балки осуществляется за счет наличия закрепленной на ее конце звездочки 7, связанной цепью 5 со звездочкой 6. При перемещении панели одновременно осуществляется поворот балки 4 и взаимозависимый поворот кронштейна 2 на угол, позволяющий перемещать панель в плоскости клепки. Перпендикулярность в плоскости клепки осуществляется поворотом траверсы 8.

Для групповой клепки панелей с большой кривизной в поперечном направлении используется подвесное устройство с поворотной балкой, ось вращения которой совпадает с осью кривизны клепальной панели<sup>2</sup> (рис. 2.9). Работает устройство следующим образом.

<sup>1</sup>Семенов Л. М. и др. Подвесное устройство к клепальным прессам: А.с. 1333467 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

<sup>2</sup>Семенов Л. М. Подвесное устройство к прессам для клепки: А.с. 555965 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

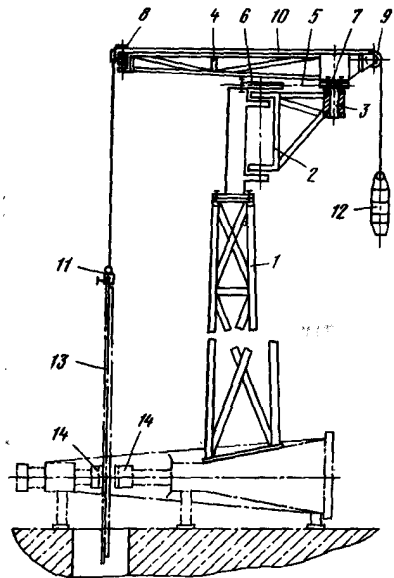


Рис. 2.8. Подвесное устройство к клепальным прессам:  
1 — стойка; 2 — кронштейн; 3 — ось;  
4 — балка; 5 — цепь; 6 — большая звездочка; 7 — малая звездочка; 8 — траверса; 9 — ролики; 10 — трос; 11 — захваты; 12 — противовес; 13 — клепаемая панель; 14 — головки

Клепаемое изделие 10 закрепляют при помощи захватов 8 на тросах 7 и вводят между клепальными головками 11 пресса. Изделие выравнивают и устанавливают перпендикулярно к оси клепальных головок, после чего производят клепку. Затем перемещают изделие 10 относительно клепальных головок 11 на следующий шаг групповой клепки.

Простое по конструкции подвесное устройство с поворотной балкой, ось вращения которой совпадает с осью кривизны клепаемых изделий, позволяет производить клепку изделий различной кривизны при их вертикальном положении, что значительно сокращает производственные площади. Так как клепаемые изделия подвешиваются на тросах, то улучшается установка изделия в прессе и повышается правильность центрирования его относительно оси клепальных головок.

При этом повышается качество клепки и увеличивается проклепываемость изделия по площади.

Эффективно использование подвесного устройства к прессам для клепки объектов замкнутой формы<sup>1</sup> (цилиндрических отсков) (рис. 2.10).

Устройство работает следующим образом. Клепаемое изделие 18 закрепляют при помощи захватов 16 и вводят между клепальными головками 19 пресса. Изделие выравнивают и устанавливают перпендикулярно к оси клепальных головок, при этом ось штанги должна совпадать с центром кривизны клепаемого изделия, после чего производят клепку. Затем перемещают изделие 18 относительно клепальных головок 19 на следующий шаг групповой клепки. Перемещение изделия вверх-вниз осуществляется штангой 6, соединенной с противовесом 15 тросом. При клепке плоских поверхностей ось инструмента должна быть пер-

<sup>1</sup>Торопов В. В. и др. Подвесное устройство к прессам для клепки: А.с. 812414 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

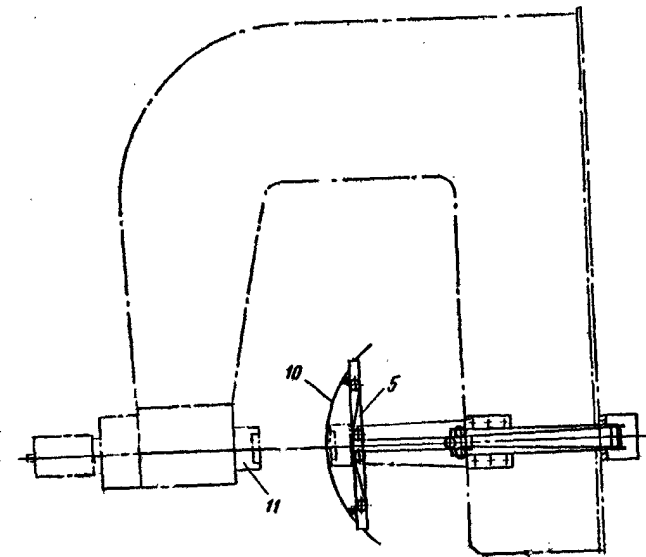
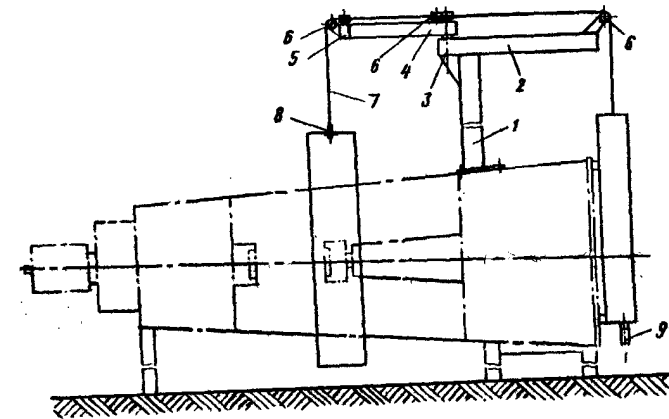


Рис. 2.9. Подвесное устройство к прессам для клепки:  
1 — стойка; 2 — неподвижная балка; 3 — ось поворота балки; 4 — поворотная балка; 5 — кронштейн; 6 — ролики; 7 — трос; 8 — захваты; 9 — противовес; 10 — клепаемая панель; 11 — клепальные головки пресса

пендикулярна плоскости клепки. Это достигается одновременным поворотом стойки 2 и перемещением тележки 5 по направляющим планкам 4 консоли 3.

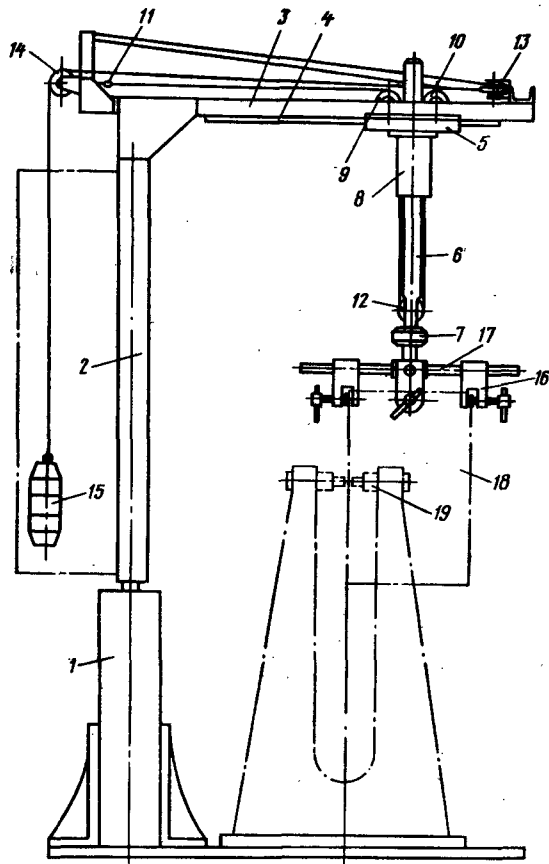


Рис. 2.10. Подвесное устройство для клепки замкнутых (цилиндрических) отсеков:

1 – основание; 2 – поворотная стойка; 3 – консоль; 4 – направляющие планки; 5 – тележка; 6 – штанга; 7 – механизм поворота и крепления изделия; 8 – направляющая; 9, 10 – ролики; 11 – трос; 12, 13, 14 – блоки; 15 – противовес; 16 – захваты; 17 – штыри; 18 – клепаемое изделие; 19 – пресс

Предлагаемое устройство обеспечивает возможность клепки изделий с криволинейными и плоскими поверхностями, а также повышает качество клепки за счет правильности центрирования клепаемого изделия относительно клепальных головок. Выполнение штанги жесткой обеспечивает удобство при перемещении клепаемого изделия во время работы.

*Переносные прессы* применяют для одиночной клепки узлов, собираемых на верстаках, при сборке узлов и панелей в приспособлениях, на внеставельных работах и общей сборке. На ук-

занных участках работы в ряде случаев вместо клепальных пневматических молотков применяют переносные прессы, при этом повышается общий объем прессовой клепки.

В промышленности применяют различные конструкции переносных прессов, но все они состоят из двух основных узлов – силовой головки и скобы. Силовая головка располагается непосредственно в корпусе скобы или выполняется как самостоятельный агрегат, к которому можно присоединять скобы различных типоразмеров. Наиболее рациональны прессы, силовая головка которых является самостоятельным силовым агрегатом, так как быстрая замена типоразмера скобы непосредственно на рабочем месте расширяет диапазон применения прессов.

По виду потребляемой энергии, способу ее использования и конструкции силовой головки переносные прессы разделяются на гидравлические, пневмогидравлические, пневморычажные.

Гидравлические переносные прессы подключаются и работают от специальных гидравлических мультипликаторов. Пневмогидравлические прессы работают от пневмогидравлических мультипликаторов. Пневморычажные переносные прессы подключаются непосредственно к заводской сети сжатого воздуха. Для этих прессов не требуется никаких преобразователей энергии.

Пневматические клепальные прессы работают непосредственно от сети с давлением 0,49 МПа, а гидравлические – от пневмогидравлических приводов типа МПГ-2М, ПГА70-240М и др.

В зависимости от развиваемых усилий прессы разделены на семь групп, каждая из которых предназначена для расклепывания определенной номенклатуры заклепок. Диаметры расклепываемых заклепок для алюминиевых сплавов и различных марок сталей представлены в табл. 2.22.

Т а б л и ц а 2.22

Материал заклепок	Усилие прессования, кН						
	11	22	34	45	58	73	90
Алюминиевый сплав	2,6 и 3,0	3,5 и 4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	–
Сталь							
10; 15	2,6	3,0 и 3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	–
20Г2	–	–	3,5	4,0	5,0	–	6,0
12Х18Н9Т	–	2,6	3,0	3,5	4,0	–	5,0

Возможность расклепывания заклепок в местах, требующих различного положения плоскости прессования в технологическом зеве скобы, обеспечивается сменой плунжеров и упоров.

Для улучшения условий ввода пресса в зону клепки и перемещения его от заклепки в местах, насыщенных элементами каркаса, часть клепальных прессов оснащена убирающимися обжимками, обеспечивающими возможность увеличения рабочего зева пресса.

Технические характеристики применяемых пневматических и гидравлических прессов приведены в табл. 2.23 и 2.24 соответственно.

Т а б л и ц а 2.23

Модель пресса	Усилие прессования, кН	Ход плунжера, мм	Максимальный рабочий зев, мм	Толщина пакета, мм	Масса, кг
ППБП 1,1 ППБУ 1,1 ППТП 1,1 ППКУ 1,1	11	9,0	18	1,3...10,5	4,0...4,7
ППБП 2,2 ППБУ 2,2 ППТП 2,2 ППКУ 2,2	22	10,5	23	1,3...14,0	4,0...6,0
ППБП 3,4 ППБУ 3,4 ППТП 3,4 ППКУ 3,4	34	11,5	24	1,5...14,0	6,0...8,1

Т а б л и ц а 2.24

Модель пресса	Усилие прессования, кН	Ход плунжера, мм	Максимальный рабочий зев, мм	Толщина пакета, мм	Масса, кг
ПГБП 3,4 ПГБУ 3,4 ПГКП 3,4 ПГТП 3,4	34	22,4; 25	23; 25; 30	2,5...17,5	4,8...7,7
ПГБП 4,5 ПГБУ 4,5 ПГКП 4,5 ПГТП 4,5	4,5	25; 28	24; 25,7; 28; 35	3...21	5,5...9,2
ПГБП 5,8 ПГБУ 5,8	5,8	31	28; 39	3,5...24,5	6,0...9,5
ПГБП 7,3 ПГБУ 7,3	7,3	34	33; 44	4,6...28,0	6,7...11,0
ПГБП 9,0 ПГБУ 9,0	9,0	28	24; 35	3...21	7,4...12,6

Сжатие склепываемого пакета перед началом рабочего хода производится с усилием 0,5 кН у прессов с усилием клепки 11 кН и 22 кН; 0,8 кН при усилиии клепки 34 кН и 45 кН; 1 кН при

усилии клепки 58 кН и 73 кН; 1,5 кН у прессов с усилием клепки 90 кН. Гидравлические presses требуют настройки на толщину склепываемого пакета, настройка пневматических прессов осуществляется вручную. Пневматические presses производят 40...50 ходов в минуту, гидравлические – 25...30.

Предусмотрены 34 типовые компоновки прессов, которые позволяют путем установки скоб, плунжеров, обжимок различных размеров получить 281 рабочую компоновку моделей.

Шифровка прессов:

ППБП 1,1-100-75-30 – пресс (П) пневматический (П) типа бугель (Б), прямой (П), усилие на плунжере 11 кН (1,1), вылет скобы пресса 100 мм (100), зев технологический 75 мм (75), расстояние от торца плунжера до тела скобы 30 мм (30). Буквами "П", стоящими в конце шифра, обозначаются presses с убирающейся обжимкой.

Пневматический клепальный пресс состоит из силового агрегата, насадки и скобы. Силовой агрегат и насадка выполняются в виде пневмоцилиндра одинарного или двойного действия с клинорычажными, коленорычажными или кулачковыми передачами [10].

Переносной пневморычажный пресс (рис. 2.11) выполнен со сдвоенным пневматическим цилиндром и клинорычажной передачей. Пневматические цилиндры пресса имеют различные диаметры, наружная поверхность цилиндра меньшего диаметра одновременно является и рукояткой пресса. Пресс состоит из цилиндра 1, к которому крепится скоба 7, поршней 4 и 16, соединенных штоком 2, системы рычагов и золотника 19 с пусковой кнопкой 18. Пресс присоединяют к заводской сети сжатого

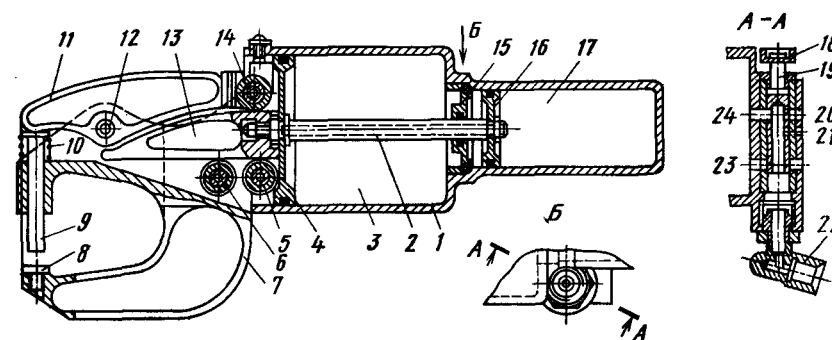


Рис. 2.11. Пневморычажный пресс:

1 – цилиндр; 2 – шток; 3, 15, 17 – рабочие полости цилиндров; 4, 16 – поршни; 5, 6, 14 – подшипники; 7 – скоба; 8 – обжимка; 9 – пуансон; 10 – пружина; 11 – рычаг; 12 – ось; 13 – клин; 18 – пусковая кнопка; 19 – золотник; 20, 21, 23, 24 – каналы воздухораспределительного устройства; 22 – штуцер

воздуха посредством штуцера 22. После того как пресс установят на заклепку, его включают в работу нажатием кнопки 18. Сжатый воздух из сети поступает по каналу 23 в полость 3 цилиндра 1 и по отверстию в штоке 2 – в полость 17. Сжатый воздух давит на поршни 4 и 16 и перемещает их клин 13 влево, а сжатый воздух из полости 15 через каналы 21 и 20 выходит в атмосферу. При перемещении клина влево рычаг 11 поворачивается на оси 12, нажимает на пуансон 9 и образует замыкающую головку заклепки, находящейся между пуансоном 9 и обжимкой 8 (на рис. 2.11 заклепка и склепываемый пакет не показаны).

После того как заклепка расклепается, пусковую кнопку 18 освобождают, золотник под действием сжатого воздуха поднимается вверх и переключает впускные и выпускные каналы. Воздух из полостей 3 и 17 по каналам 20 и 24 выходит в атмосферу, а по каналу 21 из сети – в полость 15. Под давлением воздуха в полости 15 на поршень 16 все механизмы пресса возвращаются в исходное положение. Пуансон 9 в исходное положение возвращается пружиной 10.

Пневморычажные переносные прессы конструктивно выполняются определенного типоразмера или в виде сборной конструкции, состоящей из унифицированных элементов – силового агрегата, насадки и скобы.

Прессы из унифицированных элементов создают большую маневренность в эксплуатации и позволяют компоновать их со скобами различных типоразмеров в зависимости от подходов в зону клепки. Типы компоновок переносных пневматических прессов представлены в табл. 2.25.

Пневмогидравлический пресс следует рассматривать как единую систему, состоящую из пневмогидравлического пресса и мультипликатора. В качестве мультипликатора часто используется пневмогидравлический агрегат модели ПГА70-240М.

Существует три основных типа скоб: бугели, клещи и тиски. Траверсы скоб типа клещи и бугели могут выполняться изогнутыми, образуя дополнительные типы скоб – бугель угловой и клещи угловые. В табл. 2.26 приведены компоновки для различных типоразмеров скоб.

**Клепка раскаткой.** Большинство клепаных агрегатов, имеющих клиновидную форму с углом до 15°, включает тонкие обшивки, сотовый наполнитель, клей, мягкие вставки. При клепке таких пакетов прессовым или ударным методами из-за воздействия больших статических или динамических нагрузок возможны разрушения клеевой структуры, деформации тонких обшивок, мягких вставок и другие дефекты. Применение клепки давлением с раскаткой для таких пакетов позволяет избежать указанных дефектов благодаря возможности управлять деформацией стержня заклепки путем изменения режимов процесса.

Таблица 2.25

Усилие прессования, кН	Расстояние от торца плунжера до тела скобы, мм	Зев пресса при убранный обжимке, мм	Шифры рабочих компоновок				Тиски прямые
			Бугель прямой	Бугель угловой	Клещи угловые	Тиски прямые	
11	9	-	-	-	-	-	ППП 1,1-30-30-9 ППП 1,1-50-30-9
	9	-	-	-	-	-	-
	20	-	ППБ 1,1-50-50-20	ППУ 1,1-50-50-20	-	ППКУ 1,1-50-50-20	-
	15	59	ППБ 1,1-50-75-15П	ППУ 1,1-50-75-15П	-	-	-
	30	-	ППБ 1,1-50-75-30	ППУ 1,1-50-75-30	-	-	-
	30	44	ППБ 1,1-50-75-30П	ППУ 1,1-50-75-30П	-	-	-
	45	-	ППБ 1,1-50-75-45	ППУ 1,1-50-75-45	-	-	-
	20	-	-	-	-	ППКУ 1,1-75-50-20	-
	20	-	-	-	-	ППКУ 1,1-100-50-20	-
	15	59	ППБ 1,1-100-75-15П	ППУ 1,1-100-75-15П	-	-	-
	30	-	ППБ 1,1-100-75-30	ППУ 1,1-100-75-30	-	ППКУ 1,1-100-75-30	-
	30	44	ППБ 1,1-100-75-30П	ППУ 1,1-100-75-30П	-	-	-
45	-	ППБ 1,1-100-75-45	ППУ 1,1-100-75-45	-	ППКУ 1,1-100-75-45	-	
22	7	-	-	-	-	-	ППП 2,2-30-30-7 ППП 2,2-50-30-7
	7	-	-	-	-	-	-
	15	-	ППБ 2,2-50-50-15	ППУ 2,2-50-50-15	-	ППКУ 2,2-50-50-15	-
	15	59	ППБ 2,2-50-75-15П	ППУ 2,2-50-75-15П	-	-	-
	25	-	ППБ 2,2-50-75-25	ППУ 2,2-50-75-25	-	-	-
	25	49	ППБ 2,2-50-75-25П	ППУ 2,2-50-75-25П	-	-	-
	40	-	ППБ 2,2-50-75-40	ППУ 2,2-50-75-40	-	-	-
	25	-	-	-	-	ППКУ 2,2-75-75-25	-
	40	-	-	-	-	ППКУ 2,2-75-75-40	-
	15	-	ППБ 2,2-75-100-15	ППУ 2,2-75-100-15	-	-	-
	15	-	ППБ 2,2-75-100-15П	ППУ 2,2-75-100-15	-	-	-
	40	-	ППБ 2,2-75-100-40	ППУ 2,2-75-100-40	-	-	-

Усилие прессования, кН	Расстояние от торца плужера до тела скобы, мм	Зев пресса при убранный обжимке, мм	Шифры рабочих компонентов				Тиски прямые
			Бугель прямой	Бугель угловой	Клещи угловые	Тиски прямые	
22	40	—	ПББП 2,2-75-100-40П	ПББУ 2,2-75-100-40П	—	—	—
	55	—	ПББП 2,2-75-100-55	ПББУ 2,2-75-100-55	—	—	—
	15	—	—	—	ППКУ 2,2-100-50-15	—	—
	25	—	—	—	ППКУ 2,2-100-75-25	—	—
	40	—	—	—	ППКУ 2,2-100-75-40	—	—
	10	—	—	—	—	—	ПППП 3,4-30-35-10
	10	—	—	—	—	—	ПППП 3,4-50-35-10
	15	—	—	ПББП 3,4-50-50-15	ПББУ 3,4-50-50-15	—	—
	15	59	—	ПББП 3,4-50-75-15П	ПББУ 3,4-50-75-15П	—	—
	25	—	—	ПББП 3,4-50-75-25	ПББУ 3,4-50-75-25	—	—
34	25	49	ПББП 3,4-50-75-25П	ПББУ 3,4-50-75-25П	—	—	—
	40	—	ПББП 3,4-50-75-40	ПББУ 3,4-50-75-40	—	—	—
	25	—	—	—	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	—
	25	—	—	—	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	—
	25	—	—	—	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	—
	15	59	—	ПББП 3,4-100-75-15П	ПББУ 3,4-100-75-15П	—	—
25	—	—	ПББП 3,4-100-75-25	ПББУ 3,4-100-75-25	—	—	
25	49	—	ПББП 3,4-100-75-25П	ПББУ 3,4-100-75-25П	—	—	
40	—	—	ПББП 3,4-100-75-40	ПББУ 3,4-100-75-40	—	—	
15	—	—	ПББП 3,4-125-50-15	ПББУ 3,4-125-50-15	—	—	

Таблица 2.26

Усилие прессования, кН	Расстояние от торца плужера до тела скобы, мм	Зев пресса при убранный обжимке, мм	Шифры рабочих компонентов				Клещи угловые
			Бугель прямой	Бугель угловой	Клещи прямые	Клещи угловые	
34	8	—	—	—	—	—	—
	15	—	ПББП 3,4-50-50-15	ПББУ 3,4-50-50-15	—	—	ППКУ 3,4-50-50-15
	15	59	ПББП 3,4-50-75-15П	ПББУ 3,4-50-75-15П	—	—	—
	20	—	ПББП 3,4-50-75-20	ПББУ 3,4-50-75-20	—	—	—
	35	—	ПББП 3,4-50-75-35	ПББУ 3,4-50-75-35	—	—	—
	20	—	—	—	—	—	—
	35	—	—	—	—	—	—
	20	—	—	—	—	—	—
	20	79	—	ПББП 3,4-75-100-20	ПББУ 3,4-75-100-20	—	—
	40	—	—	ПББП 3,4-75-100-40	ПББУ 3,4-75-100-40	—	—
45	40	59	ПББП 3,4-75-100-40П	ПББУ 3,4-75-100-40П	—	—	—
	55	—	ПББП 3,4-75-100-55	ПББУ 3,4-75-100-55	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	—
	15	59	ПББП 3,4-100-75-15П	ПББУ 3,4-100-75-15П	—	—	—
	20	—	ПББП 3,4-100-75-20	ПББУ 3,4-100-75-20	—	—	—
	35	—	ПББП 3,4-100-75-35	ПББУ 3,4-100-75-35	—	—	—
	15	—	ПББП 3,4-125-50-15	ПББУ 3,4-125-50-15	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	—
45	15	—	ПББП 4,5-50-55-15	ПББУ 4,5-50-55-15	—	—	—
	15	—	ПББП 4,5-50-100-15	ПББУ 4,5-50-100-15	—	—	—
	15	84	ПББП 4,5-50-100-15П	ПББУ 4,5-50-100-15П	—	—	—
	35	—	ПББП 4,5-50-100-35	ПББУ 4,5-50-100-35	—	—	—
	35	64	ПББП 4,5-50-100-35П	ПББУ 4,5-50-100-35П	—	—	—
	55	—	ПББП 4,5-50-100-55	ПББУ 4,5-50-100-55	—	—	—
	25	—	—	—	—	—	—
	35	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	—
	15	84	—	ПББП 4,5-75-100-15	ПББУ 4,5-75-100-15	—	—
15	—	—	ПББП 4,5-75-100-15П	ПББУ 4,5-75-100-15П	—	—	



Условие прессования, к.Н	Расстояние от торца плунжера до тела скобы, мм	Зев прессоранной обжим-ке, мм	Шрифты рабочих компонентов			
			Бугель прямой	Бугель угловой	Клещи прямые	Клещи угловые
45	35	—	ПГБП 4,5-75-100-35	ПГБУ 4,5-75-100-35	—	—
	35	64	ПГБП 4,5-75-100-35П	ПГБУ 4,5-75-100-35П	—	—
	55	2	ПГБП 4,5-75-100-55	ПГБУ 4,5-75-100-55	—	—
	15	—	—	—	ПГКП 4,5-100-55-15	ПГКУ 4,5-100-55-15
	15	59	ПГБП 4,5-100-75-15П	ПГБУ 4,5-100-75-15П	—	—
	25	—	ПГБП 4,5-100-75-25	ПГБУ 4,5-100-75-25	—	—
	25	49	ПГБП 4,5-100-75-25	ПГБУ 4,5-100-75-25П	—	—
	35	—	ПГБП 4,5-125-50-35	ПГБУ 4,5-125-50-35	—	—
	25	—	—	—	—	—
	35	—	—	—	—	—
58	15	—	ПГБП 4,5-150-55-15	ПГБУ 4,5-150-55-15	—	—
	15	—	ПГБП 5,8-50-60-15	ПГБУ 5,8-50-60-15	—	—
	15	—	ПГБП 5,8-50-100-15	ПГБУ 5,8-50-100-15	—	—
	15	84	ПГБП 5,8-50-100-15П	ПГБУ 5,8-50-100-15	—	—
	30	—	ПГБП 5,8-50-100-30	ПГБУ 5,8-50-100-30	—	—
	30	69	ПГБП 5,8-50-100-30П	ПГБУ 5,8-50-100-30П	—	—
	50	—	ПГБП 5,8-50-100-50	ПГБУ 5,8-50-100-50	—	—
	15	—	ПГБП 5,8-100-75-15	ПГБУ 5,8-100-75-15	—	—
	15	59	ПГБП 5,8-100-75-15П	ПГБУ 5,8-100-75-15П	—	—
	30	—	ПГБП 5,8-100-75-30	ПГБУ 5,8-100-75-30	—	—
50	—	ПГБП 5,8-100-150-50	ПГБУ 5,8-100-150-50П	—	—	
50	99	ПГБП 5,8-100-150-50П	ПГБУ 5,8-100-150-50П	—	—	
15	—	ПГБП 5,8-150-60-15	ПГБУ 5,8-150-60-15	—	—	
15	—	ПГБП 5,8-150-100-15	ПГБУ 5,8-150-100-15	—	—	
15	84	ПГБП 5,8-150-100-15П	ПГБУ 5,8-150-100-15П	—	—	
30	—	ПГБП 5,8-150-100-30	ПГБУ 5,8-150-100-30	—	—	
30	69	ПГБП 5,8-150-100-30П	ПГБУ 5,8-150-100-30П	—	—	
50	—	ПГБП 5,8-150-100-50	ПГБУ 5,8-150-100-50	—	—	

Компоновки нецелесообразны

73	15	—	ПГБП 7,3-50-65-15	ПГБУ 7,3-50-65-15	Компоновки нецелесообразны
	15	—	ПГБП 7,3-50-100-15	ПГБУ 7,3-50-100-15	
	15	84	ПГБП 7,3-50-100-15	ПГБУ 7,3-50-100-15П	
	30	—	ПГБП 7,3-50-100-30	ПГБУ 7,3-50-100-30	
	30	69	ПГБП 7,3-50-100-30П	ПГБУ 7,3-50-100-30П	
	50	—	ПГБП 7,3-50-100-50	ПГБУ 7,3-50-100-50	
	15	—	ПГБП 7,3-75-15	ПГБУ 7,3-75-15	
	15	59	ПГБП 7,3-75-75-15	ПГБУ 7,3-75-75-15	
	25	—	ПГБП 7,3-75-75-25	ПГБУ 7,3-75-75-25	
	20	104	ПГБП 7,3-75-125-20	ПГБУ 7,3-75-125-20	
40	—	ПГБП 7,3-75-125-40	ПГБУ 7,3-75-125-40		
40	84	ПГБП 7,3-75-125-40	ПГБУ 7,3-75-125-40П		
60	—	ПГБП 7,3-75-125-60	ПГБУ 7,3-75-125-60		
15	—	ПГБП 7,3-100-65-15	ПГБУ 7,3-100-65-15		
15	—	ПГБП 7,3-150-100-15	ПГБУ 7,3-150-100-15		
15	84	ПГБП 7,3-150-100-15П	ПГБУ 7,3-150-100-15П		
30	—	ПГБП 7,3-150-100-30	ПГБУ 7,3-150-100-30		
30	69	ПГБП 7,3-150-100-30П	ПГБУ 7,3-150-100-30П		
50	—	ПГБП 7,3-150-100-50	ПГБУ 7,3-150-100-50		
90	15	—	ПГБП 9,0-50-55-15	ПГБУ 9,0-50-55-15	Компоновки нецелесообразны
	15	—	ПГБП 9,0-50-100-15	ПГБУ 9,0-50-100-15	
	15	84	ПГБП 9,0-50-100-15П	ПГБУ 9,0-50-100-15П	
	30	—	ПГБП 9,0-50-100-30	ПГБУ 9,0-50-100-30	
	30	69	ПГБП 9,0-50-100-30П	ПГБУ 9,0-50-100-30П	
	55	—	ПГБП 9,0-50-100-55	ПГБУ 9,0-50-100-55	
	15	—	ПГБП 9,0-100-100-15	ПГБУ 9,0-100-100-15	
	15	84	ПГБП 9,0-100-100-15П	ПГБУ 9,0-100-100-15П	
	30	—	ПГБП 9,0-100-100-30	ПГБУ 9,0-100-100-30	
	30	69	ПГБП 9,0-100-100-30П	ПГБУ 9,0-100-100-30П	
55	—	ПГБП 9,0-100-100-55	ПГБУ 9,0-100-100-55		
60	—	ПГБП 9,0-125-150-60	ПГБУ 9,0-125-150-60		
60	89	ПГБП 9,0-125-150-60П	ПГБУ 9,0-125-150-60П		

Примечания: 1. С расстоянием 8 komponуются только тиски прямые типа ПГТП 3,4-30-35-8, ПГТП 3,4-50-35-8, 2. С расстоянием 10 komponуются только тиски прямые типа ПГТП 4,5-30-40-10, ПГТП 4,5-50-40-10.

Сущность метода заключается в том, что благодаря малой площади соприкосновения раскатного пуансона и торца заклепки при небольших осевых усилиях в зоне контакта создаются напряжения, превышающие предел текучести материала заклепки. При круговом движении раскатника пятно контакта перемещается по торцу заклепки. Конструкция раскатных головок обеспечивает перемещение раскатчика по заклепке без трения.

Клепка давлением с раскаткой клиновидных пакетов при установке раскатного устройства на пакет должна обеспечивать направление усилия клепки по оси заклепки. Для этого устанавливают поддержку и прижим с углом, равным половине угла клиновидности соединяемого пакета. Центр раскатного пуансона устанавливают по оси заклепки. Отклонение не должно превышать 0,5 мм. Точность установки обеспечивается регулировкой положения центроискателя раскатного устройства. При клепке заклепок с выступающей закладной головкой используют сменную поддержку с лункой, по форме и размерам соответствующей головке заклепки.

Расстояние между поддержкой и прижимом устанавливают так, чтобы обеспечить полное заполнение зенкованного гнезда. Регулировку величины зазора осуществляют изменением положения поддержки. Осевое усилие на раскатном пуансоне устанавливается в зависимости от материала и толщины соединяемых обшивок, материалов и диаметра заклепки согласно табл. 2.27.

Т а б л и ц а 2.27

Материал заклепки	Диаметр заклепки, мм	Усилие клепки, кН		
		S=0,5...0,9 мм	S=1,0...1,5 мм	S свыше 1,5 мм
АМ-5П	2,5	1,5	1,7	2,0
	3,0	1,7	2,0	2,2
	3,5	2,0	2,5	3,0
	4,0	2,5	3,0	3,5
	5,0	4,0	4,5	5,0
Д-18	2,6	2,0	2,5	3,0
	3,0	2,5	3,3	3,5
	3,5	3,0	3,5	4,0
	4,0	3,0	4,5	5,0
	5,0	5,0	5,5	6,0
В-65	2,5	3,0	3,3	3,5
	3,0	3,5	3,8	4,0
	3,5	4,0	4,5	5,0
	4,0	4,5	5,0	6,0
	4,0	4,5	5,0	6,0

Требуемые усилия при клепке давлением с раскаткой в 5...10 раз меньше, чем при прессовой клепке и зависят от конструктивных факторов соединения.

Длина  $L$  заклепки при раскатке выбирается в зависимости от толщины  $S$  пакета и диаметра заклепки:  $L=S+3$  мм – для диаметра заклепки до 3,0 мм;  $L=S+4$  мм – для диаметра заклепки 3,5...5,0 мм. При недопустимом выступании замыкающей головки производят ее зачистку.

Клепку раскаткой производят на клепально-раскатных машинах. Шифровка машин:

МКР-4С – машина клепально-раскатная (МКР), наибольший диаметр раскатываемой заклепки 4 мм (4), для клепки стыковых швов (С);

МКР-5-70 – машина клепально-раскатная (МКР), наибольший диаметр раскатываемой заклепки 5 мм (5), вылет скобы 70 мм (70).

Технические характеристики клепально-раскатных машин приведены в табл. 2.28.

Т а б л и ц а 2.28

Назначение	Модель	Диаметр заклепки, мм	Наибольшее усилие на пуансоне, кН	Усилие сжатия пакета, Н	Толщина пакета, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Для клепки краевых швов плоских и клиновидных пакетов (до 15 градусов), в том числе содержащих композиционные материалы	МКР-5В	2,6...5,0	8	240	6...26	256×70×325	4,0
Для клепки краевых швов плоских пакетов, содержащих композиционные материалы, заклепками из титанового сплава	МКР-4К	3...4	10	490	6...30	280×66×415	5,6
Для клепки стыковых швов	МКР-4С	4	6,5	350	–	310×90×280	4,0
То же	МКР-5С	5	8,5	400	–	323×94×333	5,0
Для клепки краевых швов плоских и клиновидных пакетов	МКР-5-70	5	8	140	17	274×74×340	4,0

Продолжение табл. 2.28

Назначение	Модель	Диаметр заклепки, мм	Наибольшее усилие на пуансоне, кН	Усилие сжатия пакета, Н	Толщина пакета, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Для клепки краевых швов плоских и клиновидных пакетов	МКР-5-110	5	8	140	28	314×74×350	5,5
То же	МКР-5-150	5	8	140	37	354×74×360	7,0

**Ударная клепка.** Несмотря на очевидные преимущества пресовой клепки в современном сборочном производстве ударная клепка занимает до 40...60 % от всего объема клепальных работ. Это вызвано в основном тем, что конструктивное оформление узла, обеспечивающее требуемые условия для прессовой клепки, во многих случаях ведет к увеличению массы и снижению ресурса. Кроме того, в условиях стапельной сборки для соединений в труднодоступных местах преобладает клепка пневмомолотками. С совершенствованием технологии клепально-сборочных работ и появлением новых видов соединений относительный объем ударной клепки неуклонно снижается, но в ближайшем будущем будет оставаться достаточно большим.

**Недостатки ударной клепки:** большая трудоемкость; влияние субъективных особенностей клепальщика на качество клепки; быстрая утомляемость рабочих; вредные условия труда, вызывающие профессиональные заболевания не только у клепальщиков, но и у других рабочих агрегатно-сборочных цехов. Основным недостатком ударной клепки являются сопровождающие эту операцию шум и вибрация.

Влияние указанных вредных факторов может быть уменьшено в связи с принятием таких мер, как разработка новых моделей пневмомолотков с улучшенными виброхарактеристиками; применение подложек с виброгашением, специальными покрытиями или из сплавов с демпфирующими свойствами; определение точного соответствия массы поддержки материалу, диаметру заклепок, толщине пакета и характеристикам молотка; разработка и применение новых методов ударной клепки (одноударная, магнитно-импульсная, одноударная импульсная, с электронагревом и т. д.).

К настоящему времени сняты с производства и запрещены к применению пневмомолотки устаревших моделей 2КМП, КМП13, 56КМП-3, 4КМ, 57КМП4, КМП23, 57КМП5, 62КМ-6, КМП-42-13, 8КМ, 62КМ-8. В соответствии с ОСТ 176624-77 "Молотки клепальные пневматические. Типы и основные пара-

метры" предусматривается использование молотков пяти групп мощности – 0, 1, 2, 3, 3А (табл. 2.29).

В зависимости от степени ограничения подхода к месту клепки молотки делятся на три типа: КМП – для мест со сборным подходом с рукояткой пистолетного типа, КМ – для мест со свободным подходом с рукояткой замкнутого типа, КМУ – для мест с ограниченным подходом угловые.

Таблица 2.29

Основные параметры	Группа мощности				
	0	1	2	3	3А
Энергия единичного удара, Дж	1,8	2,5	5	10	13
Масса молотка без обжимки, кг (не более)	1,2	1,4	1,7	2,2	3,5
Размеры молотка, мм	100×22×4	173×150×14×42	193×185×148×40	329×320×148×68	370×140×70

**Шифровка пневматических молотков:**

КМП-32М – клепальный молоток (КМ) с рукояткой пистолетного типа (П) третьей группы мощности (3), второй модели (2), модернизированный (М).

Технические характеристики современных клепальных пневматических молотков приведены в табл. 2.30.

Таблица 2.30

Модель	Группа мощности	Энергия единичного удара, Дж	Расход воздуха, м³/с	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
КМП-14М	1	2,5	0,005	145×130×41	1,35
КМП-15	1	2,5	0,04	150×140×42	1,0
КМП-25	2	5,0	0,04	180×146×47	1,5
КМП-32М	3	10,0	0,01	245×146×52	2,7
КМП-33	3	10,0	0,04	250×148×53	2,1
КМ-33	3	10,0	0,01	310×140×68	2,6
КМ-34	3	12,0	–	320×140×68	2,0
КМ-42	3А	13,0	0,012	360×140×68	3,3
КМ-43	3А	13,5	0,04	350×140×70	3,0
КМУ-13	0	1,8	0,005	90×155×40	1,4
КМУ-14	0	1,96	0,30	–	1,15

Поддержка служит опорой при расклепывании заклепки пневматическим клепальным молотком. Правильно выбранная по конструкции и массе поддержка должна иметь ту же частоту ударов, что и молоток. При несоблюдении этого требования удары молотка не координируются с ударами поддержки, в результате клепка получается недоброкачественной, снижается производительность клепки и увеличивается вредное воздействие на клепальщика.

Масса поддержки зависит от диаметра и материала расклепываемой заклепки, а также способа клепки. При обратном способе клепки, когда удары молотка наносят по закладной головке, массу поддержек принимают минимально возможной, так как их масса, а следовательно, и размеры ограничиваются условиями подхода с поддержкой в зону клепки. В случае клепки прямым методом, когда удары молотка наносятся по замыкающей головке, массу поддержек определяют из условий оптимальной деформации замыкающей головки заклепки и минимальной амплитуды колебания поддержки. При правильно выбранной массе поддержки амплитуда колебания поддержки равна амплитуде колебания пневмомолотка.

При выборе поддержки необходимо руководствоваться результатами исследований НИАТа [24]:

масса поддержки влияет на значение вибрационных параметров: с увеличением массы на один кг уровень вибрации на поддержке снижается в среднем по спектру частот на 1...6 дБ;

уровень вибрации на поддержке при клепке стальных заклепок на 1...5 дБ выше, чем при клепке алюминиевых заклепок;

с увеличением толщины пакета на 1 мм уровень вибрации на жестких поддержках повышается в среднем на 1...3 дБ;

с увеличением диаметра заклепки уровень вибрации на поддержке увеличивается.

Конфигурация поддержек может быть самой разнообразной. При проектировании и изготовлении поддержек необходимо предусматривать, чтобы основная масса ее была сосредоточена в той части, которая соприкасается с заклепкой.

Для снижения уровня вибрации на поддержках используют сплавы с высокими демпфирующими свойствами. Применение сплавов на основе "марганец – медь" снижает уровень вибрации на 4...14 дБ, на основе "магний – цирконий" или сплавов марок МЛ10, МЛ12 – на 3...12 дБ. На 5...8 дБ снижается уровень вибрации при использовании свинцовых вставок. Их запрессовывают в отверстия или заливают в резьбовые отверстия поддержки.

Другим направлением снижения уровня вибрации является покрытие поддержек упругодемпфирующими материалами: губкой Р-29; пластмассой "Агат", войлоком, пеноматериалом "Элпен", пеногерметиком.

На КнААПО успешно используется способ снижения уровня вибрации путем нанесения пеногерметика на нерабочие части поддержек. Пеногерметик является как виброгасящим, так и теплоизолирующим материалом. Основой пеногерметика является герметик УЗОМЭС-5М, который после введения порофора ЧХЗ-6А вспенивается при цеховой температуре.

Нанесение покрытия осуществляется в четыре слоя. Первый слой герметика без порофора наносится на опескоструенную или зачищенную крупной шкуркой и обезжиренную нефрасом, а затем ацетоном поверхность с выдержкой для каждого обезжиривания в течение 10...15 мин. После нанесения первого слоя дается выдержка в течение времени жизнеспособности герметика. Этот слой обеспечивает хорошую адгезию для вспененного герметика. Второй слой наносится 30 % кистевым герметиком с введением порофора, после чего дается выдержка не менее 4 ч. Третий слой наносится 30 % кистевым герметиком с порофором и последующей выдержкой не менее 24 ч. Последний слой наносится 30 % кистевым герметиком без порофора с выдержкой до полного высыхания.

#### *Рецептура герметика 1-го и 4-го слоев*

Паста У-30Э-5 . . . . .	ТУ38-105-1436-88 . . . .	100 массовых частей (м. ч.)
Паста № 9 . . . . .	ТУ38-105-1436-88 . . . .	7...11 м. ч.
АГМ-9 . . . . .	ТУ6-62-724-77 . . . . .	0,5...1,0 м. ч.
Этилацетат . . . . .	ГОСТ 8381-78 . . . . .	30 м. ч.

#### *Рецептура пеногерметика 2-го и 3-го слоев*

Паста У-30Э-5 . . . . .	ТУ38-105-1436-88 . . . .	100 м. ч.
Паста № 9 . . . . .	ТУ 105 1436-38 . . . . .	7...9 м. ч.
АГМ-9 . . . . .	ТУ6-02-724-77 . . . . .	0,2...0 м. ч.
Этилацетат . . . . .	ГОСТ 8901-78 . . . . .	30 м. ч.
Порофор ЧХЗ-6А . . . . .		3 м. ч.

**Клепка высокоресурсными сплошными стержневыми заклепками.** Проблема повышения прочности, надежности, ресурса авиационных конструкций всегда была весьма актуальна. В связи с этим необходимы разработка новых и совершенствование существующих типов высокоэффективного заклепочного крепежа – наиболее массового высоконагруженного элемента планера самолетов, а также прогрессивных методов его постановки.

Как показала статистика эксплуатации, основная доля усталостных разрушений конструкции планера самолетов приходи-

лась на заклепочные соединения. Повышение нагруженности заклепочных швов и отсутствие упрочнения материала в зоне соединения при существующем методе клепки способствовали еще большей концентрации напряжений вблизи зенкованного отверстия и явились причиной многочисленных усталостных разрушений.

При клепке обычными стержневыми заклепками типа ЗУ усилии клепки прессом изменяется по возрастающей, достигая максимального значения в зоне замыкающей головки. Соответственно для этого вида клепки характерен сравнительно небольшой радиальный натяг, локализованный в небольшой зоне пакета со стороны замыкающей головки. Исследования [27], проводимые для оценки уровня радиального натяга на выносливость клепанных соединений, показывают, что при увеличении радиального натяга наблюдается интенсивный рост выносливости клепанных соединений.


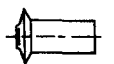
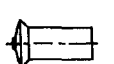


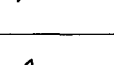
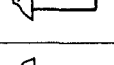
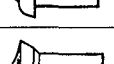
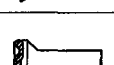
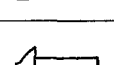

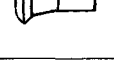
Этот недостаток был устранен путем применения различных заклепок, в частности заклепки с компенсатором типа ЗУК, универсальной заклепки (УЗ) и более совершенной, простой по конструкции стержневой заклепки ЗУС.

В отличие от обычной потайной клепки при клепке заклепками с компенсатором в процессе образования замыкающей головки происходит внедрение дополнительного материала в тело заклепки. При этом создается более равномерная раздача материала стержня и обеспечиваются повышенная усталостная прочность и герметичность соединений. Типы заклепок для соединений повышенного ресурса и герметичности приведены в табл. 2.31.

Дополнительным материалом служит выступ-компенсатор на внешней поверхности потайной головки. Компенсатор может быть выполнен в виде усеченного конуса (для ЗУК, ЗУКМ), стержня (для ЗУКС), краевого и центрального выступа, образованного одной кольцевой выемкой (для ЗУКТ), выступов, образованных несколькими кольцевыми выемками (корончатый компенсатор заклепок для ЗУКК, ЗВУКК).

Заклепка типа УЗ выполнена в виде цилиндрического стержня с бочкообразной головкой и предназначена для клепки потайных и непотайных соединений одним типом заклепок. В процессе такой клепки происходит одновременная деформация закладной и замыкающих головок. Данная схема осадки позволяет получить равномерную раздачу отверстия телом заклепки по высоте пакета и, как следствие, повысить усталостные характеристики и герметичность соединений.

Т а б л и ц а 2.31

Эскиз	Тип	Наименование	Обозначение	Условия подхода
	ЗУК ( $\angle 90^\circ$ )	Заклепки с уменьшенной потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) с компенсатором	ОСТ 1 12020-75 Ф 185 Я	Двусторонний
	ЗУКМ ( $\angle 120^\circ$ )	Заклепки с уменьшенной потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) с компенсатором	Ф 188 Я	— " —
	ЗУКМ ( $\angle 90^\circ$ )	Заклепки с уменьшенной потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) с компенсатором (модернизированные)	ОСТ 1 34047-80	— " —
	ЗУКТ-1	Заклепки с уменьшенной потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) с компенсатором для тонких обшивок	ОСТ 1 34116-91	— " —
	ЗУКТ-2	Заклепки с уменьшенной потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) с компенсатором для особо тонких обшивок	ЗУКТ-2	— " —
	ЗВУК	Заклепки с плосковыпуклой уменьшенной головкой с компенсатором	УН 0100 093	— " —
	ЗПК	Заклепки с плоской головкой с компенсатором	Ф 186 Я УН 0100 094	— " —
	ЗУКС	Заклепки с компенсатором типа "стержень"	УН 2000.135	— " —
	ЗУКК ( $\angle 90^\circ$ )	Заклепки с потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) с корончатым компенсатором	ОСТ 1 34052-85 АНУ-0301	— " —
	ЗВУКК	Заклепки с плосковыпуклой головкой с корончатым компенсатором	ОСТ 1 34040-80	— " —
	ЗУГ	Заклепки с уменьшенной потайной ( $\angle 90^\circ$ ) деформируемой головкой для тонких обшивок	ЗУГ	Односторонний
	ЗУГБ	Заклепки с потайной ( $\angle 90^\circ$ ) деформируемой головкой	ЗУГБ	Двусторонний

Продолжение табл. 2.31

Эскиз	Тип	Наименование	Обозначение	Условия подхода
	УЗ	Универсальные заклепки	ОСТ 1 34043-80	Двусторонний
	СКН	Заклепки-стержни	СКН	- " -

Для тонколистовых пакетов предназначаются высокоресурсные заклепки с уменьшенным диаметром потайной головки типов ЗУКМ, ЗУКТ, ЗУГ (см. табл. 2.31). Отличием технологического процесса потайной клепки тонколистовых обшивок указанными заклепками является то, что при выполнении зенкованного гнезда под закладную головку не происходит прорезания листа. Это повышает качество и выносливость соединений.

Заклепка ЗУГ предназначена для клепки тонколистовых пакетов и отличается от потайной нормальной заклепки уменьшенной (до 0,25 диаметра заклепки) высотой и увеличенным на 1° углом конуса потайной головки, наличием деформируемого припуска в виде усеченного конуса и конусности стержня у потайной головки. В процессе клепки одновременно с деформацией стержня деформируются припуск над потайной головкой и сама головка по конусности. Это способствует плотному (с натягом) заполнению гнезда материалом головки заклепки и, как следствие, повышению усталостных характеристик и герметичности соединений.

Клепка высокоресурсных заклепок осуществляется на клепальных прессах для одиночной и групповой клепки, а также пневматическими клепальными молотками. Для клепки на автоматах в условиях двустороннего подхода высокоресурсные заклепки изготавливаются в специальном исполнении (табл. 2.32). Эти конструкции заклепок в сочетании с обычным методом клепки эффективны для сравнительно тонких пакетов (в пределах 1...1,5 диаметров заклепок).

Другим наиболее перспективным методом выполнения соединений является клепка повышенным давлением. Сущность этого метода заключается в создании конечного давления (усилия) клепки, значительно большего, чем при обычном способе. Повышенное давление необходимо для интенсивного перетекания материала в процессе пластической деформации из зоны образуемой головки заклепки вглубь пакета. Необходимым условием этого процесса является наличие профилированной лунки в рабочей поверхности штампа (обжимки), обеспечивающей формирование головки в стесненных условиях.

Таблица 2.32

Эскиз	Тип	Наименование	Обозначение
	ЗУК (∠90°)	Заклепки с потайной головкой (∠90°) с компенсатором	ОСТ 1 34039-79
	ЗВУКК	Заклепки с плоскоскругленной головкой с корончатым компенсатором	ОСТ 1 34045-80
	ЗУКМ (∠90°)	Заклепки с уменьшенной потайной головкой (∠90°) с компенсатором	ОСТ 1 34012-76
	ЗУС, ЗПС	Заклепки стержневые	ОСТ 1 34012-76
	УЗ	Универсальные заклепки	ОСТ 1 34044-80

В настоящее время разработаны два технологических способа осадки заклепок повышенным давлением: клепка полустесненной осадкой и клепка в замкнутом объеме. Практически в соединении могут быть достигнуты радиальные натяги, превышающие 10 %.

Основное достоинство указанного метода состоит в возможности управлять радиальными натягами, обеспечивая необходимое значение натяга в зависимости от конструктивных параметров соединения. В процессе экспериментальных исследований было определено оптимальное значение радиального натяга (2,5...4 %), которое реализуется в соединениях значением определенных режимов клепки повышенным давлением. Данный метод клепки применим ко всем существующим конструкциям заклепок, а наиболее эффективен при создании радиального натяга в относительно толстых пакетах (до трех диаметров заклепок).

Герметичность наряду с прочностью и выносливостью является основным критерием качества клепаного соединения. Обеспечивая сравнительно высокие показатели прочности, соединения, выполненные обычными заклепками прессовым и ударным способами, не отвечают требованиям, предъявляемым к герметичности узлов и агрегатов. Причиной нарушения герметичности являются зазоры и микроканалы между стенкой отверстия и стержнем заклепки, образующиеся при клепке и в процессе эксплуатации. Устранение зазоров и микроканалов и предупреждение их появления в процессе эксплуатации за счет применения герметизирующих материалов предполагает соответствующее конструктивное оформление отсеков и агрегатов для обеспече-

ния хорошего доступа ко всем участкам герметизируемых соединений, что приводит к увеличению массы конструкции.

Применение высокоресурсных заклепок и способов клепки с образованием ПЗГ, клепки повышенным давлением, которые обеспечивают выполнение соединений с гарантированным радиальным натягом по толщине пакета, позволяет создать плотный контакт между стенкой отверстия и стержнем заклепки. При этом обеспечивается высокая герметичность, позволяющая в ряде случаев отказаться от герметизирующих материалов.

Таким образом, в случае применения высокоресурсных стержневых заклепок с различными компенсаторами повышается надежность и герметичность соединений. Это оказывает положительное влияние и на другие конструктивно-технологические характеристики планера самолета. Так, испытания внедренных [3] технологических процессов клепки заклепками с компенсаторами на различных режимах повторно-статического и вибрационного нагружения показали результаты, представленные в табл. 2.33.

Таблица 2.33

Результаты внедрения ЗУК	Обеспечивающие условия	Количественный показатель
1. Увеличение выносливости соединения	Новые напряженно-деформированные состояния материала заклепки и пакета в зоне отверстия, вызванные использованием компенсаторов	В 3...5 раз
2. Повышение герметичности соединений без применения герметизирующих материалов	Создание плотного пакета между стенкой отверстия и стержнем заклепки вследствие высокого натяга	До 100 %
3. Снижение массы конструкции	Вследствие выполнения пп. 1 и 2 отпала необходимость внутришовной герметизации. Замена болтовых соединений стальными заклепками с компенсатором	На 200 кг
4. Снижение трудоемкости выполнения соединений	По условиям п. 3	На 3500 ч
5. Сокращение цикла сборки	То же	В 1,3 раза






## 2.4. КЛЕПКА СПЕЦИАЛЬНЫМИ И СОСТАВНЫМИ ЗАКЛЕПКАМИ

**Специальные заклепки.** Для клепки в пакетах из легкодеформируемых или склонных к выкрашиванию, отслоениям, образованию трещин материалов используются специальные заклепки (табл. 2.34). Чаще всего это соединения в узлах с деталями из полимерных или композиционных материалов. Конструктивные особенности специальных заклепок обеспечивают снижение усилия расклепывания. Для этой цели используются следующие специальные заклепки: трубчатые, пустотелые, полупустотелые в виде углублений со стороны замыкающей головки.

Таблица 2.34

Эскиз	Тип	Наименование	Обозначение	Условия подхода
	ЗПР	Заклепки трубчатые	3610А-3612А ОСТ 1 34032-77... ОСТ 1 34034-77	Двусторонний
	ЗППР ( $\angle 90^\circ$ )	Заклепки полупустотелые с потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) под развальцовку	3590А-3595А ОСТ 1 34026-77... ОСТ 1 34031-77	- " -
	ЗППР	Заклепки полупустотелые с плоской головкой под развальцовку	3570А-3575А ОСТ 1 34014-77... ОСТ 1 34019-77	- " -
	ЗППР	Заклепки полупустотелые с полукруглой головкой под развальцовку	3580А-358А ОСТ 1 34020-77 ОСТ 1 34025-77	- " -
	ЗППР	Заклепки полупустотелые с плосковыпуклой головкой под развальцовку	3600А-3604А	- " -
	ПЗ ( $\angle 120^\circ$ )	Заклепки пустотелые с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ )	ОСТ 1 10645-72	- " -
	ПЗ	Заклепки пустотелые с плоской головкой	ОСТ 10644-72	- " -
	ЗПВСк	Заклепки с плоскоскрученной головкой из титанового сплава для композиционных материалов	ОСТ 1 34008-86	- " -
	ЗУк ( $\angle 120^\circ$ )	Заклепки с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) из титанового сплава для композиционных материалов	ОСТ 1 34009-86	- " -

Продолжение табл. 2.34

Эскиз	Тип	Наименование	Обозначение	Условия подхода
	ЗППк ( $\angle 120^\circ$ )	Заклепки полупустотелые с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) для композиционных материалов	ОСТ 1 34006-78... ОСТ 1 34007-78	Двусторонний
	ЗППк ( $\angle 90^\circ$ )	Заклепки полупустотелые с потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) для композиционных материалов	155Н1374... 155Н1376	— " —
	ЗППк	Заклепки полупустотелые с плоской головкой для композиционных материалов	155Н1368... 155Н1370	— " —
	ВЗ	Заклепки винтовые с полукруглой головкой	ОСТ 1 11346-73 ОСТ 1 11347-73	Односторонний
	ВЗ	Заклепки винтовые с плоскоскругленной головкой	ОСТ 1 34111-86 ОСТ 1 34112-86	— " —

Пустотелые заклепки устанавливаются с помощью пневматических прессов с техническими характеристиками, представленными в табл. 2.35. Для полупустотелых заклепок применяется развальцовка по ОСТ 1 80024-71 или прессовая клепка.

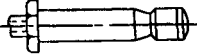
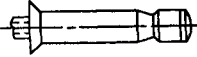
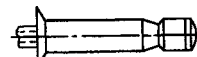
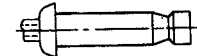
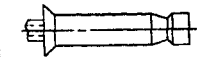
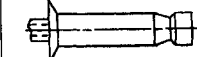
Таблица 2.35

Модель	Усилие на штоке, кН	Наибольший диаметр заклепки, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
2ПП-6	4	6	490×230×80	2,4
1ПП-4	2	4	490×212×65	2,2

К составным относятся заклепки с сердечником и высоким сопротивлением срезу, предназначенные для клепки с односторонним доступом (табл. 2.36).

**Заклепки с сердечником.** Заклепка состоит из двух частей — корпуса и сердечника. Корпус выполнен в виде пустотелой заклепки. Внутри корпуса вставлен сердечник, который представляет собой ступенчатый стержень, заканчивающийся захватной частью и замыкающей головкой. Со стороны замыкающей головки стержень имеет утолщение, а со стороны захватной части — кольцевую проточку — шейку, по которой сердечник разрывается в момент окончания клепки.

Таблица 2.36

Эскиз	Тип	Наименование	Обозначение
	ЗВСС	Заклепки высокого сопротивления срезу с шестигранной головкой из коррозионно-стойкой стали	ОСТ 1 10809-72
		Заклепки высокого сопротивления срезу с шестигранной головкой из конструкционной стали	ОСТ 1 11200-73
		Заклепки высокого сопротивления срезу с шестигранной головкой из титанового сплава	ОСТ 1 11446-74
	ЗВСС ( $\angle 90^\circ$ )	Заклепки высокого сопротивления срезу с потайной головкой из коррозионно-стойкой стали	ОСТ 1 10813-72
		Заклепки высокого сопротивления срезу с потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) из конструкционной стали	ОСТ 1 11204-73
		Заклепки высокого сопротивления срезу с потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) из титанового сплава	ОСТ 1 11449-74
	ЗВСС ( $\angle 120^\circ$ )	Заклепки высокого сопротивления срезу с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) из коррозионно-стойкой стали	ОСТ 1 10815-72
		Заклепки высокого сопротивления срезу с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) из конструкционной стали	ОСТ 1 11206-73
		Заклепки высокого сопротивления срезу с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) из титанового сплава	ОСТ 1 11451-74
	ЗС	Заклепки с плоскоскругленной головкой с сердечником из алюминиевого сплава	ОСТ 1 11296-74
		Заклепки с плоскоскругленной головкой с сердечником из коррозионно-стойкой стали	ОСТ 1 10637-72
	ЗС ( $\angle 90^\circ$ )	Заклепки с потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) с сердечником из алюминиевого сплава	ОСТ 1 11299-74
		Заклепки с потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) с сердечником из коррозионно-стойкой стали	ОСТ 1 10640-72
	ЗС ( $\angle 120^\circ$ )	Заклепки с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) с сердечником из алюминиевого сплава	ОСТ 1 11301-73
		Заклепки с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) с сердечником из коррозионно-стойкой стали	ОСТ 1 10642-72



Продолжение табл. 2.36

Эскиз	Тип	Наименование	Обозначение
	ЗЗС	Заклепки с потайной головкой ( $\angle 120^\circ$ ) с запирающимся сердечником из алюминиевого сплава	ОСТ 1 30025-78
	ЗЗС	Заклепки с плоскоскругленной головкой с запирающимся сердечником из алюминиевого сплава	ОСТ 1 30021-77
	ЗЗСш	Заклепки с потайной головкой ( $\angle 90^\circ$ ) с запирающимся сердечником с корпусом из алюминиевого сплава (закрывающая головка - шаровая)	ОСТ 1 30027-83
	ЗЗСш	Заклепки с плоскоскругленной головкой с запирающимся сердечником с корпусом из алюминиевого сплава (закрывающая головка - шаровая)	ОСТ 1 30027-83

Схема технологического процесса установки заклепок с сердечником показана на рис. 2.12.

Отверстия под заклепку выполняются теми же инструментами и оборудованием, что и отверстия под обычные (стержневые) заклепки. Заклепки устанавливают при помощи специальных гидравлических переносных прессов. Технические характеристики таких прессов представлены в табл. 2.37.

К прессам изготавливаются наконечники для заклепок с различной формой закладной головки (рис. 2.13, а). Сердечник заклепки устанавливают в наконечник пресса, а затем заклепку вставляют в отверстие в соединяемых деталях. Пресс со встав-

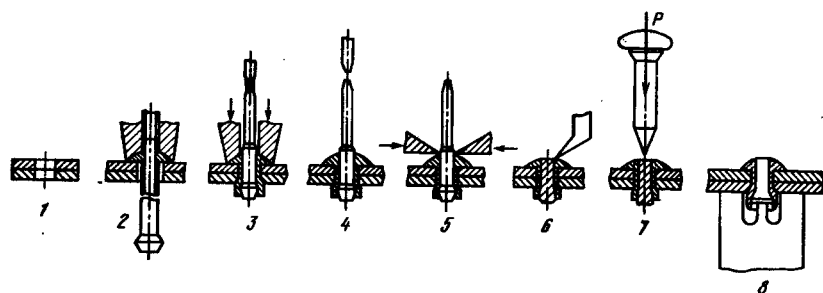


Рис. 2.12. Технологический процесс и контроль установки заклепок с сердечником:

1 - образование отверстия под заклепку; 2 - вставка заклепки в захваты пресса и отверстие; 3 - образование закрывающей головки; 4 - обрыв сердечника; 5 - удаление выступающей части сердечника; 6 - зачистка сердечника; 7 - контроль прочности установки сердечника в корпусе; 8 - контроль размеров закрывающей головки

ленной заклепкой плотно прижимают к поверхности детали в таком положении, чтобы закладная головка заклепки плотно прилежала к детали по всей окружности.

Таблица 2.37

Модель	Усилие на штоке, кН	Наибольший диаметр заклепок, мм		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		из алюминиевого сплава	из коррозионно-стойкой стали		
2СГ5	16	5	-	240×175×43	1,25
1СПГ-5	7	5	4	348×80×235	1,80

Закрывающая головка заклепки образуется при включении пресса в работу. Под действием системы рычагов захват пресса перемещается и протягивает стержень заклепки через корпус, образуя при этом закрывающую головку, а при дальнейшем увеличении нагрузки происходит обрыв сердечника.

После обрыва сердечника часть его остается внутри пистона, а часть выступает над поверхностью закрывающей головки на 5...10 мм. Выступающую часть сердечника удаляют пневматичес-

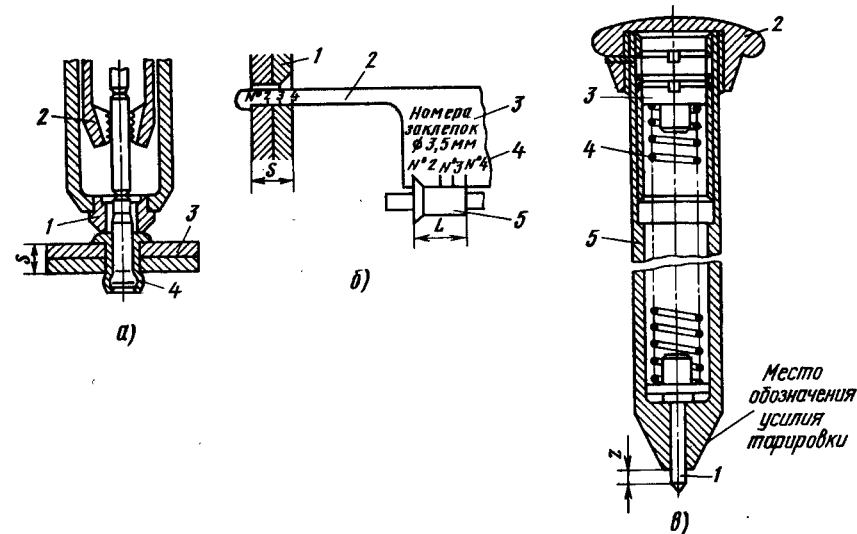


Рис. 2.13. Инструмент для установки и контроля заклепок с сердечником: а - для установки заклепки с сердечником: 1 - наконечник; 2 - захват пресса; 3 - соединяемые детали; 4 - заклепка; б - для контроля соответствия длины заклепки пакету: 1 - пакет; 2 - шкала номера заклепки; 3 - шаблон; 4 - шкала длины заклепки; 5 - корпус заклепки; в - динамометр для контроля прочности установки сердечника: 1 - шуп; 2 - рукоятка; 3 - тарировочный винт; 4 - пружина; 5 - корпус

кими кусачками (табл. 2.38). После этого сердечник зачищают фрезерованием пневматической фрезерной машиной типа ФМ-1 или любой другой в зависимости от обрабатываемого материала (табл. 2.39). Глубина фрезерования регулируется по высоте на контрольных образцах так, чтобы выступание (размер закладной головки заклепки) соответствовало техническим условиям. На торцы сердечников и головки заклепок после зачистки наносят защитное покрытие.

Т а б л и ц а 2.38

Модель	Усилие на ножах, Н	Наибольший диаметр сердечника, мм		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		из алюминиевого сплава	из титанового сплава или стали		
ПК-52	500	4	—	175×150×52	1,1
ПК-53	1000	—	4	215×152×58	2,6

Т а б л и ц а 2.39

Модель	Обрабатываемый материал	Мощность, Вт	Частота вращения шпинделя, с <sup>-1</sup>	Наибольший диаметр обрабатываемой зоны, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ФМ-1	Алюминиевый сплав	180	300	13	215×152×58	1,7
ФМ-4	Алюминиевый, титановый сплавы и коррозионно-стойкая сталь	360	500	12,5	242×57×152	2,0
ЗМ-1	То же	360	234	18	268×114×209	2,8
ЗМ-2	”	360	500	18	146×239×187	2,2
ОМ-3	Алюминиевый сплав	194	300	4	158×150×55	1,3
ОМ-4	То же	210	300	4	173×42×134	1,2

Контроль качества соединения производится пооперационно в процессе выполнения соединения, а контроль размеров и формы головок заклепок — после их установки. Операции образования отверстий и гнезд под заклепки контролируются методами и приборами, применяемыми при клепке обычными заклепками. После образования отверстия под заклепку и его контроля определяют толщину соединяемого пакета. Толщину пакета и длину (номер) заклепки определяют специальным шаблоном (рис. 2.13, б) следующим образом.

В отверстие деталей вставляют шуп шаблона 3 и по шкале 2 определяют номер заклепки, соответствующей пакету 1 толщиной  $S$ . По этому же шаблону по шкале 4 подбирают заклепку 5 требуемой длины  $L$ . Шаблон 3 изготавливают для заклепок по диаметрам и используют при пооперационном контроле. После установки заклепки специальным шаблоном (см. рис. 2.12) определяют размер утопания торца сердечника относительно торцов корпуса.

Хорошее качество установки заклепки с сердечником характеризуется тем, что корпус плотно прилегает к стенкам отверстия и сердечник прочно удерживается в нем. Прочность установки сердечника в корпусе контролируют динамометром (рис. 2.13, в). Динамометр имеет пружину, сжатие которой тарифируется на усилие, определенное техническими условиями для каждого типа заклепок.

Значение усилия тарировки или диаметра заклепки, для которой установлено это усилие, наносят в виде маркировки на корпус динамометра. При контроле шуп 1 устанавливают на торец сердечника и нажимают на динамометр так, чтобы шуп переместился на размер  $z$ . Если при перемещении шупа сердечник не сместился, то соединение выполнено доброкачественно.

**Заклепка с высоким сопротивлением срезу для односторонней клепки** состоит из корпуса 1, винта 2 и кольца 3 (рис. 2.14, а). Корпус изготавливают из стали 30ХГСА, титанового сплава ВТ16 или коррозионно-стойкой стали, отверстие в корпусе имеет резьбу (левую). Закладная головка корпуса выполнена в виде шестигранника или конуса с углом 90° или 120°.

При установке заклепки в конструкцию инструмент фиксирует положение корпуса по шестиграннику или крестообразному шлицу в головке заклепки и предотвращает поворот корпуса. Винт из 30ХГСА, ВТ16 или коррозионно-стойкой стали имеет головку и стержень с резьбой (левой). По длине стержня имеется выточка, по которой он обрывается в процессе клепки; на свободном конце стержня за выточкой имеются лыски, по кото-

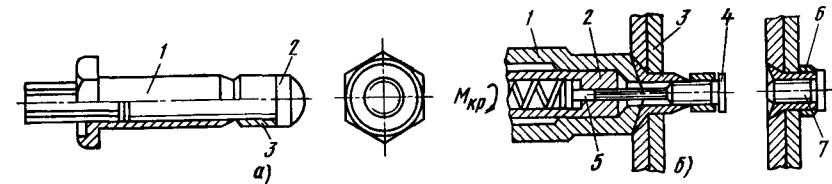


Рис. 2.14. Установка заклепок с сердечником:  
а — конструкция заклепки: 1 — корпус; 2 — винт; 3 — кольцо; б — технологический процесс установки заклепки с высоким сопротивлением срезу

рым стержень фиксируется для предотвращения провертывания в процессе клепки. Кольцо изготавливается из стали X18H10T или 12X18H9T, наружный диаметр кольца соответствует диаметру заклепки (корпуса), внутренний – наружному диаметру резьбы винта.

На рис. 2.14, б показана последовательность процесса установки заклепки с высоким сопротивлением срезу при односторонней клепке. Вначале заклепку 4 устанавливают в отверстие пакета 3, затем подводят наконечник к головке заклепки. Подвижная часть 1 наконечника входит в шлицы на головке заклепки и предохраняет ее от проворачивания, а в подвижную часть 2 вводится хвостовик винта заклепки.

При включении инструмента в работу винт приводится во вращение и ввертывается в корпус заклепки, кольцо при этом деформируется и образует замыкающую головку 6. Окончанием процесса установки заклепки считается тот момент, когда обрывается хвостовик винта. Оставшаяся после обрыва часть хвостовика винта выталкивается из наконечника инструмента выталкивателем 5.

После установки заклепки торец винта 7 зачищают и на винт и головку заклепки наносят защитное покрытие. Размеры, форму и состояние закладных и замыкающих головок заклепок контролируют визуально и специальными шаблонами. Плотность прилегания корпуса заклепки к стенкам отверстия контролируют при помощи специальной отвертки, которую тарируют по значению крутящего момента, указанного для каждого диаметра заклепки. Минимальный крутящий момент  $M_{кр}$ , приложенный к закладной головке заклепки, не должен вызывать провертывания корпуса в пакете.

Для установки заклепок с высоким сопротивлением срезу используют пневмоинструмент с техническими характеристиками, представленными в табл. 2.40. При использовании в конструкции узлов и агрегатов заклепок с сердечником или заклепок с высоким сопротивлением срезу необходимо учитывать условия подхода инструмента для выполнения соединения. Эти условия зависят от применяемого инструмента, который, в свою очередь, определяется материалом заклепок.

Т а б л и ц а 2.40

Модель	Наибольший диаметр заклепки, мм	Минимальный крутящий момент, Н·м	Частота вращения шпинделя, с <sup>-1</sup>	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
1ВП-8П	8	180 000	5,9	268×60×155	1,6
2ВП-8П	8	180 000	5,0	255×48×150	1,3

**Болт-заклепочные соединения.** Важным фактором повышения работоспособности точечных соединений является наличие осевого натяга достаточной и стабильной величины. Такая возможность наилучшим образом реализуется в болт-заклепочном соединении, где независимо от квалификации исполнения достигается усилие сжатия пакета в пределах 60...70 % от разрушающей нагрузки стержня. Осевой натяг в болт-заклепочном соединении может быть обеспечен в сочетании с радиальным. Существует два основных типа болт-заклепок: с технологическим хвостовиком и без технологического хвостовика.

Болт-заклепка с технологическим хвостовиком состоит из двух деталей – стержня и кольца. Стержень имеет гладкую часть, равную толщине пакета, закладную головку, продольную часть с кольцевыми канавками, шейку и хвостовик, если это болт-заклепка с технологическим хвостовиком. В настоящее время используются болт-заклепки с достаточно широким диапазоном типоразмеров, выполненные из разных материалов (табл. 2.41). В зависимости от посадки в технологическом процессе выполнения болт-заклепочного соединения с натягом может быть исключена операция втягивания стержня в пакет.

Болт-заклепка без технологического хвостовика состоит из стержня и кольца. Стержни изготавливают из стали 30ХГСА или титанового сплава BT16, они имеют плоскоскругленную или потайную головку, гладкую и профильную части. Кольца изготавливают из стали 15 и алюминиевого сплава В65 точением или высадкой, из титанового сплава BT16 – точением.

Основным отличием болт-заклепки без технологического хвостовика является необходимость доступа с двух сторон. В качестве инструмента для оборудования замыкающих головок применяются ручные и стационарные клепальные прессы, обеспечивающие поддержку закладной головки стержня, обжатие кольца и съем фильеры (в том числе и прессы, применяемые для стержневых заклепок).

Помимо обычных параметров при выполнении болт-заклепочного соединения специальными шаблонами контролируют диаметр обжатого кольца и цилиндрического пояса у основания замыкающей головки, а также его высоту и положение верхнего торца обжатого кольца относительно профильной части стержня.

Для постановки болт-заклепок предусмотрены инструменты, предназначенные для втягивания стержней болт-заклепок, образования замыкающей головки болт-заклепочных соединений и удаления дефектных болт-заклепок.

**Шифровка инструмента:**

Стержень		Кольцо				
Материал	Форма закладной головки	Обозначение стандарта	высадное		точное	
			Материал	Обозначение стандарта	Материал	Обозначение стандарта
Д16П	Полукруглая	ОСТ 1 11628-75	Д18	ОСТ 1 11637-75	Д18	ОСТ 1 11639-75
	Погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 11631-75				
	Плосковыпуклая	ОСТ 1 11634-75		ОСТ 1 11965-74		ОСТ 1 11964-74
30ХГСА (16ХСН)	Полукруглая	ОСТ 1 11627-75 ОСТ 1 11629-75	Сталь 15	ОСТ 1 11636-75 ОСТ 1 11649-76	Сталь 15	ОСТ 1 11638-75 ОСТ 1 11652-76
	Погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 11630-75 ОСТ 1 11632-75		То же		То же
	Плосковыпуклая	ОСТ 1 11633-75 ОСТ 1 11635-75	В65	ОСТ 1 30005-76		ОСТ 1 11640-75
	Плоскоокругленная	ОСТ 1 12145-77				ОСТ 1 11654-76
	Погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 12142-77		ОСТ 1 11650-76		
ВТ16	Плоскоокругленная	ОСТ 1 11382-74 ОСТ 1 11384-74	В65	ОСТ 1 30005-76	ВТ16	ОСТ 1 11390-74

ВТ16	Погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 11386-74 ОСТ 1 11388-74	В65	ОСТ 13005-76	В65 ВТ10	ОСТ 1 11640-75 ОСТ 1 11653-76
	Плоскоокругленная	ОСТ 1 30047-87				
ВТ16	Погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 30048-87	В65	ОСТ 1 30005-76	В65	ОСТ 1 11640-75
	Плоскоокругленная	ОСТ 1 12337-78				
	Погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 12338-78				
ВТ16	Уменьшенная плоскоокругленная Уменьшенная погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 30041-82	В65	ОСТ 1 30044-82	В65	ОСТ 1 30043-82
	Плоскоокругленная погайная ( $\angle 120^\circ$ )	ОСТ 1 30037-79 ОСТ 1 30043-85		ОСТ 1 30039-82		ОСТ 1 30039-82
30ХН1Н2	Плоскоокругленная	ОСТ 1 11381-74 ОСТ 1 11383-74	-		13Х11Н2В2 МФ-Ш	ОСТ 1 11389-74
	Погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 11385-74 ОСТ 1 11387-74				
ВТ16	Плоскоокругленная погайная ( $\angle 90^\circ$ )	ОСТ 1 11853-76 ОСТ 1 11854-76	В65	ОСТ 1 30044-82	В65	ОСТ 1 30043-82

1БГ-10 – первая модель (1) для болт-заклепок (Б), привод гидравлический (Г), диаметр 10 мм (10).

Основные технические параметры инструмента для постановки болт-заклепок приведены в табл. 2.42.

Т а б л и ц а 2.42

Наименование	Модель	Усилие на штоке, кН	Диаметр болт-заклепок, мм	Ход штока, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Пневматический пресс для постановки болт-заклепок в местах с ограниченным подходом	1БП-6У	10,5	2,5...6,0	15	337×105×95	1,95
Гидравлический пресс для постановки болт-заклепок с укороченным хвостовиком	1БКГ-6	45	4...6	20	200×60×200	1,90
Гидравлический пресс для втягивания облегченных болт-заклепок	1БНГ-6	10	4...6	24	250×200×45	1,50
Гидравлический пресс с прямыми и угловыми обжимными головками для выполнения соединений и головкой для раскусывания колец дефектных болт-заклепок	2БГ-6	27	3...6		260×210×68	2,00
Гидравлический пресс для постановки болт-заклепок в местах с ограниченным подходом	1БГ-6У	27	3,5...6,0	20	220×115×68	2,8
Гидравлический пресс с прямыми и угловыми обжимными головками для постановки болт-заклепок	1БГ-8	45	6...8	18	230×160×75	2,3
Гидравлический пресс с прямыми и угловыми обжимными головками для постановки болт-заклепок с укороченным хвостовиком	1БГ-10	70	10	20	230×200×90	2,4
Гидравлический пресс для раскусывания колец дефектных болт-заклепок	1БРГ-10	20	5...16	3	375×99×89	1,8
Гидравлический пресс для постановки болт-заклепок с укороченным хвостовиком	1БКГ-8	60	8	20	230×200×90	2,4

## 2.5. БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Несмотря на недостатки, которые имеют болтовые соединения по сравнению с болт-заклепочными и другими точечными соединениям, они широко используются в конструкции планера. Это обусловлено такими возможностями болтовых соединений, как обеспечение разъемности соединения (при необходимости); создание более высоконагруженных соединений (при использовании диаметров свыше 8...10 мм); стягивание больших пакетов (свыше 5 диаметров); установка в труднодоступных местах конструкций; плотное стягивание жестких деталей с погрешностями формы по поверхностям сопряжения (упругая компенсация).

Факторами, наиболее существенно влияющими на ресурс болтовых соединений, являются следующие [1]: материал элементов конструкции и крепежа; геометрические параметры швов болтового соединения (расстояние от края листов и между болтами, число болтов в ряду и др.); режимы и способы образования и обработки отверстий под болты (скорость, величина подачи и глубина резания при сверлении, развертывании или протягивании отверстий); характер посадки болтов в отверстия (с зазором, средним по величине или большим радиальным натягом); величина затяжки болтов; интенсивность и условия эксплуатации, погодные и климатические условия. Правильный учет всех факторов, выбор их оптимального соотношения позволяет получить высокоресурсные болтовые соединения.

При постановке в отверстия используется один из наиболее эффективных методов повышения ресурса болтовых соединений – метод создания упругопластического натяга, возникающего в том случае, если диаметр отверстия меньше диаметра болта.

Величина натяга

$$\Delta_{\text{нат}} = \frac{d_b - d_o}{d_o} \cdot 100\%,$$

где  $d_b$  – диаметр болта;  $d_o$  – диаметр отверстия.

В пакетах из алюминиевых сплавов применяются болты с величиной натяга, не превышающей 1,2 %. Ресурс соединений, в которых болты установлены с упругопластическим натягом, в 1,5...3,5 раза выше ресурса соединений с болтами, установленным с зазором.

Болтовые соединения с относительным упругопластическим натягом до 1,2 % применяются для болтов диаметром от 5 до 12 мм, толщины пакета не более пяти диаметров болтов, пакетов из алюминиевых сплавов (за исключением В95Т1, В93Т1), болтов из материала ВТ16, 30ХГСА, герметичных и негерметичных

соединений, отверстий с полями допусков по 7...9 квалитетам точности.

Натяг в соединении обеспечивается величиной диаметра болта. Конструкция болтов для постановки с натягом имеет ряд следующих особенностей. Острые кромки или наплывы металла в зоне перехода не допускаются. Длина гладкой цилиндрической части болта должна соответствовать толщине собираемого пакета, заходная часть должна полностью выходить из пакета.

Болты диаметром 5 мм с длиной гладкой части до 10 мм рекомендуются изготавливать с шестигранной головкой или со шлицем.

Болты, предназначенные для постановки методом затягивания ручными пневматическими или гидравлическими устройствами, должны иметь технологические хвостовики (рис. 2.15). При этом  $d_2$  меньше  $d$  на 2 мм, а  $d_3$  определяется из условия прочности (усилие  $P$  отрыва по  $d_3$  должно быть больше  $P$  запрессовки на 10...15 %).

Заходная часть болтов, устанавливаемых любым из рекомендуемых методов, должна иметь плавный переход от цилиндрической части к конусной. Для обеспечения беззадирной постановки, уменьшения усилий запрессовки (в 1,5...2 раза) и увеличения выносливости соединений рекомендуется наносить на болты равномерным слоем антифрикционное покрытие ВАП-2. Толщина слоя покрытия после термообработки должна быть не более 5 мкм.

Для обеспечения рекомендуемой толщины покрытия на 100 г ВАП-2 добавляют 250 г разбавителя, состоящего из 40 % ксилола, 30 % ацетона и 30 % этилцелозольва. Перед нанесением покрытия поверхность болта обезжиривают смесью 1:1 бензина Б-70 по ГОСТ 1012-70 и ацетона ГОСТ 2603-70 с просушкой в течение 15 мин.

Разрешается устанавливать болты диаметром до 8 мм без покрытия ВАП-2 в пакеты толщиной не более двух диаметров стержня в негерметичных зонах. Установка болтов производится с применением смазки, наносимой непосредственно перед постановкой.

В негерметичных зонах конструкции и герметичных соединениях, работающих в среде воздуха, на поверхность болтов и отверстий наносят одну из следующих смазок:

петролатум ПП95/5 (кистью или методом пропитки);

индустриальное масло И-40А по ГОСТ 20799-75

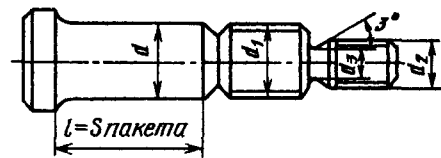


Рис. 2.15. Болт для постановки методом затягивания

(разрешается применять при толщине пакета до трех диаметров болта).

В герметичных соединениях конструкций, работающих в среде топлива, на поверхность болтов наносят одну из следующих смазок:

– петролатум (методом пропитки);

– ТС-1М (керосин ТС-1 ГОСТ 10277-62 + 5 % дисульфида молибдена  $MoS_2$ , УЧМТУ 06-1-68) или герметики УЗОМЭС-5 и УТ-32 ТУ 38-105462-72 кистевой консистенции с добавлением в них 20 % дисульфида молибдена (наносить кистью на поверхность болта и отверстия), разрешается применять при толщине пакета до трех диаметров болта.

Пропитка болтов смазкой петролатум производится в следующей последовательности:

петролатум нагреть в емкости до температуры плавления (80 °С);

окунуть болты в расплавленный петролатум;

выполнить просушивание болтов в термошкафу при температуре 130...150 °С в течение одного часа;

вынуть просушенные болты и подать на сборку.

Болты с упругопластическим натягом устанавливаются следующими методами:

затягиванием ручными гидравлическими и пневматическими устройствами;

затягиванием с помощью гайковерта или слесарного гаечного ключа;

запрессовкой ручными гидравлическими прессами;

ударной запрессовкой механизированными одноударными молотками и слесарными молотками.

Предпочтительным методом постановки болтов является метод затягивания, обеспечивающий наилучшие условия беззадирной постановки болтов, устойчивое их центрирование в отверстии, сжатие пакета, стабильность и меньшие усилия запрессовки. Требуемые для затягивания болтов с натягом 1,2 % усилия приведены в табл. 2.43 (покрытие – ВАП-2, смазка I – петролатум, смазка II – индустриальное масло).

Таблица 2.43

Толщина пакета, отнесенная к диаметру болта	Усилия затягивания (кН) при диаметре болта, мм									
	5		6		8		10		12	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	1,4	1,7	2,2	2,8	5,3	7,1	7,8	9,7	10,1	12,6
2	2,4	3,1	3,5	4,6	6,3	8,7	10,3	13,6	15,0	18,7
3	3,5	4,5	4,9	6,6	7,2	10,3	12,7	17,4	20,1	24,5
4	4,7	6,1	6,2	8,6	8,4	11,8	15,2	21,2	24,8	30,5
5	5,9	7,2	7,7	10,5	9,4	13,5	17,6	25,6	29,7	36,4

Затягивание болтов осуществляют ручными устройствами (табл. 2.44) или любыми устройствами, обеспечивающими качественное затягивание болта в пакет. В труднодоступных местах конструкции допускается затягивание болтов пневматическими гайковертами или слесарными ключами с применением технологической гайки и технологических шайб.

Затягивание болтов с укороченными хвостовиками пневмогидравлическими устройствами необходимо производить в следующей последовательности:

нанести смазку на поверхности болта и отверстия в зависимости от требований герметичности;

установить переходник на технологический хвостовик болта (длина навинчивания должна быть не менее диаметра болта);

установить болт заходной частью в отверстие;

захватить переходник пневмогидравлическим устройством;

убедившись в отсутствии перекоса болта, затянуть болт в отверстие пакета; по окончании процесса затягивания болта технологический хвостовик при увеличении усиления затягивания обрывается;

удалить технологический хвостовик из переходника;

удалить салфеткой (ГОСТ 5355-69) остатки смазки, очистить резьбу под гайку, установить шайбу и гайку в соответствии с чертежом;

произвести затяжку гаек в соответствии с чертежом.

Таблица 2.44

Модель	Диаметр затягивания болтов, мм	Наибольшее усилие на штоке, кН	Наибольший ход штока, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
МБЗ-1,5	5,6	14,7	34	140×42,5×190	1,5
МБЗ-4	12	39	54	207,5×60×207	2,5
МБЗ-7	18	68,6	90	265×75×227	3,8
МБЗ-2А	12	20,9	18	204×58×103	2,2
МБЗ-4А	14	40,6	35	220×72×129	4,0

В местах с ограниченным доступом затягивание болтов необходимо производить с помощью пневмогайковертов или слесарного гаечного ключа и технологической гайки в следующей последовательности:

нанести смазку на поверхность болта и отверстия;

установить болт заходной частью в отверстие;

установить на хвостовик болта две технологические шайбы, нанеся на них смазку петролатум, и навинтить вручную технологическую гайку на хвостовик до упора шайб в пакет;

установить на гайку ключ и произвести затягивание болта до выхода рабочей части резьбы из пакета;

отвернуть технологическую гайку на толщину быстросъемной технологической шайбы и установить шайбу;

навернуть технологическую гайку и произвести окончательное затягивание;

удалить технологический хвостовик;

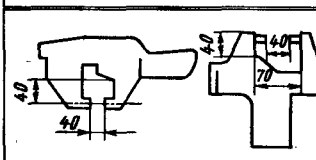
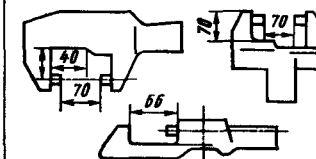
установить шайбу и гайку и произвести обтяжку гаек в соответствии с чертежом;

место обрыва хвостовика покрыть грунтом или герметиком в соответствии с инструкцией на изделие.

В случае неотрыва технологического хвостовика после окончательной постановки болта его удаляют с помощью инструмента. При этом на основной резьбовой части болта должна быть навинчена гайка.

Запрессовка болтов осуществляется ручными устройствами (табл. 2.45), а также любыми устройствами, обеспечивающими качественную запрессовку с усилиями запрессовки болтов с натягом 1,2 %, приведенными в табл. 2.46 (покрытие ВАП-2, смазка I – петролатум, смазка II – индустриальное масло).

Таблица 2.45

Эскиз	Модель	Диаметр болта, мм	Максимальная толщина пакета, мм	Максимальное усилие запрессовки, кН
	ПГУЗ-2-40	6, 8	20	2
	ПГУЗ-3-70	6, 8, 10	35	3

При запрессовке болтов особое внимание следует обращать на соосность болтов и отверстий перед запрессовкой в целях обеспечения осевого давления и исключения перекосов болта, поэтому установка устройства относительно отверстия осуществляется с помощью ловителя (рис. 2.16).

Таблица 2.46

Толщина пакета, отнесенная к диаметру болта	Усилия запрессовки (кН) при диаметре болта, мм									
	5		6		8		10		12	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	1,5	1,9	2,7	3,4	7,0	8,4	8,2	10,6	10,5	13,2
2	2,8	4,4	4,9	6,7	8,5	10,4	11,8	14,6	16,0	19,8
3	4,3	6,5	6,8	8,8	9,9	12,3	15,6	19,0	21,8	26,3
4	5,6	9,0	8,8	11,9	11,4	14,4	19,3	23,5	24,8	33,0
5	7,0	10,9	11,0	14,4	12,9	16,2	23,0	27,8	33,0	39,5

Ударная запрессовка болтов применяется как исключение, когда невозможно использовать вышеуказанные методы. Болты диаметром до 6 мм разрешается устанавливать ударным методом в пакеты толщиной до четырех диаметров болта, а болты диаметром 8 и 12 мм – в пакеты толщиной до трех и двух диаметров соответственно.

Ударная запрессовка болтов осуществляется одноударным механизированным молотком типа БМ (табл. 2.47) или слесарным молотком массой 0,4...0,5 кг через латунную или медную прокладку толщиной 2...3 мм. При ударной запрессовке болтов должен быть обеспечен строго осевой удар.

В целях предотвращения повреждений или местной пластической деформации головок болтов удары слесарным молотком следует наносить с высоты 300...500 мм. При ударной запрессовке болтов необходимо с противоположной стороны пакета ставить поддержку массой 2,5 кг.

Ударную запрессовку болтов следует осуществлять в следующей последовательности:

нанести смазку на поверхность болта и отверстия;

установить болт заходной частью в отверстие;

центрируя болт по отверстию, легкими ударами молотка запрессовать болт на глубину 2...3 мм;

убедившись в отсутствии перекоса, окончательно запрессовать болт;

удалить салфеткой остатки смазки, очистить резьбу под гайку в соответствии с чертежом;

произвести затяжку гаек в соответствии с чертежом.

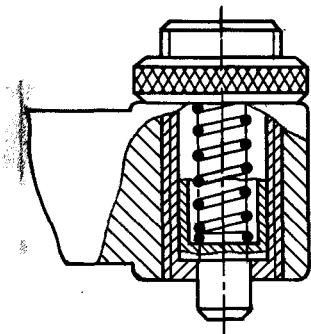


Рис. 2.16. Ловитель для установки устройства относительно отверстия

Таблица 2.47

Модель	Наибольший диаметр болта, мм	Энергия удара поршня, Дж	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
БМ-1	5	10	340×43×120	1,2
БМ-6	5,6	25	400×50×190	1,5
БМ-10	8, 10	50	475×58×205	2,0

Затяжка болтов и гаек при выполнении болтовых соединений определяет степень осевого натяга стягивания пакета, и от качества ее выполнения зависит надежность соединения. Все болты из высокопрочных сталей, а также в пакетах деталей из композиционных и неметаллических материалов затягиваются тарированными ключами и устройствами.

Для качественного свинчивания и механизации процесса тарированного свинчивания с обеспечением заданного момента затяжки соединения созданы гамма резьбозавертывающих машин (табл. 2.48), а также комплекты электронной контрольной аппаратуры для измерения значений крутящего момента как при настройке резьбозавертывающего инструмента (табл. 2.49), так и в процессе свинчивания болтовых соединений (табл. 2.50).

Машины резьбозавертывающие предназначены для свинчивания резьбовых соединений диаметром 5...36 мм, в том числе для тарированного свинчивания. По конструктивному исполнению они делятся на угловые, пистолетного типа, с параллельными осями машины и рабочего органа.

Шифровка машин:

МРЗТ-8 – машина резьбозавертывающая для тарированного свинчивания (МРЗТ), наибольший крутящий момент – 8 Н·м (8);

МРЗ-220А – машина резьбозавертывающая (МРЗ), наибольший крутящий момент 220 Н·м (220); с параллельными осями машины и рабочего органа (А).

Комплект контрольно-измерительной аппаратуры предназначен для измерения максимальных значений крутящего момента, создаваемого резьбозавертывающим инструментом, и используется для настройки и регулировки этого инструмента. Каждый комплект состоит из контрольного прибора для измерения крутящего момента, тензорезисторных датчиков крутящего момента нужного диапазона и соединительного кабеля. Питание контрольного прибора осуществляется от сети переменного тока частотой  $(50 \pm 1)$  Гц и номинального напряжения 220 В и 36 В.

Датчики воспринимают крутящий момент от резьбозавертывающего инструмента и преобразуют его в сигнал электрического напряжения. Контрольный прибор, принимая электрический сигнал датчика, преобразует его в код, отображающийся на



встроенном цифровом индикаторе. Результат измерения выражается в Н·м или процентах от номинального значения крутящего момента для датчика.

Таблица 2.48

Назначение	Модель	Наибольший диаметр болта, мм	Частота вращения, с <sup>-1</sup>	Наибольший крутящий момент, Н·м	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Общего назначения	MP3-10	6	9	10	250×55×150	1,6
То же	MP3-16-1	8	5	16	280×55×152	1,6
Угловая реверсивная	MP3-40У1	10	3	40	587×75×130	4,5
Для тарированной сборки резьбовых соединений	MP3Т-8	6	3...8	8	200×46×175	2,1
То же	MP3Т-10	5, 6	335	10	214×42×170	1,5
– ” –	MP3Т-10УБ	5, 6	240	10	410×83×46	1,8
– ” –	MP3Т-25	6, 8, 10	370	25	169×46×170	2,1
– ” –	MP3Т-25У	6, 8, 10	250	25	410×85×52	2,0
– ” –	MP3Т-50У	8, 10, 12	240	50	421×57×78	2,9
– ” –	MP3Т-100	10, 12, 14	100	100	300×80×180	3,7
Для тарированного свинчивания и разборки резьбовых соединений в местах типа "колдцы"	MP3-220А	14, 18	–	225	300×100×300	3,5
Для тарированного свинчивания и разборки резьбовых соединений	MP3-230А	14, 16	–	345	500×180×320	4,5
Для тарированного свинчивания и разборки резьбовых соединений в местах типа "колдцы"	MP3-460А	18, 20	–	690	585×185×325	5,6
Для тарированного свинчивания и разборки резьбовых соединений	MP3-550Г	22, 24, 27	–	550	270×100×165	4,5
То же	MP3-1100Г	30, 33, 36	–	1100	330×130×180	7,5

Таблица 2.49

Наименование	Модель	Диапазон значений крутящего момента, Н·м	Напряжение, В	Категория точности	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Прибор контрольный для измерения крутящего момента при настройке резьбо-завертывающего инструмента	1ПК-1А	2...5000	36; 220 (переменный ток)	–	284×120×210	5,00
Датчик крутящего момента тензорезисторный настольный	ДКМ-10ТН	2...12	24 (постоянный ток)	–	140×110×110	2,24
То же	ДКМ-50ТН	10...60	То же	–	140×110×110	2,26
– ” –	ДКМ-100ТН	20...120	– ” –	–	140×110×110	2,29
– ” –	ДКМ-500ТН	100...500	– ” –	1	208×130×144	4,60
– ” –	ДКМ-1000ТН	200...1000	– ” –	1	208×130×144	4,80
– ” –	ДКМ-5000ТН	1000...5000	– ” –	1	255×185×194	13,00

Таблица 2.50

Наименование	Модель	Диапазон значений крутящего момента, Н·м	Напряжение, В	Категория точности	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Прибор контрольный для измерения крутящего момента в процессе свинчивания резьбовых соединений	1ПК-3М	2...100	36; 220 (переменный ток)	–	260×200×100	5,00
Датчик крутящего момента тензорезисторный контрольный	ДКМ-10ТК	2...12	24 (постоянный ток)	1	68,5×27,0×40,0	0,20
То же	ДКМ-50ТК	10...60	То же	1	75,5×36,0×64,0	0,28
– ” –	ДКМ-100ТК	20...120	– ” –	1	84,5×36,0×64,0	0,32

## 2.6. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ

В конструкциях самолетов большинство агрегатов и отсеков герметизировано: воздушные кабины для пассажиров, воздушные кабины для экипажей, приборные отсеки с воздушной средой, специальные отсеки с газообразными рабочими средами, топливные отсеки крыльев и киля, топливные баки, топливные и водяные отсеки фюзеляжей, прочие специальные отсеки с жидкими рабочими средами. С повышением скоростей, высот и дальности полета требования к степени их герметичности, надежности и долговечности, или ресурсу сильно возросли. Так, некоторые герметические агрегаты должны сохранять непроницаемость для рабочих сред в течение 30 лет.

В последние годы все чаще встречаются целиком герметизированные конструкции фюзеляжей, крыльев и даже всего планера, т. е. практически все клепаные и болтовые швы должны быть герметичными. В результате этого объем герметизации сильно увеличивается и, как правило, сопровождается соответствующим ростом расхода герметиков. На отдельных изделиях масса герметиков достигает сотен и тысяч килограммов, а трудоемкость герметизации — нескольких сотен и тысяч часов. Поэтому становится актуальной задача резкого снижения массы герметиков при одновременном обеспечении высокого и стабильного качества герметизации агрегатов с наименьшими затратами труда и средств в условиях серийного производства. Эта задача может быть решена на базе автоматизации и механизации процессов приготовления, нанесения герметиков и контроля герметичности агрегатов, исключающих влияние квалификации исполнителей на результаты работы, а также применением новых прогрессивных материалов, например анаэробных смол, герметизации и контровки резьбовых соединений.

**Методы герметизации соединений.** Уровень современной техники герметизации агрегатов в самолетостроении характеризуется большим разнообразием конструктивных способов и технологических процессов герметизации. Наиболее прогрессивным из них, позволяющим без увеличения массы обеспечить высокое качество и надежность герметизации с одновременным снижением трудоемкости в 4...6 раз, является введение герметика в каналы между окончательно собранными деталями соединений методом нагнетания. Для непроходных, например стрингерных, швов наибольший эффект можно получить за счет использования различных видов герметичного крепежа.

В зависимости от места расположения герметиков в соединениях различают три основных метода герметизации: поверхност-

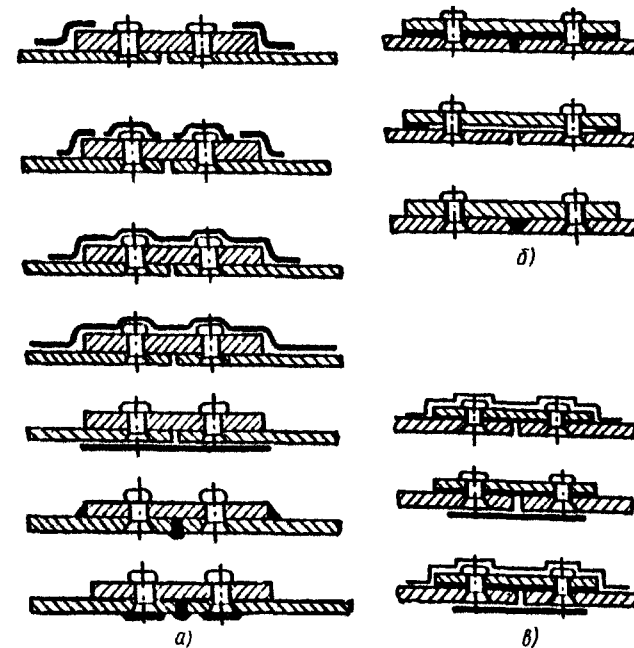


Рис. 2.17. Схемы герметизации соединений:  
а — поверхностная; б — внутришовная; в — комбинированная

ный (поверхностная герметизация), внутришовный (внутришовная герметизация) и комбинированный (комбинированная герметизация). При поверхностном методе герметизирующие материалы находятся на поверхностях соединений, узлов и агрегатов со стороны воздействия изолируемой среды, с противоположной (рис. 2.17, а) стороны (в случаях ремонта) и с обеих сторон одновременно. При внутришовном методе герметизирующие материалы наносятся между деталями соединения или узла (рис. 2.17, б). Комбинированный метод предусматривает использование двух указанных методов одновременно (рис. 2.17, в).

**Поверхностный метод** герметизации соединений рекомендуется применять в тех случаях, когда избыточное давление или рабочая среда действуют только с одной стороны соединения. Чаще всего герметизирующие материалы наносятся на поверхности соединений со стороны действия избыточного давления или рабочей изолируемой среды.

Герметизация соединений, узлов и агрегатов поверхностным методом осуществляется после окончания их сборки и поэтому в большинстве случаев не требует повышенной точности сборки.

Герметизирующие материалы на поверхности соединений рекомендуется наносить только в зоне швов. Покрытие сплошным слоем всей внутренней поверхности отсека может быть оправдано только применительно к многодетальным недостаточно жестким клепаемым конструкциям топливных отсеков при отсутствии доступа внутрь.

Наиболее распространены следующие способы герметизации соединений, узлов и агрегатов поверхностным методом:

нанесение на кромки деталей, узлов и агрегатов предварительно приготовленных пастообразных самовулканизирующихся в резиноподобное состояние герметизирующих материалов с помощью шприцев и шпателей в виде валиков различных сечений;

нагнетание пастообразных герметиков под съемную технологическую оснастку (например, бандажи) по местам стыков деталей;

нанесение на кромки деталей соединений пастообразных однокомпонентных самовулканизирующихся в резиноподобное состояние герметиков из тюбиков;

заполнение установленных на гайки и головки болтов колпачков пастообразными самовулканизирующимися герметиками;

заполнение жидкими или пастообразными герметизирующими материалами открытых пазов различного профиля у кромок соединений;

заполнение узлов, отсеков и целых агрегатов жидкими герметизирующими составами с последующим их сливом, сушкой, вулканизацией или отверждением оставшейся на поверхности детали пленки герметизирующего материала;

местное заполнение узлов, отсеков и агрегатов жидкими герметизирующими составами с последующим их сливом, сушкой, вулканизацией или отверждением оставшейся на поверхности деталей пленки примененного для герметизации материала;

полив (например, с вращением) соединений, узлов, отсеков и агрегатов жидкими герметизирующими составами с последующим их сливом, сушкой, вулканизацией или отверждением оставшейся на поверхностях деталей пленки примененного для герметизации материала;

местный полив (например, с вращением) соединений, узлов, отсеков и агрегатов жидкими герметизирующими составами с последующим их сливом, сушкой, вулканизацией или отверждением оставшейся на поверхности деталей пленки примененного для герметизации материала;

напаивание металлов на поверхности деталей и соединений в местах стыка и нахлестки деталей;

приваривание металлических уплотнительных материалов к поверхностям соединенных деталей;

нанесение на поверхности деталей, соединений, узлов и агрегатов жидких герметизирующих материалов или растворов с помощью распылителей;

нанесение на поверхности соединений волокнистых материалов и смол с помощью специальных пневматических инструментов;

частичное или полное окунание герметизируемых деталей, соединений, узлов и агрегатов в ванны с соответствующими герметизирующими материалами;

приклеивание тканевых, металлических и прочих лент на поверхности соединений;

закрывание поверхностей соединений специальными чехлами;

напыление на поверхности соединений пенополиуретанов или других вспенивающихся материалов.

При каждом способе поверхностной герметизации применяемые герметизирующие материалы должны удовлетворять соответствующим технологическим требованиям. Нанесение герметизирующих материалов способами окунания, наполнения или полива приводит к наибольшему утяжелению конструкции и увеличению цикла герметизации по сравнению с другими способами. Конструкция герметизируемых агрегатов при использовании этих способов должна обеспечивать возможность полного слива герметизирующих составов с учетом их максимальной вязкости. Например, диаметр отверстия для слива герметика УТ-32 должен быть 15...20 мм.

*Внутришовный метод* герметизации соединений, узлов и агрегатов рекомендуется применять как при одностороннем, так и при двустороннем воздействии рабочих изолируемых сред, которые могут находиться под избыточным давлением или при переменном воздействии перепада давлений.

При внутришовой герметизации к точности подгонки и сборки деталей, соединений, отсеков, как правило, предъявляются повышенные требования. В большинстве случаев максимальные местные зазоры на длине 100...300 мм между соединяемыми деталями не должны превышать 0,2...0,5 мм.

Внутришовный метод герметизации требует предварительной сборки деталей, соединений, узлов и агрегатов, их разборки для подготовки поверхностей деталей, соединений, узлов и агрегатов, удаления заусенцев, нанесения паст или прокладывания пленок и лент с прокалыванием отверстий в них и повторной окончательной сборки.

Во избежание разборки соединений герметизацию внутришовным методом наиболее целесообразно выполнять путем заполнения пазов по кромкам окончательно собранных деталей или прокладыванием между соединяемыми деталями упругих

клеевых лент или другого типа герметиков, позволяющих сверлить отверстия под заклепки и болты после окончательной сборки соединений.

Внутришовный метод герметизации нестыковых швов рекомендуется выполнять путем прокладывания уплотнительных резиновых колец под закладные головки болтов. Это снижает трудоемкость герметизации, так как устраняются операции разборки швов, обезжиривания деталей и нанесения на них герметиков.

Трудоемкость герметизации нестыковых швов отсеков во многих случаях может быть снижена путем отказа от герметизации замыкающих головок заклепок при качественном их оформлении в процессе клепки, так как утечка в этих местах не наблюдается.

В некоторых случаях внутришовная герметизация агрегатов повышает усталостную прочность и общий ресурс работы конструкции. Применение внутришовной герметизации с закладкой пастообразного герметика между деталями соединений в процессе сборочных работ вызывает увеличение трудоемкости сборки, клепки и постановки болтов не менее чем в два раза.

Возможность проведения внутришовной герметизации отсеков после окончания сборки обеспечивает метод нагнетания, выгодно отличающийся от других методов герметизации. Метод внутришовной герметизации нагнетанием основан на таком конструктивном решении, при котором обеспечивается сеть непрерывных каналов (пазов), заполняемых герметизирующим материалом и располагаемых на стыках герметизируемых элементов конструкции. При выполнении такой герметизации герметик под давлением вводится в канал снаружи отсека через отверстия впрыска. Отверстия впрыска сверлятся в канале герметизации через внешнюю обшивку. После зашприцовки герметика в канал отверстие закрывается винтом с потайной головкой.

В соединениях, герметизируемых нагнетанием герметика в пазы после сборки, зазоры не должны превышать 0,05 мм. Такая точность может быть обеспечена при механической обработке сопрягаемых поверхностей. Если зашприцовку проводить после нанесения поверхностной герметизации, то местные зазоры допускаются до 0,3 мм.

Нагнетание герметика в шов может производиться через отверстия под болты и заклепки, а также через специальные технологические отверстия с диаметром, не превышающим ширину паза. Ширина паза может быть равной 5...15 мм, глубина — 0,5...1,5 мм. Например, при диаметре болтов 8 мм канавка, расположенная по линии их установки, может иметь размеры 14×15 мм.

Отверстия для нагнетания герметика следует располагать на равном расстоянии друг от друга с наружной стороны агрегата. Расстояние между этими отверстиями должно составлять 250...500 мм. После нагнетания герметика отверстие должно быть закрыто заглушкой (когда паз располагается не по силовым точкам) либо в него может быть поставлен болт или заклепка.

Преимущества этого метода: обеспечение требуемой толщины шва, что гарантирует высокую надежность герметизации; возможность герметизации собранных агрегатов; возможность ремонта подшприцовкой новой порции герметика в случае использования невулканизирующихся замазок; улучшение условий труда.

Недостатки метода: необходимость обеспечения высокой точности подгонки деталей, соединений конструкции, что значительно повышает трудоемкость сборки; затрудненность ремонта изделия при его разгерметизации в случае использования вулканизирующихся герметиков и отсутствия люков.

Наиболее распространенные способы герметизации соединений, узлов и агрегатов внутришовным методом:

нагнетание самовулканизирующихся герметизирующих составов по зазорам или специальным каналам между соединенными деталями, узлами и агрегатами;

прокладывание между соединяемыми конструкционными деталями и узлами упругих клеевых лент, пленок, прокладок и других деталей, а также других материалов перед окончательной сборкой соединений узлов и агрегатов;

предварительное нанесение герметизирующих материалов на сопрягаемые поверхности соединяемых деталей, узлов и агрегатов и деталей крепежа;

нанесение липких, пастообразных и других материалов на сопрягаемые поверхности деталей, узлов и агрегатов и деталей крепежа перед окончательной сборкой соединений, узлов и агрегатов;

склеивание деталей и узлов;

пайка деталей и узлов;

заполнение канавок и специальных объемов самовспенивающимися композициями;

заполнение зазоров в резьбовых соединениях анаэробными смолами;

нагнетание по каналам между деталями соединений невулканизирующихся замазок и паст;

комбинация указанных способов.

*Комбинированный метод* герметизации соединений, узлов и агрегатов в большинстве случаев обеспечивает наибольшую надежность и стабильное качество герметичных отсеков и агрегатов.

Этот метод применяется в случаях воздействия разных рабочих сред с двух сторон соединения или когда давления рабочих сред или одной среды с двух сторон неодинаковы либо попеременно изменяются. По сравнению с предыдущими при этом методе меньшее влияние оказывает квалификация исполнителей, однако он более трудоемок и отличается увеличением массы конструкций за счет герметизации.

**Классификация герметизирующих материалов.** В самолетостроении для герметизации болтовых и заклепочных соединений деталей в узлах и агрегатах могут применяться разнообразные (по физическому состоянию) материалы: мягкие металлы (в виде прокладок, шайб или уплотнительных деталей); невулканизирующиеся, невысыхающие пластичные густые пасты или замазки; клеи (пленки, покрытия); различной вязкости пасты и их растворы, самовулканизирующиеся в резиноподобное рабочее состояние; анаэробные и другие смолы.

Наиболее современными и получившими распространение являются резиноподобные герметики, находящиеся в процессе применения в пастообразном состоянии. Вязкость герметиков можно уменьшать до жидкотекучего состояния путем введения в них растворителей. Для обеспечения необходимой непроницаемости соединений можно применять различные по консистенции материалы в зависимости от размеров конструктивных неплотностей, точности подгонки и технологии изготовления деталей, методов сборки и условий эксплуатации.

В процессе применения герметизирующие материалы могут быть разделены на следующие группы:

- жидкие лаки и растворы;
- густые, вязкие растворы и лаки;
- тиксотропные пасты, не стекающие с вертикальных и наклонных поверхностей;
- густые высоковязкие пасты;
- эластичные высоковязкие замазки;
- эластичные прокладки;
- упругие материалы в виде клеевых пленок;
- твердые материалы (клеи, полимеры, металлы и др.).

Жидкие уплотнительные составы рекомендуется использовать для герметизации соединений, имеющих небольшие зазоры, или для заполнения узких щелей и капиллярных каналов, а также для получения сплошных поверхностных герметизирующих покрытий.

Для этих же целей рекомендуются жидкие герметизирующие материалы, не имеющие растворителей в своем составе и вулканизирующиеся или отверждающиеся без усадок. Применение таких материалов устраняет опасность возникновения пожаров и

значительно улучшает условия труда за счет устранения токсикологического действия растворителей.

Вязкие пасты, не изменяющие своих свойств под действием рабочих сред в течение длительного времени, используются для нагнетания их по каналам между соединяемыми деталями. Для зашприцовки могут применяться материалы, переходящие в резиноподобное состояние без усадки, а также пластичные замазки.

Особенно удобны для внутришовной герметизации резьбовых соединений отверждающиеся без доступа воздуха анаэробные смолы. В зависимости от стойкости к рабочим средам используемые в самолетостроении герметизирующие материалы делятся на атмосферостойкие; атмосферо- и водостойкие; топливо- и маслостойкие; атмосферо-, водо-, топливо- и маслостойкие.

В зависимости от температурных условий и длительности эксплуатации различают герметики для длительной и кратковременной работы при высоких и невысоких температурах.







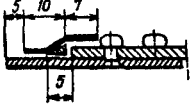


Если герметик употребляется на стороне, противоположной давлению, то лучше всего применять самовулканизирующиеся материалы вследствие более высокой адгезии их к металлам. Можно также заменять их высыхающими за счет испарения растворителей герметизирующими материалами и клеями.

Выбор соответствующего герметизирующего материала в каждом случае производит конструктор, сопоставляя условия производства и эксплуатации самолетов с характеристиками имеющихся герметиков. При этом следует учитывать способ перевода герметизирующего состава в конечное рабочее состояние, например с испарением растворителей или без. Уплотнительный материал (лак, пленка, замазка, паста) выбирают в зависимости от конструкции, принятой схемы герметизации и технологического процесса нанесения герметика с учетом соответствия его основным тактико-техническим требованиям.

**Краткие характеристики герметиков.** При использовании вулканизирующихся герметиков следует учитывать, что после введения вулканизирующих компонентов происходит непрерывный процесс вулканизации герметика, скорость которого прямо пропорциональна количеству введенных вулканизирующих компонентов, температуре и влажности окружающего воздуха. Поэтому конструктор при проектировании должен предусмотреть, чтобы время сборки и клепки герметичных агрегатов было меньше времени жизнеспособности герметиков.

При использовании герметиков особое внимание надо обращать на значение сопротивления отрыва от герметизируемых поверхностей и, по возможности, избегать работы герметиков на отрыв. Разжиженные герметики, как правило, вулканизируются с усадками.

Таблица 2.51

Схема герметизации	Основное время герметизации, мин/пог. м		Привес, г/пог. м	
	УЗ0МЭС-5	У-2-28	УЗ0МЭС-5	У-2-28
	6	10	30	45
	8	10	20	30
	8	11	65	95
	28	32	85	140
	38	44	145	220
	40	52	165	250
	10	12	50	75
	6	—	40...60	60...90
	—	—	950	—

Продолжение табл. 2.51




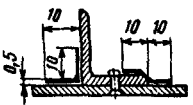
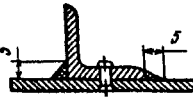
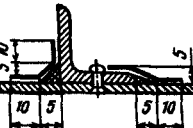
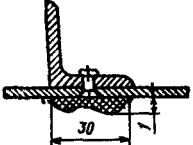
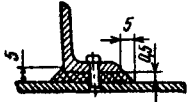
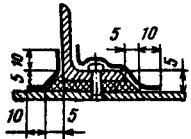
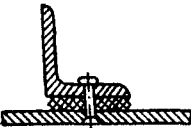
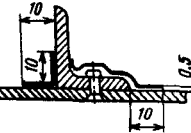
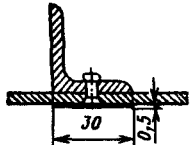
Схема герметизации	Основное время герметизации, мин/пог. м		Привес, г/пог. м	
	УЗ0МЭС-5	У-2-28	УЗ0МЭС-5	У-2-28
	9	17	80	120
	17	20	100	150
	12	—	110	—

Таблица 2.52

Схема герметизации	Основное время герметизации, мин/пог. м		Привес, г/пог. м	
	УЗ0МЭС-5	У-2-28	УЗ0МЭС-5	У-2-28
	6	8	30	45
	8	10	20	30
	10	12	50	75
	10	12	40	60

Продолжение табл. 2.52

Схема герметизации	Основное время герметизации, мин/пог. м		Привес, г/пог. м	
	У30МЭС-5	У-2-28	У30МЭС-5	У-2-28
	18	20	40	60
	34	40	80	120
	16	20	20	30
	12	20	40	60
	8	10	20	40

Трудоемкость различных вариантов герметизации соединений поверхностным методом может достигать 200 %, а комбинированным и внутришовным – 500 %. За счет применения технологических герметичных соединений можно в несколько раз сократить цикл и трудоемкость процессов герметизации, составляющую 3...25 % от трудоемкости их сборки, и исключить привес конструкций путем их герметизации.

**Работоспособность герметичных соединений.** В каждом герметичном агрегате всегда имеется ряд участков, являющихся наименее надежными в отношении герметичности. К ним относятся, во-первых, разъемные и подвижные соединения деталей и узлов и, во-вторых, силовые неразъемные соединения деталей и узлов (кроме обычных стрингерных и шпангоутных швов) в от-

секах и агрегатах. Работоспособность, а следовательно, и надежность герметичного соединения определяются следующими основными факторами:

типом примененного герметизирующего материала, в частности его физико-химическими и механическими (включая адгезионные) свойствами;

характером и величиной нагрузок, действующих на соединение;

сроком службы изделия;

температурным режимом работы соединения (возможными взаимными перемещениями деталей);

рабочей средой (топливо, воздух, инертные газы), в которой должен работать герметик.

В наиболее тяжелых условиях, как правило, работают стыковые заклепочные соединения деталей и ответственные узлы герметичных конструкций, требующие применения более сложных методов и схем герметизации.

Некоторые из возможных схем герметизации стыковых и стрингерных соединений герметиками типа У30МЭС-5 и У-2-28 приведены в табл. 2.51 и 2.52 соответственно. Привес соединений за счет герметизации, выполняемой поверхностным, внутришовным или комбинированным методами, может составлять от 10...20 до 200...250 г/пог. м.

## Глава 3

### ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УВЯЗКИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНЕРА И ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРОЧНОЙ ОСНАСТКИ

#### 3.1. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ УВЯЗКИ ДЕТАЛЕЙ И ОСНАСТКИ

Конструкцию и процессы изготовления сборочной оснастки во многом определяют выбранный метод увязки геометрических параметров сопрягаемых между собой деталей, узлов, отсеков и агрегатов.

Под увязкой понимается согласование размеров и формы сопрягаемых поверхностей между собой. Методы увязки составных частей планера самолета определяют два следующих признака:

вид первоисточника увязки, в качестве которого может быть чертеж, плаз, эталон и программа ЭВМ;

вид средства увязки, которым может быть инструментальное средство (станок, стенд, контрольно-измерительная машина), шаблон или макет.

В зависимости от выбранного первоисточника и средства увязки для отдельных агрегатов и планера в целом могут использоваться следующие методы увязки: чертежно-инструментальный; чертежно-шаблонный; чертежно-макетный; плазово-инструментальный; плазово-шаблонный; плазово-макетный; эталонно-инструментальный; эталонно-шаблонный; эталонно-макетный; программно-инструментальный; программно-шаблонный; программно-макетный.

В каждом из этих методов могут иметь место два принципа [32]: связанного и независимого образования форм и размеров деталей, узлов и оснастки (рис. 3.1).

Схема увязки размеров  $A$  и  $B$  по принципу связанного образования форм и размеров (см. рис. 3.1,  $a$ ) имеет общие для обоих размеров этапы, число которых  $p$ . Каждая из ветвей образования конечного размера  $A$  и  $B$  имеет свое число этапов, обозначенное соответственно буквами  $q$  и  $r$ .

Поля производственных погрешностей каждого из размеров и увязки двух размеров между собой могут быть описаны следующими уравнениями:

$$\delta_A = \sum_{i=1}^p \delta_i + \sum_{j=1}^q \delta_j;$$

$$\delta_B = \sum_{i=1}^p \delta_i + \sum_{k=1}^r \delta_k;$$

$$\delta_{AB} = \sum_{j=1}^q \delta_j + \sum_{k=1}^r \delta_k,$$

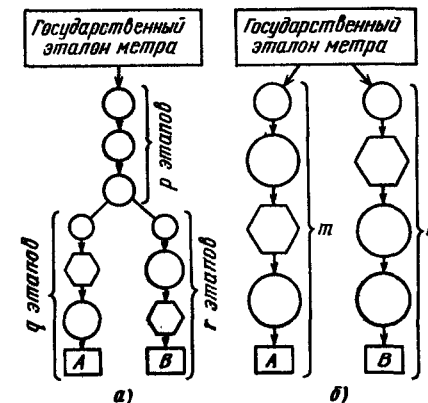


Рис. 3.1. Схема принципов образования размеров и форм:  
 $a$  – связанное образование;  $b$  – независимое образование

где  $\delta_A$ ,  $\delta_B$  – поля производственных погрешностей размеров  $A$  и  $B$  соответственно;  $\delta_{AB}$  – поле производственной погрешности увязки размеров  $A$  и  $B$ ;  $\delta_i$ ,  $\delta_j$ ,  $\delta_k$  – поля производственных погрешностей общих  $i$  и индивидуальных  $j$  и  $k$  этапов.

Таким образом, поля погрешностей каждого размера образуются путем суммирования погрешностей всех общих и индивидуальных для каждого размера этапов.

Поля погрешностей общих для обоих размеров этапов не влияют на точность увязки обоих размеров между собой.

Из приведенных выше уравнений можно найти условия, при которых точность увязки размеров  $A$  и  $B$  выше точности каждого из этих размеров:

$$\delta_{AB} \leq \delta_A, \text{ если } \sum_{k=1}^r \delta_k \leq \sum_{i=1}^p \delta_i,$$

$$\delta_{AB} \leq \delta_B, \text{ если } \sum_{j=1}^q \delta_j \leq \sum_{i=1}^p \delta_i.$$

Таким образом, для того чтобы обеспечить высокую точность увязки размеров, необходимо все этапы, дающие большие погрешности в каждой из индивидуальных ветвей, перенести в общие для обоих размеров этапы. В этом случае погрешность увязки будет меньше погрешности каждого из размеров.

Воспроизведение размеров сопровождается обработкой поверхностей, образующих заданную форму изделия. Операции переноса формы на рис. 3.1 показаны шестиугольниками, а размеров – кружками.



Основное достоинство рассмотренного принципа состоит в том, что он позволяет обеспечить взаимозаменяемость изделий малой жесткости, сложной формы и больших габаритных размеров. Именно принцип связанного образования форм и размеров является теоретической основой плазово-шаблонного метода увязки заготовительной и сборочной оснасток, применяющегося в самолетостроении.

Увязка на основе принципа независимого образования размеров и форм изделий (см. рис. 3.1, б) не содержит общих этапов переноса каждого из размеров. В этом случае перенос размеров  $A$  и  $B$  осуществляется независимо друг от друга при разном в общем случае числе индивидуальных этапов ( $m \neq n$ ) и поле погрешностей увязки размеров  $A$  и  $B$

$$\delta_{AB} = \sum_{j=1}^m \delta_j + \sum_{k=1}^n \delta_k,$$

где  $\delta_j, \delta_k$  – поле погрешностей  $j$ -го и  $k$ -го этапов переноса размеров  $A$  и  $B$ .

**Метод объемной увязки (МОУ).** На КНААПО используются отдельные элементы метода объемной увязки, созданного НИАТОМ совместно с НАПО [20].

*Сущность МОУ* заключается в проведении в процессе создания объемного макета оценки и согласования геометрических параметров деталей планера и создании на их основе размерных цепей и базовых поверхностей элементов бортовых систем с перенесением взаимовязанных геометрических параметров в техническую документацию и технологическую оснастку.

Объемный макет – это макетно-технологический образец отсека, агрегата или изделия, собранный из взаимовязанных деталей, оборудования, комплектующих изделий или их макетов и заталонированных элементов бортовых систем. В процессе создания объемного макета выполняется конструктивно-технологическая отработка компоновки оборудования и бортовых систем изделия. Собранный объемный макет становится источником информации о размерах и форме элементов коммуникаций, положении деталей и узлов систем в целом.

Особенностью схемы МОУ является многоэтапная оценка качества согласования геометрических параметров деталей планера в процессе плазовой увязки, контрольно-плазовой сборки и контрольной агрегатной сборки объемного макета. В итоге устраняются причины рассогласования системы “деталь каркаса – обшивка – стапель”. С первых изделий обеспечиваются высокая степень взаимозаменяемости деталей планера, стабильное и идентичное их размещение при сборке по сборочным и базовым отверстиям.

По результатам объемной увязки оборудования и бортовых систем выпускается полный комплект конструкторской документации, уточняются плазовые источники, механозаготовительная и сборочная оснастка, технологическая документация.

Сборка узлов и агрегатов объемного макета и первых изделий осуществляется в одних и тех же стапелях. Важным условием внедрения МОУ является опережение сборки объемного макета и отработки в нем бортовых систем и оборудования по отношению к сборке изделий головной серии. Это необходимо, чтобы до поступления первых изделий на общую сборку были изготовлены комплекты серийных трубопроводов, электрорадиоуготов и другие элементы систем.

В период серийного производства объемный макет служит прототипом для всех дальнейших модификаций изделия.

Основные преимущества МОУ по сравнению с другими методами:

выполнение всего комплекса работ по созданию объемного макета осуществляется в период подготовки производства до начала серийного выпуска;

сборка изделий, начиная с головной серии, осуществляется по отработанным серийной технической документации и оснастке;

создаются наилучшие условия для внедрения прогрессивной технологии сборки, организации и планирования серийного производства.

Метод объемной увязки не накладывает ограничений на способы заданий информации и увязку теоретических контуров изделия. Эта информация может быть представлена в виде теоретических чертежей, таблиц или математической модели поверхности.

*Увязка эталонно-шаблонной и рабочей оснастки.* Конструктивная увязка деталей планера и элементов бортовых систем проводится с учетом технологических требований рационального панелирования, возможности объединения деталей различных конструктивных групп, но расположенных в одной зоне агрегата, в отдельные под сборки. Такие под сборки под установку оборудования получили название “пространственная рамка”.

На контрольно-контурный шаблон наносят контуры сечений элементов не только агрегата, но и систем блоков оборудования и аппаратуры; производят кинематическую увязку подвижных частей систем управления; уточняют размеры деталей, входящих в пространственные рамки; определяют сборочные отверстия, необходимые для сборки и установки; намечают положение магистральных электропроводных и трубопроводных трасс, разъемов и т. д. При этом решаются вопросы о применении деталей

типа уголков, книц, профилей в качестве конструктивных компенсаторов производственных погрешностей при установке пространственных рамок на изделие.

*Пространственные носители форм и размеров.* Особенностью МОУ является использование в период освоения серийного производства нового изделия комбинированного эталона, сочетающего в себе функции эталона поверхности и монтажного эталона. Этот эталон назван базовым и служит для изготовления заготовительной оснастки и монтажа сборочной оснастки нулевой очереди.

Базовый эталон воспроизводит всю поверхность соответствующего отсека агрегата, несет на себе узлы разъемов и стыков и применяется при монтаже технологической оснастки для сборки агрегатов, имеющих сборно-клепаные обшивочные панели. Поверхность базового эталона выполняется по внутреннему контуру обшивок. В случае, если конструкция агрегата выполнена из монолитных панелей, применяется обычный монтажный эталон, изготовленный по наружному (теоретическому) контуру изделия.

Базовые эталоны агрегатов больших габаритных размеров имеют членение на отсеки (секции) в соответствии с конструктивно-технологическим членением изделия.

Каркас базового эталона рекомендуется изготавливать в виде сварной конструкции, состоящей из стальной обечайки, подкрепленной ребрами жесткости. На обечайке эталона монтируются съемные репер-стойки, стыковые узлы и лекала по конструктивным элементам каркаса агрегата. На обечайку (стальной лист толщиной 3...4 мм) перед заливкой устанавливают арматуру (стальную проволоку, сетку), увеличивающую прочность скрепления облицовки с каркасом.

Лекала по конструктивным элементам изделия, создающие рабочий контур эталона в основных сечениях, представляют собой угольники из алюминиевых сплавов. Лекала монтируют на каркас эталона по шаблонам или любым другим методом. Крепление лекала к каркасу эталона осуществляют винтами или болтами с заливкой цементом НИАТ-МЦ.

Плоскости поперечных разъемов базового эталона конструктивно выполняют в виде плит, отстыкованных по мастер-плитам соответствующих разъемов отсеков (агрегатов) изделия.

Стыковые узлы монтируют на каркас базового эталона по калибрам соответствующих узлов агрегата (отсека) с последующей увязкой по сопрягаемым эталонам.

При снятии слепков с базового эталона его стыковые узлы закрывают металлическими кожухами, ниши под репер-стойки в облицовке заделывают специальными заглушками, обработан-

ными по шаблонам. На поверхность базового эталона наносят следующую информацию: теоретические и конструктивные оси (ось симметрии, строительную горизонталь фюзеляжа, оси шпангоутов, стрингеров, балок); центры базовых отверстий; контуры торцов обшивок, лючков и элементов каркаса, выходящих на обводы. В соответствии с разметкой устанавливают втулки под БО. Расположение и число БО определяют соответствующими схемами, входящими в директивную документацию.

Во избежание растрескивания и коробления базовых эталонов из-за различных коэффициентов линейного расширения металла и облицовки не допускается резкий перепад температур при транспортировке и хранении.

Для отсеков изделия типа кабин, конструкция которых включает сложные каркасные узлы и подвижные части, вместо базового эталона применяют монтажный эталон и эталон поверхности. Конструкция монтажного эталона в данном случае максимально упрощена – содержит лекала только по базовым элементам каркаса (шпангоутам, балкам и т. д.), необходимые для монтажа сборочной оснастки.

Увязка оснастки для изготовления деталей планера осуществляется на основе эталонно-шаблонного метода с применением базового эталона (или эталона поверхности) и образцовых деталей. Образцовая (эталонная) деталь – это деталь с номинальными обрезами со всеми направляющими отверстиями (НО) и сборочными отверстиями и нанесенной информацией: теоретическими и конструктивными осями, необходимыми надписями.

С помощью образцовых деталей осуществляется увязка сборочных отверстий в обшивках и деталях каркаса.

Заготовки для образцовых деталей каркаса изготавливают в технологической оснастке заготовительных цехов. Для проверки прилегания заготовок по всей поверхности к оснастке в местах подсечек и переходов в них сверлят отверстия диаметром 6...8 мм, позволяющие определить и устранить зазор между оснасткой и деталью.

В плазово-шаблонном цехе заготовки обрабатывают по торцам, бортам, вырезам согласно чертежу и шаблонам, размечают и сверлят СО, НО и другие отверстия согласно паспорту, наносят оси конструктивных элементов.

Образцовая обшивка служит для обработки номинальных обрешеток, окон, вырезов и увязки образцовых деталей каркаса планера, входящих в данный узел. Образцовые обшивки имеют следующую информацию: строительные оси; оси продольных и поперечных конструктивных элементов (шпангоутов, стрингеров); базовые отверстия.

Изготовление образцовой обшивки осуществляют по следующей технологической схеме:

изготавливают заготовку формообразованием по обтяжным пуансонам;

устанавливают заготовку на базовый эталон с обеспечением плотного прилегания (с зазором не более 0,5 мм);

сверлят базовые отверстия в заготовке (перевод отверстий с базового эталона осуществляют с помощью специальных кернеров или других устройств) и производят фиксацию обшивок на эталоне;

размечают теоретические и контурные оси, контуры обрезов и контуры элементов каркаса, выходящие за обвод. Для удобства разметки и перенесения информации с базового эталона на обшивку прорезают технологические окна, а затем точно обрабатывают по местам пересечения переносимых осей. Обшивки обрезают без припуска по люкам и по всему периметру;

увязывают на базовом эталоне обрезы по стыкам со смежными образцовыми обшивками;

производят контроль заготовки образцовой обшивки (допускаемые отклонения среза образцовой обшивки от разметки на базовом эталоне  $\pm 0,15$  мм).

Для увязки деталей каркаса планера и получения на них сборочных отверстий производится сборка панелей из образцовых деталей в пространственных корзинках.

Пространственные корзинки изготавливаются в плазово-шаблонном цехе из набора поперечных и продольных контршаблонных контуров сечений (КШКС), выполненных по наружному контуру обшивок агрегата.

Проверка корзинок производится по базовому эталону с установкой прокладок, соответствующих толщине обшивки агрегата. На выставленную по базовому эталону корзинку монтируются кронштейны с втулками под БО.

Сборку образцовой панели осуществляют в следующем порядке:

устанавливают образцовую обшивку в пространственную корзинку с фиксацией по базовым отверстиям;

устанавливают с базой по осям на образцовой обшивке образцовые детали продольного и поперечного набора, окантовки и крепят к обшивке с помощью струбцин через окна или грузами;

сверлят сборочные отверстия в образцовой обшивке по сборочным отверстиям образцовых деталей и крепят детали к обшивке технологическими винтами;

осуществляют контроль размеров и расположения всех деталей на собранной образцовой панели по чертежам (зазоров по

торцам деталей и в сопряжениях поверхностей обшивки и каркаса, перемычек по НО и др.).

По увязанным между собой в процессе сборки панелям, образцовым деталям каркаса и обшивки изготавливают шаблоны обрезки контура.

*Увязка сборочной оснастки.* Одновременно с изготовлением и увязкой деталей планера осуществляют изготовление и монтаж сборочной оснастки технологического комплекта (нулевой очереди), перечень и очередность изготовления которой устанавливаются графиком на оснащение. Увязку сборочной оснастки осуществляют с применением монтажного или базового эталона.

Сборочная оснастка нулевой очереди по схемам базирования полностью соответствует серийной оснастке. В целях сокращения сроков проведения объемной увязки допускается изготовление оснастки без средств механизации.

Для сборки панелей, детали которых увязаны при сборке образцовой панели, применяют приспособления упрощенной конструкции, выполняющие роль поддерживающих устройств. Монтаж таких приспособлений ведется по образцовым обшивками, подкрепленным набором продольных и поперечных шаблонов.

Стапели для сборки отсеков имеют минимальное число ручейников и фиксаторов. Это обеспечивается поставкой на сборку стабильных по геометрическим параметрам и достаточно жестких панелей – обшивок, собранных по сборочным отверстиям с продольно-поперечным набором.

*Агрегатная сборка объемного макета.* В целях обеспечения с первых изделий высокой степени взаимозаменяемости деталей планера производится агрегатная сборка объемного макета, состоящая из контрольно-плазовой сборки узлов и панелей, а также контрольной сборки панелей, секций и агрегатов в сборочной оснастке нулевой очереди. В этот период осуществляется многоэтапная оценка качества увязки деталей планера, выявляются и устраняются рассогласования их размеров, уточняется технологический процесс сборки.

Для опережения сборки объемного макета против первого изделия головной серии проводится комплекс следующих организационно-технических мероприятий:

изготовление деталей для объемной увязки из легкообрабатываемых и хорошо освоенных материалов взамен труднообрабатываемых и дефицитных, предусмотренных чертежами изделия;

использование макетных или некондиционных по физико-механическим свойствам деталей при условии соответствия их размеров серийным чертежам;

сокращение объема сборочных работ за счет уменьшения числа крепежных точек, изъятия операций, связанных с герметизацией, покраской, технологическими выдержками и испытаниями и т. д.;

сокращение объема контрольно-сдаточных операций, связанных с выполнением соединений, герметизацией и пр.;

применение вместо сборочных приспособлений пространственных корзинок из шаблонов для увязки сборочных отверстий и сборки панелей первых серийных изделий;

максимальное расчленение работ в соответствии со специализацией цехов и участков по агрегатам, отсекам и зонам изделия.

**Достоинства МОУ.** Метод объемной увязки, лежащий в основе всей системы технологической подготовки изделия, обладает высокой эффективностью, способствует совершенствованию технологии и организации основного и вспомогательного производств и позволяет [27]:

повысить степень взаимозаменяемости деталей и довести объем установки деталей и узлов без подгонки до 95 % от общего объема;

широко внедрять прогрессивные методы сборки и механизацию сборочных работ с доведением уровня сборки по сборочным, базовым и контрольно-фиксирующим отверстиям до 70 % и уровня безударной клепки до 70 %;

довести объем монтажа бортовых систем и оборудования без применения сверлильно-клепальных, подгоночных работ, пайки на потоке до 99,8 %;

довести уровень механизированного и объективного контроля бортовых систем до 90 %;

повысить уровень применения в конструкции унифицированных деталей и нормалей до 60 %;

упростить конструкцию сборочной оснастки;

сократить число приспособлений для сборки узлов и панелей на 50 %;

сократить число приспособлений для установки крепежа и по разъемам коммуникаций до 40 %;

сократить объем доработок технологической оснастки в 5...7 раз.

**Программно-инструментальный метод (ПРИМ) увязки.** Основой автоматизации производства, сокращения сроков подготовки выпуска новых изделий и повышения эффективности технической подготовки производства (ТПП) в отрасли стал переход от плазово-шаблонного метода к независимому [1]. Наиболее существенным признаком независимого метода является наличие числовых моделей формы изделия и его частей, необходи-

мых и достаточных для воспроизведения и контроля деталей, узлов и агрегатов.

При плазово-шаблонном методе размеры, определяющие форму детали, задают не только чертежом, но и технологическими документами, поэтому определение полной размерной информации (РИ) не заканчивается на этапе конструкторской подготовки производства (КПП), а продолжается в течение всего периода ТПП. При этом источниками РИ служат чертежи изделия, разрабатываемые в отделе главного конструктора (ОГК); табуляграммы сечений сложных контуров расчетно-конструкторского бюро плазового цеха; конструктивный плаз, определяющий недостающие в чертеже линейные размеры внутреннего набора конструкции, а также шаблоны, макеты и эталоны, изготавливаемые в цехах подготовки производства. Таким образом, созданием необходимой РИ последовательно занимаются разные службы, что увеличивает цикл и снижает эффективность ТПП.

На КНААПО в качестве стандарта предприятия (СТП) действует новая организационно-техническая форма подготовки производства, обеспечивающая независимый метод увязки. Сущностью новой формы явилась концентрация всей необходимой для производства деталей и узлов размерной информации в одном документе – чертеже и в процессе одного этапа – КПП (рис. 3.2), ТПП в соответствии с приведенной схемой можно разбить на 6 этапов.

*1 этап.* На основе теоретического чертежа с использованием современной программной системы Unigraphics разрабатывается математическая модель поверхности планера, производятся расчеты эквидистантных сечений и поверхностей для основных обводообразующих деталей каркаса и обшивок, рассчитывается пространственная координатная схема базовых отверстий и разрабатываются рабочие чертежи деталей каркаса и оснастки с привязкой положения обводной части относительно соответствующей группы БО.

*2 этап.* В программной системе Unigraphics рассчитываются программы обработки контуров на стенках с ЧПУ для базовых внутренних обводообразующих элементов (ВОЭ), к которым относятся ложементы сборочной оснастки для базирования по внутреннему контуру обшивок, эталоны и макеты силовых деталей каркаса планера; базовых наружных обводообразующих элементов оснастки (НОЭ), к которым относятся рубильники и другие элементы оснастки для базирования по наружному контуру, а также данные для перемещения и фиксации в пространстве исполнительного органа координатно-монтажного стенда с ЧПУ модели МС-636Ф-2-11.

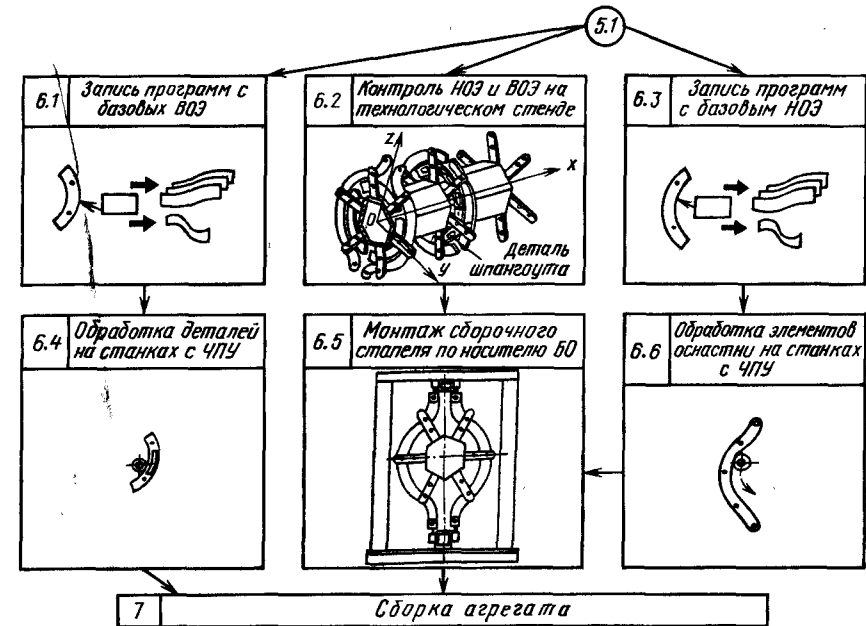
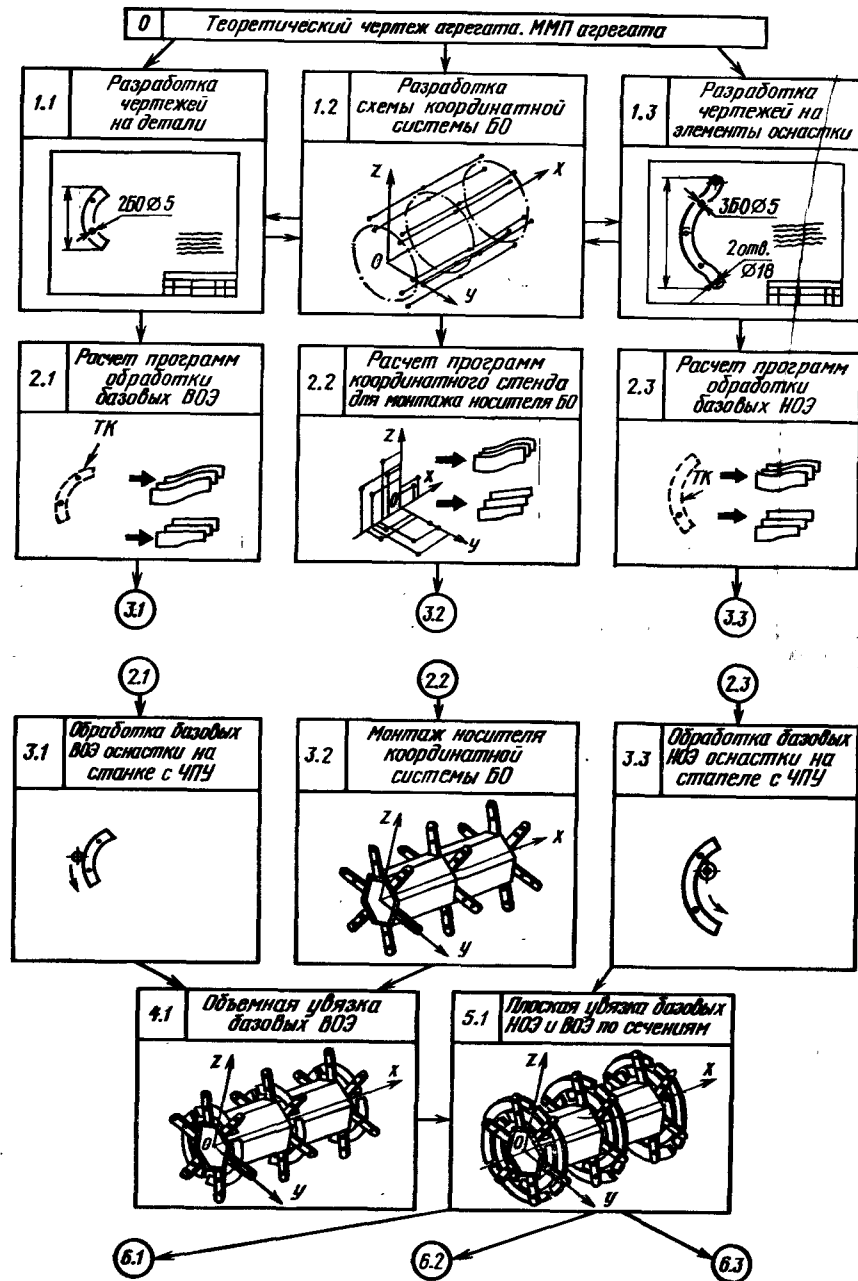


Рис. 3.2. Схема ТПП на основе увязки геометрических параметров деталей и оснастки независимым методом

3 этап. Выполняется обработка базовых ВОЭ и НОЭ на координатно-расточных и фрезерных станках с ЧПУ по программам с базированием на соответствующие БО. Производится монтаж жесткого носителя координатной системы БО с помощью координатно-монтажного станда МС-636Ф-2-11.

4 этап. Базовые ВОЭ фиксируются на соответствующие БО носителя координатной системы и производится объемная увязка контуров как по плоскостям сечений в местах стыков, так и от сечения к сечению. При этом выявляются и устраняются несоответствия контуров ВОЭ, вызванные субъективными и техническими причинами.

5 этап. На носитель координатной системы БО устанавливаются НОЭ и согласовывают их относительно базовых ВОЭ.

6 этап. В результате 4-го и 5-го этапов носитель координатной системы БО вместе с ВОЭ, НОЭ превращается в технологический стенд для контроля элементов рабочей оснастки, отдельных деталей планера и сборочной оснастки. По носителю ведется монтаж сборочного стапеля агрегата, контуры ВОЭ и НОЭ и положение БО переносятся на рабочую оснастку деталей. Возможна запись программ с базовых ВОЭ с помощью кон-

трольно-измерительного комплекса для обработки деталей каркаса планера на станках с ЧПУ.

Внедрение организационно-технической формы по описанной выше схеме сократило общий цикл ТПП в 1,5 раза [23].

Для агрегатов, имеющих более простую линейчатую поверхность, схема увязки упрощается (рис. 3.3). В этой схеме увязки применяется разработанный на КнААПО новый способ монтажа<sup>1</sup> сборочного стапеля с малой строительной высотой. Как и при увязке с помощью технологического натурного стенда, единой базой для обработки деталей и элементов оснастки, а также их пространственной фиксации при этом методе является система базовых отверстий. Относительно базовых отверстий обрабатываются детали и элементы оснастки. Для верхней поверхности крыла изготовлен жесткий носитель базовых отверстий, по которому монтируются рубильники стапеля, зафиксированные по базовым отверстиям. Размещение каркаса носителя за пределами контура крыла и базовых отверстий на носителе только для верхней поверхности обеспечивает минимальные погрешности монтажа, вызванные собственной массой носителя и рубильников. После монтажа рубильников верхней поверхности носитель убирают, а с базой на отверстия уже установленных рубильников с помощью фиксаторов монтируют рубильники нижней поверхности. Далее возможен монтаж фиксаторов внутреннего набора с базой на отверстия рубильников обеих поверхностей.

Таким образом, жесткий носитель базовых отверстий с фиксаторами в совокупности с программами обработки контуров деталей и элементов рабочей оснастки фактически является программным эталоном поверхности, не воспроизводящим сложную поверхность в средствах увязки. Преимущества увязки с применением жестких носителей, связанные с объективностью и стабильностью передачи размерной информации при тиражировании и ремонте оснастки, сочетаются с низкой стоимостью средств увязки, обусловленной отсутствием эталонных деталей, воспроизводящих сложные контуры. Носитель базовых отверстий изготавливается с помощью координатного стенда по данной схеме базовых отверстий, разрабатываемой по чертежам изделия без использования плазовой информации, т. е. независимым методом. Увязка заготовительно-штамповочной оснастки выполняется по шаблонам, изготовленным на станках с ЧПУ, или с использованием объемной оснастки по программам. Метод монтажа сборочного стапеля агрегата с малой строительной высотой внедрен для серийно выпускаемого крыла на КнААПО [15].

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф., Малышев В. Ф. Способ монтажа сборочного стапеля с малой строительной высотой: А. с. 1228412 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

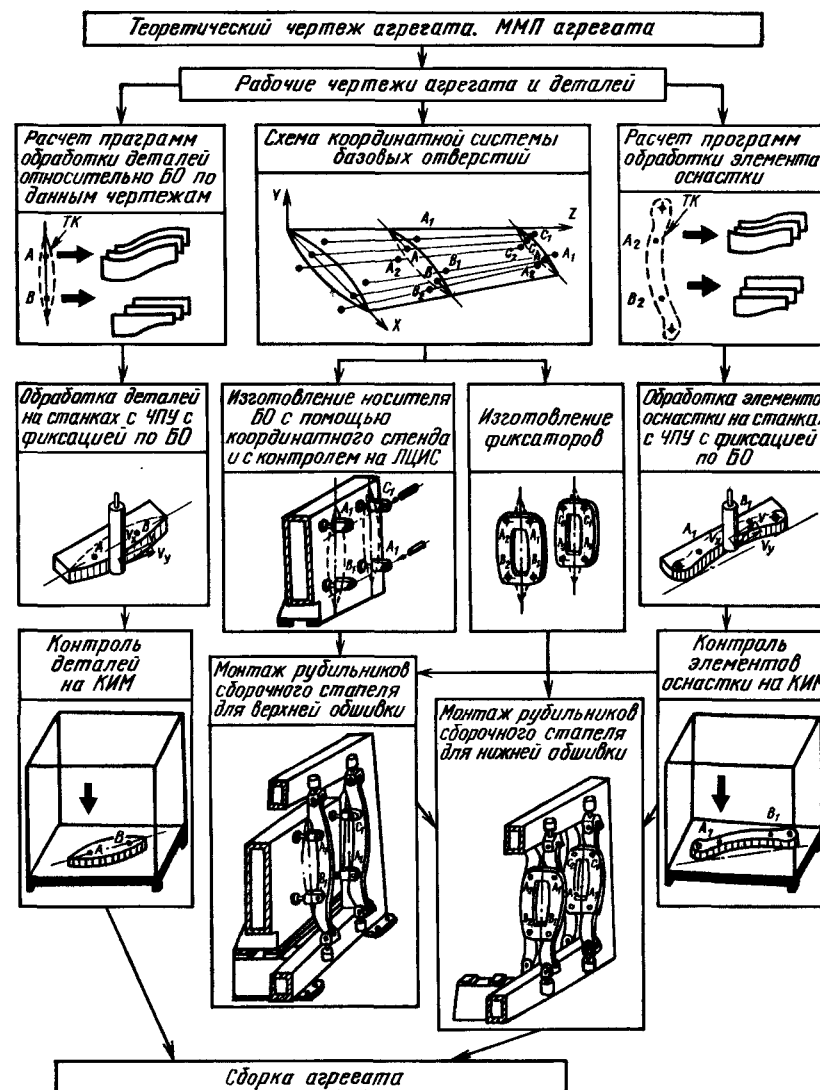


Рис. 3.3. Схема увязки геометрических параметров деталей и оснастки агрегата с линейчатой поверхностью

Средства увязки в ПРИМ. Универсальным средством увязки в описанном ПРИМ, наряду с высокоточными координатно-рас-

точными и фрезерными станками с ЧПУ, является инструментальный стенд МС-636Ф-2-11.

Инструментальный стенд МС-636Ф-2-11 представляет собой механизированное средство портального типа с подвижным столом и подвижной поперечной линейкой, управляемыми от устройства с числовым программным управлением типа "Размер-2М".

Вертикальные координатные неподвижные линейки расположены на стойках портала. Горизонтальная координатная линейка закреплена на одной стороне подвижного стола.

Стенд имеет три режима управления: ручное, автоматическое (по программе, записанной на перфоленте) и в режиме преднабора (набор значений координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  на поле набора пульта устройства "Размер-2М").

В системе координат стенда ось  $X$  направлена вдоль стола, ось  $Y$  – вдоль поперечной линейки, ось  $Z$  – вверх по вертикальной линейке.

#### Основные параметры стенда МС-636Ф-2-11

Длина стола, мм . . . . .	10 800
Ширина стола . . . . .	1600
Ширина Т-образного центрального паза, мм . . . . .	28
Число Т-образных пазов, шт . . . . .	7
Шаг расположения Т-образных пазов, мм . . . . .	21
Расстояние между стойками, мм . . . . .	1928
Наибольшая ширина оснастки, мм . . . . .	1860
Наибольшая высота оснастки, мм . . . . .	3000
Ход стола, мм . . . . .	10 450
Ход поперечной линейки, мм . . . . .	3000
Цена дискреты цифровой индикации перемещения стола и поперечной линейки, мм . . . . .	0,01
Ширина Т-образного паза координатных линеек, мм . . . . .	14

Инструментальный стенд модели МС-636Ф-2-11 предназначен для монтажа элементов оснастки (вилки, полувилки, лонжментов втулки, реперов и т. п.) на каркасных узлах, носителях БО, разметки и контроля макетов поверхностей, болванок, эталонов.

Система перемещения стола и вертикальной поперечной линейки обеспечивает монтаж установочно-фиксирующих элементов (УФЭ) каркаса (уха, вилки, репера) на любой размер с помощью управляющих программ по осям  $X$  и  $Z$ . Однако в комплектации завода-изготовителя этот стенд имеет ряд недостатков. Так, установка элементов каркаса вдоль оси  $Y$  осуществ-

ляется вручную с использованием переходных фитингов и калибров. В случае установки и заливки элементов на замкнутых вертикальных рамах каркаса приходится снимать и вновь устанавливать поперечную линейку, что вызывает дополнительные трудности, связанные с большой массой линейки и необходимостью неоднократно перепроверять ее установку. Кроме того, для установки УФЭ каркаса по оси  $Y$  на размеры, не кратные шагу отверстий поперечной линейки, увеличивается вспомогательное время за счет настройки переходных фитингов и калибров.

Таким образом, наибольший эффект от монтажа оснастки на стенде можно получить при конструкции ступеней с незамкнутым контуром типа стоек, балок или использовании координатно-расчлененного метода проектирования и изготовления оснастки, который широко применяется для крупногабаритных ЛА. Небольшие габариты оснастки для ЛА легкого класса, частая сменяемость модификаций и производимая в связи с этим перепланировка цехов вызывают необходимость проектирования и изготовления сборочных приспособлений с замкнутыми рамами каркаса.

При анализе конструкции сборочной оснастки ЛА легкого класса установлено, что 65% ступеней и приспособлений имеет каркас с замкнутым контуром и габаритами, позволяющими монтировать их на стенде МС-636Ф-2-11. Для монтажа этих приспособлений и расширения технологических возможностей на КНААПО проведена доработка стенда МС-636Ф-2-11.

Вместо съемной поперечной линейки на подвижные каретки стоек стенда закреплены выдвижные поперечные линейки (рис. 3.4), которые обеспечивают быструю установку УФЭ на любую координату по оси  $Y$ . Настройку по координате  $Y$  проводят следующим образом (рис. 3.5): управляя по программе передвижной кареткой стенда с закрепленной на ней выдвижной линейкой, фиксируют ее положение по оси  $Y$ . Для установки по координате  $Y$  линейку перемещают вдоль оси  $Y$ , по шкале определяют и закрепляют по координатным отверстиям заданный кратный размер, а затем с помощью ручки по шкале фиксируют положение линейки по оси  $Y$  с требуемой точностью. Инструментальный стенд МС-636Ф-2-11 предназначен для монтажа элементов оснастки с фиксацией их по линейным координатам. Для установки УФЭ под любым углом относительно плоскостей  $YOZ$ ,  $XOZ$ ,  $XOY$  спроектировано и изготовлено поворотное устройство (рис. 3.6), размещаемое на выдвижной линейке.

Для расширения технологических возможностей стенда и повышения производительности труда изготовлен комплект фиксирующих приспособлений. Приспособление жестко закрепляют

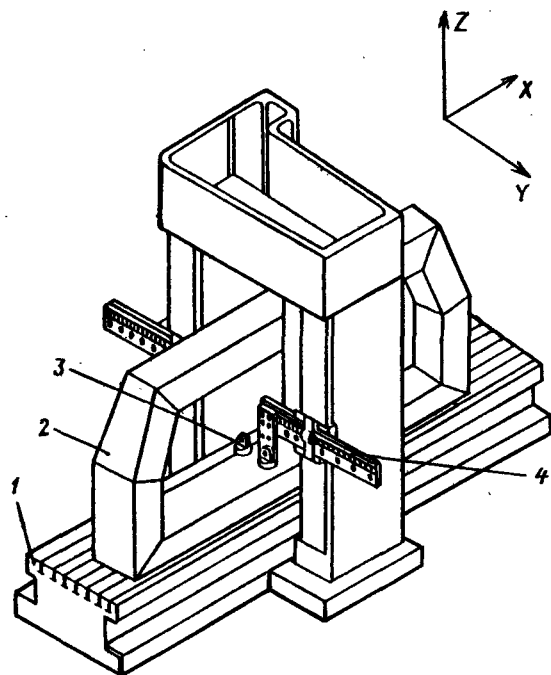


Рис. 3.4. Монтаж стапеля на стенде МС-636Ф-2-11:  
1 – стенд; 2 – каркас стапеля; 3 – УФЭ; 4 – выдвижная линейка

на стакане каркаса стапеля и с помощью регулировочных элементов фиксируют на стенде заданную координату положения УФЭ (рис. 3.7), затем отводят выдвижную линейку стенда, а заливку УФЭ производят вне стенда или параллельно другим работам на стенде. Применение такой технологии позволяет уве-

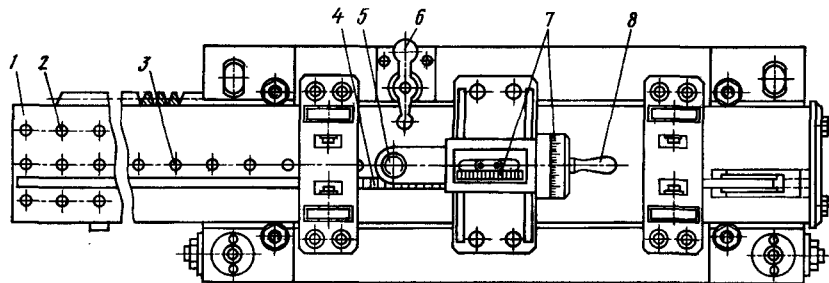


Рис. 3.5. Выдвижная линейка стенда:  
1 – выдвижная координатная линейка; 2 – координатные отверстия для крепления переходных фитингов; 3 – координатные отверстия для фиксации положения линейки; 4 – шкала грубого отсчета; 5 – фиксатор для установки линейки на кратный размер; 6 – ручка грубого перемещения линейки; 7 – шкала точной установки размера; 8 – ручка точной установки размера

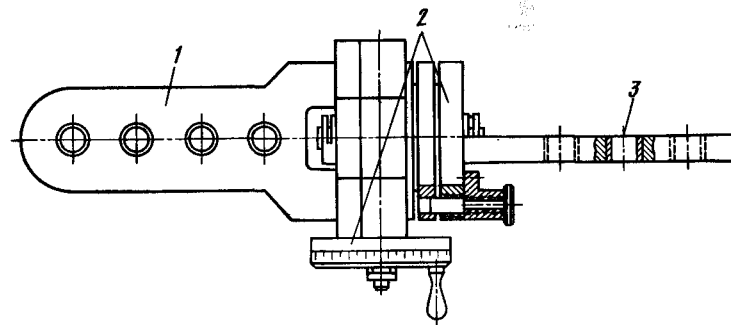


Рис. 3.6. Поворотное устройство:  
1 – фитинг для крепления устройства к выдвижной линейке; 2 – устройство поворота под углом к осям X, Y, Z; 3 – отверстия для фиксации УФЭ

личить пропускную способность стенда благодаря сокращению времени на заливку и выдержку УФЭ. Стенд снабжен приспособлениями для разметки болванок, макетов поверхности и контроля оснастки.

Опыт показал, что при внедрении стенда МС-636Ф-2-11 с ЧПУ с доработанными поперечными линейками сокращается

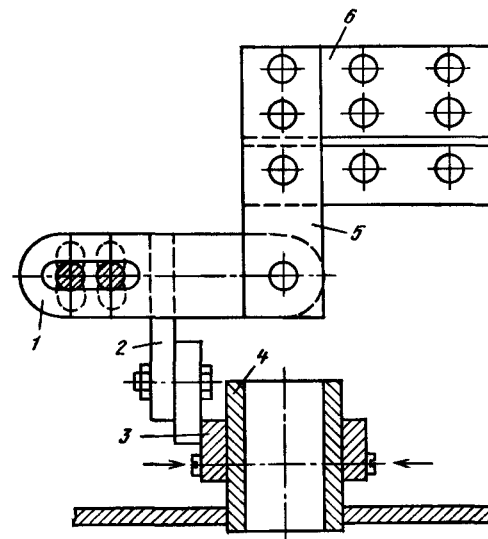


Рис. 3.7. Крепление фиксирующего приспособления по выдвижной линейке стенда:  
1, 2 – регулировочные элементы по осям Y, Z; 3 – зажимной хомут приспособления; 4 – стакан; 5 – переходной фитинг; 6 – выдвижная линейка стенда



объем эталонного оснащения, на 15% снижается трудоемкость изготовления сборочной оснастки, ликвидируется ручная разметка макетов поверхности и болванок, уменьшается цикл выпуска изделия [2].

### 3.2. ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ СБОРОЧНОЙ ОСНАСТКИ

Специальное оснащение агрегатно-сборочных цехов чрезвычайно дорого, металлоемко и занимает большую площадь. Кроме того, весьма низок коэффициент загрузки приспособлений и стапелей в условиях современного мелкосерийного производства.

Повышение эффективности использования сборочной оснастки обеспечивается двумя основными способами:

использованием переналаживаемых приспособлений, позволяющих вести сборку от двух и более типоразмеров узлов и панелей в одном приспособлении;

заменой раскрывающихся рубильников в стапелях специальными прижимами или фиксаторами обвода в исходном и рабочем положениях, не изменяющими габариты оснастки.

Упрощенное сборно-разборное приспособление для сборки панелей. Приспособление (рис. 3.8) состоит из блоков колонн 1, на которых установлены продольные балки 2. На балках закреплены стаканы 8 с вилками 7. В вилках 7 установлены кронштейны 3.

В кронштейнах просверлены координатно-фиксирующие отверстия (КФО), такие же отверстия просверлены и в шпангоутах 5.

В процессе сборки шпангоуты устанавливают на кронштейны 3 и закрепляют технологическими болтами 4, вставляемыми в отверстия КФО. В вырезы шпангоутов устанавливают стрингеры

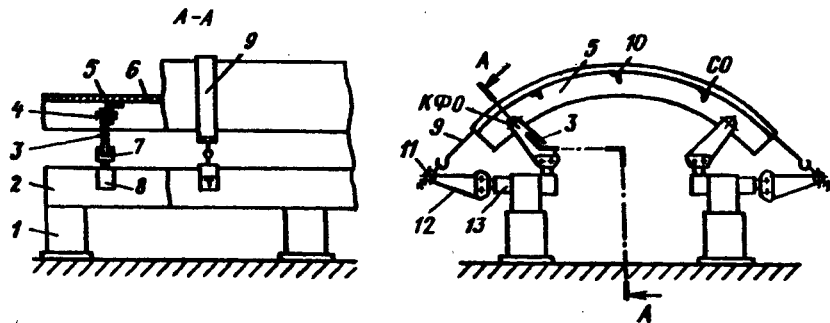


Рис. 3.8. Сборно-разборное приспособление для сборки панелей

10 и фиксируют их относительно обшивки 6 фиксаторами, вставленными в отверстия СО. Стрингеры и обшивку прижимают к обводам шпангоутов прижимной лентой 9. Для установки и натяжения ленты на балках используются стаканы 13 и кронштейны 12. Натяжение ленты производится наворачиванием гаек 11 на стяжные болты.

Характерным элементом этого приспособления является прижимная лента, заменяющая традиционные, весьма металлоемкие рубильники. Однако применение ленты в качестве прижима обшивок к каркасу или ложементу за счет ее натяжения эффективно лишь для контуров большой кривизны. С уменьшением кривизны для поддержания нужного усилия прижима по нормали к поверхности обшивки требуется увеличивать усилие натяжения, которое при определенных условиях становится недопустимым по условиям прочности ленты и жесткости кронштейнов 12.

Приспособление с упругим прижимом обшивок. Для панелей с малой кривизной контура возможно применение нового устройства<sup>1</sup> для закрепления нежестких деталей типа обшивок (рис. 3.9).

Устройство содержит основание 1 с ложементом 2. На основании размещены зажимные элементы 3 упругого прижима 4 обшивки 5.

Поверхность ложемента 2 криволинейна и в сечении плоскостью описывается функцией  $y=f(x)$  любого порядка. Прижим 4 выполнен в виде прямой пластины толщиной  $h$  с переменной шириной  $B$ , изменяющейся по закону

$$B(x) = \frac{C(xl - x^2)^n}{K(x)},$$

<sup>1</sup>Кузьмин В. Ф. Устройство для закрепления нежестких деталей. А. с. 1301626 СССР: МКИ В 23 Q 3/00.

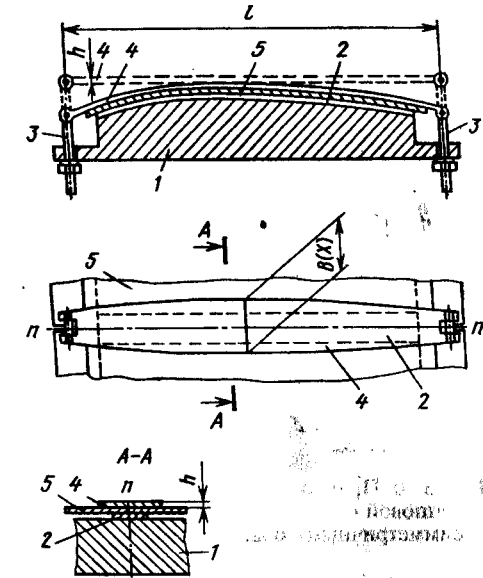


Рис. 3.9. Прижим обшивок с криволинейной поверхностью малой кривизны

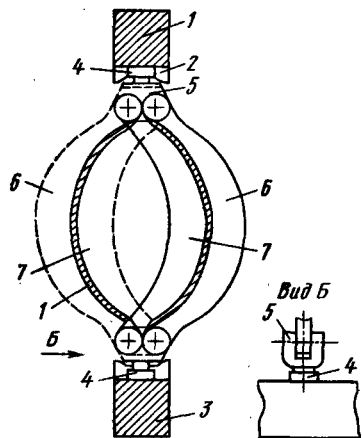


Рис. 3.10. Приспособление для групповой сборки панелей с симметричными обводами

элементами 3 прижим 4, изгибаясь, прижимает деталь 5 к опорной поверхности 2, создавая распределенную нагрузку.

**Приспособление<sup>1</sup> для групповой сборки панелей с симметричными обводами.** Приспособление (рис. 3.10) содержит верхнюю балку 1, колонну 2 и нижнюю балку 3, которые вместе образуют жесткую раму. С помощью стаканов 4 на балках 1 и 3 установлены вилки 5, на которых закреплены фиксирующие элементы — рубильники 6 и ложементы 7. Крепление фиксирующих элементов производится съемными штырями. Ложемент 7 выполнен с двумя симметричными базовыми поверхностями. Каждая поверхность соответствует теоретическому обводу панели ЛА. Одна поверхность используется для базирования правой панели, а другая — для базирования левой панели, имеющих взаимно отраженный вид.

Зафиксировав в приспособлении правую панель, производят ее сборку. Для сборки левой панели рубильники 6 и ложементы 7 переналаживают в положение, симметричное положению, в котором производилась сборка правой панели.

Данная конструкция снижает стоимость оснастки, так как для сборки панелей летательного аппарата, имеющих взаимно отраженный вид, используются одни и те же ложементы.

**Стапель с рубильниками на тросовой подвеске.** Большую производственную площадь занимают стапели сборки агрегатов с

где  $C$  — коэффициент, определяющий удельную нагрузку  $P$  прижима детали 5 к опорной поверхности ложемента 2;  $l$  — длина прижима;  $K(x)$  — вторая производная  $y'' = \frac{d^2y}{dx^2}$  для малых прогибов или

кривизна  $\frac{y'}{[1 + (y')^2]^{3/2}}$  для больших прогибов для уравнения кривой  $y=f(x)$  сечения опорной поверхности 2 плоскостью  $n$ , проходящей по продольной оси прижима 4.

Устройство работает следующим образом.

Нежесткая деталь 5 устанавливается между опорной поверхностью 2 и упругим прижимом 4. При создании усилия зажимными эле-

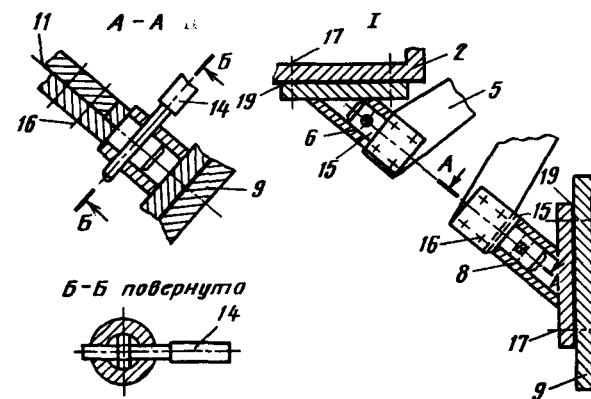
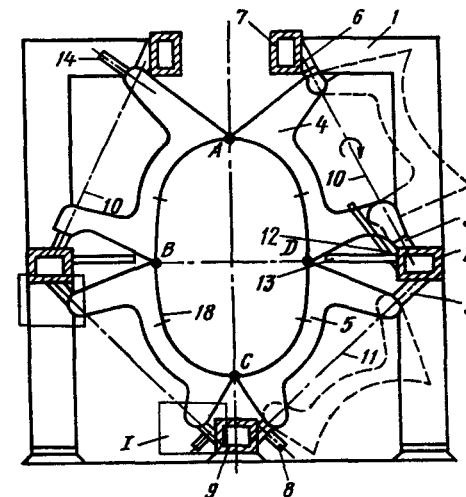


Рис. 3.11. Стапель сборки агрегата с рабочими площадками на двух уровнях

поворотными относительно верхних узлов рубильниками. При сборке крупных агрегатов типа крыла самолетов Су-27, С-80 на КнААПО успешно эксплуатируются стапели<sup>1</sup> с рубильниками на тросовой подвеске.

Предлагаемая конструкция может эффективно использоваться для сборки крупногабаритных агрегатов планера тяжелых самолетов в сочетании с многоярусными настилами, обеспечи-

<sup>1</sup>Кузьмин В. Ф., Глушенко В. Д., Михайлов В. В. Приспособление для сборки агрегата летательного аппарата. А. с. 1239977 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

<sup>1</sup>Кузьмин В. Ф. Приспособление для сборки агрегатов летательного аппарата. А. с. 886417 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

вающими возможность одновременной сборки на разных уровнях агрегата, что уменьшает цикл сборки.

Стapelь сборки агрегата с рабочими зонами на двух уровнях. Аналогичную задачу уменьшения занимаемой производственной площади и возможности сборки на разных уровнях для агрегата типа фюзеляжа можно решить, используя другую конструкцию сборочного stapеля (рис. 3.11).

Стapelь<sup>1</sup> содержит каркас 1, в состав которого входит средняя горизонтальная балка 2, на которой на узлах 3 крепления установлены верхняя 4 и нижняя 5 части рубильника. Другие концы частей 4 и 5 рубильника крепятся узлом 6 к верхней балке 7 и узлом 8 к нижней балке 9. Части 4 и 5 рубильников установлены с возможностью поворота в узлах 3, 6 и 3, 8 относительно общих осей 10 и 11 для обоих концов каждой части. На средней балке 2 на шарнире 12 установлены рабочие площадки 13. В рабочем положении рубильники фиксируются цилиндрическими штырями 14.

Для отведения рубильника из рабочего положения вынимают штыри 14 и относительно осей 10 и 11 поворачивают части рубильника 4 и 5 в положение, показанное на чертеже пунктирными линиями, где фиксируют теми же штырями 14 с противоположной стороны. При выемке агрегата на шарнире 12 откидывается рабочая площадка 13. Благодаря повороту частей 4 и 5 рубильников относительно общих осей 10 и 11 отпадает необходимость ограничения фиксирующих участков контура агрегата для каждой части рубильника по условиям положения узлов крепления, вплоть до совпадения граничных точек А, В, С и D рабочего контура соседних частей рубильника.

Навеска рубильников осуществляется с помощью цапф 15, жестко скрепленных с рубильниками болтами 16. Оси цапфы 15 и узлы 3 и 6 совмещаются с осью 10 вращения рубильника 4. Узлы 3 и 6 крепятся к балкам 2, 7, 9 болтами 17. Для компенсации погрешностей при монтаже рубильников с базированием по контуру агрегата 18 между плоскостями узлов 3, 6 и балками может использоваться компенсирующий наполнитель 19 типа ЗП или НИАТ-НЦ. Аналогично крепятся узлы 3 и 8 относительно оси 11 вращения рубильника 5. Положение плоскости рубильников относительно осей 10, 11 с помощью цапф соответствующей конфигурации определяют из условия отсутствия врезания кромок рубильников в агрегат при их повороте.

Поворот рубильника может осуществляться вручную или приводом в зависимости от конкретных размеров и массы рубильника.

<sup>1</sup>Кузьмин В. Ф. Приспособление для сборки агрегатов летательного аппарата. А. с. № 1628426 СССР: В 64 ф 5/00.

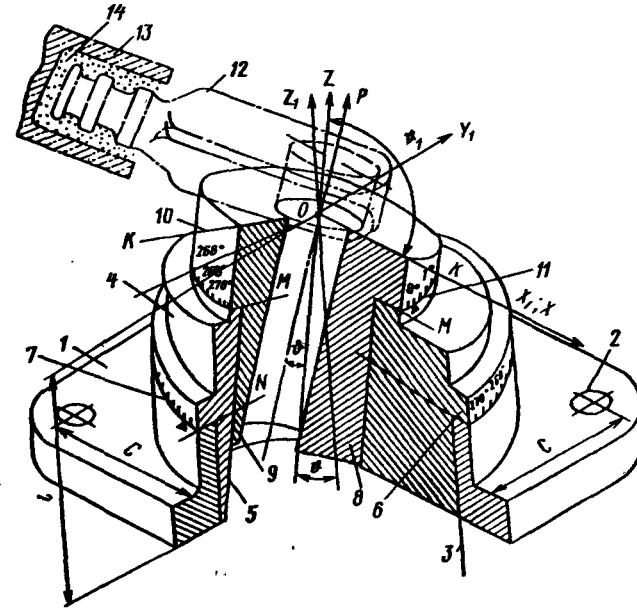


Рис. 3.12. Узел углового перемещения с фиксацией заданного положения: 1 — основание; 2 — координатные отверстия; 3, 5 — направляющие поверхности; 4 — поворотная втулка; 6, 10 — буртик; 7, 11 — шкала; 8 — фитинг; 9 — поверхность базирования; 12 — базлируемый элемент

**Фиксаторы базовых поверхностей для приспособлений групповой сборки.** В переналаживаемой сборочной оснастке применяются узлы, обеспечивающие линейное перемещение с последующей фиксацией в заданном положении базовых плоскостей или отверстий. Такую же функцию выполняет фиксатор<sup>1</sup> углового положения базовой поверхности в пространстве (рис. 3.12).

Фиксатор имеет основание 1 с координатными отверстиями 2 для фиксации устройства на монтажной плите или стенде и с направляющим отверстием, ось цилиндрической поверхности 3 которого перпендикулярна к плоскости основания. Плоскость N торца основания 1 перпендикулярна к оси Z<sub>1</sub>. Поворотная втулка 4 с наружной цилиндрической поверхностью 3 и осью Z<sub>1</sub> имеет внутреннюю цилиндрическую поверхность 5 с осью Z и выполнена так, что ось Z<sub>1</sub> наружной поверхности составляет с осью Z внутренней поверхности угол  $\theta = 1...45^\circ$ , а обе оси пересекаются в точке O. Поворотная втулка 4 имеет буртик 6, плоскость N которого перпендикулярна оси Z<sub>1</sub>. На буртике нанесена

<sup>1</sup>Кузьмин В. Ф. Устройство для установки фиксирующих элементов сборочной оснастки. А. с. 858287 СССР: МКИ В 64 ф 5/00.

шкала 7 отсчета угла поворота втулки 4 относительно основания 1. Плоскость  $M$  торца поворотной втулки 4 перпендикулярна оси  $Z$ . Фитинг 8 выполнен в форме цилиндра с буртом, наружная цилиндрическая поверхность 5 которого с осью  $Z$  наклонена к внутренней поверхности 9 с осью  $P$ . Оси  $Z$  и  $P$  составляют угол  $\vartheta=1...45^\circ$  и пересекаются в точке  $O$ , лежащей на плоскости  $K$  верхнего торца фитинга 8. Ось  $Z$  составляет с плоскостью  $K$  угол  $\vartheta_1=45...90^\circ$ . Фитинг 8 имеет буртик 10, ограниченный торцевыми плоскостями  $K$  и  $M$ . Торцевая плоскость  $M$  буртика 10 перпендикулярна к пересекающей ее цилиндрической поверхности 5 и оси. Торцевая плоскость  $K$  буртика 10 перпендикулярна оси  $P$  поверхности 9. На фитинге 8 нанесена шкала 11 отсчета угла поворота фитинга 8 относительно поворотной втулки 4.

Поворотная втулка 4 установлена в отверстие 3 основания 1 до упора по плоскости  $N$  торца буртика 6, а фитинг 8 установлен в поворотную втулку 4 до упора по плоскости  $M$  буртика 10 фитинга. Все устройство может служить для установки фиксирующего элемента оснастки 12 перед заливкой в стакан 13 с помощью цемента 14 типа НИАТ-МЦ. В оснастке фиксатор устанавливают с помощью монтажного стенда по отверстиям и плоскости основания 1, обеспечивая требуемые линейные координаты в точке  $O$  с учетом постоянных координат этой точки относительно плоскости основания:  $X_1=C$ ;  $Y_1=C$ ;  $Z_1=l$ . Затем устанавливают плоскость верхнего торца  $K$  фитинга 8, служащего базовой площадкой монтируемого элемента, в требуемое положение. Это достигается соответствующим поворотом втулки 4 в основании 1 по шкале 7 и фитинга 8 во втулке 4 по шкале 11 с упором по плоскостям  $N$  и  $M$ . При повороте втулки 4 в основании 1 по шкале 7 с упором по плоскости  $N$  ось  $Z$  цилиндрической поверхности 5 меняет угловое положение в пространстве относительно осей  $X$  и  $Y$  при постоянстве угла относительно оси  $Z_1$ . Для любого фиксированного положения втулки 4 относительно основания 1 поворотом фитинга 8 во втулке 4 с упором по плоскости  $M$  изменяется угловое положение оси  $P$  относительно осей координат  $X$  и  $Y$ , жестко связанных со втулкой 4. Таким образом, соответствующими поворотами втулки 4 относительно основания 1 по шкале 7 и фитинга 8 относительно втулки 4 по шкале 11 можно обеспечить любое угловое положение оси  $P$  в пределах конуса с углом при вершине  $4\vartheta$ , а следовательно, и плоскости базовой площадки  $K$ , по отношению к которой ось  $P$  является нормалью при сохранении линейных координат точки  $O$  вследствие того, что все оси ( $Z_1$ ,  $Z$  и  $P$ ) пересекаются в этой точке. После настройки линейного и углового положения устройства базируемый элемент 12 сборочной оснастки

или деталь собираемого узла фиксируется по плоскости  $K$  базовой площадки фитинга 8 с помощью отверстия 9 (или без него) и крепится к каркасу.

Введение поворотной втулки с буртиком между фитингом с базовой площадкой и основанием обеспечивает требуемую жесткость положения базовой площадки относительно основания.

## Глава 4

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПЛАНЕРА

#### 4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Аэродинамическая форма ЛА характеризуется двумя основными понятиями – обводом и контуром поверхности.

Под обводом понимается поверхность планера ЛА, обтекаемая воздушным потоком в полете. При этом теоретический обвод – это обвод, заданный теоретическим чертежом или математической моделью поверхности, а действительный обвод – это обвод, полученный в результате сборки узлов, секций, отсеков и агрегатов планера ЛА.

Контур – это линия пересечения обвода плоскостью, причем теоретический контур – контур, заданный теоретическим чертежом или математической моделью, а действительный контур – контур, полученный в результате сборки узлов, секций, отсеков и агрегатов планера ЛА.

Обводы ЛА классифицируются по четырем основным признакам [5]:

*по агрегатам* – крыло, оперение (киль, стабилизатор), фюзеляж, гондола двигателя, воздухозаборник, обтекатель;

*по зонам* –

I зона – передние части крыла и его агрегатов, оперения и его агрегатов, фюзеляжа, гондолы двигателя, воздухозаборника и обтекателя;

II зона – средние части крыла, оперения, фюзеляжа, гондолы двигателя, воздухозаборника и обтекателя;

III зона – задние части крыла, оперения, фюзеляжа, гондолы двигателя, воздухозаборника и обтекателя;

*по составу* – сборные (состоящие из нескольких элементов) конструкции; монолитные (из одного элемента) конструкции;

*по расположению* – внешние и внутренние, представляющие соответствующие поверхности планера ЛА.

Характерным примером внутренних обводов является поверхность воздухозаборника.

Качество обводов планера ЛА характеризуют следующие виды отклонений:

шероховатость – совокупность микроотклонений поверхности;

уступы и зазоры – ступенчатые отклонения и неплотности прилегания поверхностей торцевых частей деталей по стыкам и разъемам сборных частей планера ЛА;

выступание или западание потайных головок заклепок и болтов;

местные выступания или западания поверхности вследствие утяжки при клепке, образования хлопунгов и др.;

отклонение сечения – отклонение действительного положения сечения от теоретического (линейное или угловое);

волнистость – волнообразное отклонение поверхности, характеризующееся отношением базовой длины ( $l$ ) к высоте отклонения ( $h$ ) в пределах  $40 \leq l/h \leq 1000$ ;

отклонение положения обвода агрегата планера от теоретического.

#### 4.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБВОДОВ ПЛАНЕРА

**Шероховатость.** Шероховатость зависит от качества поверхности обшивок и других деталей, выходящих на обвод ЛА, и определяется в основном технологическими процессами металлургического, штампового и механообрабатывающего производства. Для защиты качества поверхности, полученного при изготовлении деталей, от случайных механических повреждений (царапин, вмятин и других, обусловленных транспортировкой, перемещениями и воздействиями в процессе сборки) поверхности обшивок протектируют полимерными материалами или оклеивают плотными сортами бумаги. После окончательной сборки планера с целью защиты от коррозии и улучшения качества производят окраску внешней поверхности планера специальными лаками.

**Уступы и зазоры.** Уступы и зазоры в стыках обшивок и других обводообразующих деталей планера дифференцируются на продольные и поперечные, а для поперечных уступов – на расположенные по потоку и против потока. Требования к качеству обводов для конкретного самолета обычно определяются главным конструктором. Допустимые зазоры и уступы в стыках обводообразующих деталей планера для разных классов самолетов приведены в табл. 4.1 и 4.2. Эти данные, равно как и другие требования к качеству обводов, приведенные ниже, основываются на обобщенном анализе и систематизации для различных отечественных КБ [5].

Таблица 4.1

Класс самолета	Вид зазора	Зазоры в стыках обводообразующих деталей планера, мм											
		крыло			оперение			фюзеляж			гондола двигателя		
		по зонам											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Легкий	Поперечный	0,2...1,0	0,4...1,0	0,65	0,4	0,8	—	0,4...1,0	0,6...1,0	0,8...1,0	0,2...1,0	0,6...1,0	0,6...1,0
	Продольный	0,4	0,8	0,9	0,8	1,0	—	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	—
Средний	Поперечный	0,5	0,8	—	0,5	—	0,5	0,8...3,0	0,8...3,0	3,0	0,5...2,0	0,8...2,0	—
	Продольный	0,8...2,0	1,0	—	0,5	—	0,5	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	—
Тяжелый	Поперечный	0,2...1,0	0,4...1,0	0,8...1,0	0,2...1,0	0,4...1,0	—	0,2...2,0	0,6...2,0	0,8...1,0	0,2...1,5	0,4...1,5	—
	Продольный	0,4...2,0	0,8...1,0	1,0	0,4...0,8	0,8...1,0	—	0,4...0,8	0,8...1,0	1,0...1,2	0,2...0,8	0,8...1,0	—

Таблица 4.2

Класс самолета	Вид зазора	Уступы в стыках обводообразующих деталей планера, мм											
		крыло			оперение			фюзеляж			гондола двигателя		
		по зонам											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Легкий	Поперечный	0...0,5	0,2...0,5	0,3...0,65	0,2...0,5	0,4...0,5	—	0,2...0,5	0,3...0,8	0,4...0,8	0,1...0,5	0,25...0,5	—
	Продольный	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	—	0,3	0,6	0,8	0,2	0,4	—
Средний	Поперечный	0,3	0,3	0,3	0,3...0,5	0,3...0,5	—	0,3	0,3	0,3	0,3...0,6	0,3...0,5	—
	Продольный	0,5	0,5	—	0,5	0,5	—	0,3...0,5	0,3...0,5	—	0,2...0,8	0,8	—
Тяжелый	Поперечный	0,05...0,5	0,1...0,3	—	0,05...0,3	0,1...0,3	—	0,1...0,3	0,2...0,3	0,2...0,3	0,1...0,4	0,2...0,6	—
	Продольный	0,2...0,5	0,3...0,8	—	0,2...0,6	0,3...0,8	—	0,2...0,6	0,2...0,6	0,2...0,5	0,3...0,5	0,5...0,8	—

С целью снижения отрицательного влияния уступов и зазоров в стыках на аэродинамические характеристики самолета используют различные технологические приемы, такие как снятие фасок в местах уступов, копирование обреза одной из стыкуемых обшивок, имеющей припуск, относительно другой, окончательно обрезанной, тщательная подгонка стыкуемых деталей.

Вписываемость съемных обводообразующих деталей и узлов (типа крышек люков, створок и т. п.) с одновременным устранением зазоров и уступов эффективно обеспечивает метод облойного гермотиснения. При этом методе слой герметика между съемным элементом конструкции и каркасом является компенсатором погрешностей исполнительных размеров деталей и сборки. Одновременно гермотиснение обеспечивает пылевлаго- непроницаемость во внутренние полости планера. Облойное гермотиснение выполняется на герметиках У-30МЭС-5НТ, ВИКСИНТ У-2-28НТ, ВИТЭФ-1НТ.

Приведем технологические процессы облойного гермотиснения в случае применения различных герметиков.

*Технологический процесс облойного гермотиснения герметиком У-30МЭС-БИТ*

1. Анодированную поверхность обезжирить, протирая ее чистой перкалью, смоченной бензином нефрас С<sub>3</sub>-80/120 или С<sub>2</sub>-80/120 с антистатической присадкой сигбол, а затем, не давая поверхности высохнуть, вытереть ее сухой чистой перкалью, повторяя это, пока сухая перкаль не останется чистой; повторить то же перкалью, смоченной ацетоном. Грунтованные поверхности обезжирить дважды перкалевым тампоном, смоченным бензином, с выдержкой 10...15 мин после каждого обезжиривания.

2. Нанести мягкой волосяной кистью равномерным, как можно более тонким слоем подслоя П-9. Разрешается наносить подслоя перкалевым тампоном.

3. Дать выдержку не менее 30 мин, до полного высыхания. Допускается выдержка подслоя до нанесения герметика в течение 8 ч. Если выдержка превышает 8 ч, поверхность, подлежащую герметизации, вновь обезжирить согласно п. 1 и нанести подслоя.

4. Поверхность крышки люка (окантовки), торец крышки и резиновую прокладку (на люках с резиновой прокладкой) со стороны, прикладываемой к окантовке, внутреннюю полость замков покрыть тонким слоем смазки ЦИАТИМ-201 и ЦИАТИМ-221.

*Примечание.* Для исключения раковин и свищей в герметике при гермотиснении слой смазки наносить минимальный.

5. Нанести на окантовку (крышку) равномерный слой шпательного герметика У-30МЭС-5НТ. Жизнеспособность герметика должна быть в пределах 1...4 ч.

6. Слегка смазать поверхность герметика смазкой ЦИАТИМ и разровнять ее.

7. Наложить крышку люка на окантовку и затянуть болты или закрыть замки, обеспечив отсутствие уступов. Установку болтов и замков производить на смазке ЦИАТИМ.

8. Удалить излишки выдавившегося герметика тампоном, смоченным бензином нефрас С<sub>3</sub>-80/120 или С<sub>2</sub>-80/120. Допускается применение ацетона.

*Примечание.* Допускается наличие участков со снятым грунтом у люков на поверхности изделий. Покрытие восстанавливается при окончательной грунтовке изделий.

9. Через промежуток времени, равный двукратной жизнеспособности герметика, снять крышки люков, срезать выдавленный герметик по крышке люка или по наружной обшивке и изнутри люка. Очистить внутреннюю полость замков от герметика. В случае замедленной вулканизации герметика время выдержки увеличивается до 24 ч.

10. Удалить остатки смазки ЦИАТИМ с поверхности окантовки и крышки (резиновой прокладки) тампоном, смоченным бензином нефрас С<sub>3</sub>-80/120 или С<sub>2</sub>-80/120.

11. Проверить состояние герметика тампоном с тальком.

12. Поверхность окантовок по месту обреза покрыть грунтом ФЛ-086 или ЭП-0215.

*Технологический процесс облойного гермотиснения герметиком ВИКСИНТ У-2-28НТ*

1. Провести подготовительные операции по п. 1 процесса гермотиснения герметиком У-30МЭС-5НТ.

2. Нанести на окантовку или крышку подслоя П-9 тонким равномерным слоем. Подслоя наносить мягкой кистью и сушить в течение 1 ч при температуре 15...35 °С.

3. Нанести на окантовку или крышку люка мягкой кистью подслоя П-11. Сушить подслоя в течение 40...60 мин при температуре 15...35 °С. Подслоя П-9 и П-11 наносить разными кистями.

4. Нанести на окантовку или крышку равномерный слой шпательного герметика ВИКСИНТ У-2-28НТ, заполнить герметиком зазор между окантовкой и обшивкой.

5. Нанести на крышку или окантовку два слоя полиизобутиленовой смазки (10 %-ый раствор полиизобутилена в бензине) с выдержками по 10 мин; на герметик – два слоя этой же смазки с выдержками по 2...3 мин.

6. Наложить крышку люка на окантовку и затянуть болты или закрыть замки, обеспечив отсутствие уступов.

7. Удалить излишки выдавившегося герметика тампоном, смоченным бензином нефрас С<sub>3</sub>-80/120 или С<sub>2</sub>-80/120. Допускается применение ацетона.

8. Выдержать люки закрытыми в течение 24 ч при температуре 15...35 °С. В случае замедленной вулканизации герметика время выдержки увеличить.

9. Снять крышку люка, обрезать облой.

10. Удалить остатки полиизобутиленовой смазки с поверхности герметика и крышки тампоном, смоченным бензином нефрас и туго отжатым.

11. Проверить состояние поверхности герметика. Припудрить герметик тампоном с тальком.

12. Поверхность окантовок по месту обреза облоя покрыть грунтом ФЛ-086.

*Технологический процесс облойного гермотиснения герметиком ВИТЭФ-1НТ*

1. Провести подготовительные операции по п. 1 процесса гермотиснения с герметиком У-30МЭС-5НТ.

2. Поверхность крышки люка (окантовки), торец крышки и резиновую прокладку (на люках с резиновой прокладкой) со стороны, прикладываемой к окантовке, внутреннюю полость замков покрыть тонким слоем смазки ЦИАТИМ-201 или ЦИАТИМ-221.

*Примечание.* Для исключения раковин и свищей в герметике при гермотиснении слой смазки наносить минимальный.

3. Нанести на окантовку (крышку) равномерный слой шпательного герметика ВИТЭФ-1НТ. Жизнеспособность герметика должна быть в пределах 1...4 ч.

4. Слегка смазать поверхность герметика смазкой ЦИАТИМ и разровнять его рукой.

5. Наложить крышку люка на окантовку и затянуть болты или закрыть замки, обеспечив отсутствие уступов. Установку болтов и замков производить на смазке ЦИАТИМ.

6. Удалить излишки выдавившегося герметика тампоном, смоченным бензином нефрас. Допускается применение ацетона.

*Примечание.* Допускаются участки со снятым грунтом у люков на поверхности изделия. Покрытие восстанавливается при окончательной грунтовке изделия.

7. Через промежуток времени, равный двукратной жизнеспособности герметика при температуре 15...35 °С, снять крышку люка, срезать выдавившийся герметик. Очистить внутреннюю полость замков от герметика. В случае замедленной вулканизации герметика время выдержки увеличить до 24 ч.

8. Удалить остатки смазки ЦИАТИМ с поверхности окантовки и крышки (резиновой прокладки) тампоном, смоченным бензином.

9. Проверить состояние герметика. Пропудрить герметик тампоном с тальком.

10. Поверхность окантовок по месту обреза покрыть грунтом ФЛ-086.

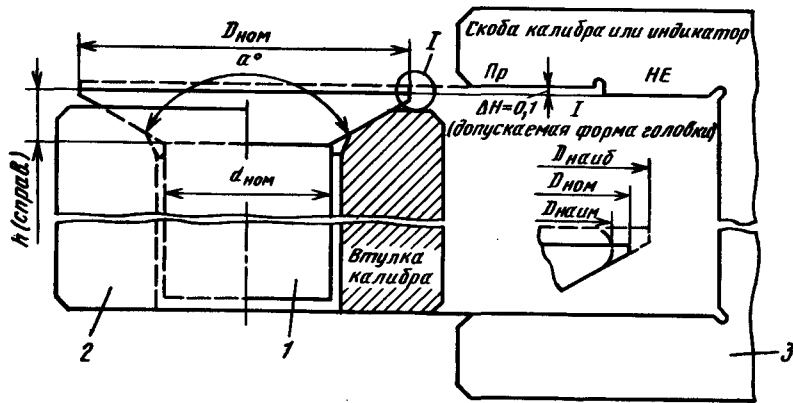
**Выступление и западание потайных головок заклепок и болтов.** Выступление  $\Delta h$  потайной головки заклепки относительно поверхности листа зависит от размеров и допусков на головку заклепки и гнездо под эту головку. На высоту головки  $h$  в соответствии с нормами и ГОСТами на заклепки дается допуск  $\Delta H_{+0,0}^{0,0}$ , мм. Величину допуска  $\Delta H$  контролируют втулкой-калибром и скобой-калибром (рис. 4.1, а). При зенковании гнезда глубина его контролируется стальной закаленной калибром-заклепкой и индикатором (рис. 4.1, б, в). Индикатор предварительно регулируется на плоской поверхности (плите), стрелка при этом устанавливается на нуль. При контроле в прозенкованное отверстие вставляют калибр-заклепку, а на листовую деталь устанавливают индикаторное приспособление. По отклонению стрелки индикатора определяют выступание  $\Delta_{zn}$  калибра-заклепки относительно поверхности листа. Согласно принятым допускам на выступание головок заклепок  $\Delta h$  (табл. 4.3) по уравнению размерных цепей определяют допуск на глубину зенкования  $\Delta H_{+0,05}^{0,0}$ , мм. В пределах этого допуска и настраивают зенковальные насадки при пробном зенковании и контроле по калибру-заклепке [15].

Технологический процесс, обеспечивающий выполнение требований на выступание и западание потайных головок заклепок по принципу полной взаимозаменяемости головки заклепки и зенкованного гнезда, достаточно трудоемок и субъективен. Практика показала, что глубина зенкованного гнезда зависит даже от усилия, прилагаемого рабочим к дрели с зенковальной насадкой.

Более эффективен и стабилен технологический процесс клепки потайных заклепок с обеспечением требуемой точности выступления путем доработки замыкающего звена – головки заклепки. При этом гнездо зенкуют с глубиной, обеспечивающей гарантированное выступание головок заклепок после клепки, а затем механически обрабатывают (зачищают) головку заклепок до требуемой по ТУ высоты одним из способов, показанных на рис. 4.2.

Для зачистки головок заклепок используют специальные пневматические машины типа ФМ-1, ФМ-4, ЗМ-1, ЗМ-2, хар-





а)

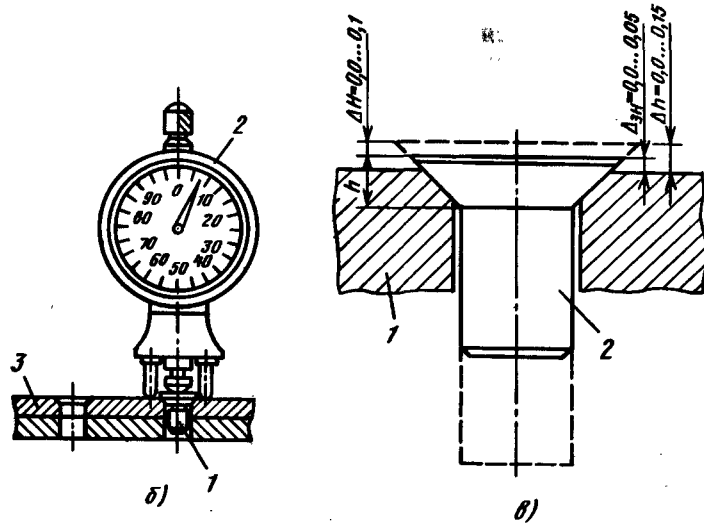


Рис. 4.1. Схема обеспечения требований на выступание головок заклепок по принципу полной взаимозаменяемости:  
 а – контроль высоты головки потайной заклепки 1 втулкой-калибром 2 и скобой-калибром 3; б – измерение глубины гнезда калибром-заклепкой 1 и индикатором 2 в деталях 3; в – допуски в деталях на глубину зенкования  $\Delta z$ , высоту головки  $\Delta H$  и выступание головки над поверхностью детали  $\Delta h$  (1 – деталь; 2 – калибр-заклепка)

актеристики которых приведены в табл. 2.39. Существуют клепальные автоматы, для которых операция зачистки включена в автоматический цикл выполнения соединения (АКЗ-5,5-1,2; АК-16,0-3,0; У30-2АКД-16-2; У18-2АКД-16-2).

Таблица 4.3

Класс самолета	Допуски на выступание и углопание потайных головок заклепок и болтов, мм											
	крыло			отверение			фюзеляж			гондола двигателя		
	по зонам											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Легкий	-0,25 0,2	-0,25 0,2	-0,1 0,2	-0,05 0,08	-0,05 0,08	-0,05 0,08	-0,3 0,3	-0,3 0,3	-0,3 0,3	0,01 0,15	0,01 0,15	-0,25 0,2
Средний	-0,15 0,15	-0,15 0,15	-0,15 0,15	-0,1 0,2	-0,1 0,2	-	-0,1 0,2	-0,1 0,2	-0,1 0,2	0 0,1	0,1 0,2	-0,15 0,15
Тяжелый	-0,25 0,15	-0,25 0,15	-0,25 0,05	-0,25 0,2	-0,25 0,2	-0,1 0,2	-0,25 0,2	-0,25 0,2	-0,15 0,15	-0,05 0,17	-0,05 0,17	-0,25 0,15

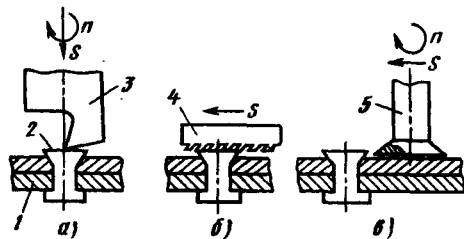


Рис. 4.2. Схема обеспечения требований на выступание головок заклепок по принципу доработки замыкающего звена (головки заклепки):  
*a* – фрезерование с осевой подачей;  
*б* – протягивание плоской протяжкой; *в* – фрезерование вращающимся диском; 1 – пакет; 2 – заклепка; 3 – фреза; 4 – протяжка; 5 – диск; *n* – направление вращения; *S* – направление подачи

Однако при клепке с зачисткой потайных головок заклепок существует опасность недопустимого снижения прочности головки на отрыв в связи с большим выступанием головок заклепок до зачистки. При фрезеровании такой заклепки может быть недопустимо уменьшена высота головки *h*, причем после фрезерования этот размер невозможно проконтролировать.

На КнААПО разработан способ<sup>1</sup> объективного контроля высоты потайной головки заклепки после его зачистки (рис. 4.3). После клепки деталей 1 и 2 заклепкой 3 диаметром *d* с потайной головкой 4, имеющей угол конусности  $\alpha$ , выступающая часть 5 заклепки 3 может быть удалена, например, фрезерованием. Контроль полученного заклепочного соединения осуществляют в следующем порядке. После клепки и фрезерования измеряют выступание  $\Delta h$  головки и сравнивают с допустимым по условиям обеспечения аэродинамических требований. Затем осуществляется проверка соответствия высоты *h* потайной головки требованиям прочности соединения путем измерения диаметра *D* видимой части потайной головки и вычисления по формуле

$$h = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg}(\alpha/2)} \geq p_{\text{доп.}}$$

**Местные выступания и западания поверхности. Волнистость.** Местные выступания и западания поверхности проявляются в виде утяжек (провалов)  $\Delta u$  в районе расположения заклепки или хлопнунов. Волнистость – более протяженные и плавные отклонения обводов от теоретического – определяется отношением  $h/l$ .

Причинами местных отклонений действительного обвода от теоретического являются:

несоответствие контура каркаса, наличие зазоров между каркасом и обшивками перед клепкой или установкой болтов;

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф. Способ контроля заклепочного соединения с потайными заклепками. А. с. 1279336 СССР: МКИ G 01 B 5/00.

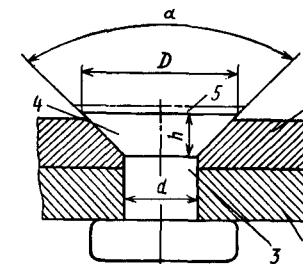


Рис. 4.3. Контроль параметров заклепочного соединения с зачисткой потайных головок заклепок: 1, 2 – соединяемые детали; 3 – заклепка; 4 – головка заклепки; 5 – удаляемая часть головки заклепки

недостаточная масса поддержки при обратном методе клепки; некачественная штамповка гнезд; несогласованность действий клепальщика и подручного; несоблюдение рекомендуемой последовательности сверления отверстий и установки средств временного крепежа.

Требования к местным выступаниям и западаниям поверхности и волнистости для различных классов самолетов приведены в табл. 4.4 и 4.5.

Таблица 4.4

Класс самолета	Местные выступания и западания поверхности на агрегатах, $\Delta u$ , мм											
	крыло			оперение			фюзеляж			гондола двигателя		
	по зонам											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Легкий	Не допускаются											
Средний	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	–	–	–
Тяжелый	0,1... 1,0	0,1... 1,0	–	0,2... 1,0	0,2... 1,0	0,2... 1,0	0,2... 1,0	0,2... 1,0	0,2... 1,0	0,1... 1,0	–	–

Таблица 4.5

Класс самолета	Вид зазора	Волнистость поверхности агрегатов $l/h$					
		крыло			оперение		
		по зонам					
		I	II	III	I	II	III
Легкий	Поперечный	0,002	0,004	0,006	0,002	0,004	–
	Продольный	–	–	–	–	–	–
Средний	Поперечный	0,005	0,006	–	–	–	–
	Продольный	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 4.5

Класс самолета	Вид зазора	Волнистость поверхности агрегатов $l/h$					
		крыло			оперение		
		по зонам					
		I	II	III	I	II	III
Тяжелый	Поперечный	0,002	0,002... 0,008	—	0,001... 0,005	0,002... 0,005	—
	Продольный	0,005... 0,1	0,028	—	0,002	0,003	0,005
Класс самолета	Вид зазора	фюзеляж			гондола двигателя		
		по зонам					
		I	II	III	I	II	III
Легкий	Поперечный	0,002	0,004	0,006	0,002	0,004	—
	Продольный	—	—	—	—	—	—
Средний	Поперечный	0,005	—	—	—	—	—
	Продольный	—	—	—	—	—	—
Тяжелый	Поперечный	0,001... 0,01	0,002... 0,01	0,005	0,001... 0,004	0,002... 0,004	0,003... 0,005
	Продольный	0,001... 0,008	0,002... 0,008	0,005	0,005	0,005	—

**Отклонение контура.** Отклонения действительного контура (ДК) (сечения) от теоретического (ТК) могут быть следующих видов:

- линейное вдоль продольной оси самолетов;
- параллельное вдоль поперечной оси самолета;
- угловое (закрутка).

Отклонения контура сечения регламентируются в виде отклонений отдельных точек вдоль контура (табл. 4.6).

Отклонения действительного контура от теоретического определяют путем замеров от обводов рубильников сборочного приспособления, от эквидистантных контршаблонов и в контрольно-измерительных приспособлениях (рис. 4.4).

Наиболее распространено определение отклонения контура агрегата от контура рубильника при помощи конического щупа (см. рис. 4.4, а), причем рубильник в этом методе является одновременно и фиксатором обвода при сборке и средством контроля окончательно собранного агрегата перед выемкой его из стапеля сборки. Для замера отклонения контура необходимо в этом месте между рубильником 3 и агрегатом 2 ввести щуп 4 и определить размер  $\Delta$ . Контроль обвода таким образом весьма прост и не требует специальной оснастки, но он дает малую

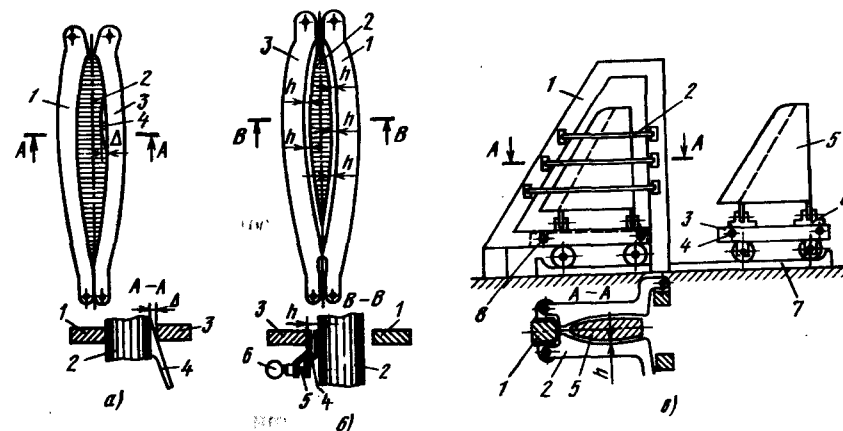


Рис. 4.4. Методы контроля отклонения контура:  
а - при помощи рабочего рубильника: 1, 3 - рубильники; 2 - отсек или агрегат; 4 - щуп; б - при помощи эквидистантного рубильника: 1, 3 - эквидистантные контршаблоны-рубильники; 2 - отсек (или агрегат); 4 - щуп; 5 - прибор для измерения зазора; 6 - индикаторная головка; в - при помощи контрольно-измерительного приспособления: 1 - каркас; 2 - шаблон; 3 - тележка; 4 - отверстия; 5 - киль; 6 - узлы стыка; 7 - рельсы; 8 - штыри

точность, так как замеры производятся на агрегате зажатым рубильником, а не в свободном его состоянии. Обычно обводы агрегата после освобождения его из сборочного приспособления и снятия давления рубильников несколько изменяются, и этим объясняются неточности при измерении отклонений обводов в сборочном приспособлении. Такой метод применяют при контроле обводов агрегатов вертолетов, для которых получаемая точность измерений не превышает установленных допусков. При изготовлении высокоскоростных самолетов этим методом можно пользоваться только для определения местных отклонений в виде вмятин, углублений обшивки в местах постановки заклепок и т. п.

Таблица 4.6

Класс самолета	Отклонения теоретического контура агрегатов, мм											
	крыло			оперение			фюзеляж			гондола двигателя		
	по зонам											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Легкий	$\pm 0,5... \pm 1,0$	$\pm 0,8... \pm 1,5$	$\pm 1,0... \pm 1,25$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	—	$\pm 1,0$	$\pm 1,0... \pm 1,4$	$\pm 1,0... \pm 2,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	—
Средний	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	—	$\pm 0,8... \pm 1,0$	$\pm 1,0... \pm 1,2$	—	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	—
Тяжелый	$\pm 0,5... \pm 2,0$	$\pm 0,8... \pm 4,0$	—	$\pm 0,5... \pm 2,0$	$\pm 0,8... \pm 2,0$	—	$\pm 1,0... \pm 2,0$	$\pm 1,5... \pm 3,0$	$\pm 1,5... \pm 3,0$	$\pm 2,0... \pm 4,0$	$\pm 4,0$	—

Более точен метод контроля по эквидистантным рубильникам (см. рис. 4.4, б), которые устанавливают после сборки вместо рабочих рубильников (фиксаторов обвода) агрегата. Эквидистантные рубильники выполняются с одинаковым по всей его поверхности зазором относительно измеряемого обвода агрегата 2. При малых величинах зазора отклонения измеряемого обвода от обвода шаблона измеряются коническим шупом 4, а при больших — специальным прибором 5 и индикаторной головкой 6. Перед измерением этот прибор устанавливают на нуль с учетом зазора  $h$ . В процессе контроля прибор показывает абсолютную величину отклонений обвода агрегата от обвода контршаблона.

Более совершенным методом контроля обводов агрегата является измерение отклонений обводов при помощи контрольно-измерительных приспособлений. В таком приспособлении контролируемый агрегат устанавливается так, как он устанавливается и закрепляется на самолете. Контрольно-измерительное приспособление (см. рис. 4.4, в) состоит из каркаса 1, эквидистантных шаблонов 2, напоминающих рубильники, и тележки 3. На раме тележки имеются отверстия 4 (по два с каждой стороны) для фиксации ее в приспособлении. Контролируемый агрегат 5, например киль, устанавливается и закрепляется на тележке 3 узлами 6, которые имитируют соответствующие стыковые узлы фюзеляжа самолета. Тележка 3 вместе с килем вводится по рельсам 6 в каркас приспособления и фиксируется в нем в требуемом положении штырями 8, вводимыми в отверстия 4. После установки киля в контрольно-измерительное приспособление определяют отклонения обводов киля от обводов эквидистантных шаблонов (см. рис. 4.4, б).

Контрольно-измерительное приспособление позволяет измерять отклонения обводов с точностью до 0,1 мм и определять направление и величину общей закрутки агрегата (киля, лопасти несущего винта).

Два последних метода имеют существенные недостатки. Во-первых, требуется дополнительное оснащение в виде второго комплекта рубильников или контрольно-измерительное приспособление. Во-вторых, переналадка рубильников в стапеле или перенос агрегата в контрольно-измерительное приспособление увеличивает трудоемкость сборочных работ. И, в-третьих, эти методы не позволяют контролировать качество обводов в процессе сборки. Сборка агрегата ведется в зафиксированном состоянии по многим узлам каркаса и по обводам рабочими рубильниками, а недопустимые отклонения можно определить после сборки агрегата, когда устранить этот дефект практически невозможно.

На КнААПО разработан ряд новых эффективных устройств, позволяющих контролировать изменение формы панелей и отсеков в процессе сборки, например, приспособление<sup>1</sup> для сборки агрегатов ЛА, в котором рубильники могут использоваться в двух функциях: в качестве рабочих — для жесткой фиксации обводов агрегата и в качестве эквидистантных — для контроля обводов отсека в расфиксированном состоянии.

Приспособление (рис. 4.5) содержит раму 1 с жестко закрепленными на ней верхними 2 и нижними 3 узлами для фиксации рубильников 4. Рубильники 4 имеют обвод, совпадающий с обводом собираемого изделия 5 и фиксируются по узлам штырями 6 и 7.

Каждый узел (2 и 3) имеет основное отверстие  $A_y$  для фиксации рубильника в положении сборки и дополнительное  $B_y$  — для фиксации рубильника в положении контроля обвода, эквидистантному рабочему. Соответственно каждый конец рубильника имеет основное отверстие  $A_p$  и дополнительное  $B_p$ , согласованные с отверстиями на узлах так, что при проштыривании рубильников с узлами по отверстиям  $A$  контур рубильника совпадает с контуром собираемого изделия, а при проштыривании по от-

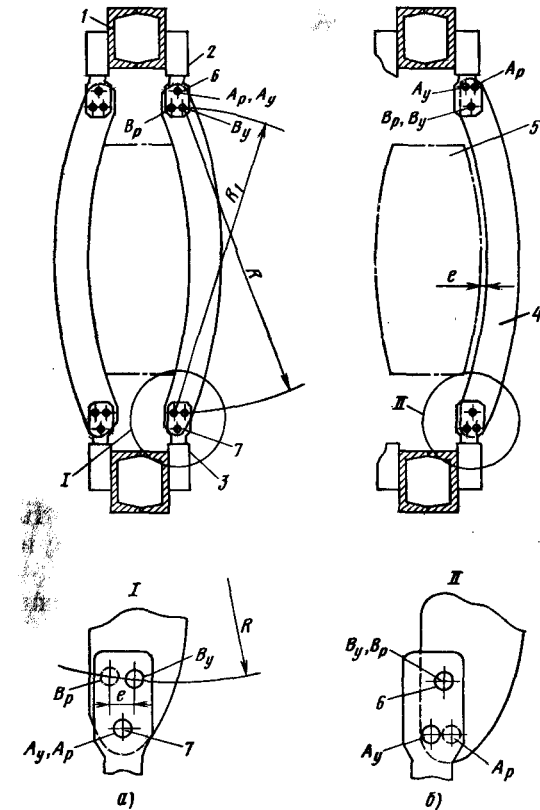


Рис. 4.5. Приспособление для сборки и контроля агрегата:  
а — сборочное положение рубильников; б — эквидистантное положение рубильников

<sup>1</sup>Буреев В. Н., Кузьмин В. Ф. Приспособление для сборки агрегатов летательных аппаратов. А. с. 900548 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

версиям  $B$  контур рубильника располагается эквидистантно контуру изделия на расстоянии  $L$ . При этом возможно проштыривание одновременно по одному из узлов основных отверстий, а по другому — дополнительных, для чего при фиксации рубильника по основным отверстиям дополнительные отверстия располагаются на дуге радиуса  $R$ , а при фиксации по одному из узлов дополнительные отверстия по другому узлу дополнительные отверстия располагаются на дуге  $R_1$ , так что расстояние между основными и дополнительными отверстиями в узлах и рубильниках больше допуска на обводы агрегата по техническим условиям.

Работает сборочное приспособление следующим образом. После сборки агрегата с фиксацией обводов по рубильникам 4, закрепленным штырями 6 и 7 по основным отверстиям, каждый рубильник необходимо перевести в эквидистантное положение следующими приемами:

расфиксировать рубильники 4 по основным отверстиям нижнего узла, вынуть штырь 7;

поворачивая рубильник 4 на оси-штыре 6 верхнего узла, совместить дополнительные отверстия  $B_y$  и  $B_p$  по нижнему. Проштырить отверстия  $B_y$  и  $B_p$  штырем 7;

расфиксировать рубильник по основным отверстиям верхнего узла, вынуть штырь 6;

поворачивая рубильник на оси-штыре 7 нижнего узла, совместить дополнительные отверстия по верхнему узлу  $B_y$  и  $B_p$ . Проштырить эти отверстия штырем 6.

После этого рубильники используют для контроля обводов собираемого агрегата путем сравнения фактических зазоров между изделием и рубильником с размером  $L$ . Разница между фактическими зазорами и размером  $L$  не должна превышать допуск на отклонение обвода по техническим условиям.

В другом варианте конструкция приспособления<sup>1</sup> (рис. 4.6) позволяет переводить рубильник из рабочего положения в эквидистантное без его открытия.

Приспособление содержит жестко соединенные колоннами 1 верхнюю 2 и нижнюю 3 балки, рубильники 4, узел 5 и нижнюю вилку 6 для крепления рубильников к балкам. К узлу 5 рубильник 4 крепится с помощью оси 7, шайбы 8 и шплинта 9. Ось 7 имеет цилиндрическую поверхность  $E$  стыка с рубильником 4, эксцентрично расположенную относительно цилиндрической поверхности стыка с узлом 5 с эксцентриситетом  $e$  не менее половины толщины  $S$  прижимаемой обшивки собираемого агрегата. Ось 7 имеет рукоятку 10 для поворота оси и фиксируется штыр-

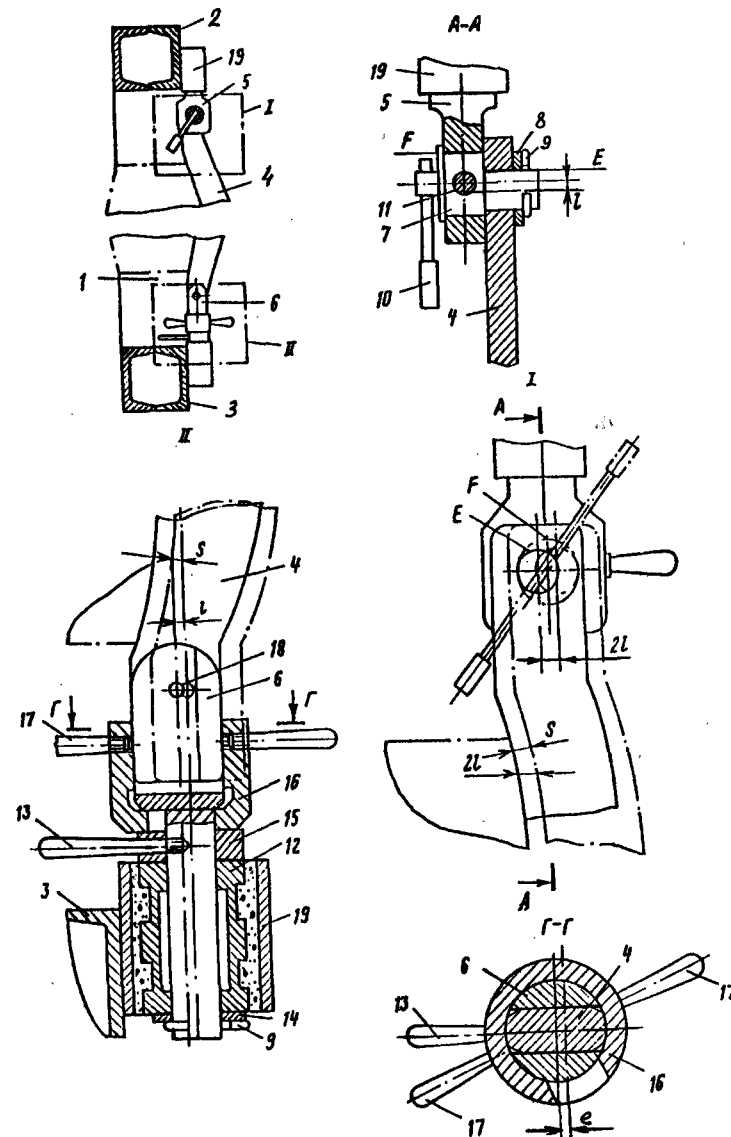


Рис. 4.6. Двухпозиционный рубильник

<sup>1</sup>Бурев В. Н., Кузьмин В. Ф. Приспособление для сборки агрегатов летательных аппаратов. А. с. 909908 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

ем 11 в положении рубильника для базирования каркаса. Вилка 6 имеет возможность вращения во втулке 12 с помощью рукоятки 13. Для исключения продольного перемещения вилки 6 относительно втулки 12 установлены шайба 14 и упор 15. Для зажима рубильника служит поворотная обойма 16, через прорезь которой рубильник входит в паз вилки 6. Вращение поворотной обоймы 16 осуществляется с помощью рукояток 17. В положении для базирования каркаса рубильник фиксируется штырем 18. Втулка 12 и узел 5 залиты цементом НИАТ-МЦ в стаканы 19 по эталону или инструментальному стенду в положении рубильников 4 по обводу каркаса с фиксацией штырями 11 и 18.

Работает приспособление следующим образом. Рубильники 4 устанавливают в положение, при котором контур совпадает с обводами каркасов, для чего ось 7 и вилку 6 с помощью рукояток 10 и 13 устанавливают в исходное положение. Поворачивая рубильник 4 на оси 7, вводят его в прорезь поворотной обоймы, как показано на сечении Г-Г. Точное положение рубильника 4 фиксируется штырями 11 и 18. В таком положении производится сборка каркаса с базированием на точно зафиксированный контур рубильника. После соединения деталей каркаса рубильник 4 выводят из вилки 6, совместив прорезь обоймы 16 с пазом вилки, и, расфиксировав штыри 11 и 18, поднимают рубильник, поворачивая его на оси 7.

Для прижатия обшивки к обводу каркаса поворачивают ось 7 и вилку 6 с помощью рукояток 10 и 13 на  $180^\circ$  (показано на виде I пунктирными линиями положение рукоятки 10, в сечении Г-Г — положение оси вилки 6). Вследствие эксцентриситета  $e$  поверхности оси 7 и вилки 6, контактирующие с рубильником 4, смещаются на расстояние  $2e \approx S$  от каркаса, что обеспечивает возможность последующей установки обшивки толщиной  $S$  и прижатия ее к каркасу этим же рубильником. Для этого рубильник 4 опускают, вводят в паз вилки 6 через прорезь обоймы 16 и зажимают рубильник в вилку поворотом обоймы. В этом случае положение рубильника не фиксируется штырями 11 и 18, так как необходимо обеспечить лишь плотное прилегание обшивки к каркасу. Положение оси 7 и нижнего конца рубильника зависит от погрешностей размеров на толщину обшивки, эксцентриситета оси 7 и вилки 6 и т. д.

В процессе сборки рубильник периодически переводится из рабочего положения в эквидистантное, что дает возможность выявить сборочные напряжения, искажающие обвод, и своевременно устранить вызывающие их причины.

Для непрерывного контроля за деформациями узла в процессе сборки используется фиксирующий узел (рис. 4.7). Узел имеет фиксатор 1, обеспечивающий заданное положение фиксируемой детали 2 с помощью втулок 3 и штыря 4. Фиксатор размещен в стакане 5 с зазором, в который введен при монтаже наполнитель из упругого материала 6, например резины, играющий роль компенсатора между недостаточно точно выставленным стаканом 5 на балке стапеля 7 и точно выставленным с помощью эталона, инструментального стенда или других устройств фиксатором 1. Узел имеет упоры 8, отрегулированные относительно точно установленного фиксатора с зазором  $e$  на величину допускаемых смещений фиксирующей части при сборке. При фиксации и креплении детали 2 с деталью 9 собираемого узла или агрегата вследствие выборки зазоров  $c$  или натягов  $n$  возникают усилия, смещающие деталь и фиксатор. Этим усилиям узел благодаря упругости наполнителя практически не препятствует, и соответственно напряжений в фиксируемой детали не возникает. Момент сборки, когда возникающие при креплении усилия смещают фиксатор 1 и деталь 2 за пределы поля допуска по техническим условиям, определяется контактом упоров 8 и фиксатора 1 визуально или с помощью сигнальной лампочки 10, включенной в электроцепь 11.

Узел может быть использован в сборочных приспособлениях и стапелях для сборки узлов, отсеков, агрегатов ЛА в сочетании с фиксирующими узлами, жестко задающими положение деталей.

**Отклонения положения обвода агрегата планера от теоретического.** После сборки и контроля обводов каждого агрегата в отдельности производится общая сборка планера. Полученная в результате сборки поверхность планера может иметь отклонения от теоретического обвода, вызванные погрешностями стыковки агрегатов между собой. Отклонения обводов планера выявляются следующими способами:

контролем отдельных сечений агрегатов в стыковочных стапелях по рубильникам;

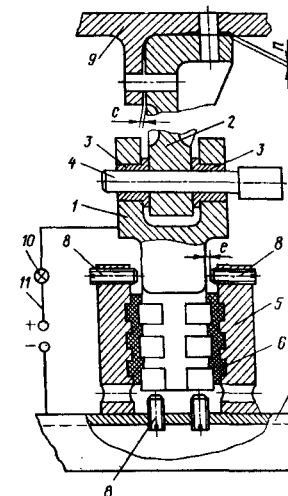


Рис. 4.7. Фиксирующий узел для непрерывного контроля за деформациями в процессе сборки

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф. Узел фиксации детали в сборочном приспособлении. А. с. 788616 СССР: МКИ В 64 f 5/00.

контролем положения нивелировочных точек в соответствии с нивелировочной схемой (нивелировка).

Нивелировка является заключительным этапом контроля сборки самолета. Цель нивелировки – контроль геометрических параметров планера и регулировка органов управления полетом. Результаты нивелировки заносят в нивелировочный паспорт. На нивелировочной схеме геометрические параметры выражены через координаты положения специальных реперных точек.

Нивелировочная схема содержит таблицы, в которых указаны относительные координаты всех реперных точек. Координаты реперных точек определяют на основании геометрических расчетов, проектируя точки на горизонтальную и вертикальную плоскости, полученные размеры уточняют и с учетом массы и жесткости конструкции агрегатов самолета реперные точки наносят на поверхность агрегата по фиксаторам реперных точек в стапелях при агрегатной сборке. Реперные точки выполняют в виде кернов или отверстий с резьбой и маркируют красными кругами диаметром 30 мм.

Положение точек при нивелировке может быть определено с помощью оптических средств или лазерных источников излучения.

При использовании оптических средств (нивелира и теодолита) определяют величину отклонения реперных точек от оптической оси зрительной трубы.

В настоящее время разработан ряд систем, в частности лазерная центрирующая измерительная система, позволяющих производить нивелировку самолета по опорным лазерным лучам (см. гл. 5). После определения координат всех нивелировочных точек самолета рассчитывают их превышения и сравнивают с допустимыми значениями, приведенными в таблицах нивелировочного чертежа.

---

## Глава 5

### ЛАЗЕРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В АГРЕГАТНО-СБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

#### 5.1. ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Современное агрегатно-сборочное производство отличают исключительно разнообразные, сложные и трудоемкие процессы сборки, монтажа и контроля конструкций, агрегатов, систем и изделий в целом. Одновременно с увеличением размеров, повышением сложности конструкций изделий и их элементов, насыщением их комплексами взаимосвязанных систем, механизмов, специальных устройств постоянно растут требования к точности и качеству сборочно-монтажных процессов, взаимозаменяемости, надежности, повышению производительности и улучшению условий труда, сокращению сроков подготовки производства и циклов сборки планера.

Во всей совокупности сборочно-монтажных процессов особое место занимают процессы разметки, взаимоувязки, высокоточного позиционирования, контроля формы и взаимного положения в пространстве элементов конструкций, агрегатов, специальных систем и т. д., которые сами, как правило, являются сложными крупногабаритными пространственными объектами с малой жесткостью. Техничко-экономические характеристики упомянутых сборочно-монтажных процессов не только в значительной степени зависят от применяемых методов и средств измерений и контроля, но все чаще определяются ими.

Традиционным является использование обычных средств для линейных и угловых измерений, характерных для общего машиностроения (нониусные инструменты, линейки, угольники и т. д.), жестких носителей форм и размеров (шаблоны, калибры, эталоны), уровней, отвесов, струн и т. д.

Используемые в настоящее время для подобных технологических процессов методы и средства зачастую не удовлетворяют современным требованиям прежде всего по точности и производительности, нередко сдерживают развитие прогрессивных направлений в технологии авиастроения, а в ряде случаев не могут

обеспечить выполнение требуемых операций, что заставляет искать другие, нетрадиционные конструкторско-технологические решения. Поэтому значительное распространение получили различные оптико-механические приборы, как геодезические (нивелиры, теодолиты), так и специализированные (ППС-7, ППС-11, оптические струны и др.). Необходимо отметить, что оптические приборы, являясь в большинстве своем высокоточными устройствами, при их использовании в сборочно-монтажных процессах в самолетостроении имеют ряд следующих принципиальных недостатков.

1. При работе на относительно небольших расстояниях, характерных для цеховых условий, геодезические приборы могут иметь значительные неустраняемые и неконтролируемые погрешности, связанные, например, с необходимостью перефокусировки при наблюдении объектов, расположенных на разных расстояниях.

2. Визирные оси оптических приборов не являются материальными, представляют собой некоторые воображаемые линии, положение которых в пространстве определяется характеристиками и взаимным положением оптических элементов приборов. Это обстоятельство делает невозможным применение более точных, нежели визуальные, методов регистрации результатов измерений (например, фотоэлектрических).

3. Построение многофункциональных или специализированных пространственных измерительных систем, когда требуется располагать и очень точно увязывать взаимное положение в пространстве оптических, оптико-механических, электронных и других устройств, входящих в такие системы, затруднительно или невозможно.

4. Привязка оптико-механических приборов к конкретным конструкциям и техпроцессам требует разработки и изготовления высокоточной специализированной оснастки, которую трудно унифицировать.

5. Ненаглядность и субъективность процессов измерения и контроля, неудобства при работе в цеховых условиях.

6. Сложность и дефицитность многих приборов, требования высокой квалификации исполнителей.

Освоение промышленностью малогабаритных надежных конструкций оптических квантовых генераторов (ОКГ) с их уникальными свойствами решило проблему построения высокоточных устройств, систем и приборов различного назначения, свободных от недостатков существующих средств измерения, включая оптические. Не вдаваясь в подробности работы лазеров, следует отметить специфические свойства, предопределившие их широкое применение в лазерно-оптических средствах измерения

и контроля. Это – монохроматичность, временная и пространственная когерентность, малый угол расходимости лазерного излучения. Среди многочисленных типов лазеров наиболее подходящими для использования в лазерно-оптических средствах измерения являются гелий-неоновые лазеры, работающие в непрерывном режиме с длиной волны 0,6328 мкм и мощностью излучения 1...3 мВт. Именно они наиболее полно отвечают требованиям, предъявляемым к ОКГ для лазерных измерительных приборов и систем:

- стабильность частотных, временных, энергетических и пространственных характеристик излучения;
- видимый спектр излучения;
- малые габаритные размеры и масса;
- достаточный срок службы и надежность;
- простота в эксплуатации;
- отсутствие чрезмерно жестких требований по технике безопасности.

В большинстве случаев лазерные лучи непосредственно не могут быть использованы для построения лазерных систем, в связи с чем необходимо применение специальных устройств (формирователей), осуществляющих преобразование и формирование лучей с требуемыми характеристиками. Такие устройства, как правило, выполняют целый ряд важнейших функций:

- уменьшение угла расходимости луча с одновременным увеличением его диаметра. При этом обычно можно получить почти параллельный луч диаметром 10...20 мм на длине рабочей зоны;

- формирование требуемых законов распределения энергии по сечению луча или выполнение упомянутых выше преобразований геометрии луча без существенного искажения закона распределения энергии по сечению;

- уменьшение спонтанных угловых флуктуаций лучей, величины которых при отсутствии формирователей имеют у реальных ОКГ недопустимо большие значения и прямо влияют на точностные возможности метода в целом.

Необходимо отметить, что из множества принципиально возможных законов распределения энергии по сечению луча, которыми определяются в значительной степени принципы построения всех элементов систем, наиболее часто реализуется гауссовский – при фотоэлектрической регистрации энергетической оси луча и структуры в виде системы светлых и темных концентрических колец с центральной светлой точкой малого диаметра – при визуальной регистрации оси луча. Простейшими формирователями, выполняющими перечисленные выше функции, при определенных условиях могут являться оптические системы телескопического типа. Так, с помощью двухкомпо-



нентной телескопической системы с увеличением  $20\times$  можно получить гауссовский пучок диаметром  $\sim 20$  мм на дистанции  $\sim 100$  м. При этом для уменьшения искажений функции распределения энергии необходимо обеспечить минимальные aberrации оптической системы (прежде всего, сферические), высокое качество и подбор оптических компонентов, применение пространственной фильтрации и др. Напротив, используя повышенные сферические aberrации оптики, можно получить пучок второго типа. Подробное описание формирователей изложено в работе [6]. Здесь же отметим лишь следующие основные особенности, характеризующие формирователи с кольцевой структурой луча:

стабильность оси кольцевой структуры при нестабильности оси диаграммы направленности (ОДН) лазерного излучения;

образование кольцевой структуры на некотором расстоянии от формирователя, которое прямо пропорционально увеличению оптической системы;

увеличение диаметра центральной точки по мере удаления от формирователя. Это увеличение обратно пропорционально увеличению оптической системы.

Последнее обстоятельство является отрицательным фактором, так как при увеличении диаметра точки снижается точность центрирования.

Известно [16], что ширину интерференционных полос можно определить по формуле

$$B = \lambda / 2\omega,$$

где  $\lambda$  — длина волны излучения;  $2\omega$  — угол схождения лучей.

Отсюда следует: чтобы получить центральную точку постоянного диаметра, необходимо иметь постоянный угол схождения лучей. Такой ход лучей можно получить, если взамен сферической линзы формирователя установить конический аксикон (рис. 5.1). У формирователя со сферической линзой (см. рис. 5.1, а) угол схождения лучей уменьшается по мере удаления от формирователя. Следовательно, в соответствии с приведенной выше формулой увеличивается диаметр центральной точки. У формирователя с коническим аксиконом (см. рис. 5.1, б) угол схождения лучей, а значит, и диаметр центральной точки остается постоянным на всей дистанции. Конкретный же тип формирователя необходимо выбирать исходя из условий решаемой задачи.

Обычно лазерный источник и формирователь конструктивно объединены и представляют собой лазерно-оптическую сборку — лазерный излучатель. Следует заметить, что такое объединение не является чисто механическим, а требует соблюдения специфических требований с точки зрения юстировок и стабильности

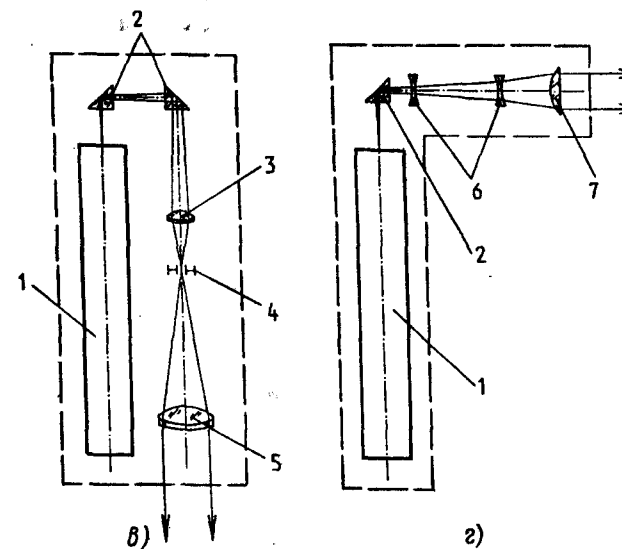
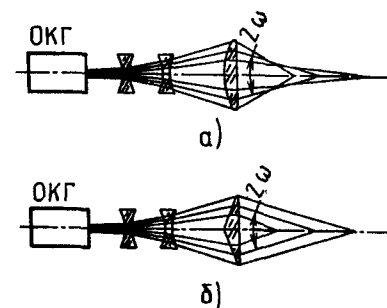


Рис. 5.1. Оптические схемы лазерных устройств: а — ход лучей в формирователях со сферической линзой; б — ход лучей в формирователях с коническим аксиконом; в — лазерный излучатель с гауссовским распределением энергии; з — лазерный излучатель с кольцевой структурой луча; 1 — лазер; 2 — призма; 3, 5, 7 — линзы положительные; 4 — диафрагма пространственной фильтрации; 6 — линза отрицательная

во времени взаимного пространственного положения компонентов, входящих в сборку. Конструктивные оформления лазерных излучателей могут быть весьма разнообразными и в каждом частном случае представляют собой самостоятельную задачу. Отметим основные требования, предъявляемые к конструкции излучателей:

обеспечение жесткости конструкции в целом и отсутствие по каким бы то ни было причинам взаимных смещений источника

излучения и оптических компонентов относительно друг друга после юстировки;

оптико-механические узлы должны иметь все необходимые юстировочные подвижки. Доступ и удобство пользования ими должны быть тщательно продуманы;

особое внимание следует уделить вопросам крепления ОКГ и оптических компонентов и свободному доступу к ним с целью замены, чистки, подрегулировки и т. д.

Примеры оптических схем лазерных излучателей приведены на рис. 5.1, *в, г*.

Для получения информации о положении контролируемых объектов относительно лазерных лучей служат приемо-регистрирующие устройства. Практическое применение получили два типа приемо-регистрирующих устройств – позиционно-чувствительные целевые знаки (ПЧЦЗ) и визуальные целевые знаки (ВЦЗ). При помощи ПЧЦЗ можно контролировать до пяти координат объекта. Устройство и принцип действия ПЧЦЗ подробно описаны в [6, 7]. ВЦЗ применяются, как правило, при работе с лазерными излучателями с кольцевой структурой луча. Отличаясь от ПЧЦЗ простотой конструкции, они тем не менее позволяют производить центрирование с достаточно высокой точностью. На рис. 5.2, *а* приведен пример двухкоординатного ВЦЗ. В корпусе 1 знака установлена сетка 2 с перекрестием, отъюстированным на ось хвостовика. Сетка выполнена на матовом стекле, что позволяет производить наблюдение как в прямом, так и в проходящем свете. Знак устанавливается в стандартные отверстия контролируемого объекта. Для повышения точности центрирования целевой знак снабжается окуляром. Пример такого ВЦЗ приведен на рис. 5.2, *б*. Кроме того, хвостовик знака выполнен разрезным, что позволяет обеспечить более плотную его посадку в отверстие. ВЦЗ позволяют производить центрирование объектов на ось луча с точностью 0,02...0,05 мм.

При решении ряда задач возникает необходимость не только центрирования, но и измерения смещений объектов относительно оси луча. Для этих целей применяются датчики линейных смещений. Так, для измерения смещений плоских поверхностей применяется однокоординатный датчик (рис. 5.2, *в*). Датчик устанавливается на контролируемую поверхность базовой плоскостью 1. Центрирование на базовый луч производится при помощи маховика 3 по визуальному целевому знаку 2, установленному в отверстие каретки механизма перемещения. Смещение замеряется по индикатору часового типа 4, закрепленному в корпусе датчика 5. Диапазон измерений датчика ± 5 мм. Конструкция двухкоординатного датчика приведена на рис. 5.2, *г*. Датчик предназначен для измерения смещений в диапазо-

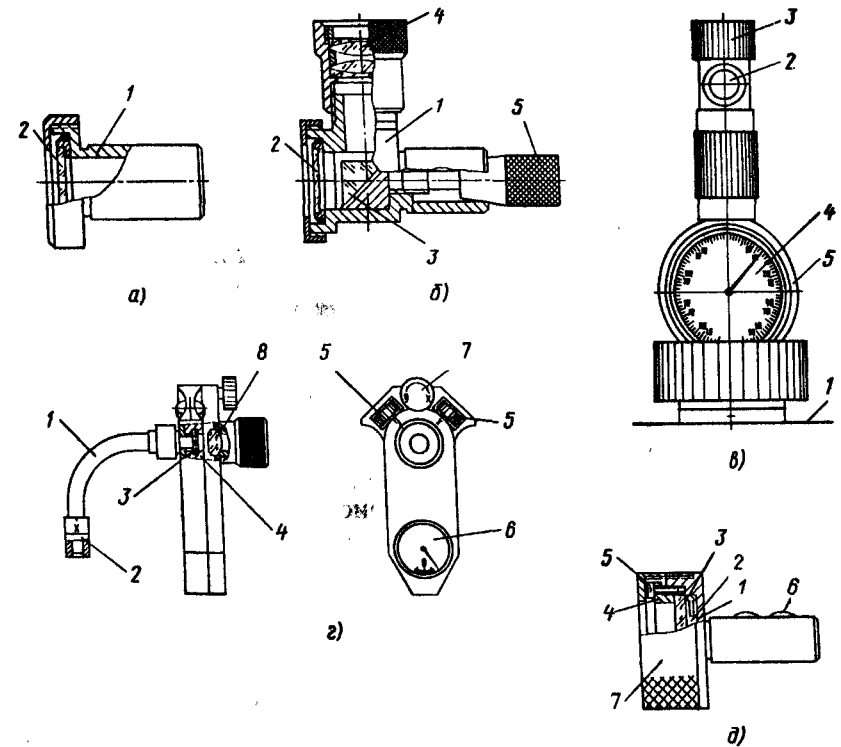


Рис. 5.2. Целевые знаки и датчики:

*а* – визуальный целевой знак: 1 – корпус; 2 – сетка; *б* – визуальный целевой знак с окуляром: 1 – корпус; 2 – сетка; 3 – призма; 4 – окуляр; 5 – разжимной конус; *в* – датчик однокоординатный: 1 – базовая плоскость; 2 – ВЦЗ; 3 – маховик; 4 – индикатор; 5 – корпус; *г* – датчик линейных смещений: 1 – световод; 2 – наконечник; 3 – сетка; 4 – ползун; 5 – маховичок; 6 – индикатор; 7 – переключатель; 8 – окуляр; *д* – датчик зеркальный: 1 – корпус; 2 – кольцо пружинное; 3 – зеркало; 4 – кольцо прижимное; 5 – винт юстировочный; 6 – пружина; 7 – крышка

не ± 2 мм в местах с ограниченным подходом. Световод 1 снабжен цилиндрическим наконечником 2, устанавливаемым в стандартное отверстие объекта. Лазерный луч, попадая на входной торец световода, проецируется на сетку 3, совмещенную с плоскостью выходного торца световода. Сетка закреплена в ползуне 4, имеющем возможность перемещения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях при помощи маховичков 5. Измерение смещения производится поочередно по каждой из координат при помощи индикатора часового типа 6, связанного с ползуном посредством механизма переключения координат (на рисунке не показан), приводимым в действие переключателем 7. Для повышения точности совмещения перекрестья сетки с осью луча

датчик снабжен окуляром 8. Еще одним устройством для определения положения объектов служит зеркальный датчик, конструкция которого приведена на рис. 5.2, д. Датчик позволяет определять две угловые координаты объекта по отраженному лучу.

Как уже упоминалось выше, преимущества лазерно-оптических приборов по сравнению с оптическими определяют их все более широкое применение в самолетостроительном производстве. На рис. 5.3 изображен излучатель лазерный для холодной пристрелки оборудования самолета – ИЛХП-23, применяемый вместо традиционной трубки холодной пристрелки – ТХП-23. Оптическая схема излучателя приведена на рис. 5.1, г. Соосность оси лазерного луча и посадочного хвостовика достигается юстировкой формирователя и лазера. Взамен оптических нивелиров на предприятии был применен серийно выпускаемый лазерный визир ЛВ-5М. Для получения кольцевой структуры луча, с целью обеспечения визуальной регистрации по шкале нивелирной линейки, оптическая система визира была заменена формирователем, изображенным на рис. 5.1, а. Несмотря на достаточно высокие точностные характеристики этого прибора он обладает существенным недостатком – необходимостью установки в горизонт при каждом измерении, что снижает производительность работ. Для устранения этого недостатка, а также для повышения точности производимых измерений на КнААПО был разработан и внедрен в производство целый ряд лазерных самоустанавливающихся нивелиров (ЛНС-1, ЛНС-2) с жидкостным компенсатором. Оптические

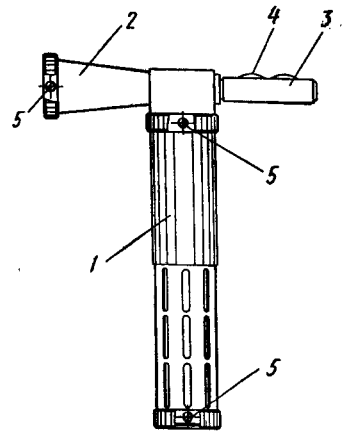


Рис. 5.3. ИЛХП-23:  
1 – корпус; 2 – корпус формирователя; 3 – хвостовик; 4 – пружина; 5 – винт юстировочный

схемы нивелиров приведены на рис. 5.4, а, б. В качестве компенсационной жидкости применена смесь диметилфталата с касторовым маслом, обладающая меньшей агрессивностью по сравнению с известными. Кроме того, был изготовлен и внедрен прибор, сочетающий в себе функции нивелира и теодолита. Оптическая схема этого прибора приведена на рис. 5.4, в. В качестве поворотного устройства для задания вертикальных плоскостей использована пентапризма с клином и полупрозрачным покрытием между ними, позволяющим получать одновременно два луча. Прибор позволяет производить сканирование луча на 360° как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

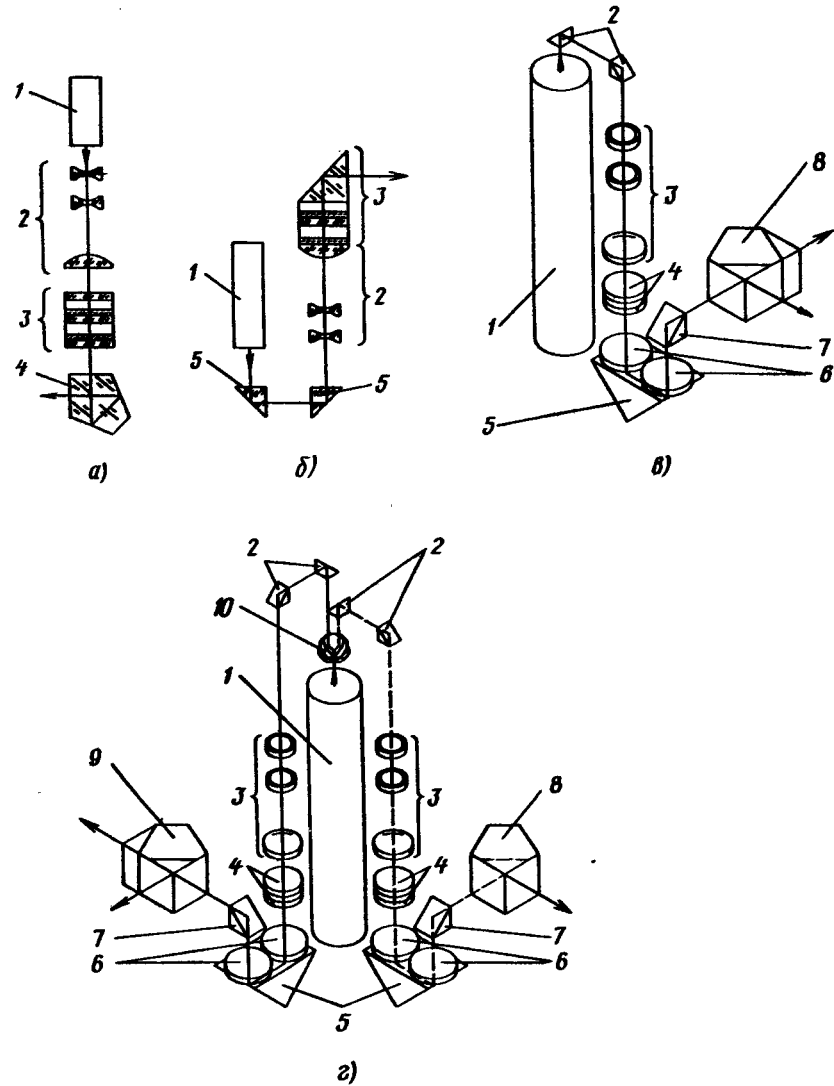


Рис. 5.4. Оптические схемы нивелиров и нивелиров-теодолитов:  
а – ЛНС-1; б – ЛНС-2: 1 – лазер; 2 – формирователь; 3 – компенсатор; 4 – пентапризма; 5 – призма; в – оптическая схема лазерного нивелира-теодолита ЛНТ-1: 1 – лазер; 2, 7 – призмы АР-90°; 3 – формирователь; 4 – оптический клин; 5 – призма БП-180°; 6 – кювета компенсатора; 8 – пентапризма с клином; 9 – оптическая схема лазерного нивелира-теодолита ЛНТ-2: 1 – лазер; 2, 7 – призмы АР-90°; 3 – формирователь; 4 – оптический клин; 5 – призма БП-180°; 6 – кювета компенсатора; 8 – пентапризма; 9 – пентапризма с клином; 10 – плоскопараллельная пластина

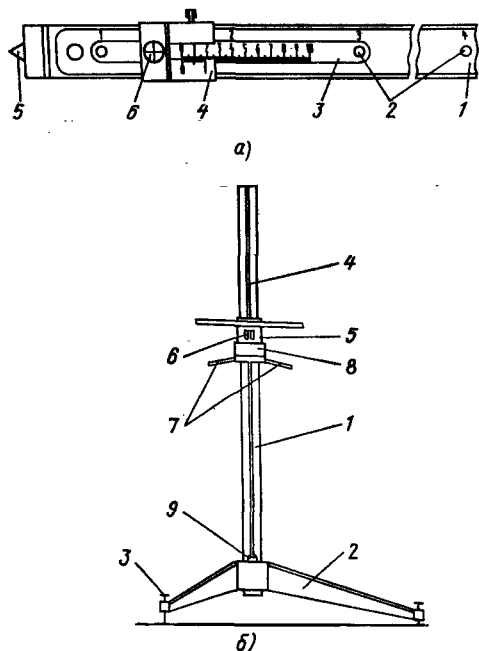


Рис. 5.5. Специальные измерительные приспособления для лазерных устройств: а – линейка координатная; 1 – корпус; 2 – отверстие координатное; 3 – калибр; 4 – нониус; 5 – наконечник; 6 – марка; б – стойка измерительная; 2 – основание; 3 – подъемный винт; 4 – шкала; 5 – каретка; 6 – нониус; 7 – рукоятка; 8 – гайка механизма перемещения каретки; 9 – сферический уровень

Следующим шагом в расширении функциональных возможностей лазерно-оптических средств измерения явилось создание прибора ЛНТ-2, оптическая схема которого приведена на рис. 5.4, г. Прибор может задавать три базовых плоскости – две взаимно перпендикулярных вертикальных и одну горизонтальную.

Для решения задач определения координат объектов и их составных частей в пространстве необходимо применение специальных измерительных средств и приспособлений. На рис. 5.5, а изображена координатная линейка для лазерно-оптических измерений. В корпусе 1 линейки шагом 100 мм расточены координатные отверстия 2, на которые устанавливается измерительный калибр 3 с нониусом 4. Линейка снабжена юстируемым наконечником 5 для базирования на контролируемый объект. Измерение производится путем совмещения перекрестья марки 6 с осью лазерного луча и снятия показания по шкале калибра. Для определения высотных координат объектов применяется измерительная стойка (рис. 5.5, б). Принцип устройства измерительной стойки аналогичен устройству катетометра. Цилиндрическая направляющая 1 закреплена в основании 2 с тремя подъемными винтами 3 для установки направляющей в вертикальное положение. На направляющей нанесена шкала 4 с миллиметровыми де-

лениями. По направляющей перемещается каретка 5 с нониусом 6 и площадкой для установки лазерного нивелира и блока питания. Перемещение каретки может производиться как вручную при помощи рукояток 7, так и винтовым механизмом при помощи гайки 8. Контроль вертикальности направляющей осуществляется по сферическому уровню 9, вмонтированному в основание стойки. Измерение координат производится путем последовательного наведения лазерного луча на контролируемые точки и снятия отсчета по шкале стойки.

## 5.2. МОНТАЖ И УВЯЗКА СБОРОЧНОЙ ОСНАСТКИ

Для самолетов малого класса всегда было экономически оправдано использование эталонно-шаблонного метода обеспечения взаимозаменяемости. Однако при постановке производства новых изделий среднего и тяжелого класса, отличающихся большими размерами и жесткими требованиями к точности воспроизведения геометрических размеров, начали сказываться недостатки этого метода. Согласно рекомендациям [7] область применения контрольно-макетных средств для монтажа и увязки сборочной оснастки ограничена:

квалитетами 6...11;

размерами увязываемых стыков и разъемов (для квалитетов 6 и 7 – до 1250 мм, для квалитетов 8 и 9 – до 2500 мм, для квалитетов 10 и 11 – до 4000 мм).

Сопоставление допусков на стыки и разъемы современных самолетов среднего класса с указанными рекомендациями свидетельствует о том, что изготовление жестких носителей размеров целесообразно только тогда, если их размеры не превышают 2,5 м. Дальнейшее увеличение размеров ведет к резкому возрастанию погрешности монтажа базовых, обводообразующих и стыковых узлов макета на каркас, погрешности из-за деформации макета от собственного веса при выставлении в стапеле, температурной погрешности.

С 1970-х гг. на КнАПО начинают внедряться лазерно-оптические средства монтажа и контроля сборочной оснастки. В этот период выполнялись следующие задачи:

контроль существующих сборочных стапелей;

контроль эталонов, макетов поверхности, калибров;

контроль выставления эталонов, макетов поверхности, калибров в стапелях.

В дальнейшем, по мере развития технической базы и накопления опыта, была разработана методика высокоточного монтажа и контроля сборочных стапелей, стендов, эстакад с применением лазерно-оптических центрирующих измерительных систем.

Монтаж сборочного приспособления является наиболее ответственным этапом изготовления оснастки, в процессе которого собирают отдельные детали и узлы приспособления в соответствии с заданными чертежом размерами. Процесс монтажа приспособлений сопровождается увязкой технологической оснастки и должен обеспечить необходимую точность и постоянство расположения сборочных баз. Для расширения фронта работ и сокращения цикла изготовления оснастки монтаж крупногабаритных приспособлений (стапелей) производят в два этапа: сначала – монтаж составных частей стапеля в цехе оснастки, затем – монтаж основных укрупненных элементов (подборок) стапеля в агрегатном цехе. Укрупненные каркасные и фиксирующие элементы стапеля монтируются в агрегатном цехе с помощью лазерных центрирующих измерительных систем (ЛЦИС), названных так потому, что основной объем работ связан с выставлением этих элементов по одной оси, т. е. центрированием. К этим процессам относятся также операции контроля прямолинейности, плоскостности, соосности.

Для сборки стапелей с помощью ЛЦИС разработаны специальные методы, которые обеспечивают жесткое базирование лазерных приборов и их последующее многократное выставление в идентичное положение при монтаже и планово-предупредительном ремонте. Принципы построения крупногабаритных стапелей для современных широкофюзеляжных самолетов описаны в [18]. На их основе, с учетом применения новых высокоточных лазерных приборов, на КнААПО разработаны методы монтажа оснастки для самолетов малого и среднего класса типа Бе-103, С-80, Су-27 и его модификаций. При этом сущность монтажа стапелей осталась неизменной – из нескольких забазированных в пространстве лазерных лучей или плоскостей сканирования лучей строят координатную систему, относительно которой выставляют или контролируют расположение узлов. Ось центров протяженной кольцевой структуры лазерного луча принимают за эталон прямолинейности. Выставление узлов на эту ось производят при помощи ВЦЗ. Работы по монтажу оснастки с применением ЛЦИС осуществляются в следующей последовательности.

Вначале проектируется стапель с учетом требований к его монтажу с помощью ЛЦИС. Одновременно разрабатывается монтажная схема, изготавливаются вспомогательная оснастка (реперные базовые плитки и другие детали к плановой технологической координатной плите (ТКП), реперные вертикальные стойки, дистанционные переходные калибры, координатные линейки), подборки в цехе оснастки. Следующим является непосредственно монтаж стапеля, включающий разметку и постро-

ение монтажной схемы из лазерных лучей, плановой ТКП, координатных линейек, монтаж реперов и базовых площадок в плановой и боковых плоскостях, настройку лазерной центрирующей системы, монтаж каркасных элементов стапеля, монтаж фиксирующих и зажимных элементов стапеля, обработку плавности обводообразующих элементов, контроль соосности. При проектировании производится условное членение рабочего объема стапеля на элементарные прямоугольные объемы (ЭПО), кратные по осям 50, 100, 200, 500, 1000 мм. В этих объемах располагаются подборки стапеля (балки, рамы) с узлами фиксации деталей, рубильниками, стапельными плитами.

Подборки собираются на инструментальном стенде, плазкондукторе или по установочным отверстиям, выполненным на координатно-расточных станках. Для выставления подборок в них предусматриваются технологические установочные поверхности (отверстия, площадки). В качестве установочных поверхностей зачастую используются фиксаторы навески рубильников, отверстия в плитах разъема и рубильниках. В стапеле расположены узлы, обеспечивающие выставление подборок по лучам (рис. 5.6). Юстировочные болты позволяют установить, например, балку на требуемые размеры и углы относительно осей самолета.

Для построения ЭПО используются строительные оси самолета или его отдельных частей, например, "ось симметрии самолета", "строительная горизонталь самолета". Для увязки размеров все точки технологических установочных поверхностей проектируются на плановую ТКП. Разрабатывается чертеж плановой ТКП, в котором предусмотрены реперные площадки с

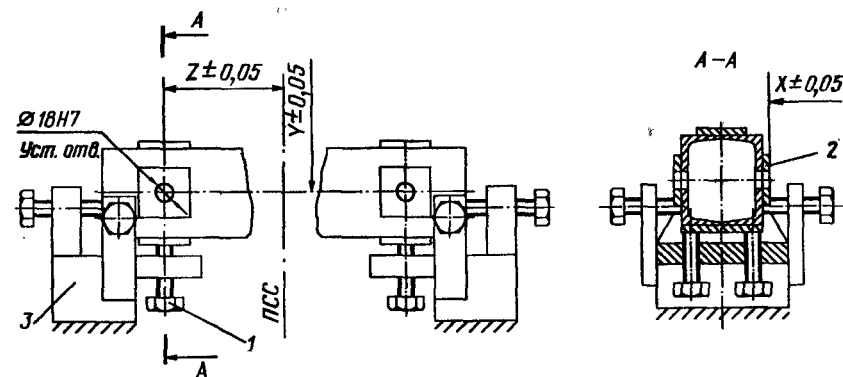


Рис. 5.6. Принципиальная схема установки балки в стапеле:  
1 – болт юстировочный; 2 – площадка установочная; 3 – основание

рисками проекции строительных осей или установочных баз (осей) подборок.

При разработке схемы монтажа стапеля оси  $X$ ,  $Z$  располагают горизонтально: ось  $X$  совпадает с продольной осью агрегата (ОСС, ось лонжерона), а ось  $Z$  совпадает с плоскостью поперечных элементов (плоскость нервюр, шпангоутов). Координата  $Y$  параллельна строительной вертикали стапеля.

Известно, что положение элементов стапеля вследствие монтажных деформаций собираемых агрегатов, подвижек грунта, поводок каркаса со временем изменяется. Практика показывает, что величина смещений в отдельных случаях может достигать нескольких миллиметров. Поэтому при ремонте стапеля или при решении вопросов по неувязке собираемых агрегатов важно знать истинное положение элементов стапеля. С учетом этого монтажная схема должна предусматривать возможность его оперативной и точной проверки. В этой связи возникает задача обеспечения надежной установки реперных знаков и сохранения их положения в пространстве в течение всего времени эксплуатации стапеля. Непродуманное размещение реперных знаков может привести к их смещению от первоначального положения. Это, прежде всего, установка реперов на каркас стапеля и несоблюдение принципа разделения реперов на плановые и высотные, особенно, если последние расположены на высоте более 0,5 м от пола. Создание на КНААПО высокоточных самоустанавливающихся нивелиров-теодолитов, обеспечивающих задание вертикальных плоскостей сканирования, позволило базовые плановые реперные площадки располагать на малой высоте или даже непосредственно на полу агрегатного цеха. Все это дает возможность сохранить неизменными плановые базы стапеля, облегчает его ремонт и контроль. Плановые реперные плитки (рис. 5.7, а) заливаются в полу строительным цементом при разбивке плановой ТКП. Нанесение рисок на плитках может производиться как до их заливки, так и после с помощью специального керна (см. рис. 5.7, б), базирующегося на лазерный луч. Расстояние между базовыми и установочными осями выбирается кратным 50 или 100 мм.

Разметка плановой ТКП с применением лазерного самоустанавливающегося нивелира-теодолита (см. рис. 5.7, в) производится в следующей последовательности:

- предварительная разметка мест под реперные плитки;
- заливка реперных плиток строительным цементом;
- разметка главной базовой продольной оси в режиме сканирования луча поворотным устройством нивелира-теодолита;
- разметка остальных продольных осей методом параллельного переноса луча по координатным линейкам;

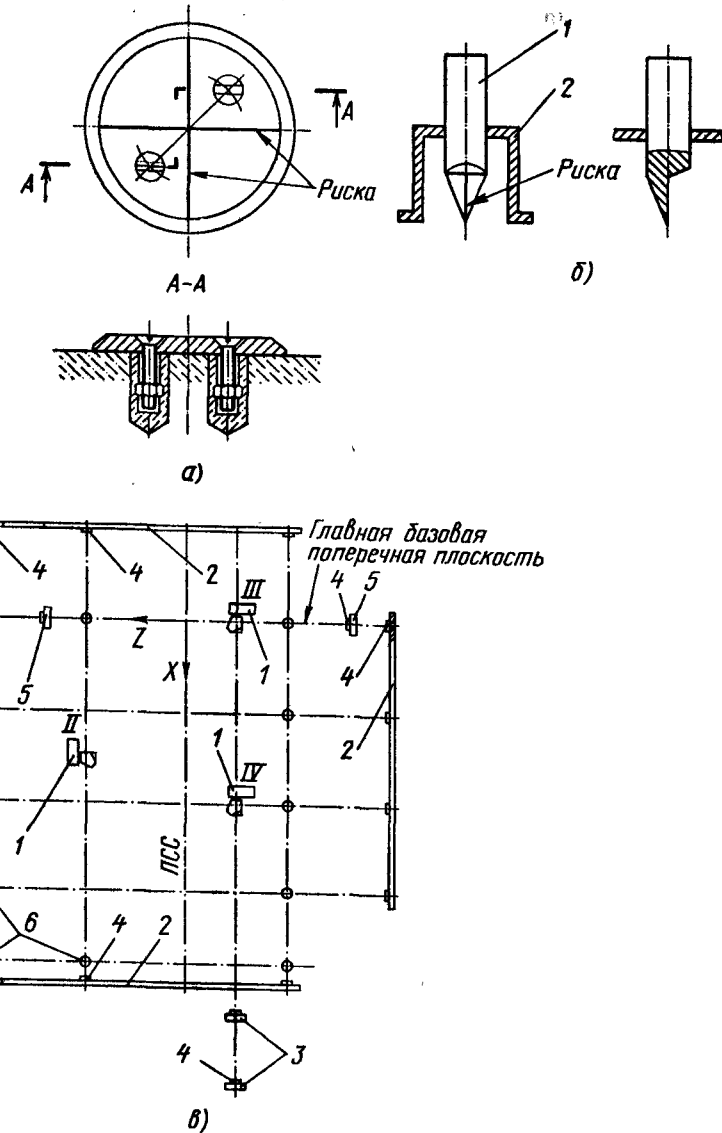


Рис. 5.7. Принципиальная схема разметки плановой ТКП при помощи нивелира-теодолита:

а – установка плановой реперной плитки на полу сборочного цеха; б – устройство для кернения: 1 – керн с риской; 2 – корпус; в – плановая ТКП: I, II, III, IV – положение нивелира-теодолита; 1 – нивелир-теодолит; 2 – координатная линейка; 3, 5 – технологические репера; 4 – ВЦЗ; 6 – реперная плитка

разметка главной поперечной базовой оси методом разворота нивелира-теодолита на  $90^\circ$  в плане с помощью двух технологических реперов;

разметка остальных поперечных установочных осей методом параллельного переноса луча по координатным линейкам.

Параллельный перенос луча обычно осуществляется двумя способами.

Первый способ – по двум параллельным рядам координатных линеек (см. рис. 5.7 *в*, положение нивелира-теодолита *I, II*); второй способ – с помощью двух технологических реперов *3* и одного ряда координатных линеек (рис. 5.7 *в*, положение нивелира-теодолита *III, IV*).

Разворот вертикальной плоскости сканирования луча, выходящего из поворотного устройства (сканирующего узла) нивелира-теодолита на  $90^\circ$  в горизонтальной плоскости, осуществляется следующим способом.

На прямой луч, выходящий из нивелира-теодолита, базируются два технологических репера *5* (см. рис. 5.7 *в*, положение прибора *П*), затем после перестановки прибора в положение *III* луч в режиме сканирования базируется на эти же реперы и в этом положении прибора производится разметка главной базовой поперечной оси.

На боковой проекции стапеля задается обычно одна базовая ось, относительно которой координируются все установочные отверстия подборок. Положение этой оси по высоте определяется одним или двумя реперами. Репер выполняется в виде стойки с массивным основанием. Стойка устанавливается на фундамент, втулка репера юстируется на требуемый размер по высоте и заливается цементом НИАТ МЦ. Так как репер предназначен для задания только вертикальной координаты *Y*, то неизбежные деформации стойки не оказывают сколь-либо существенного влияния на эту координату. При монтаже стапеля лазерный нивелир-теодолит с предметным столиком устанавливается на измерительную стойку со шкалой и нониусом и поднимается на высоту (плоскость нивелирования), обеспечивающую совпадение луча с осью втулки репера. Эта высота обычно выбирается с учетом удобства наблюдения луча с пола. Размеры от плоскости нивелирования до осей установочных отверстий задаются кратными 50 или 100 мм. Предметный столик, имеющий две взаимно перпендикулярные горизонтальные микроподвижки, предназначен для встраивания лазерного прибора в створ двух целевых знаков, т.е. линию, проходящую через центр их перекрестий. Это осуществляется в следующей последовательности (рис. 5.8):

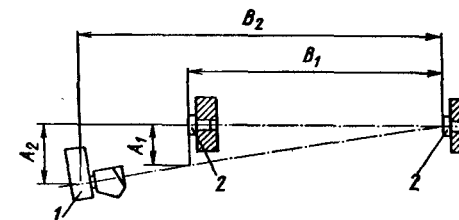


Рис. 5.8. Встраивание лазерного прибора в створ двух целевых знаков:  
1 – лазерный прибор; 2 – целевой знак

угловой горизонтальной подвижкой нивелира-теодолита луч лазера наводится на перекрестие дальнего целевого знака *2*; измеряется смещение луча относительно перекрестия ближнего целевого знака *2*, размер  $A_1$ ;

подвижкой предметного столика лазерный прибор линейно смещается на размер  $A_2$ :

$$A_2 = A_1 B_2 / B_1.$$

Операции повторяются до полного совмещения луча с осями целевых знаков.

Суть монтажа и контроля, например, балки-фиксатора в плане (рис. 5.9, *а*) состоит в следующем.

По реперным плиткам (установочным осям) выставляются в режиме сканирования два нивелира-теодолита – один по координате *X*, другой – по координате *Z*. Это обеспечивает монтаж объекта по установочным отверстиям по двум линейным координатам *X, Z* и одной угловой (курсовой) координате в плоскости *XOZ* с помощью базовых кронштейнов, базирующихся на установочные плоскости балки-фиксатора. Одновременно перемещением по измерительной стойке приборы встраиваются в плоскость нивелирования, базируясь на вертикальную реперную стойку. При этом балка-фиксатор (см. рис. 5.9, *б*) выставляется с помощью дистанционных калибров *1* по координате *Y* и двум угловым координатам в плоскостях *XOY* и *YOZ* (тангаж, крен).

Использование нивелира-теодолита ЛНТ-2 упрощает задачу задания двух взаимно перпендикулярных плоскостей как при разметке плановой ТКП, так и при монтаже (контроле) оснастки. Наличие двух поворотных устройств позволяет обходиться без технологических реперов и исключает необходимость разворота прибора на  $90^\circ$  вокруг вертикальной оси, как это происходит с ЛНТ-1. С помощью одного из поворотных устройств прибор ЛНТ-2 в режиме сканирования луча встраивается в створ базовой оси. Второе поворотное устройство непосредственно задает плоскость, перпендикулярную базовой оси (рис. 5.9, *в*).

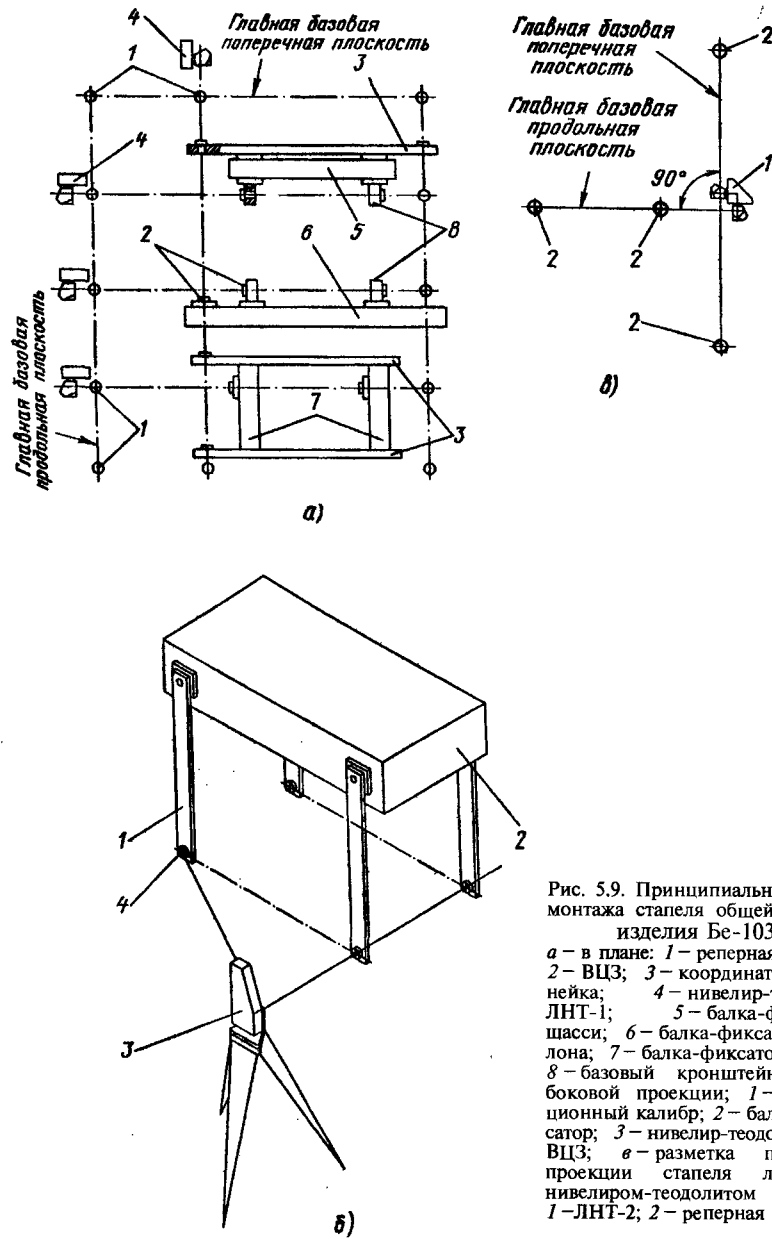


Рис. 5.9. Принципиальная схема монтажа стапеля общей сборки изделия Бе-103:  
 а – в плане: 1 – реперная плитка; 2 – ВЦЗ; 3 – координатная линейка; 4 – нивелир-теодолит ЛНТ-1; 5 – балка-фиксатор шасси; 6 – балка-фиксатор пиллона; 7 – балка-фиксатор ХЧФ; 8 – базовый кронштейн; б – в боковой проекции; 1 – дистанционный калибр; 2 – балка-фиксатор; 3 – нивелир-теодолит; 4 – ВЦЗ; в – разметка плановой проекции стапеля лазерным нивелиром-теодолитом ЛНТ-2: 1 – ЛНТ-2; 2 – реперная плитка

Описанные выше методы направлены на дальнейшее совершенствование применяющейся на КнААПО безмакетной увязки сборочной оснастки, включающей изготовление обводообразующих элементов на станках с ЧПУ, изготовление подборок на инструментальном стенде и расточных станках, а также монтаж стапелей с помощью ЛЦИС.

Для повышения точности монтажа и контроля сборочной оснастки, инструментальных эталонов, а также разметки макетов поверхности на КнААПО разработана лазерная система на инструментальной плите (рис. 5.10). Размеры плиты: длина 20 м, ширина 6 м. По углам инструментальной плиты расположены четыре базовых кронштейна 2 с двумя взаимно перпендикулярными отверстиями  $\varnothing 18H7$  для установки лазерных излучателей 1. Лучи излучателей, совпадающие с осями хвостовиков и соответственно проходящие через оси отверстий в базовых кронштейнах, образуют прямоугольную координатную систему в горизонтальной плоскости. По всему периметру инструментальной плиты выполнены отверстия  $\varnothing 12H7$  с шагом  $1000 \pm 0,01$  мм для установки координатных дистанционных линеек 3. На координатной линейке располагается сканирующий узел 4, обеспечивающий разворот луча на  $90^\circ$ . Сканирующий узел может перемещаться по координатной линейке и устанавливаться на размер, кратный 10 мм по дистанционному калибру. Калибр в свою очередь фиксируется в заданном положении на линейке двумя фиксаторами. В пределах 10 мм перемещение сканирующего узла осуществляется по микрометру с ценой деления 0,01 мм. Закрепление сканирующего узла в рабочем положении по дистанции производится с помощью магнитного фиксирующего устройства. Настройка оптической оси узла на луч выполняется оптическим компенсатором по окуляру. Окуляр оснащен светофильтром для ослабления наблюдаемого лазерного излучения. Измерение координат Y (нивелировка) производится с помощью лазерного нивелира-теодолита 6, установленного на измерительной стойке 7 (см. рис. 5.10).

При помощи данной лазерной системы можно однозначно определить положение любого узла в пространстве. Это осуществляется двумя взаимно перпендикулярными плоскостями сканирования, образующимися разворотом лазерных лучей, а также горизонтальным лучом нивелира-теодолита. Таким способом контролируют шесть степеней свободы узла стапеля или эталона. ЛЦИС применяют для монтажа и контроля расположения узлов фиксации, плит разъема, обводообразующих элементов, для разметки макетов поверхности.

Одним из ответственных этапов монтажа стапелей, эталонов является контроль соосности узлов. Известно, что для контроля



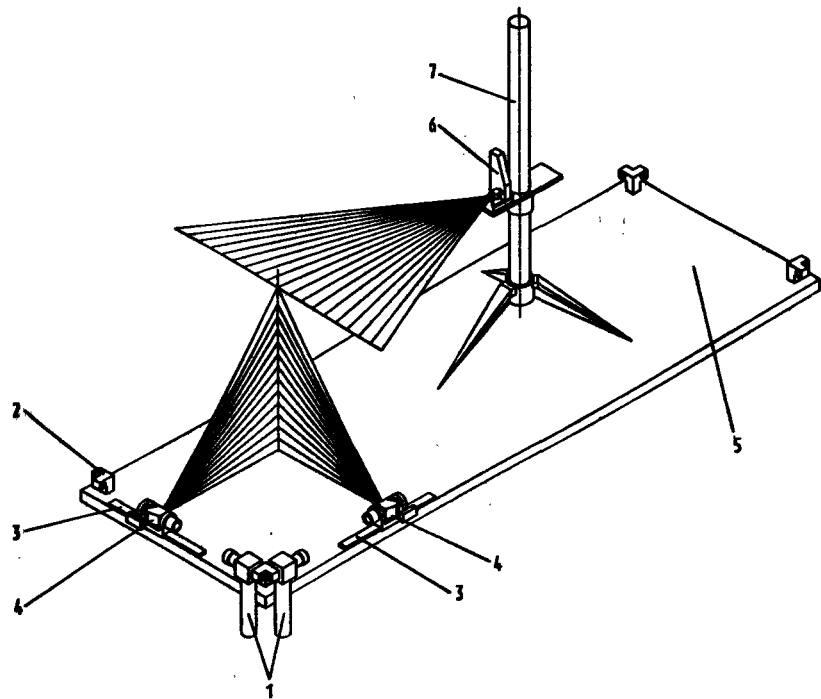


Рис. 5.10. Лазерная координатная система на инструментальной плите:  
1 – излучатель лазерный ИЛХП-18; 2 – базовый кронштейн; 3 – координатная линейка; 4 – сканирующий узел; 5 – инструментальная плита; 6 – лазерный нивелир-теодолит ЛНТ-1; 7 – стойка измерительная

соосности нескольких отверстий необходимо выбрать в качестве общей оси линию, соединяющую оси каких-либо двух из них и измерить отклонение осей остальных отверстий относительно этой линии (рис. 5.11, а).

В качестве общей оси используется обычно луч лазерного излучателя ИЛХП-18 (рис. 5.12). Луч, выходящий из формирователя, имеет возможность отклоняться от номинального положения, совпадающего с осью хвостовика, постоянно пересекая ее в точке  $O$ . Отклонение луча происходит в двух взаимно перпендикулярных направлениях в пределах  $\pm 10'$  с помощью механизма перемещения 7. В процессе проверки соосности (см. рис. 5.11, б) излучатель 1 устанавливается в одно из отверстий. В другое отверстие устанавливается наконечник со световодом датчика линейных смещений 2. Механизмом перемещения излучателя 1 луч совмещается с перекрестием наконечника, наблюдаемого в окуляр датчика. Затем наконечник датчика переставляется в

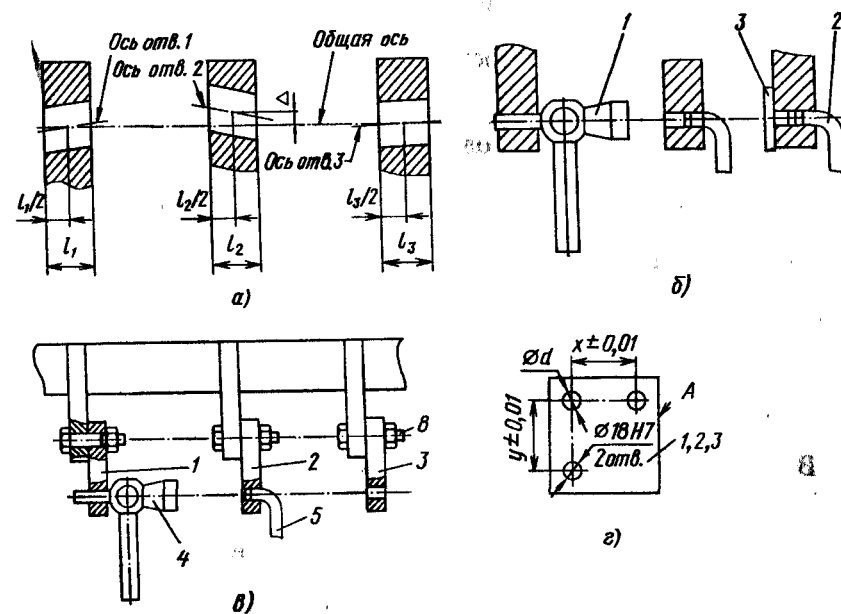


Рис. 5.11. Схемы контроля соосности отверстий:  
а – схема определения общей оси отверстий  $\Delta$ -отклонений оси отверстия 2 от общей оси; б – контроль соосности отверстий излучателем ИЛХП-18: 1 – излучатель ИЛХП-18; 2 – датчик линейных смещений; 3 – датчик зеркальный; в – контроль соосности отверстий с помощью переходных калибров в стапеле: 1, 2, 3 – переходные калибры; 4 – излучатель ИЛХП-18; 5 – датчик линейных смещений; 6 – болт; г – схема разделки отверстий в переходных калибрах: 1, 2, 3 – переходные калибры

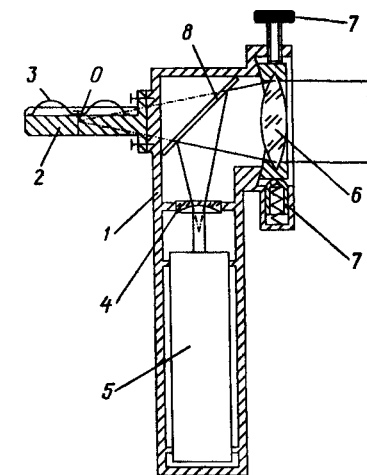


Рис. 5.12. Оптико-механическая схема лазерного излучателя ИЛХП-18:

1 – корпус излучателя; 2 – хвостовик; 3 – пружина; 4 – линза отрицательная; 5 – ОКГ; 6 – линза положительная; 7 – механизм перемещения; 8 – зеркало

контролируемое отверстие и измеряется отклонение его оси от луча по двум координатам.

Угловое положение отверстия проверяется зеркальным датчиком 3. Для контроля соосности отверстий диаметром менее 18 мм используется метод параллельного переноса лазерного луча. Для этого применяют переходные калибры (см. рис. 5.11, в), которые навешиваются на контролируемые отверстия с помощью установочных болтов 6. Плоскость "А" калибров выставляется отвесно по квадрату или инструментальному угольнику. Каждый переходной калибр (см. рис. 5.11, з) имеет два отверстия  $\varnothing 18H7$  для установки излучателя или датчика линейных смещений при поочередном контроле несоосности по координатам X и Y.

### 5.3. СТЫКОВКА И НИВЕЛИРОВКА САМОЛЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В контрольно-монтажных работах, выполняемых при изготовлении самолета, важное место занимают технологические процессы монтажа блоков оборудования систем навигации и вооружения самолета. Важность указанных выше технологических процессов объясняется функциональным назначением этого оборудования. Основные блоки систем навигации и вооружения должны иметь точную угловую ориентацию относительно осей самолета. Следовательно, посадочные места под эти блоки в узлах, устанавливаемых на самолет, также должны иметь соответствующую угловую ориентацию относительно его осей.

Посадочные места (поверхности) для крепления блоков оборудования отличаются друг от друга размерами и формой, а также ориентацией относительно осей самолета. Это не позволяет непосредственно применять универсальные средства для контроля их положения. Поэтому для каждого контролируемого посадочного места используют технологическое приспособление. Это приспособление является связующим звеном между контролируемым посадочным местом и универсальными средствами контроля (рис. 5.13, а).

Угловое положение контролируемых объектов (посадочных мест под блоки оборудования) можно контролировать двумя методами: методом визирования и методом авторефлексии [18]. Сущность определения углового смещения объектов методом визирования заключается в следующем (см. рис. 5.13, б). На контролируемый объект 1 закрепляют излучатель 2. На расстоянии  $L$  от контролируемого объекта против луча излучателя устанавливают мишень 3. При угловом смещении контролируемого объекта 1 совместно с излучателем 2 на угол  $\alpha$  луч на мишени 3 сместится на величину  $a$ . Из треугольника  $AOB$  получим, что

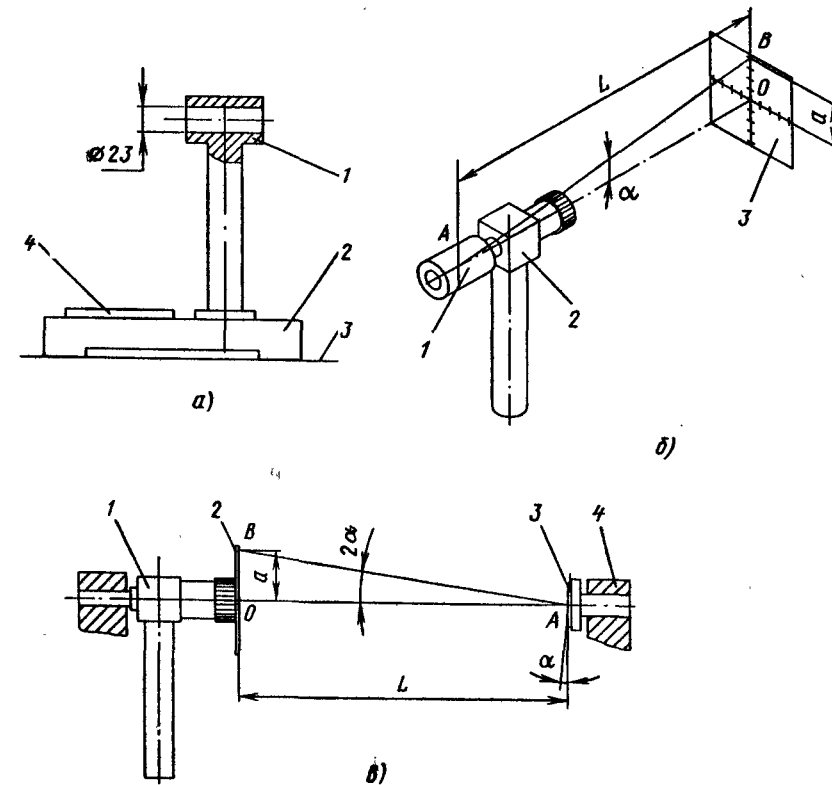


Рис. 5.13. Измерения с помощью лазерного излучателя ИЛХП-23: а – технологическое приспособление: 1 – держатель; 2 – корпус; 3 – привалочная поверхность; 4 – площадка под квадрант; б – схема измерений методом визирования: 1 – контролируемый объект; 2 – лазерный излучатель; 3 – мишень; в – схема измерений методом авторефлексии: 1 – лазерный излучатель; 2 – мишень; 3 – зеркальный датчик; 4 – контролируемый объект

$a/L = \operatorname{tg} \alpha$ . При малых углах  $\alpha$ , когда  $a \ll L$ , имеем  $a/L = \alpha$  или  $a = L\alpha$ . Если расстояние  $L$  задано и не меняет своего значения, то смещение  $a$  луча на мишени пропорционально угловому смещению  $\alpha$  контролируемого объекта. Следовательно, шкала на мишени может быть выражена в угловых величинах.

Сущность контроля углового положения объектов методом авторефлексии (рис. 5.13, в) заключается в том, что лазерный луч от излучателя 1 направляют на зеркало 3 зеркального датчика, закрепленного на контролируемом объекте 4. Отраженный от зеркала луч возвращают на мишень 2, закрепленную на излучателе. Если зеркало перпендикулярно оси луча, идущего от излу-

чателю, то отраженный от зеркала луч будет направлен по линии  $OA$ . При повороте объекта 4 с зеркалом 3 на угол  $\alpha$  отраженный от зеркала луч будет направлен по линии  $AB$ . Направление отраженного луча  $AB$  будет отличаться от первоначального направления на угол  $2\alpha$ . Если отрезок  $OB$  на мишени 2 равен  $a$ , а расстояние  $AO$  от плоскости мишени до плоскости зеркала равно  $L$ , то из треугольника  $AOB$  имеем, что  $a/L = \operatorname{tg}2\alpha$ . При малых углах поворота объекта с зеркалом, когда  $a \ll L$  с достаточной степенью точности можно записать  $a/L = 2\alpha$ , или  $a = 2L\alpha$ . Если расстояние  $L$  задано и не меняет своего значения, то смещение  $a$  луча на мишени пропорционально углу поворота зеркала. Следовательно, как и в первом случае, шкалу на мишени можно выразить в угловых величинах. Второй метод контроля углового положения объектов по сравнению с первым имеет два следующих преимущества.

1. При равных расстояниях  $L$  чувствительность метода авто-рефлексии в два раза выше, чем у метода визирования.

2. Исключается влияние возможных линейных смещений объекта при измерении его углового положения.

Монтаж и контроль посадочных мест под блоки оборудования самолета выполняют в стенде (рис. 5.14). Стенд содержит регулируемые ложементы 3, шаровую опору 8, координатный щит 6, закрепленный в передней части стенда перпендикулярно его продольной оси. К щиту на заданных координатах закреплены мишени 12, 14 и узлы установки излучателя ИЛХП-23 (на рисунке не показаны). В задней части стенда на стойках расположены узлы 1 под ВЦЗ. Узлы установки излучателя на щите и соответствующие узлы крепления ВЦЗ увязаны между собой и осями стенда. Стенд содержит также съемные элементы: технологические приспособления 4, 9, 10 для каждого контролируемого объекта, ВЦЗ 2, зеркальный датчик 11, излучатель 5, блок управления лучом 7, мишень 13. Монтаж и контроль посадочных мест под блоки оборудования выполняют следующим образом. Самолет устанавливают на ложементы и шаровую опору стенда. Используя регулировки ложементов и шаровой опоры, оси самолета увязывают с осями стенда. На контролируемый объект закрепляют технологическое приспособление 10. Устанавливают в отверстие узла на щите 6 излучатель 5, а в отверстие узла 1 на задней стойке – ВЦЗ 2. При номинальном положении контролируемого объекта ось отверстия технологического приспособления должна совпадать с опорным лучом, идущим от излучателя 5 в центр целевого знака 2. Для контроля линейного отклонения объекта в отверстие технологического приспособления 10 устанавливают ВЦЗ. Для контроля углового отклонения вместо ВЦЗ в отверстие технологического приспособления уста-

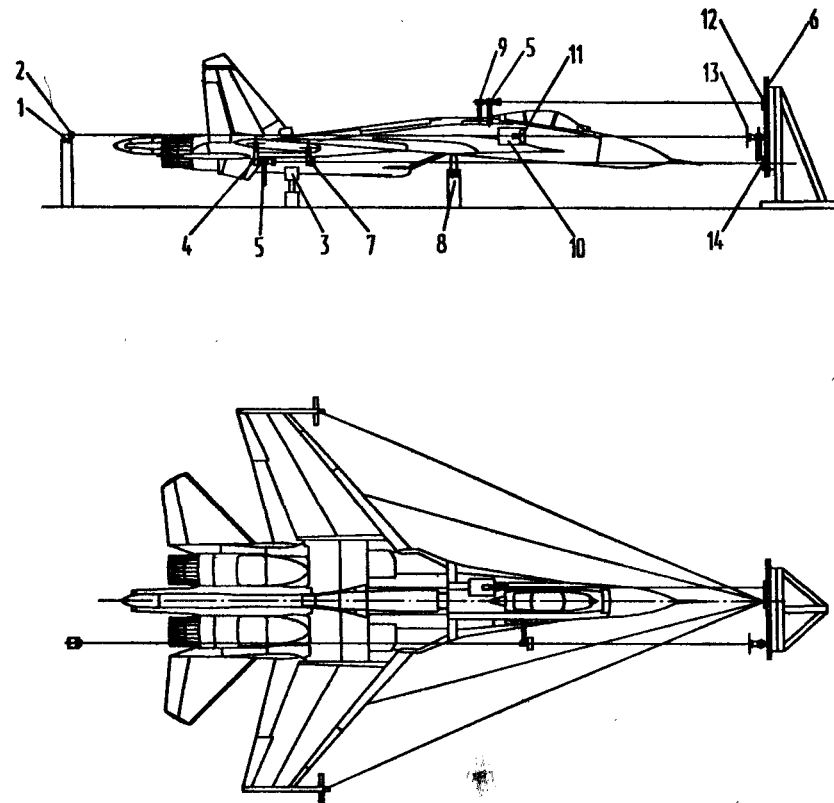


Рис. 5.14. Лазерная измерительная система для контроля посадочных мест оборудования самолета:

1 – узел под визуальный целевой знак; 2 – визуальный целевой знак; 3 – регулируемый ложемент; 4, 9, 10 – технологические приспособления; 5 – лазерный излучатель; 6 – координатный щит; 7 – блок управления лучом; 8 – регулируемая шаровая опора; 11 – зеркальный датчик; 12, 13, 14 – мишени

навливают зеркальный датчик 11, а отсчет угловых отклонений объекта выполняют по положению на мишени 13 отраженного от зеркального датчика луча. Для контроля углов крена объекта на площадку технологического приспособления устанавливают квадрант.

Линейные координаты посадочных мест под блоки оборудования, как правило, определяются еще на ранних стадиях сборки самолета. У таких объектов в стенде контролируют только их угловое положение относительно осей самолета. Для этого в технологическое приспособление 9 устанавливают излучатель

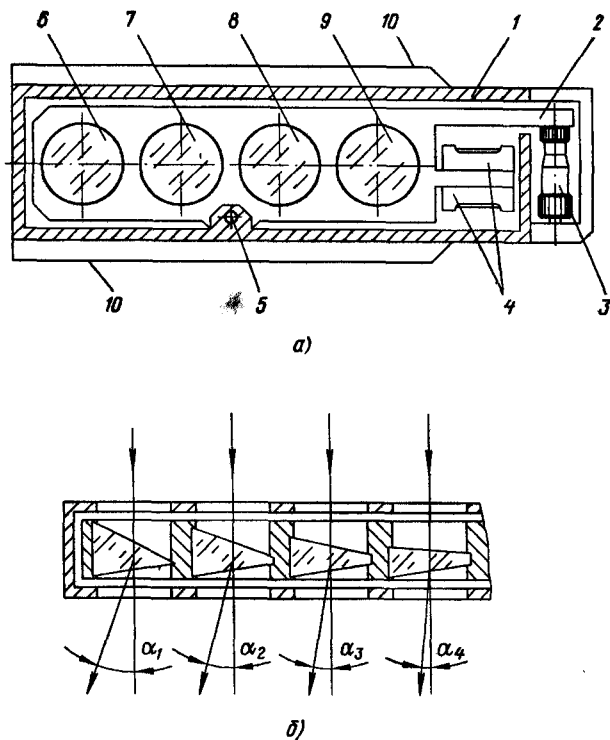


Рис. 5.15. Устройство блока управления лучом:

*a* – общий вид: 1 – корпус; 2 – качалка; 3 – микрометрический винт; 4 – уровень; 5 – шарнир; 6, 7, 8, 9 – оптические призмы; 10 – установочные поверхности; *б* – ход лучей через оптические призмы

ИЛХП-23, а по положению луча на мишени 12 определяют угловое положение контролируемого объекта.

Некоторые контролируемые объекты, например узлы навески вооружения, могут располагаться на самолете по размаху крыла. Для контроля таких удаленных от плоскости симметрии самолета объектов применяют специальное оптико-механическое приспособление – блок управления лучом. Блок управления лучом (см. рис. 5.15, *a*) содержит корпус 1 с установочными поверхностями 10, качалку 2, закрепленную к корпусу через шарнир 5, микрометрический винт 3 для поворота и измерения величины поворота качалки относительно корпуса, оптические призмы 6, 7, 8, 9, установленные в отверстия качалки, уровни 4, закрепленные к качалке. На рис. 5.15, *б* показан ход лучей через оптические призмы.

Контроль узлов навески вооружения, разнесенных по размаху крыла, выполняют следующим образом (см. рис. 5.14). Технологическое приспособление 4 своей привалочной поверхностью устанавливается на соответствующую поверхность контролируемого объекта и закрепляют в этом положении. В держатель излучателя технологического приспособления устанавливают излучатель 5. Перед излучателем к технологическому приспособлению закрепляют блок управления лучом 7 таким образом, чтобы оптическая призма, соответствующая данному контролируемому объекту, располагалась против луча излучателя. Микрометрическим винтом 3 (см. рис. 5.15, *a*) качалку 2 выводят в горизонт по уровню. По шкале микрометрического винта выполняют отсчет величины углового отклонения объекта по "крену". Положение луча на мишени 14 будет показывать угловое отклонение контролируемого объекта относительно остальных двух осей самолета. Аналогичным образом выполняют контроль объекта, симметрично расположенного относительно ПСС. В этом случае блок управления лучом поворачивают на 180° относительно оси луча излучателя и после этого закрепляют в технологическом приспособлении. Использование блока управления лучом для контроля объектов, разнесенных по размаху крыла, позволяет:

существенно уменьшить габаритные размеры координатного щита и упростить его конструкцию;

более рационально использовать производственные площади стенда между самолетом и координатным щитом.

С увеличением скоростей ЛА возрастают требования к точности выполнения теоретических обводов планера и взаимному расположению его агрегатов. Конструктор задает необходимое число нивелировочных точек, которые обеспечивают в процессе стыковки самолета требуемое взаимное расположение агрегатов. В то же время от точности выполнения геометрических параметров каждого агрегата зависит правильность расположения нивелировочных точек относительно его строительных осей. Поэтому для обеспечения допусков на стыковку самолета необходимо в первую очередь иметь наиболее достоверную информацию о положении нивелировочных точек на теоретических поверхностях агрегатов, отсеков по трем координатам. Это можно достичь с наименьшей погрешностью при помощи лазерных измерительных систем как на стадии агрегатной сборки, так и при стыковке планера.

Технологический процесс стыковки агрегатов изделия и конструкция стыковочного стенда зависят в основном от принятого технологического членения изделия и процесса сборки. Для заданного технологического процесса стыковки агрегатов изделия

оптимальная конструкция стыковочного стенда может быть получена только при параллельном проектировании как самого стенда, так и лазерной измерительной системы (ЛИС) для этого стенда. Опыт эксплуатации подобных ЛИС выявил ряд следующих требований, которым должны удовлетворять ЛИС, встраиваемые в стыковочные, нивелировочные стенды.

1. ЛИС должна обеспечивать контроль всех геометрических параметров стыкуемых агрегатов, которые определены данным технологическим процессом.

2. В целях обеспечения единства инструментальных и сборочных баз лучи лазерной измерительной системы должны располагаться так, чтобы они являлись одновременно базами для монтажа стапеля (стенда) и сборки агрегатов.

3. Для исключения влияния вибраций при разделке стыковых узлов и устранения влияния деформаций элементов стапеля в процессе стыковки агрегатов необходимо излучатель и другие элементы ЛИС, влияющие на положение лучей в пространстве; отделять от конструкции стапеля или выносить из зоны стапеля.

4. Для периодического контроля положения лучей ЛИС в стапеле должны быть заложены реперные точки, положение которых гарантированно не менялось бы в течение межремонтного периода эксплуатации данного стапеля.

Элементы ЛИС должны быть или защищены от возможных случайных смещений, повреждений, или вынесены из рабочей зоны стапеля.

На рис. 5.16 представлена ЛИС стенда разделки стыковых узлов и стыковки агрегатов хвостовой части самолета. ЛИС в стенде выполняет следующие функции:

контроль нивелировочных точек агрегатов хвостовой части самолета до стыковки, в процессе стыковки и после стыковки;

контроль углового положения узлов навески специальных подвесок относительно осей изделия.

Элементы ЛИС для контроля стыковки хвостовой части самолета вынесены из рабочей зоны стенда и размещены на стойках 3 вдоль задней границы и на стойках 8, 11 вдоль передней границы стенда.

На стойках 3, установленных по оси перпендикулярной плоскости симметрии стенда, последовательно закреплены лазерный самоустанавливающийся нивелир (ЛНС-1) 1, подставки 2 для установки сканирующего узла. Подставки 2 снабжены одним съемным сканирующим узлом 5. На две крайние стойки закреплены мишени 4.

На стойках 11, установленных по оси перпендикулярной плоскости симметрии стенда, последовательно закреплены нивелир 1, подставки 2 для установки сканирующего узла, а на стой-

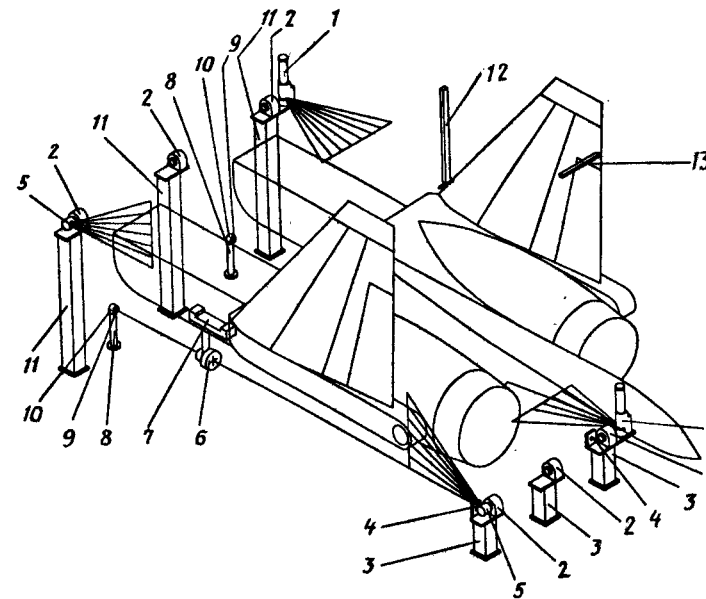


Рис. 5.16. Лазерная измерительная система для стыковки хвостовой части самолета:

1 – лазерный нивелир; 2 – подставка; 3, 8, 11 – стойки; 4 – мишень; 5 – сканирующий узел; 6 – зеркальный датчик; 7 – технологическое приспособление; 9 – визуальный целевой знак; 10 – координатор; 12 – нивелирная линейка; 13 – измерительная линейка

ках 8 закреплены координаторы 10 с посадочными отверстиями под визуальные целевые знаки 9. Подставки 2, закрепленные на передних стойках 11, снабжены одним съемным сканирующим узлом 5. Лазерная измерительная система также снабжена измерительной линейкой с нониусом 13, нивелирной линейкой с нониусом 12, зеркальным датчиком 6, технологическим приспособлением 7 для контроля углового положения узлов специальных подвесок.

ЛИС работает следующим образом. В посадочное отверстие подставки 2, расположенной по левому килю, устанавливают со стороны нивелира 1 целевой знак (на рисунке не показан). Поворотом сканирующего узла нивелира 1 вокруг своей оси лазерный луч направляют через сквозные отверстия в подставках на центр целевого знака. С обратной от целевого знака стороны в подставку устанавливают сканирующий узел 5. На подвижные ложементы стенда (на рисунке не показаны) закрепляют левый киль самолета. На одну из базовых точек киля устанавливают измерительную линейку с нониусом 13. Поворотом сканирующей

щего узла 5 вокруг своей оси лазерный луч направляют на линейку и измеряют расстояние от базовой точки кия до плоскости сканирования луча, которая параллельна плоскости симметрии стенда (самолета) и расположена на заданном расстоянии от этой плоскости. Последовательно устанавливая линейку на остальные базовые точки, киль устанавливают в полетное положение относительно плоскости симметрии стенда (самолета). Для контроля положения кия относительно строительной горизонтали на базовые точки устанавливают нивелирную линейку 12. Поворачивая сканирующий узел нивелира 1 вокруг своей оси, направляют луч на шкалу линейки, измеряют расстояние от базовой точки до плоскости сканирующего луча нивелира, увязанной со строительной горизонталью стенда и выставляют киль относительно этой строительной горизонтали. Но это еще не гарантирует правильного расположения агрегата при стыковке. Для более точной установки агрегата в полетное положение необходимо выполнить контроль всех нивелировочных точек описанным выше способом. При получении недопустимых отклонений размеров каких-либо точек от данных чертежа изделия необходимо агрегат вновь выставить в полетное положение с учетом данных контроля. В этом положении выполняют разделку узлов. Затем на подвижные ложементы стенда закрепляют правый киль и выполняют операции контроля, выставляют в полетное положение, разделки стыковых узлов в той же последовательности, что и для левого кия.

После разделки стыковых узлов кия в стенд заводят хвостовой отсек. Для установки этого отсека в стапельное (полетное) положение в стенде предусмотрены регулируемые ложементы, установленные на подвижной тележке, перемещающейся по рельсам пола (на рисунке не показаны). При установке строительной горизонтали отсека в плоскость строительной горизонтали стенда на базовые точки отсека последовательно устанавливают нивелирную линейку 12. Поворотом сканирующего узла нивелира 1 вокруг своей оси лазерный луч направляют на нивелирную линейку и измеряют расстояние от базовой точки отсека до плоскости сканирования луча нивелира, которая увязана со строительной горизонталью стенда. Регулируя высотное положение ложементов стенда, базовые точки отсека устанавливают на заданные размеры от плоскости сканирования луча нивелира. Для установки отсека в плоскость симметрии стенда в посадочное отверстие подставки 2, закрепленной на стойке 3 по гондоле левого двигателя, со стороны нивелира 1 устанавливают ВЦЗ (на рисунке не показан). Поворотом сканирующего узла нивелира 1 вокруг своей оси лазерный луч направляют на центр ВЦЗ через сквозные отверстия в подставках. В подставку 2, расположенную

по оси симметрии стенда, устанавливают сканирующий узел 5. На базовые точки, расположенные в плоскости симметрии отсека, последовательно устанавливают измерительную линейку 13. Поворотом сканирующего узла лазерный луч направляют на шкалу линейки. Контролируя расстояние от базовой точки до плоскости луча подвижками ложементов, плоскость симметрии отсека совмещают с плоскостью симметрии стенда.

Для более точной установки отсека в полетное положение необходимо выполнить контроль всех его нивелировочных точек. Высотное положение этих точек относительно строительной горизонтали стенда контролируют по линейке 12, путем измерения расстояния от нивелировочной точки до плоскости сканирования луча нивелиров 1. Контроль нивелировочных точек относительно плоскости симметрии стенда выполняют следующим образом. В подставку 2 по гондоле правого двигателя устанавливают сканирующий узел 5, на нивелировочные точки, расположенные по этой же гондоле, последовательно устанавливают измерительную линейку 13. Поворотом сканирующего узла 5 направляют лазерный луч на шкалу линейки и измеряют расстояние от нивелировочной точки до плоскости сканирования луча, которая увязана с плоскостью симметрии стенда. Затем сканирующий узел устанавливают в подставку 2 по плоскости симметрии стенда, оси гондолы левого двигателя и так же, как и в предыдущем случае, контролируют все нивелировочные точки плоскости симметрии отсека и по гондоле левого двигателя. Аналогично выполняют контроль точек, расположенных по верхней аэродинамической поверхности отсека, но для контроля используют второй сканирующий узел 5, последовательно устанавливаемый на подставки 2, закрепленные в передней части стенда. При получении недопустимых отклонений размеров каких-либо точек от данных чертежа изделия отсек необходимо вновь выставить в полетное положение с учетом данных контроля. В этом положении выполняют разделку стыковых узлов с киями и стабилизаторами. После навески килей и стабилизаторов выполняют выходной контроль всех нивелировочных точек хвостовой части самолета в целом, а также контроль углового положения узлов навески специальных подвесок.

Контроль узлов навески специальных подвесок выполняют следующим образом. Сканирующий узел 5 устанавливают в подставку 2 по гондоле левого двигателя. Поворотом сканирующего узла лазерный луч направляют на центр перекрытия ВЦЗ 9 координатора 10, что соответствует параллельности оси луча относительно продольной оси стенда. На узлах навески специальных подвесок закрепляют технологическое приспособление 7. В посадочное отверстие технологического приспособления устанавли-

ливают зеркальный датчик 6. Отраженный от зеркального датчика луч проецируется на мишень 4. Проекция луча на мишени показывает угловое положение узлов навески специальных подвесок.

Аналогично выполняют контроль узлов по гондole правого двигателя.

В результате создания в пространстве опорной координатной системы из видимых лазерных лучей по-новому решается вопрос базирования агрегатов, отсеков при стыковке, снижается до минимума влияние на точность сборки жесткости каркасов оснастки, погрешность изготовления оснастки, температурные деформации конструкций оснастки и агрегатов. В процессе стыковки агрегатов по опорным лазерным лучам производится непрерывный активный контроль расположения стыкуемых агрегатов и при необходимости подстройка сборочного процесса, что снижает процент брака.

Итак, лазерные измерительные системы – это большой комплекс приборов и устройств, которые позволяют производить бесконтактный контроль геометрических параметров изделий на всех стадиях изготовления самолета.

Изложенные рекомендации позволяют инженерно-техническим работникам учесть при создании новых образцов авиационной техники возможности повышения качества изделий путем широкого применения лазерных измерительных систем.

---

## Глава 6

### МОНТАЖ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Современный самолет снабжен надежными средствами управления, силовыми установками, имеющими сложное управление, механизмами подъема выпуска шасси, щитками, закрылками и другими органами механизации. Нормальная работа силовых установок самолета в большей мере зависит от правильного и надежного монтажа топливной системы (баки, трубопроводы и др.), системы смазки двигателя (маслобаки, трубопроводы и др.).

На самолетах размещается разнообразное электро- и радиооборудование (радиостанции, передатчики, локаторные установки, динамомашины, электродвигатели ЭВМ и т. д.), монтаж которого составляет большой объем работ, а также системы отопления и вентиляции кабин, противообледенения, кислородного питания и средства противопожарной безопасности, аэронавигационные, пилотажно-навигационные приборы, приборы контроля работы двигателей и систем и т. д. Наконец, учитывая назначение самолета, на нем размещают специальное оборудование и установки (оборудование пассажирских кабин, санитарное оборудование, сельскохозяйственную технику, установки для аэрофотосъемок, геологической разведки, графических исследований и т. д.).

Все эти средства получили в современной авиационной терминологии обобщающее название – бортовое оборудование.

Непрерывное совершенствование конструкций самолетов (вертолетов), насыщение их системами бортового оборудования привели к увеличению плотности оборудования на единицу объема планера. Например, на современном истребителе коэффициент насыщенности поперечного сечения (отношение суммарной площади поперечного сечения бортового оборудования к площади планера в том же сечении) достигает 80...85 % [32].

Технологическим процессом монтажа называют установку и крепление элементов бортового оборудования и коммуникаций на планере самолета, а также соединение с последующим контролем их работы.

## 6.1. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Состав и требования к технологичности бортовых электросетей.** На современном самолете достаточно большое количество различных элементов и устройств электротехнического оборудования (ЭТО) объединено в бортовых подсистемах и системах различного назначения, которые характеризуются: во-первых, сравнительно небольшим перечнем используемых элементов и материалов; во-вторых, практически неограниченным разнообразием схемных, конструкторских и технологических решений при их реализации; в-третьих, значительной сложностью. В любую бортовую систему входят: готовые изделия, электросборки и электрожгуты.

Объединение элементов ЭТО в бортовые устройства осуществляется с помощью трех видов монтажа: объемного, печатного и смешанного.

*Объемный монтаж* является основным видом монтажа бортовых систем и осуществляет связь между готовыми изделиями бортовой системы с помощью разъемных соединителей. Данный вид монтажа находит очень широкое применение и в бортовых электросборках, но при этом могут использоваться и неразъемные соединения.

*Печатный монтаж* является основным видом монтажа для объединения элементов функциональных модулей бортовых устройств.

*Смешанный монтаж* используется при изготовлении бортовых устройств из функциональных модулей. Для объединения этих модулей широко применяются как разъемные, так и неразъемные соединения.

Для обеспечения производственной технологичности необходимо обеспечить следующие основные требования в процессе проектирования бортовых электросистем:

выбор рациональной компоновки систем бортового электрооборудования в сочетании с рациональным конструктивно-технологическим членением планера, обеспечивающим функциональную независимость и конструктивную законченность сборочных единиц;

ограничение числа и сортамента применяемых материалов; максимальное применение материалов, обладающих высокими технологическими свойствами;

использование модульного принципа создания жгутов, позволяющего применять трассовый метод сборки, сборку из мерно-нарезанных проводов и т. д.;

максимальное использование при проектировании жгутов новых изделий, конструкций, показавших хорошую работоспособность на предыдущих изделиях;

включение в конструкцию узлов и агрегатов технологических компенсаторов, позволяющих исключить из сборочных процессов подгоночные работы;

возможность применения объективных и высокопроизводительных методов и оборудования для контроля геометрических и функциональных параметров;

возможность использования типовых технологических процессов, механизации и автоматизации процессов изготовления и технологической подготовки производства и т. д.

Помимо общих характеристик технологичности существует ряд специфических требований для электрожгутов.

Жгуты разрабатываются на основе схемы электрических соединений, компоновки оборудования и агрегатов. Марка и сечение проводов должны соответствовать технической документации. Жгуты должны изготавливаться только из целого провода. Сращивание проводов допускается только в технически обоснованных случаях и должно оговариваться в документации.

Для удобства транспортировки, монтажа на изделия, доработки и ремонта жгуты должны иметь диаметры, не превышающие:

40 мм для одиночного жгута;

70 мм для группы жгутов (трассы).

Масса жгута не должна превышать 50 кг. Конструкция жгута должна позволять применять обжатие как основной вид соединения, прогрессивные технологические процессы с максимальной степенью автоматизации.

В жгутах должна быть предусмотрена маркировка входящих в него проводов, электрических соединений и самого изделия в соответствии с действующей документацией.

Жгуты разрабатывают на основе схем электрических соединений и компоновки агрегатов электрооборудования в соответствии с требованиями ОСТ 1.00239 – 77.

Чертежи жгутов выполняют с учетом требований ГОСТ 2.414 – 68 и ОСТ 1.00239 – 77. Рекомендуется до разработки чертежей жгутов составлять трассовые схемы электропроводки, определяющие объем основных трасс и число жгутов. Трассовые схемы – исходный материал для разработки чертежей жгутов.

В жгуты, как правило, включают провода электрических цепей одного напряжения и частоты. Экранированные и неэкранированные провода следует включать в разные жгуты. В технически обоснованных случаях допускается разрабатывать смешанные жгуты. При этом предусматривается обшивка (обмотка) экранированных проводов защитным материалом.

По длине жгута необходимо предусматривать запас проводов, обеспечивающий трехкратную заделку с обоих концов при повторной пайке.



Для ответственных цепей электрической сети в жгуте должна быть предусмотрена закладка запасных проводов. Их число, сечение и длина устанавливаются разработчиком.

Провода жгутов следует объединять в трассы в целях широкого применения средств механизации при их изготовлении (обмотка лентами, надевание трубок, обшивка тканью и т. д.).

Жгут проектируют таким образом, чтобы постоянно находящиеся под напряжением провода не располагались в одном электрическом соединителе с проводами особо ответственных цепей электрической сети или были удалены одни от другого на максимальное расстояние в соединителе.

Конструктивно-технологическая отработка монтажей – важнейший вопрос подготовки серийного производства. Указанная отработка производится в процессе проектирования изделий и подготовки производства для уточнения чертежей, повышения технологичности и качества монтажа.

Первым этапом этих работ является предварительная отработка монтажей бортового оборудования, т. е. определение наиболее эффективного с точки зрения обеспечения конструктивных и эксплуатационных факторов, размещения агрегатов и коммуникаций систем, наименьшей длины трасс и минимального числа электрических соединителей.

Вторым этапом является отработка монтажей на объемных платах, технологических агрегатах и головном изделии.

Важным вопросом в конструктивно-технологической отработке монтажей жгутов на изделии является увязка взаимного расположения жгутов различных систем между собой и трубопроводами, тросами, тягами и т. д.

Отработка прокладки жгутов в серийном производстве осуществляется на изделиях первой серии. В процессе отработки в зонах устанавливают агрегаты (блоки) или их макеты.

При отработке прокладки и крепления подвижных участков жгутов необходимо обеспечить прокладку их без натяга и провисания при крайних положениях подвижных элементов.

При конструктивно-технологической отработке должны выполняться требования ОСТ 1.00239 – 77, ОСТ 1.03895 – 78.

Прокладку и крепление жгутов и проводов на изделии необходимо выполнять так, чтобы обеспечивался доступ ко всем элементам изделия для осмотра, регулировки и замены их без демонтажа жгутов. Жгуты не должны закрывать маркировку элементов монтажа. Прокладывать их следует выше трубопроводов гидравлической, масляной и топливной систем. Минимальные зазоры между жгутами и трубопроводами в указанных областях применения должны соответствовать следующим размерам, мм:

Кислородная система . . . . .	10
Гидравлическая, топливная и масляная система. . . . .	20
Система кондиционирования:	
трубопровод горячего воздуха . . . . .	40
трубопровод холодного воздуха . . . . .	5

Минимальные размеры зазоров между жгутами, блоками, подвижными частями конструкции, а также тросами управления должны соответствовать указанным ниже, мм:

Амортизированный блок . . . . .	10
Неамортизированный блок. . . . .	8
Тросы управления . . . . .	15
Подвижная часть конструкции изделия . . . . .	10

Расстояние между элементами крепления жгутов на борту изделия должно быть не более 50 мм независимо от диаметра жгута.

Прокладку жгутов следует предусматривать в специальных желобах, кожухах, каналах, трубах для облегчения прокладки и крепления жгутов в труднодоступных местах и обеспечения надежной защиты от повреждений.

Электрические соединители по возможности должны располагаться горизонтально и выше подходящих к ним жгутов.

Все устанавливаемые вертикально электрические соединители должны иметь дополнительную защиту от попадания внутрь их влаги.

При разработке монтажных чертежей следует применять унифицированные крепежные элементы.

Прокладка и крепление должны быть выполнены таким образом, чтобы исключить касание жгутов об острые кромки элементов конструкции.

При конструктивно-технологической отработке необходимо учесть требования по расположению элементов ЭТО на планере: расположение трасс и переходов жгутов с борта на борт должно обеспечивать минимальную длину жгутов;

клеммные колодки должны располагаться в зонах, обеспечивающих кратчайшую длину проводов и хороший доступ к ним;

компоновка оборудования и технологическое членение трасс должны обеспечивать возможность прокладки, крепления и демонтажа жгутов с электрическими соединителями;

трассы прокладки следует выбирать так, чтобы большая часть жгута могла оставаться без дополнительной защиты и была бы обеспечена возможность крепления его к основным элементам конструкции изделия (лонжеронам, нервюрам, шпангоутам и т. п.)

Технологичным является такой монтаж, при котором коммутационная и защитная аппаратура сгруппирована в специальные электрораспределительные устройства (ЭРУ), собираемые на верстаке и устанавливаемые на изделие в готовом виде.

В конструкции ЭРУ рекомендуется предусматривать возможность выполнения полного монтажа устройств вне изделия, для чего на выходящих из ЭРУ проводах целесообразно предусматривать электрические соединители, располагая их на корпусе устройства или на проводах недалеко от него. Если ЭРУ не может иметь электрического соединителя и подсоединение внешних проводов к устройству производится непосредственно на изделии, нетехнологично проектировать соединение с помощью пайки.

На всех агрегатах, монтируемых внутри ЭРУ, следует ставить удобочитаемые знаки и трафареты в соответствии с принципиальными схемами, которые наносят на агрегат или на корпус вблизи агрегата. Для снижения трудоемкости выполнения работ по внутриблочному монтажу ЭРУ рекомендуется применять печатные схемы этих устройств.



Если контроль ЭРУ заключается не только в типовых операциях проверки и измерения сопротивления изоляции и переходных сопротивлений, но включает и другие виды проверок (измерение времени срабатывания, напряжения и др.), то в ТУ необходимо привести методику их выполнения.

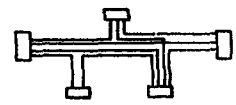
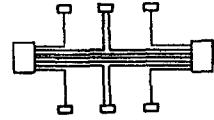
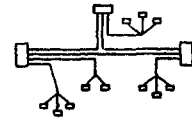
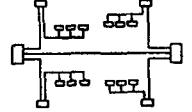
Запасные лампы и предохранители следует размещать не внутри ЭРУ, а в отдельной коробке с соответствующим указанием.

**Технологический процесс производства электрожгутов.** Технологический процесс изготовления электрожгутов состоит из большого числа операций и в значительной степени определяется конструкцией жгутов и методом формирования их в процессе раскладки.

Классификация жгутов по группам сложности приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Классификация жгутов	Образцы жгутов
<i>Простые</i>	
Прямые	
С ответвлениями из одного базового* соединителя	

Классификация жгутов	Образцы жгутов
До пяти ответвлений с любыми вариантами связи между ними	
<i>Сложные</i>	
1-я группа сложности (6...10 ответвлений с двумя базовыми соединителями)	
2-я группа сложности (11...15 ответвлений с 3 базовыми соединителями)	
3-я группа сложности (16 и более ответвлений с 5 и более базовыми соединителями)	

\*Базовыми считаются такие соединители, которые объединяют наибольшее число цепей (проводов), связанных с другими соединителями (наконечниками) данного жгута.

В настоящее время в жгутовом производстве можно выделить следующие технологические направления.

В основе такого метода, как сборка жгутов на плазах, где все операции от раскладки проводов из бухт до пайки выполняются на одном рабочем месте – плазе группой исполнителей, лежит принцип непрерывной раскладки проводов, который одинаково применим для простых и сложных жгутов.

Сборка жгута из заранее мерно нарезанного провода или кабельных заготовок на плазе с фиксацией концов заготовок в приспособлениях, имитирующих электрические соединители жгута, позволяет повысить производительность труда за счет специализации исполнителей и внедрения средств механизации отдельных операций (резки, маркировки проводов и трубок, разделки конца провода и т. п.).

Кроме приведенных выше методов в последнее время применяется сборка жгутов из заранее отработанных групп проводов (подборок или трасс), изготовленных самостоятельно. Сборка

жгутов осуществляется по специальным базовым отметкам на комплектующем плазе. Для этого способа необходима проработка чертежей жгутов с целью внедрения трасс. Его целесообразно применять для сборки достаточно простых жгутов 1-й и 2-й групп сложности, имеющих несложную связь между ответвлениями.

Однако каждый из приведенных методов сборки жгутов не охватывает всей номенклатуры жгутов изделия, поэтому при производстве жгутов применяются все приведенные методы. В связи с этим для всей номенклатуры жгутов необходимо определить, когда и для каких жгутов эффективно применение того или иного вида технологического процесса, какой способ производства наиболее рационально применить при запуске в производство с целью получения высокой степени эффективности производства.

**Раскладка.** Укладка проводов в требуемом сочетании и направлении с образованием конфигурации с необходимым числом ответвлений называется раскладкой.

Раскладка проводов в жгут выполняется в соответствии с чертежом, таблицей соединений и эталоном данного жгута.

Исходная информация для выполнения раскладки задается в виде таблицы, в которой указываются трасса, число и характеристика входящих в нее проводов (см. пример табл. 6.2).

Таблица 6.2

Трасса	Характеристика провода				Число проводов
	тип	сечение, мм <sup>2</sup>	цвет	длина, мм	
Т1-2	88А	0,35	белый	12	10
	88А	0,5	красный	10	5
Т1-3	88А	0,75	синий	5	12
	88А	1,0	желтый	5	2
Т1-4	88А	0,2	красный	10	3
	88А	0,35	синий	7	10
	88А	0,5	зеленый	10	5

При проведении раскладки необходимо выполнять ряд специальных требований.

Провода должны раскладываться ровно, без выступов, перекрещиваний и натяжений. Перекрещивание возможно в местах ответвлений при крестообразном расположении проводов.

При изгибе ответвления от ствола жгута на угол 90° провода, входящие в него, должны иметь радиус изгиба не более величин, приведенных в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Диаметр жгута, мм	Внутренний радиус изгиба провода жгута, не менее, мм	
	неэкранированный	экранированный
До 10	3	4
> 10...20	2,8	3,7
> 20...30	2,5	3,5
30...40	2,2	3,2
> 40	2,0	3,0

Силовые провода (сечением более 6 мм<sup>2</sup>) целесообразно раскладывать первыми. Экранированные провода раскладываются отдельной группой после силовых и не защищаются от неэкранированных.

Раскладка начинается с электрических соединителей, имеющих наибольшее число связей, которые принимаются за базовые.

Раскладка может быть выполнена следующими способами:

непрерывной раскладкой проводов;

раскладкой мерно нарезанных проводов.

Непрерывная раскладка проводов в жгут может быть выполнена в следующих вариантах.

1. Конец провода необходимых марки и сечения в соответствии с таблицей раскладки закрепляется в начальной позиции и прокладывается по трассе в соответствии с адресом непрерывно необходимое число раз до конечной позиции, где и закрепляется. В такой же последовательности проводится раскладка других типов проводов. Резка и дальнейшая обработка проводов производятся после окончания процесса раскладки.

2. Конец провода необходимых марки и сечения закрепляется в начальной позиции и подкладывается по трассе в последовательности в соответствии с таблицей раскладки до конечной позиции, где производятся его резка и закрепление. На концы проводов надеваются маркировочные трубки-бирки. В таком же порядке производится прокладка проводов других марок и сечений данного жгута.

Непрерывная раскладка может быть реализована ручным и машинным способами. При ручном способе раскладки применяются плазы, представляющие плоскую поверхность, на которой в натуральную величину зафиксирована конфигурация жгута. Концы его ограничивают концевые фиксаторы, а места ответвлений – поворотные. Для фиксации конфигурации жгута используется универсальный плаз, имеющий координатную сетку 50×50 мм, позволяющую фиксировать любую конфигура-

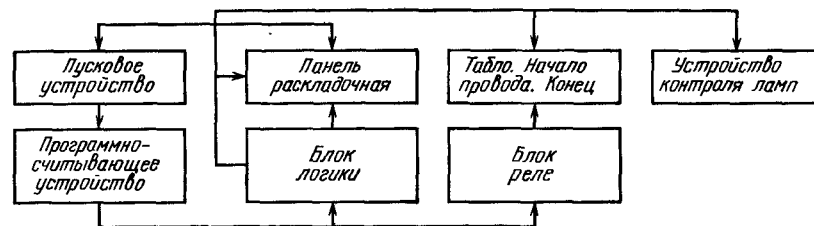


Рис. 6.1. Блок-схема электрифицированного плаза с программным управлением

цию. Обычно плазы состоят из секций размером 1500×2500×5000 мм. Применение секций позволяет моделировать любую длину жгута.

Способ непрерывной раскладки может быть реализован с помощью электрифицированных плазов с программным управлением, блок-схема одного из видов которых представлена на рис. 6.1.

В электрифицированном плазе информационная цепочка автоматизирована, раскладка выполняется оператором вручную. На раскладочную панель, имеющую вид универсального плаза, устанавливают трассировочную пленку, блоки зажимов и штыри, которые определяют конфигурацию изготавливаемого жгута. Характеристика прокладываемого провода и его адрес выдаются автоматически на табло плаза. Внутри корпуса плаза собрана электрическая схема, лампы индикации данного блока загораются, когда через блок проходит трасса прокладываемого в данный момент провода.

Электрифицированный плаз является универсальным устройством и при смене программы, трассировочной схемы и схемы установки блоков зажимов и деталей тракта позволяет осуществить раскладку любого жгута.

Приведенные способы наиболее эффективны в опытном и мелкосерийном производстве с большой номенклатурой различных жгутов.

Раскладка мерно нарезанных и маркировочных проводов может быть выполнена в следующих вариантах.

1. Один конец мерно нарезанного и маркировочного провода необходимой марки и сечения закрепляется в начальной позиции и прокладывается в соответствии с адресом до конечной позиции. Затем закрепляется другой конец провода. В таком же порядке прокладываются провода других марок и сечений.

2. На основании проработки чертежа жгута мерно нарезанные провода комплектуются в подборки и подаются на сборку жгута. Один конец подборки заделывается в базовый соедини-

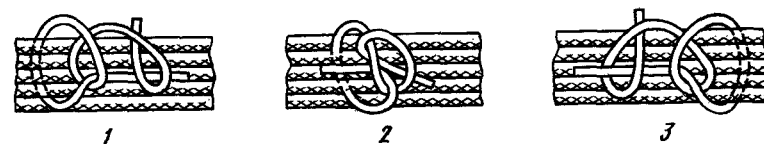


Рис. 6.2. Непрерывная вязка проводов:  
1 – вязка начальной петли; 2 – вязка петли с узором; 3 – вязка конечной петли

тель. Провода раскладываются на плазе в соответствии с трассировочной схемой жгута.

После подборки по трассе раскладываются одиночные провода. Раскладка мерно нарезанных проводов производится на универсальных плазах или верстаках. Приведенные способы и оборудование раскладки обеспечивают изготовление электрожгутов по любой из приведенных выше схем технологического процесса.

**Вязка проводов в жгут.** При раскладке проводов в жгут любым из рассмотренных ранее способов получают пучки проводов, скомпонованные в соответствии со схемой или чертежом. Для придания жгутам необходимых формы и прочности проводится их вязка нитками, лентами, шнуром и другими специальными средствами.

Вязка жгутов выполняется одним из следующих способов: непрерывным, прерывистым (бандажированием), пакетным.

**Непрерывная вязка** – это процесс скрепления проводов жгута посредством наложения петель с определенным интервалом без перерыва по всей длине жгута или его ответвления (рис. 6.2).

Непрерывная вязка может быть технологической и основной. Технологическая вязка применяется для предварительного придания формы стволу или ответвлениям. После окончательного оформления жгута технологическая вязка может сниматься.

Разновидностью технологического закрепления проводов жгута является вязка спиральным способом. **Непрерывная вязка спиральным способом** – процесс скрепления проводов в жгут без перерыва нити (ленты) по всей длине посредством наложения ниток (ленты) спиралью (рис. 6.3).

Шаг непрерывной вязки выбирается в зависимости от диаметра жгута. Спиральный способ вязки рекомендуется применять при формировании жгута на изделии с последующим оформлением одним из приведенных выше способов. Применение спирального способа вязки позволяет механизировать процесс вязки жгутов.

**Прерывистая вязка** – процесс скрепления проводов жгута путем наложения бандажей нитками, лентами, ленточными ремешками, термоусаживаемыми деталями (рис. 6.4).

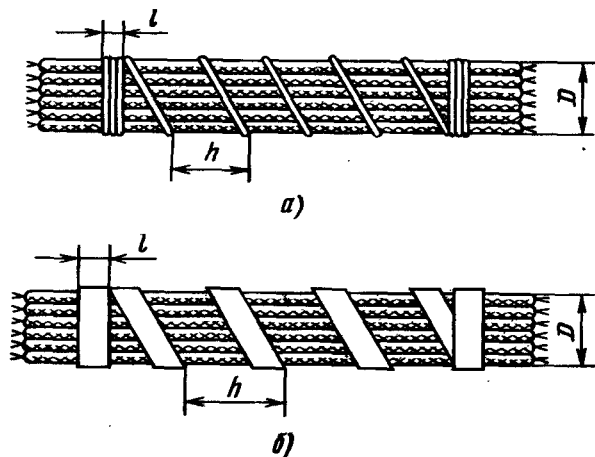


Рис. 6.3. Непрерывная вязка жгута спиральным способом:  
а – нитками; б – петлями

Вязка прерывистым способом может быть как технологической, так и постоянной.

С целью предотвращения проскальзывания бандажа из ленточного ремешка по стволу жгута создается определенное усилие затяжки, величина которого выбирается из условия сцепления проводами.

Максимальное предотвращение перемещения бандажей из лент или ленточных ремешков по жгуту может быть обеспечено специальным способом вязки. Конец ленточного хомута (ленты) пропускается через центр жгута, а затем обертывается вокруг жгута. Пропущенный через центр жгута участок ленточного хомута не позволяет хомуту перемещаться вдоль жгута или вращаться вокруг него, обеспечивая надежную стяжку проводов.

**Пакетная вязка** – процесс скрепления проводов с целью придания жгуту плоской формы. Пакетная вязка применяется в тех случаях, когда по конструктивным соображениям или условиям

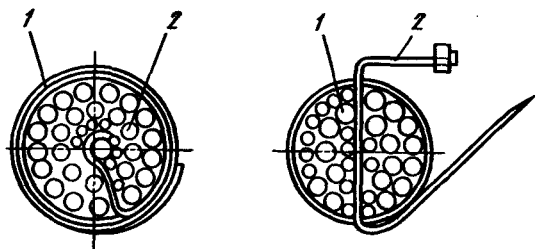


Рис. 6.4. Ленточный хомут:  
1 – ремешок; 2 – провод

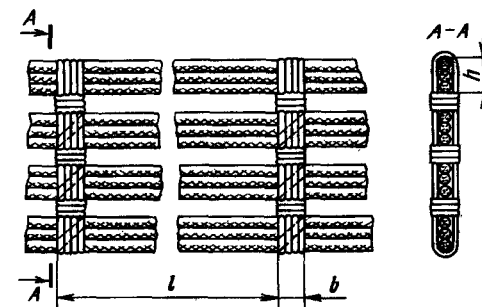


Рис. 6.5. Пакетная вязка жгутов

монтажа на изделии жгуту или его части необходимо придать плоскую форму. В этом случае провода разделяются на группы, число которых определяется технической документацией в зависимости от ширины и поперечного сечения жгута в месте пакетной вязки (рис. 6.5).

Конструкционные материалы вязки (нитки, ленты, тесьма и т. д.) выбираются в зависимости от температурных зон монтажа жгутов на изделие.

При выполнении вязки жгутов необходимо соблюдать ряд общих требований:

вязку рекомендуется начинать с основного ствола жгута;

вязать жгут следует так, чтобы по всей длине не было провисания проводов;

вязка должна быть тугой, петли непрерывной вязки не должны самопроизвольно перемещаться вдоль жгута;

нитки, тесьма, шнур, соединяющие узлы при непрерывной вязке, должны идти вдоль жгута, параллельно его оси, а витки бандажей должны плотно прилегать друг к другу;

для жгутов диаметром до 25 мм рекомендуется вязку производить в одну нитку (тесьму), при диаметре свыше 25 мм – в две нитки (двойная тесьма) с увеличением шага вязки вдвое;

начало бандажа при любой вязке следует располагать не ближе 75 мм от зоны заделки в электрический соединитель и т. д.

Вязка – один из наиболее трудоемких и маломеханизированных процессов, выполняется в основном вручную с применением средств малой механизации.

**Свивка и скрутка проводов.** Свивка и скрутка проводов предназначена для увеличения срока службы подвижных частей жгута.

**Свивка** – процесс укладки проводов жгута вдоль его оси в один и более повивов, когда смежные повивы свиваются в противоположном направлении с определенным шагом для каждого повива и распределением проводов в соответствии с контактами

соединителя. Повив – группа проводов, идущих параллельно по спирали в одном направлении с определенным шагом.

**Скрутка** – процесс укладки проводов, идущих в одном направлении по спирали, пучком с определенным шагом и распределением проводов в жгут в соответствии с контактами соединителя. Свиваются или скручиваются провода сравнительно малых сечений. Большая жесткость проводов больших сечений не позволяет выдержать шаг свивки. Поэтому провода сечением 2,5 мм<sup>2</sup> и более закладываются в середину жгута без свивки и скрутки.

Свивке и скрутке подвергаются жгуты с числом проводов от двух и более.

Ответвления жгутов, состоящие из семи проводов и более, свиваются в два повива. Число проводов в каждом повиве выбирается на основании опыта.

При числе повивов более двух наружный повив свивается в направлении часовой стрелки, смежные повивы свиваются в противоположном направлении.

Шаг свивки и скрутки зависит от числа повивов и номера повива, которые обычно указываются в технической документации. Провода в свитой части жгута, подходящие к электрическому соединителю, должны располагаться в строгом соответствии с расположением клемм электрического соединителя. При свивке и скрутке перекрещивание и неполное прилегание проводов в повивах не допускаются. Для проводов жгута, подлежащего свивке или скрутке, необходимо предусматривать припуски: на сокращение длины – 100 мм и технологический – 120...150 мм.

Свивка или скрутка должна заканчиваться на расстоянии 150...160 мм от входа в электрический соединитель и иметь строго параллельное направление для организации заделки жгута.

Свитый или скрученный участок жгута вяжется бандажами (рис. 6.6).

Шаг свивки и скрутки, а также ширина бандажа задаются конструкторской документацией.

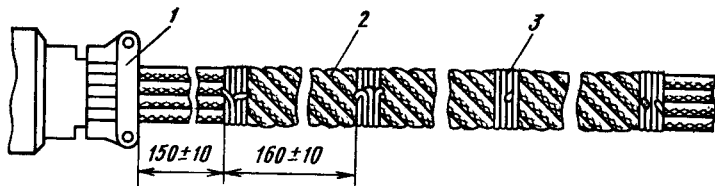


Рис. 6.6. Вязка скрученного участка жгута: 1 – электрический соединитель; 2 – свитый или скрученный участок; 3 – бандаж

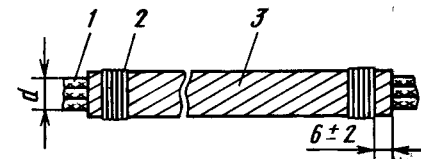


Рис. 6.7. Защита прямого жгута обмоткой лентами: 1 – провода; 2 – нитяной бандаж; 3 – лента

При применении в конструкции жгута проводов повышенной жесткости для предотвращения раскручивания свитого или скрученного участка допускается наложение технологических бандажей из любой липкой ленты.

**Защита жгутов (проводов).** Защита жгутов предназначена для предохранения проводов от воздействия высоких температур, агрессивных сред, механических повреждений, а также для снижения или исключения радиопомех.

В зависимости от условий работы жгута защита его осуществляется:

- обмоткой лентами;
- обшивкой или оклейкой тканями;
- надеванием трубок, экранирующих плетенок и т. д.

Защита жгута обмоткой лентами – процесс наложения ленты на ствол жгута в один слой внатяжку с перекрытием в половину ширины ленты с последующим закреплением ее в начале и конце жгута (рис. 6.7).

Закрепление ленты выполняется ниточным бандажом или термоусаживаемой трубкой.

Обмотку жгутов, прокладываемую на изделии наклонно или вертикально, следует проводить снизу вверх для исключения попадания влаги.

При защите жгутов трубками внутренний диаметр нетермоусаживаемой трубки выбирается по формуле

$$D_0 = \frac{1}{\sqrt{K_3}} D,$$

где  $D_0$  – внутренний диаметр трубки;  $K_3$  – коэффициент заполнения поперечного сечения защитной трубки, зависящий от способности материалов к растяжению;  $D$  – диаметр жгута.

Обычно диаметр трубки определяется приближенно по эмпирической зависимости

$$D_0 = D \pm 2...3 \text{ мм}$$

(± означают, что трубка ставится с натягом или зазором).

При выборе диаметра термоусаживаемой трубки необходимо учитывать радиальную усадку, которая достигает 50 % длины, продольную усадку, равную 10...20 %.

Трубка DR-25 применяется в основном для дополнительной механической защиты в местах, подверженных повышенному износу. Рабочая температура от  $-55$  до  $+120$  °С.

Трубка CRN применяется для защиты паяных соединений и снятия напряжения с проводов, припаянных на контакты. Рабочая температура от  $-55$  до  $+135$  °С, температура усадки  $+135$  °С.

Термофитовая трубка НТ применяется для защиты в зонах с химическими веществами. Рабочая температура от  $-55$  до  $+200$  °С, температура усадки  $+175$  °С.

Термофитовые башмаки используются для снятия напряжения с проводов в местах подсоединения их к электрическим соединителям. Они охватывают все круглые электрические соединители, формируя конфигурацию жгута в прямом направлении или под углом.

Термофитовые переходники применяются для сплошного охвата соединений и могут охватывать любое число ответвлений, отводов под любым углом. Для точного подбора переходников конструктору необходимо руководствоваться техническими спецификациями фирмы, выпускающей детали.

При защите жгута термофитовыми деталями применяются различные клеи и термофитовая пленка. Состав клея определяется маркой применяемого термофитового элемента.

Технологический процесс защиты жгута термофитовыми деталями проводится в следующей последовательности.

1. Производится раскладка проводов в жгут в соответствии с чертежом или таблицей соединений. Для всех ответвлений или прямых участков, подвергающихся защите термофитовыми деталями, отрезаются заготовки трубок. Длину заготовок увеличивают на 10 % от номинала для компенсации продольной усадки (рис. 6.8).

2. Продеваются провода ответвлений жгута в заготовки трубок, с помощью электронагревательного прибора "Термоган" CV-1509 с угловым рефлектором производится усадка трубки. Усадка начинается от середины ответвления по направлению к электрическим соединителям. Окончания ответвлений не должны закрываться трубками для последующего оформления заделок при подсоединении электрических соединителей.

3. Заводятся защищенные ответвления жгута в переходники в соответствии со схемой соединений и чертежом жгута. Производится проверка правильности установки переходников.

Начиная с самого удаленного конца заготовки производится зачистка наждачной бумагой той части трубки, которая должна находиться под переходником. Производится обезжиривание отработанных участков спиртом или растворителем, и они покрываются клеем.

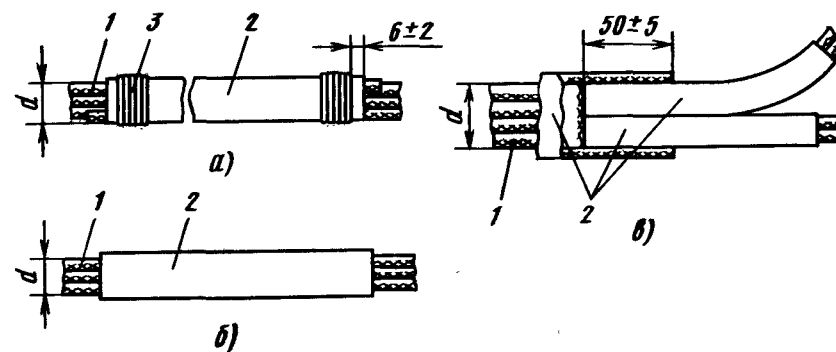


Рис. 6.8. Защита жгута трубками:  
а – прямого жгута с закрепленными нитками; б – прямого жгута с термоусаживаемой трубкой; в – разветвление жгута; 1 – провода; 2 – трубка; 3 – нитяной биндаж

После 10...15 мин выдержки производится усадка переходника электронагревательным прибором "Термоган" CV-1509. Усадка начинается с середины жгута и идет к его периферии.

4. Башмак сдвигается над переходником электрического соединителя, и начинается его нагрев электронагревателем "Термоган" со стороны башмака, примыкающей к электрическому соединителю. В этот момент необходимо сместить башмак вручную так, чтобы его выступ попал в паз переходника. Таким образом достигается требуемое положение башмака относительно корпуса электрического соединителя.

В ряде случаев для получения высокой степени герметичности в полости термофитовых переходников и башмаков вводится герметик. Технология защиты жгута не меняется, добавляется лишь операция по заполнению свободных полостей герметиком.

В одно отверстие термофитовой детали вводится стояк, а в другое (с помощью шприца) – герметик.

Стояк имеет форму конической воронки и выполняет две функции: служит для выхода воздуха и показывает момент заполнения полости детали герметиком.

После заполнения полостей герметиком производится его вулканизация, которая может проводиться при нормальных температурных условиях. Процесс вулканизации уменьшает время герметизации с подогревом.

Жгут, защищенный с применением термофитовых деталей, имеет аккуратный вид и обладает высокими механическими свойствами.

**Подготовка конца провода к заделке.** Подготовка конца провода к заделке в наконечник, электрический соединитель и другие элементы заключается в снятии изоляции с конца провода, закреплении его, а также разделке и закреплении экранирующей оплетки.



Рис. 6.9. Неполное удаление изоляции:  
1 – провод; 2 – жила; 3 – изоляция

Снятие изоляции с конца провода может быть выполнено электротермическим или механическим способом. Электротермический способ снятия изоляции применяется при зачистке проводов нетермостойкого исполнения. Для проводов термостойкого исполнения применение электротермического способа из-за высокой температуры плавления материала изоляции приводит к повреждению луженого покрытия жилы, слипанию отдельных провололок в монолит.

Слипание провололок в жиле в сочетании с жесткостью изоляции провода ухудшает характеристики выносливости соединения "провод – наконечник – электрический соединитель".

Механический способ снятия изоляции основан на частичном подрезании изоляции и ее последующем удалении с конца провода полностью или частично.

Основным требованием к механическому способу снятия изоляции является отсутствие повреждения жилы (отдельных провололок жилы).

При снятии изоляции с конца провода механическим способом целесообразно производить неполное удаление изоляции (рис. 6.9). Неполное удаление изоляции предохраняет жилу провода от повреждений.

Длина оголенной части жилы зависит от способа заделки провода в конструктивный элемент электроустановки (наконечник, электрический соединитель и т. д.)

Для проводов, заделываемых в электрический соединитель пайкой, длину оголенной жилы можно определить по формуле

$$L = l_1 + l_2 + l_3,$$

где  $l_1$  – глубина отверстия хвостовика контакта;  $l_2$  – длина оголенной жилы ("пайки");  $l_3$  – зона теплоотвода;  $L$  – общая длина оголенного участка (зачистка провода).

Аналогичная величина для заделки провода в контакт обжатием определяется по формуле

$$L = l_1 + l_2,$$

где  $l_1$  – глубина отверстия хвостовика контакта;  $l_2$  – длина оголенной жилы провода.

Величина  $L$  зависит от конструкции электрического соединителя или другого присоединительного элемента и задается в технической документации на заделку.

Закрепление изоляции провода после зачистки производится путем наложения банджа, намотки ленты или термоусаживаемой трубкой.

**Экранирование проводов (жгутов).** Экранирование проводится для предотвращения помех в работе радиооборудования от функционирования других систем.

Экранирование проводов, жгутов обычно осуществляется металлическими плетенками, рукавами, трубками и другими экранирующими покрытиями. Экранирование проводов (жгутов) должно удовлетворять условию неразрывности экранов, т. е. экран проводов должен быть на всем протяжении непрерывным, а в местах соединений отдельных экранов должен иметь постоянный электрический контакт с малым переходным сопротивлением.

Экранированные провода, несущие радиопомехи, обычно объединяются в жгуты с общими узлами металлизации экранирующих покрытий.

Экранированные провода (жгуты) должны защищаться от химических, механических воздействий, которые могут быть причиной нарушения электрической непрерывности экранирующего покрытия или появления переменного электрического контакта между экраном и корпусом самолета.

Экранирование проводов (жгутов) включает в себя разделку и закрепление металлической оплетки, вывод на металлизацию, экранирование жгута.

Разделка и закрепление изоляции и экрана (рис. 6.10) проводятся рассмотренными ранее способами.

Заслуживает внимания способ металлизации с применением припоечных муфт.

Вывод экранирующей оплетки от общего экрана выполняется в соответствии с рис. 6.11, а подбор припоечных муфт производится по табл. 6.4.

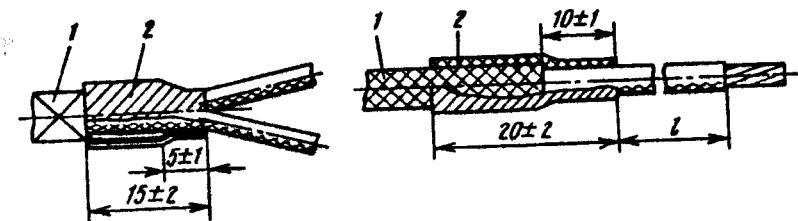


Рис. 6.10. Способ закрепления изоляции и экрана намоткой ленты с полуприкрытием:

1 – экранированный провод; 2 – обмотка в три слоя с полуприкрытием



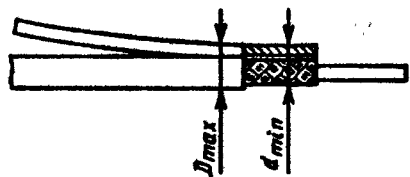


Рис. 6.11. Вывод экранирующей оплетки

При закреплении нескольких проводов узлы заделки экранов распределяются равномерно по длине во избежание утолщения жгута в месте заделки.

Спайку экранирующих оплеток целесообразно производить в шахматном порядке.

Интервалы расположения заделок экранов отдельных проводов задаются в технической документации разработчика.

Заземление экранированных проводов выполняется неэкранированным проводом, соответствующим температурным условиям работы.

Таблица 6.4

Калибр экранированного провода	Тип втулки	$D_{max}$ , мм	$d_{min}$ , мм
22	Д-144-03	3,18	1,40
20	Д-144-04	5,08	2,54
18	Д-144-04	5,08	2,54
16	Д-144-04	5,08	2,54
14	Д-144-37	5,6	3,6
12	Д-144-37	5,6	3,6
10	Д-144-05	7,62	4,07

**Соединение проводов способом пайки.** Основным способом соединения проводов с электромонтажным элементом является пайка.

Пайка – это процесс соединения металлических деталей при помощи металла или сплава, называемого припоем.

Технология пайки проводов определяется рабочей температурой, материалом токопроводящих жил и термостойкостью изоляции и протекает с применением припоев и флюсов.

Припой выбирается в зависимости:  
от рабочей температуры соединения;  
максимально допустимой температуры;  
климатического исполнения изделий.

В табл. 6.5 и 6.6 даны характеристики основных марок припоев и их химический состав.

Таблица 6.5

Рабочая температура соединения, °С	Марка припоя	Область применения
До 50	ПОСК-50-18 ПОСК-50 Сплав Розе ВПР 14	Пайка диодов, нетеплостойких высокочастотных кабелей и некоторых типов реле
> 120...150	ПОССу-61-0,5 ПОССу-40-0,5 ПСрМо5(ВПР9) 02 или 03	Пайка высокочастотных кабелей, реле, компенсационных и медных проводов
До 200	ПСр2,5 ПСр3 ПСрОСу8(ВПР6)	Пайка проводов с рабочей температурой 200 °С
До 250	ПСр2,5 ПСр3 ПСр3Кд ПСрИн1,5(ВПР18)	Пайка проводов с рабочей температурой 250 °С
300...400	ПСр40 ПСр45	Пайка термостойких проводов, лужение компенсационных проводов с токопроводящими жилами хромель-алюмель и т. д.
До 250	П250 ВПР23	Пайка алюминиевых проводов

Таблица 6.6

Марка припоя	Химический состав, %								Температура, °С		
	Ag	Sn	Pb	Cd	Sb	Cu	Ti	При- меси	Плавления		Пай- ки
									начало	конец	
ПОСК-50		24,5	24,5				49,0	0,1	90	92	145
Сплав Розе		25,5	25,5				51,0				
ВПР14	1,3	25,0	25,0				48,7		85	90	140
ПОСК-50-18		49,0	30,0	17,0				0,16	142	145	195
		51,0	30,4	19,0							
ПОССу-61-0,5		59,0	38,2		0,8			0,2	183	183	250
		61,0	40,2								
ПОССу-40-0,5		39,0	58,0		1,5			0,25	183	235	250
		40,0	59,0		2,0						
ПСрМо5	4,5	90,7	2,5		0,8	1,5					
	5,5	93,1	0,2		1,2	2,5		0,5	220	235	300
02		99,6			0,2			0,2	232	232	290
03		98,4	1,0		0,3	0,1		0,2	232	232	290
ПСр2,5	2,5	5,5	91,5					0,5	295	305	350
ПСр3	2,7		96,2								

Продолжение табл. 6.6

Марка припоя	Химический состав, %								Температура, °С		
	Ag	Sn	Pb	Cd	Sb	Cu	Ti	При- меси	Плавления		Пай- ки
									начало	конец	
	3,3		96,8					0,5	300	305	350
ПСrОСу8	7,5	82,9	2,6	7,0							
	8,5	84,9	0,2		8,0			0,5	250	270	300
											320

При выборе флюса следует исходить из обеспечения: соответствия температурной активности флюса и температуры пайки;

необходимой растворимости и смачиваемости припоя по рабочей поверхности при наименьшей коррозионной активности остатков флюса после пайки.

Наиболее распространенные марки флюсов для защиты поясного шва в процессе пайки приведены в табл. 6.7.

Таблица 6.7

Марка флюса	Температурный интервал, °С	Область применения
СК	200...430	Для лужения и пайки медных проводов. Для предварительного лужения медных никелированных проводов в расплаве припоя
ЛТИ-120	200...430	Для лужения клемм, наконечников, лепестков. Требует тщательного удаления
ЛК-2	200...430	
Ф-55	200...430	
ВФ-1	300...450	Для лужения и пайки медных никелированных проводов без предварительного лужения в расплаве припоя
209	500...900	Для лужения и пайки высокотемпературных проводов

При выборе флюсов значительное внимание уделяется их коррозионной активности.

С точки зрения получения качественных паяных соединений в исходном состоянии желательное применение активизированных флюсов типа ЛТИ-120, ЛК-2, Ф-55, позволяющих интенсифицировать процесс пайки, однако при этом снижаются эксплуатационные характеристики соединений.

Поэтому в качестве основного флюса используется канифольевая смесь марки СК. Однако при пайке никелированных проводов активности флюса СК недостаточно для качественного

формирования паяного шва, поэтому необходимо проводить предварительное лужение жилы в расплаве припоя.

Технологический процесс пайки условно можно разделить на две самостоятельные операции – лужение конца провода и непосредственно пайки.

Конец жилы провода после снятия изоляции необходимо скручивать. Угол закрутки не должен отличаться от угла повива проволочек жилы.

Для лужения жил из меди, покрытых оловом или серебром, следует применять флюс СК, для лужения никелированных жил – флюс марки ВФ-1. При смешанном варианте жилы лужение рекомендуется производить флюсом ВФ-1.

Лужение целесообразно производить в тигле с расплавленным припоем с временем выдержки 1...6 с. Можно производить лужение паяльником. Температура лужения должна превышать на 60...70 °С температуру плавления припоя.

Технологический процесс пайки проводов состоит из следующих операций:

соосного крепления электрического соединения и концов проводов;

заполнения клемм электрического соединения припоем на 1/3 объема;

пайки проводов в клеммы.

Соосное крепление электрического соединения и проводов необходимо для исключения нагрузок при пайке. Особенно необходимо крепление для проводов с жесткой монолитной изоляцией. Крепление выполняется спецприспособлением. Пайку проводов малых сечений целесообразно проводить с применением пинцетов-теплоотводов.

Пайка может быть выполнена двумя способами: внесением припоя в клемму паяльником или нагревом клеммы, предварительно заполненной припоем.

При втором способе припой заполняет клеммы электрического соединения на 1/3 объема. Припой подводится к клемме, когда соединение может быстро расплавить его. Заполнение клеммы целесообразно производить припоем совместно с флюсом СК. Пайка производится путем введения до упора в дно клеммы предварительно облуженного и отфлюсованного провода.

Подача флюса в зону пайки должна быть дозированной, так как его излишнее количество загрязняет контактную часть электрического соединителя.

При пайке производится подогрев клеммы паяльником до полного растекания припоя по поверхности спая и образования галтелей. Положение жала паяльника в зоне соединения должно

быть таким, чтобы к деталям, соединенным пайкой, передавалось максимум теплоты и обеспечивалась достаточная защита изоляции от перегрева.

Пайка клемм электрических соединителей производится рядами, начиная с нижнего ряда клемм. При пайке каждого последующего ряда клемм электрического соединителя следует положить прокладку между напаянными и непаянными рядами клемм.

Применение способа пайки путем разогрева клемм, предварительно заполненных припоем, позволяет исключить непропаи и повысить качество паяного соединения.

Паяные электромонтажные соединения подлежат пооперационному и окончательному контролю, включающему визуальный осмотр и выборочные механические испытания.

**Соединение проводов способом обжатия.** При соединении проводов способом пайки качество соединения в значительной степени определяется квалификацией исполнителя, требуются дорогостоящие материалы (припой, флюсы), выделяются вредные побочные продукты.

Поэтому в последнее время все большее распространение находят способы соединения проводов с клеммами электрических соединителей и наконечниками обжатием, имеющим ряд следующих преимуществ перед пайкой:

- повышение надежности электрических соединений;
- увеличение производительности труда;
- простота и надежность контроля качества соединения;
- улучшение условий труда;
- отсутствие дорогостоящих материалов (припоев, флюса и т. д.).

Метод обжатия заключается в том, что усилие, необходимое для соединения провода с контактом и наконечником, обеспечивается деформацией материала провода и элемента.

Наконечник или хвостовик контакта принимает заранее заданную форму с помощью специального инструмента. При обжатии давление инструмента передается на соединение, вызывая упругие и пластические деформации материала жилы провода и хвостовика контакта (наконечника). Возникающие большие контактные усилия в местах соприкосновения отдельных проводочек жилы между собой и со стенками хвостов контакта (наконечника) вызывают разрушение окисных пленок. В результате создаются условия для сближения атомов кристаллических решеток и образования монолитного соединения.

Указанные факторы позволяют получить соединение с необходимой механической прочностью и сравнительно низким переходным электрическим сопротивлением.

Существуют два основных способа соединения контактов (наконечников) с жилой провода: обжатие с местным вдавлива-

нием и всестороннее обжатие. Первый из них состоит в соединении жилы провода и наконечника местным вдавливанием одного или нескольких пуансонов, расположенных вдоль или поперек продольной оси последовательно или параллельно. При соединении местным вдавливанием получается контакт на сравнительно небольшой площади.

Второй способ соединения заключается во всестороннем обжатии всей трубчатой части наконечника, принимающей цилиндрическую, мензообразную, четырех- и шестигранную форму.

Возможен и комбинированный способ соединения путем местного вдавливания для соединения провода и наконечника и всестороннего – с помощью полуколец у кромки гильзы наконечника для закрепления изоляции.

Комбинированным способом создания соединения является также совместное применение пайки и обжатия.

Наибольший интерес представляет соединение провод – контакт для сборно-разборных электрических соединителей. Сборно-разборные электрические соединители поставляются потребителю в следующем виде:

- вилка или розетка без обоймы и кожухов;
- обойма или кожух (прямой или угловой);
- набор контактов, превышающий на 5 % требуемое число;
- набор уплотнительных пробок для отверстий резинового изолятора при установке контактов без проводов в размере 5 % от поставляемого числа контактов;
- монтажный инструмент для установки и извлечения контактов.

В сборно-разборные электрические соединители заделываются провода с монолитной, гладкой и ровной поверхностью изоляции, имеющие сечение жил и наружные диаметры в соответствии с данными табл. 6.8.

Монтаж проводов в сборно-разборный электрический соединитель начинается с заделки жилы в контакты. Заделка проводов в контакты электрических соединителей осуществляется специальным обжимным инструментом, который состоит из двух основных узлов: обжимного устройства (рис. 6.2) и револьверной головки.

Т а б л и ц а 6.8

Тип соединителя	Диаметр контакта, мм	Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Наружный диаметр провода, мм
Миниатюрный	1,0	0,2...0,75	1,2...2,1
	1,5	0,75...1,50	1,8...2,7
Субминиатюрный	1,0	0,12...0,5	0,85...1,8

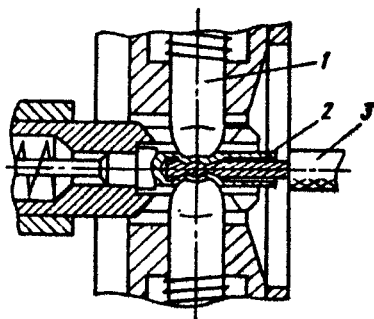


Рис. 6.12. Обжимное устройство:  
1 – пуансон; 2 – контакт; 3 – провод

Обжимное устройство предназначено для обжатия контактов с проводами и имеет:

4 обжимных пуансона, обеспечивающих обжатие хвостовиков контакта с проводом в соответствии с принятой конструкцией заделки;

селектор (фиксатор), определяющий схождение обжимных пуансонов с сечением заделываемого провода;

блокирующее устройство, исключающее неполное обжатие.

Реvolverная головка позволяет заделывать в контакты жилы проводов различного сечения.

Заделанный контакт с проводом вводится в изолятор электрического соединителя с помощью специального инструмента.

Установку контактов необходимо производить слева направо начиная с нижнего ряда.

После установки всех контактов с проводами производится установка контактов без проводов во все незадействованные отверстия изолятора с последующей установкой пробок-заглушек.

При демонтаже электрического соединителя работа проводится в обратном порядке. При этом для извлечения незадействованных контактов применяется специальный инструмент.

Качество заделки проводов в контакты определяется работоспособностью применяемого инструмента, который проверяется перед началом работы и в процессе эксплуатации. Признаком исправности обжимного инструмента является нормальная работа блокирующего устройства и легкое, без заеданий, возвращение ручки в исходное положение после обжатия под действием пружины.

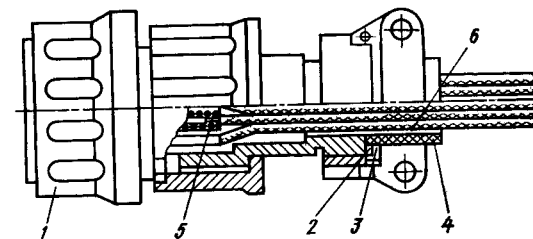
**Заделка жгутов в электрические соединители.** Полученная в результате выполнения предыдущих технологических операций заготовка жгута подлежит по ответвлениям заделке в электрический соединитель.

Способ заделки проводов в электрический соединитель зависит от типа электрического соединителя, а также метода подсоединения проводов к контактным клеммам.

В зависимости от конструктивного оформления ствола жгута, подлежащего оплетке в электрический соединитель, существует несколько способов заделки.

Технологический процесс заделки жгута в электрический соединитель включает ряд типовых технологических операций, основные из которых следующие.

Рис. 6.13. Заделка неэкранированного незащищенного жгута в неэкранированный соединитель:  
1 – соединитель; 2 – втулка резиновая; 3 – шайба; 4 – прокладка; 5 – трубка защитная; 6 – бандаж



1. Разборка электрического соединителя, при которой гайку надевают на заделываемое ответвление электрожгута.  
2. Подсоединение проводов к клеммам электрических соединителей. В зависимости от способа заделки проводов (пайкой или обжатием) изменяется вид заделки жгута.

Типовые виды заделок представлены на рис. 6.13. В процессе заделки при наличии свободных контактов необходимо к ним подсоединить отрезки проводов длиной 150...300 мм.

Паяные соединения проводов необходимо защищать установкой термоусаживаемых трубок, что ослабляет возможные механические воздействия на соединение и частично герметизирует их.

В процессе монтажа провода должны быть тщательно выровнены и уложены таким образом, чтобы на участке 150...250 мм от зоны заделки в клеммы не было ни одного перекрещивания.

Это достигается распечаткой проводов в специальном приспособлении, фиксирующем электрический соединитель и пучок проводов.

3. Уплотнение ввода в электрический соединитель. Уплотнение ввода с закреплением стяжным хомутом производится с целью предотвращения перемещения проводов внутри корпуса при различных механических воздействиях.

Обмотка жгута изоляционными материалами под стяжным хомутом производится до полного заполнения зазора между стволом жгута и хомутом.

Наличия петель, перепутывания, повивов проводов внутри корпусов соединителей, а также в местах закрепления жгутов стяжным хомутом следует избегать.

4. Сборка электрического соединителя (предполагает оформление заделки). После заключительной операции электрический соединитель должен иметь бирку с табельным номером и фамилией исполнителя.

Заделка в угловые электрические соединители выполняется аналогично заделкам в прямые соединители.

При выполнении выводов металлизации применяется гибкий провод сечением 0,2...0,5 мм<sup>2</sup>, соответствующий условиям эксплуатации жгута.

В случаях применения соединителей в условиях, требующих повышенной механической прочности, влагостойкости, при воздействии топлива, масла, гидравлических рабочих жидкостей заделка жгутов в соединители должна выполняться с последующей герметизацией, т. е. заливкой внутренней полости заделки герметиками.

Однако заливка герметиком увеличивает массу электрожгутов и применяется для особо ответственных цепей.

**Маркировка проводов и жгутов.** Маркировке подлежат все провода, жгуты и кабели бортовой электрической сети. Маркировочные обозначения проводов, жгутов и кабелей должны соответствовать условным обозначениям, указанным в ОСТ 1.00277-78 или в технической документации, утвержденной в установленном порядке. Маркировку проводов, жгутов и кабелей выполняют в установленном порядке в соответствии с ОСТ 1.00031-79.

Провода маркируются непосредственно по изоляции или защитной оболочке провода. Цвет маркировочных обозначений должен быть контрастным по отношению к цвету провода, бирки или пластины. Обычно применяются темные знаки маркировки на светлом фоне или наоборот – светлые на темном.

Маркировка на изоляцию или защитную оболочку проводов наносится у мест подсоединения их к клеммам электрических соединителей или других элементов на расстоянии 75...100 мм от конца провода. Шаг нанесения первых 3...10 маркировочных обозначений равен 115 мм, последующих – 200...20 мм.

Установку бирок на провода, заделываемые в наконечники, целесообразно выполнять в соответствии с рис. 6.14.

На силовых проводах сечением свыше 4 мм<sup>2</sup> допускается вместо бирок использовать маркировочные обозначения, нанесенные на липкую металлизированную ленту, причем ленту нужно наматывать в 2...3 слоя.

Маркировку проводов трехфазного переменного тока целесообразно выполнять цветными бирками следующих цветов:

фаза *A* – красного или розового цвета;

фаза *B* – желтого или зеленого цвета;

фаза *C* – синего или голубого цвета;

нулевой провод – черного, фиолетового или коричневого цвета.

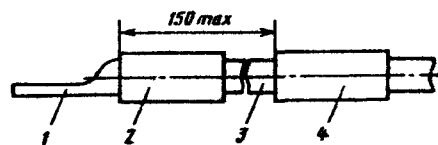


Рис. 6.14. Маркировка наконечников с применением изоляционных трубок-бирок:

1 – наконечник; 2 – трубка изоляционная; 3 – провод; 4 – бирка маркировочная (полихлоридная, резиновая или термоусаживаемая)

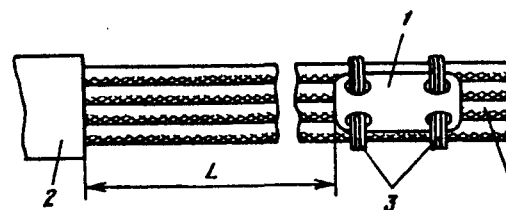


Рис. 6.15. Схема маркировки экранированного жгута:

1 – пластина маркировочная; 2 – соединитель электрический; 3 – бандаж; 4 – жгут

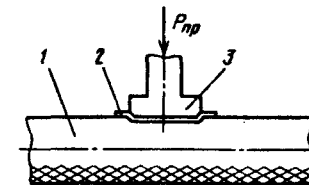


Рис. 6.16. Схема маркировки методом горячего тиснения:

1 – провод; 2 – маркировочная фольга; 3 – пуансон

Для маркировки электрожгутов рекомендуется применять бирки, пластины и липкую ленту. Маркировочные элементы целесообразно устанавливать на наиболее информативных участках жгутов: по концам, в местах перехода из отсека в отсек с обеих сторон стенки, в местах ответвлений (рис. 6.15).

Маркировку жгутов металлическими пластинами, металлическими бирками, маркировочной лентой производят в соответствии с рис. 6.16.

Расстояние от электрического соединителя до маркировочного элемента обычно задается в конструкторской документации и для бортовых жгутов составляет 150...200 мм.

Маркировочные обозначения на бирки, пластины, фольгу могут быть нанесены различными способами, основными из которых являются печать краской и метод горячего тиснения.

Процесс маркировки методом горячего тиснения заключается в следующем: нагретый до определенной температур шрифт, касаясь фольги под давлением, действует на маркируемый материал, в результате чего красящий пигмент фольги переносится на материал.

При маркировке проводов используется вогнутый шрифт при маркировке термоусаживаемых бирок, пластин, ленты проводов большого сечения – плоский шрифт.

**Изготовление пультов, щитков, коробок и приборных досок.** Электрические сети ЛА помимо электрожгутов включают в себя большое число промежуточных устройств, предназначенных для передачи энергии от источника к потребителям, управления их работой и защиты электрооборудования от перегрузок, обеспечения работы в аварийных условиях.

Распределительные устройства (РУ) или центральные распределительные устройства (ЦРУ) служат для передачи, преобразования электрической энергии от источников к потребителю и защиты бортовой сети от перегрузок.

В состав РУ (ЦРУ) входят: элементы преобразования электрической энергии, автоматы защиты сети, предохранители, провода, шины и т. д.

Коммутационные устройства (КУ) служат для коммутации электрической энергии между потребителями.

В состав КУ входят: провода, шины, контакторы, реле, выключатели, переключатели, резисторы, интегральные схемы и т. д.

Распределительные коммутационные устройства (РКУ) служат для передачи и коммутации электроэнергии от источников к потребителям и защиты бортовой электрической сети от перегрузок.

В состав РКУ входят те же элементы, что в РУ и КУ. К этому классу устройств относятся также электрощитки (ЭЩ), распределительные щиты (РЩ), панели и пульта управления членов экипажа.

Особенностями конструкции распределительных коробок (РК), РУ, ЭЩ являются их низкая степень унификации, высокая плотность монтажа.

При создании каждого нового изделия, исходя из параметров энергопотребления, геометрических характеристик размещения блоков аппаратуры на изделии, создается необходимый набор блоков РУ, РК, ЭЩ, который обеспечивает функционирование электросистем.

Конструктивно РК, РУ отличаются друг от друга как формой, так и составом входящих в них элементов. Форма коробок определяется конструкцией планера и его монтажным объемом, а состав – схемным решением по энергообеспечению аппаратуры.

Анализ конструктивного исполнения РУ, РК летательных аппаратов легкого класса показывает, что:

в зависимости от насыщенности изделий оборудованием число типоразмеров РУ для изделия составляет более 10;

состав РУ, РК не имеет однозначного функционального назначения;

большое число типоразмеров РУ, их привязанность к конкретному изделию затрудняют применение прогрессивных технологических процессов при изготовлении и монтаже коробок.

Для решения задач конструктивного и технологического профиля представляется целесообразным разрабатывать РУ и РК на базе унифицированных блоков, из которых можно компоновать коробки с заданным числом аппаратов защиты и коммутации, кратным их числу в наименьшем блоке.

В процессе создания РК, РУ, ЭЩ необходимо руководствоваться следующими признаками функциональной унификации:

конструктивно-функциональные модели должны иметь унифицированные базовые схемы для изделий одного класса;

состав унифицированных схем одного типа потребителей должен быть идентичным как по элементной базе, так и по структуре схемных решений;

все автоматы защиты одного функционального уровня устанавливаются на одном конструктивно-функциональном уровне; необходимо максимально использовать стандартные установочные элементы, шины, узлы крепления, арматуры, контакторы и другие элементы.

необходимо создание элементарного унифицированного блока, из которого производится компоновка реальной коробки.

Создание блоков РУ, РК из унифицированных элементов позволяет:

сократить, сроки проектирования РУ;

снизить трудоемкость производства;

внедрить прогрессивные технологические процессы и высокопроизводительное оборудование и оснастку;

повысить надежность и ремонтпригодность конструкции.

Однако большинство конструкций РУ, РК, ЭЩ и других элементов имеет индивидуальное конструктивное исполнение. И при их проектировании необходимо выполнять ряд специфических требований.

Основное требование создания технологической конструкции коробки – проектирование с учетом уровня производства.

При проектировании РУ, РК, ЭЩ необходимо предусматривать рациональность размещения элементов и технологичность внедренного монтажа. Для исключения возможности электрических и механических контактов расстояние между элементами, расположенными рядом должно быть не менее 2 мм.

Установка элементов должна обеспечивать доступ к отдельным элементам с целью осмотра, проверки и замены их в смонтированном блоке. Схемная маркировка каждого элемента должна быть четкой и легко просматриваться.

Установка элементов должна обеспечивать доступ к контактам и клеммам при проведении монтажа и возможность прокладки и крепления проводов.

В местах прокладки проводов не должно быть острых кромок конструкции и выступающих частей крепежа.

В случае применения в составе коробки нескольких соединителей необходимо предусмотреть перед соединителями монтажный объем с площадью основания, рассчитываемой по формуле

$$P = A \times B,$$

где  $A$  – диаметр наибольшего соединителя, мм;  $B$  – приведенное число контактов в этом соединителе, мм.

Необходимо предусматривать в коробке горизонтальное положение электрических соединителей и удобный подход к ним в процессе монтажа и эксплуатации.

Провода внутреннего монтажа не должны закрывать аппаратуру, установленную в распределительной коробке, пульте или щитке. Диаметр внутривыводного жгута не должен превышать 40 мм. Расстояние между неизолированными токонесущими поверхностями аппаратуры должно быть не менее 5 мм. Зазор между концами тумблеров АЗС, АЗФ, АЗР и конструкцией должен быть не менее 2 мм.

Для электромонтажа открытых панелей энергоузлов, электрощитков необходимо предусматривать применение проводов, аналогичных бортовым электрожгутам.

Внутренний монтаж агрегатов следует производить гибкими проводами. Ближе к электрическому соединителю должны устанавливаться электрорадиоэлементы с проводами наибольших сечений.

Перед началом монтажных работ коробки, пульты, щитки должны пройти контроль на соответствие чертежам, ГОСТам и ТУ на материалы и готовые изделия.

Электромонтаж агрегатов (энергоузлов, электрощитков, коробок реле, блоков автоматики и др.) следует производить после полной механической сборки и проверки исправности всех монтируемых элементов схемы и надежности их механического крепления.

Внутренние поверхности металлических коробок должны быть покрыты электроизоляционным материалом или лаком.

Поверхности шин, кроме контактных поверхностей, должны быть изолированы.

Материалы, применяемые при выполнении технологических операций, должны быть из числа разрешенных к применению и отвечать требованиям соответствующих технических условий.

Гибкие монтажные провода, подсоединяемые к неподвижным электрорадиоэлементам, должны иметь запас по длине, обеспечивающий одну-две перепайки, и слабины. Запас и слабина проводов обеспечиваются в процессе проведения электромонтажа.

Касание проводов навесного монтажа о крышку агрегата не допускается.

Отработку геометрических форм и линейных размеров жгута и кабеля на соответствие чертежу необходимо производить при изготовлении опытных образцов. После отработки монтажей производится эталонирование монтажа внутри РК, РУ, ЭЩ.

Технологический процесс изделий можно подразделить на следующие основные операции:

подготовительные;

по изготовлению электрожгутов;

сборки и контроля качества изготовления изделия.

Подготовительные операции охватывают достаточно большой объем работ. Сюда относятся: перемотка проводов на катушки, маркировка проводов на автомате, заготовка маркировочных и защитных бирок, заготовка силовых проводов, изготовление перемычек металлизации, маркировка электрических соединителей, расконсервация и др.

Корпуса изделий должны поступать на монтаж полностью подготовленными (со всеми отверстиями под установку элементов монтажа, очищенными от металлической стружки, пыли, грязи, без посторонних предметов и с частично установленными готовыми изделиями, которые не препятствуют выполнению дальнейшего монтажа).

Внутривыводный электрический монтаж необходимо проводить после монтажа всех ЭРЭ и установки всей требуемой арматуры крепления внутривыводных жгутов.

При изготовлении жгутов в зависимости от конструктивных особенностей изделий предусмотрено полное или частичное их изготовление. Метод раскладки проводов в жгут выбирают в зависимости от конструкции и сложности жгута.

Непрерывная раскладка проводов в жгут применима для сборки жгутов любой сложности и габаритных размеров.

Раскладка мерно нарезанных проводов в жгут позволяет повысить производительность за счет возможности механизации ряда операций (резки, маркировки, разделки конца провода).

Формирование внутривыводного жгута следует начинать от базового соединителя, имеющего наибольшее число задействованных контактов.

Первыми должны прокладываться и задействоваться провода до наиболее удаленных ЭРЭ.

Внутривыводные жгуты закрепляют хомутами на стенках изделия или на стойках ленточными ремешками или хомутами. Хомуты выбирают по диаметру жгута (соответствие размеров установлено в конструкторской документации). Под хомут допускается подмотка ленты.

После прокладки и крепления жгута и отдельных проводов выполняется заделка проводов в электрические соединители и наконечники ранее незаделанных проводов (при частичном изготовлении жгута).

После окончательной установки, крепления и подключения всех элементов монтажа изделия проверяют на вибростенде с целью выявления и удаления посторонних предметов, а также надежности заделки проводов.

Контроль электрических параметров качества монтажа выполняется на специальных стендах.

Анализ изготовления РУ, РК, ЭШ показывает, что подготовительные операции охватывают технологические процессы по перемотке проводов, их маркировке, заготовке маркировочных и защитных бирок, которые подробно рассмотрены при производстве бортовых электрожгутов.

Поэтому целесообразно рассмотреть технологические особенности, связанные с монтажом РУ, РК, ЭЩ.

Для удобства эксплуатации и ремонта элементы, входящие в РУ, РК, ЭЩ, маркируются.

Маркировка проводов, электрожгутов внутреннего монтажа производится по ранее рассмотренной технологии.

Электрические соединители, входящие в состав РУ, РЖ, ЭЩ, маркируются в соответствии с их обозначениями на чертежах и схемах.

Маркировку электрических соединителей следует выполнять одним из следующих способов:

установлением маркировочных трубок из термоусаживаемого материала, маркировочной металлизированной липкой ленты, маркировочных чехлов, фототрафаретов;

нанесением обозначения краской;

гравированием с последующей заливкой эмалью.

Маркировочные обозначения наносятся шрифтами в соответствии с ГОСТ 2930–68. При нанесении маркировочных обозначений на чехлы, а также при наклейке бумажных бирок, фототрафаретов и при маркировке электрических соединителей красками необходимо предварительно протереть поверхность чехлов соединителей салфетками, смоченными в бензине.

В отдельных случаях при работе соединителей внутри пультов разрешается маркировка соединителей бумажными бирками. Бирки должны быть приклеены на видном месте и покрыты лаком в два слоя. Наклеенные бирки не должны иметь задиры по периметру.

Запрещается производить нанесение маркировочных знаков в той части соединителя, где указан его тип. При установке нескольких однотипных соединителей в одном месте должна быть предусмотрена отличительная окраска частей соединителя для исключения ошибок при стыковке.

Маркировочные надписи на агрегатах (электропитках, коробках реле, блоках автоматики и др.) и электрорадиоэлементах предназначены для обеспечения правильного электромонтажа и обслуживания агрегатов при эксплуатации изделий (рис. 6.17 и 6.18).

Отверстие лепестка паяного соединения должно быть заполнено припоем настолько, чтобы обеспечить надежное соедине-

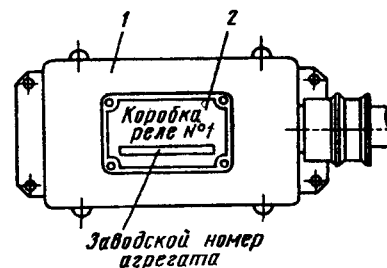


Рис. 6.17. Маркировочные надписи на агрегатах:  
1 – корпус; 2 – маркировочная бирка

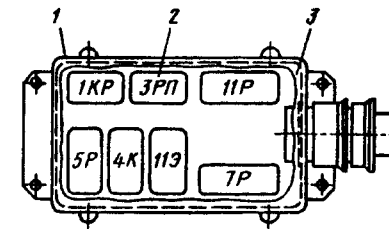


Рис. 6.18. Маркировочные надписи на электроэлементах:  
1 – корпус; 2 – элемент; 3 – крышка

ние. При этом не допускается полностью заливать отверстие лепестка припоем.

Соединения проводов с электроэлементами, в комплект которых входят наконечники, должны производиться только с помощью этих наконечников.

Все наконечники на колодках, контакторах, реле должны фиксироваться, опираясь на электроизоляционные ребра жесткости, стенки, или устанавливаться таким образом, чтобы при возможном повороте наконечника гайка могла только затягиваться. Для фиксирования наконечников рекомендуется применять электроизоляционные термоусаживаемые трубки.

После затяжки из гайки должны выступать не менее 2...3 витков резьбы контактного болта.

При соединении наконечника провода с элементами радиотехнических устройств путем зажатия наконечника винтов необходимо винт после полного закрепления наконечника законтрить красной эмалью.

При соединении монтажных проводов с лепестками длиной  $l$  длина свободной зоны должна быть равной  $2 \pm 0,5$  мм.

При соединении бортовых проводов типа 88, обладающих повышенной жесткостью изоляции, с лепестками максимальной длины  $l$  длина оголенного участка провода должна быть:

до двух наружных диаметров подпаиваемого провода площадью сечения жилы  $0,75$  мм<sup>2</sup> и менее;

до полутора наружных диаметров подпаиваемого провода площадью сечения от  $1,0$  до  $2,5$  мм<sup>2</sup> включительно;

до одного наружного диаметра подпаиваемого провода площадью сечения жилы  $4$  мм<sup>2</sup> и более.

При этом минимальная длина оголенного участка провода после пайки для всех площадей сечения жил должна быть не менее 2 мм, максимальная длина для площадей сечения жил  $4$  мм<sup>2</sup> и более должна быть не более 6 мм.



Для выполнения соединений между электрорадиоэлементами рекомендуется применять гибкие монтажные провода, имеющие в качестве токонесущих жил медную проволоку, покрытую гальваническим оловом или серебром.

В некоторых случаях допускается производить монтаж внутри РУ, РК, ЭЩ с применением никелевого покрытия жилы и с изоляцией повышенной жесткости.

Все элементы монтажа (наконечники, лепестки, контакты, шины), подлежащие пайке, должны иметь предварительное гальваническое покрытие или предварительное горячее лужение припоем, которым будет выполняться пайка.

При пайке применяются припой и флюсы, характеристики которых рассмотрены в технологическом процессе пайки электрожгутов.

Для электромонтажной пайки целесообразно применять электропаяльники различной мощности, рассчитанные на работу от сети переменного тока напряжением 36 В. При этом они должны обеспечивать интенсивность нагрева мест соединения до температуры пайки и стабильно поддерживать температуру в процессе ее выполнения.

Подбор мощности паяльника в зависимости от температуры плавления припоя, а также массы стержня паяльника и соединяемых элементов можно производить в соответствии с данными табл. 6.9.

Размеры и форма жала паяльника должны обеспечивать пайку элементов монтажа с максимальной легкостью и не вызывать повреждений участков, прилегающих к паяным соединениям.

При лужении полупроводниковых элементов, конденсаторов, диодов рекомендуется применять теплоотводы, исключающие перегрев указанных приборов.

Таблица 6.9

Сечение паяемого провода, мм <sup>2</sup>	Мощность паяльника, Вт	Диаметр жала паяльника, мм
0,2...1,0	30...60	3...4
1,0...2,5	50...80	4...6
2,5...4,0	80...120	6...10
6,0	150...200	8...10

Несмотря на большое разнообразие диодов при пайке в основном используется спиртоканифольевый флюс.

Все детали, подлежащие пайке, должны быть предварительно облужены припоем, которым будет производиться пайка. Поверхности, подлежащие пайке, необходимо тщательно обезжи-

рить и покрыть спиртоканифольевым флюсом. Доза флюса должна быть небольшой. Излишков флюса, выливающих на изоляторы соединителей или корпуса приборов, допускать не следует.

Пайка производится разогретым до рабочей температуры жалом паяльника. Положение жала паяльника в зоне соединения должно быть таким, чтобы деталям, соединяемым пайкой, передавался максимум теплоты, а также обеспечивалась достаточная защита изоляции провода от нагрева.

Пайку проводов типа 88 сечением до 1 мм<sup>2</sup> следует производить с применением пинцетов-теплоотводов. При этом следует оставлять необлуженный участок поверхности жилы провода не менее 1 мм от среза изоляции.

Место спая должно быть прогрето до необходимой температуры для обеспечения полного растекания расплавленного припоя и исключения возможности образования "ложных" паек, а также для образования течей припоя по линии соприкосновения паяных поверхностей. До полного затвердевания припоя соединяемые детали должны быть неподвижны относительно друг друга.

При пайке соединений следует принимать меры, исключающие повреждения от перегрева и механических усилий, перелом или перемот токонесущих жил, оплавление изоляции проводов и изолирующих трубок, ослабление или отпайку контактных элементов приборов (лепестков, штырьков и т. д.). Перемотка проводов в зоне пайки на расстоянии менее двух диаметров провода не допускается. При насыщенном монтаже следует применять теплозащитные экраны во избежание касания жалом паяльника окружающих элементов схемы.

При пайке полупроводниковых элементов, резисторов, конденсаторов, всех типов переключателей и выключателей необходимо тщательно контролировать режимы нагрева соединяемых ЭРЭ, исключая перегрев указанных элементов.

При необходимости ступенчатой пайки соединений, расположенных в непосредственной близости друг от друга, пайку каждого последующего соединения следует производить припоем, температура начала кристаллизации которого должна быть на 30...40 °С ниже температуры кристаллизации первого, или с применением теплоотвода.

В процессе нагрева соединений при лужении и пайке необходимо обеспечить отвод теплоты от элементов, чувствительных к тепловому воздействию.

Для этих целей применяются теплоотводы, плоскогубцы и другие теплоемкие элементы. Теплоотводы следует снимать не ранее чем через 5 с после пайки.

При вторичной установке теплоотводы следует менять или охлаждать.

Паяные соединения подвергаются пооперационному и окончательному контролю.

При пооперационном контроле необходимо обеспечить: соответствие марок применяемых материалов действующей технической документации;

соблюдение технологических режимов пайки;

окончательный контроль, включающий в себя 100 %-й осмотр паяных соединений с помощью лупы 4...10-кратного увеличения, 100 %-ую проверку РУ, РК, ЭЩ на соответствие выходных электрических характеристик заданным в технической документации.

**Контроль качества изготовления электрожгутов, пультов, щитков.** Для нормальной работы электрожгута или электрораспределительного устройства необходимо, чтобы элементы, образующие цепи, были правильно соединены между собой, а параметры элементов соответствовали номинальным значениям.

Все электрические цепи можно классифицировать:

на электрические цепи непосредственной связи, совокупность которых образует жгут проводов;

электрические цепи, включающие пассивные элементы (резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности или различные комбинации этих элементов);

электрические цепи, включающие активные линейные и нелинейные элементы их комбинации (реле, диоды, триоды, усилители и т. д.).

При контроле электрических цепей жгутов и электрораспределительных устройств необходимо:

проверить правильность электрических соединений;

убедиться в отсутствии коротких замыканий (ложных перемычек);

убедиться в отсутствии ложных адресов в комбинации из ранее рассмотренных случаев:

определить электрическое сопротивление изоляции;

проверить параметры простейших электрических цепей;

проверить параметры сложных электрических цепей.

Контроль правильности электрических соединений предполагает определение электромонтажных дефектов (обрывов, перепутывания, короткого замыкания между электрическими разобщенными цепями и на корпус). Проверка осуществляется путем подачи на вход цепи контрольного сигнала и регистрации его на выходе (выходах) цепей.

Проверка осуществляется на выходах всех цепей, электрически не связанных между собой. В случае ручного варианта контроля для предотвращения механического повреждения контактов электрических соединителей необходимо использовать

ответную часть электрических соединителей. Щупы контрольных приборов (пробники) необходимо подсоединять к хвостовикам контактов ответных частей электрических соединителей.

Важное место при контроле занимает проверка электрических параметров цепей: сопротивления изоляции, прочности изоляции.

Сопротивление изоляции – величина, численно равная отношению приложенного к изоляции не меняющегося во времени электрического напряжения к силе проходящего через изоляцию тока. Измерение производится при установившихся показаниях прибора.

Величину напряжения при измерении сопротивления изоляции следует выбирать в зависимости от номинального рабочего напряжения по данным табл. 6.10 и 6.11.

Замер электрического сопротивления изоляции должен производиться между цепями и металлическими частями изделий (корпусом).

Измерение сопротивления изоляции производится непосредственно при постоянном токе или на стендах, измеряющих силу тока, протекающего через изоляцию при известной разности потенциалов между электродами. Погрешность прибора не должна превышать 20 %.

Электрическая прочность – способность изоляции выдерживать испытательное напряжение без пробоя и перекрытий.

Испытание электрической прочности изоляции производится между электрическими цепями и металлическими нетоковедущими частями изделия (корпусом). Величина испытательного напряжения должна соответствовать данным, приведенным в табл. 6.10.

Т а б л и ц а 6.10.

Максимальное рабочее напряжение, В	Напряжение постоянного тока при измерении сопротивления изоляции, В
До 1000	До 30
> 1000	30...500

Т а б л и ц а 6.11.

Условий испытаний	Сопротивление изоляции, Ом, при значениях рабочего напряжения, кВ	
	До 0,5	> 0,5...10
Номинальные климатические условия	20	100
Повышенная температура	5,0	20
Повышенная влажность	1,0	2,0

Испытательное напряжение для условий повышенной влажности определяется умножением величин испытательных напряжений в нормальных климатических условиях на соответствующий коэффициент  $k_{и}$ , приведенный в табл. 6.12.

Таблица 6.12

Максимальное рабочее напряжение цепей, В	Испытательное напряжение в нормальных условиях, В	$k_{и}$ в условиях пониженного атмосферного давления
До 100	500	1,5
>100...1000 для равнотехнических и электронных цепей	Не менее 500	1,5
Для цепей электропитания (в том числе электропроводов, блокировок, магнитных пускателей и т. д.)	500	1,5

При проверке электрической прочности изоляции испытательное напряжение должно соответствовать виду рабочего напряжения. Допускается замена испытательного напряжения любого вида напряжением переменного тока частотой 50 Гц.

В случае замены напряжения постоянного и переменного токов частотой до  $10^6$  Гц амплитудное значение напряжения переменного тока частотой 50 Гц принимается равным испытательному напряжению. Испытательное напряжение следует подавать плавно, увеличивая с нуля или со значения, не превышающего номинальное напряжение. Повышение напряжения до испытательного значения должно производиться плавно или равномерно ступенями со скоростью примерно 10 % от испытательного значения за время 1 с.

Изоляцию необходимо выдерживать под испытательным напряжением в течение 1 мин, после чего напряжение плавно или ступенчато снижается до нуля. Для изделия с рабочим напряжением до 100 В время выдержки изоляции под испытательным напряжением в нормальных климатических условиях допускается сокращать до 1 с при одновременном увеличении испытательного напряжения на 25 %. При этом оно может подаваться скачком.

Контроль электрожгутов и электрораспределительных устройств в рассматриваемом объеме позволяет обеспечить высокое качество электрокоммуникаций.

## 6.2. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Современные самолеты оборудованы гидрогазовыми системами, предназначенными для выполнения таких жизненно важных

функций, как управление самолетом в воздухе и на земле, управление взлетно-посадочными устройствами, аварийное управление. Надежность этих систем в значительной степени определяет надежность самолета в целом.

Особенно серьезные требования предъявляются к эксплуатационной надежности и безотказности авиационных гидравлических и топливных систем.

Анализ показывает, что отказы гидрогазовых и топливных систем составляют значительную долю в общем числе отказов систем ЛА.

Большинство отказов и неисправностей трубопроводных систем происходит в результате негерметичности и разрушения их элементов. Поэтому производство надежных трубопроводных систем требует решения комплекса сложных вопросов, начиная с проектирования и отработки эталонного монтажа, изготовления и контроля деталей и агрегатов в заготовительных цехах и окончая монтажом и контрольно-испытательными работами в агрегатно-сборочных и сборочных цехах, а также на контрольно-испытательной станции (КИС).

**Общие требования к монтажу гидрогазовых систем и их элементов.** Трудоемкость монтажа трубопроводных систем зависит от состояния поставки и качества сборочных работ по отдельным элементам, панелям, секциям и агрегатам, а также от взаимной увязки их между собой.

Наиболее рациональными мероприятиями по сокращению цикла и трудоемкости являются взаимозаменяемость агрегатов и деталей, распределение монтажных работ по агрегатно-сборочным цехам, осуществление внеставельных работ.

Объем работ по монтажу, регулированию и испытаниям всех систем самолета должен быть распределен так, чтобы обеспечить:

- максимально короткие сроки нахождения агрегатов и самолета на сборке и испытаниях;

- безусловную надежность и безотказность действия всех систем, достигаемые за счет тщательного и многократного регулирования и проверки на разных стадиях монтажных работ;

- выполнение монтажных работ, регулирование и испытания в условиях, сокращающих трудоемкость монтажных работ; доводку стыковых мест установки готовых агрегатов; установку кронштейнов, хомутов и других крепежных элементов; монтаж трубопроводов;

- продувку трубопроводных систем, промывку трубопроводов с отключенными агрегатами смонтированной гидросистемы;

- проверку герметичности всех трубопроводных систем с предельно тщательной отработкой систем на функционирование.

Для сборочных цехов монтаж элементов систем группируют отдельно для узлов, подборок, секций, отсеков и агрегатов, а монтажные работы распределяют между цехами в зависимости от конструкции изделия и серийности его производства, а также профиля выполняемых работ.

Размещение отдельных систем по отсекам в несстыкованных агрегатах обеспечивает предварительный контроль, испытания систем и поставку агрегатов (Ф1, Ф2, Кр) на сборку в законченном виде. Большинство монтажных работ выполняется в агрегатно-сборочных цехах, обеспечивая поставку на окончательную сборку агрегатов с максимальным объемом выполненного монтажа.

Для удобства выполнения монтажных работ в сборочных чертежах необходимо указать места установок и точки крепления деталей, узлов и агрегатов систем и ориентировать их только относительно физических баз (например, стыковых узлов, базовых шпангоутов, лонжеронов, стрингеров и т. п.).

Наиболее технологичным конструктивным решением является такое размещение агрегатов и узлов систем, при котором съём одного из них не вызывает демонтажа находящихся рядом агрегатов.

Монтаж оборудования гидрогазовых систем выполняется в агрегатах планера по окончании всех сверлильно-зенковочных, подготовительно-припиловочных и клепальных работ, а также после тщательной очистки во избежание отказа в работе при попадании мельчайших посторонних частиц в агрегаты систем (стружки, пыли и т. д.).

Отсеки должны отвечать всем требованиям взаимозаменяемости по стыковым и посадочным местам, быть загерметизированы и иметь реперные точки.

Гидро- и пневмопанели устанавливаются после продувки (промывки) трубопроводов. Трубопроводы, стыкуемые с агрегатами панелей, необходимо устанавливать по специальным приспособлениям и макетным агрегатам.

Монтаж систем необходимо производить в строгом соответствии с чертежами, производственными инструкциями (ПИ), техническими условиями (ТУ) на данное изделие.

При монтаже трубопроводов топливной и кислородной систем необходимо обеспечить уклон трубопроводов на участке от баков до трехходового крана при "стояночном" положении самолета для слива конденсата в соответствии с требованиями ТУ ОКБ, серийно-конструкторского отдела (СКО).

Запрещается оставлять открытыми каналы трубопроводов, рукавов, агрегатов и т. д. Заглушки, колпачки и другие средства упаковки с каналов трубопроводов, рукавов, агрегатов необходи-

мо снимать только перед их непосредственным подсоединением, а также перед промывкой или продувкой внутренних каналов трубопроводов.

Монтаж агрегатов, баков и других узлов необходимо проводить в строгом соответствии с чертежами, ТУ, ПИ. Перед монтажом они должны пройти строгий контроль, а по геометрическим параметрам должны соответствовать ОСТ 1.41420 – 73...ОСТ 1.41439 – 73 "Монтаж трубопроводных систем. Обеспечение взаимозаменяемости систем".

Смонтированные трубопроводы и патрубки, противопожарную, противообледенительную, высотную, маслосистемы, системы дренажа и наддува, а также системы питания двигателей необходимо продуть сжатым воздухом (ГОСТ 11882 – 73) согласно требованиям чертежей и ТУ ОКБ или СКО заводов с указанием схем продувки и кольцевания. Кислородная система продувается азотом (ГОСТ 9293 – 74), имеющим паспорт с указанием его сорта. Продувание ее сжатым воздухом запрещается.

**Компенсированные элементы трубопроводных коммуникаций.** Применение труб повышенной жесткости требует строгого соблюдения технологии монтажа: стабильности координат точек подсоединения, отсутствия недотяга при монтаже, уменьшенных отклонений по несоосности и перекосу, отработки конфигурации трубопроводов с максимальной податливостью, последовательности монтажа, введения компенсирующих элементов и групп точности.

Выполнение монтажа труб повышенной жесткости с монтажными неточностями при недостаточной компенсации (неоптимальная конфигурация трубы, отсутствие компенсирующих элементов и т. д.) приводит к возникновению значительных напряжений в местах подсоединения и крепления, а следовательно к необходимости увеличения крутящих моментов затяжки для обеспечения герметичности.

При проектировании магистрали трубопроводов с наружным диаметром свыше 12 мм необходимо предусматривать, чтобы одно из мест подсоединения имело компенсационные возможности: перемещения на элементах крепления агрегатов системы; перемещение штуцера агрегата (места подсоединения); специальный элемент, регулируемый по длине штуцера; шарнирное соединение и др.

Монтаж и демонтаж трубопровода, замыкающего звена или любых других трубопроводных трасс без разборки (частичной или полной) обеспечиваются соответствующей конфигурацией трубы и пространственным расположением точек подсоединения относительно друг друга на борту изделия.

Целесообразные конфигурации труб замыкающих звеньев приведены на рис. 6.19.

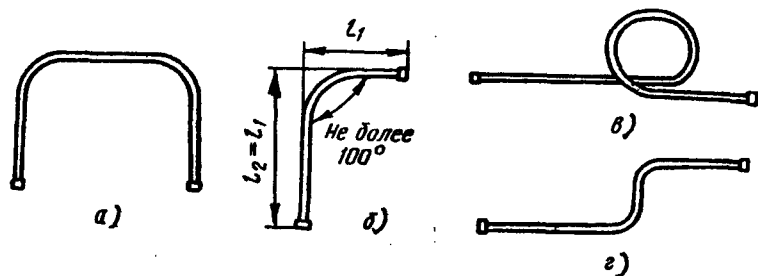


Рис. 6.19. Рекомендуемые конфигурации трубопроводов для замыкающего звена:  
а, б – для диаметров до 12 мм; в, г – для диаметров свыше 12 мм

В наиболее ответственных местах магистрали, где трубопроводы или патрубки соединяются с агрегатами, имеющими значительные различия по точности размещения, приводящие к большим монтажным напряжениям, можно рекомендовать установку регулируемых (подвижных) соединений (рис. 6.20).

В целях снижения монтажных напряжений промежуточные элементы крепления трубопроводов целесообразно выполнять с упругодеформирующимися (эластичными) вкладышами из резины, эластомеров, композиций с различными наполнителями,

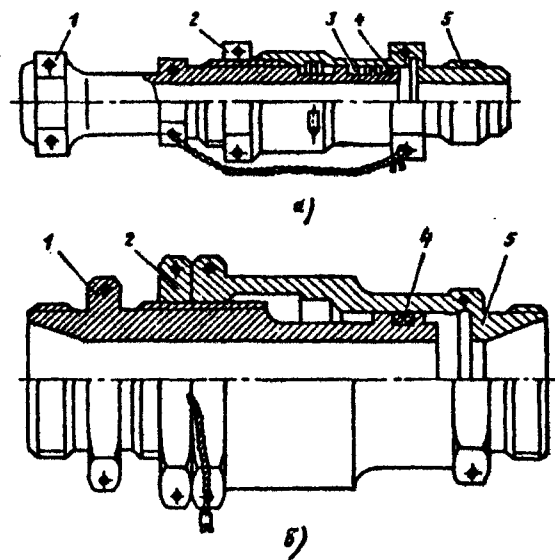


Рис. 6.20. Регулируемые (подвижные) соединения:  
а – для трубопроводов диаметром до 1 мм; б – для трубопроводов диаметром до 42 мм; 1 – корпус; 2 – контргайка; 3 – защитное кольцо; 4 – уплотнительное кольцо; 5 – штуцер

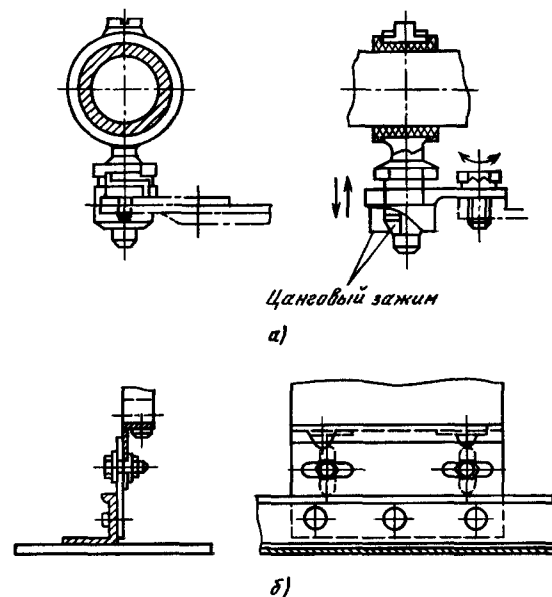


Рис. 6.21. Элементы крепления трубопроводов, имеющих компенсационные возможности:  
а – хомут; б – колодка

металлорезины. При этом конструкция кронштейнов крепления должна обеспечивать их наименьшую жесткость.

Применение жестких хомутов и колодок для крепления трубопроводов не рекомендуется, за исключением технически обоснованных случаев.

Для компенсации монтажных неточностей в промежуточных элементах крепления, особенно для трубопроводов большого диаметра ( $D_n \geq 18$  мм), необходимо предусматривать установку регулируемых креплений (рис. 6.21).

В гидросистемах, где требуется поворот сопряженных деталей на угол до  $360^\circ$  в одной плоскости с 1...3 степенями свободы (в системах шасси, складывающихся крыльев и т. д.), рекомендуется применять поворотные и радиально-шарнирные соединения трубопроводов (рис. 6.22). Эти соединения имеют широкие диапазоны рабочих давлений (0,3...35 МПа) и температур ( $-60...+120^\circ\text{C}$ ), их минимальный рабочий момент кручения равен 0,28 Н·м при давлении 28 МПа. Радиально-шарнирные соединения коррозионно-стойкие и могут использоваться в коммуникациях с различными жидкостями.

Для компенсации эксплуатационных перемещений по длине трубопроводной коммуникации рекомендуется устанавливать

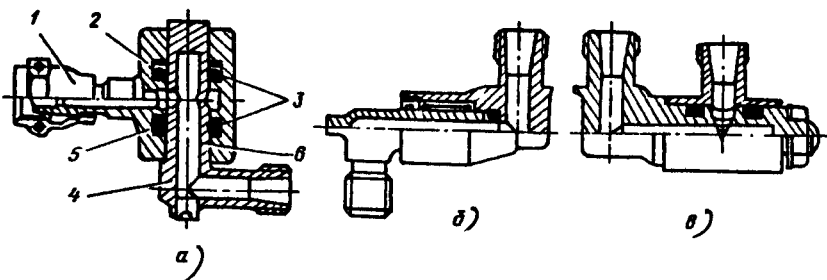


Рис. 6.22. Поворотное и радиально-шарнирное соединения трубопроводов: *а* – поворотное; *б* – радиально-шарнирное со сдвоенными прецизионными подшипниками; *в* – радиально-шарнирное с радиальными подшипниками; 1 – обжимная гайка; 2 – муфта; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – корпус; 5 – защитное кольцо; 6 – контровка

фторопластовые рукава (конструкция и размеры – по отраслевым документам) или уравновешенные компенсаторы.

На КНААПО разработана конструкция соединения, обеспечивающая компенсацию смещения концов соединяемых труб под любым углом в пространстве<sup>1</sup>. Соединение (рис. 6.23) включает законцовки труб 1 и 2 в виде nipples 3 и 4, которые охватываются с возможностью поворота компенсаторами 5 и 6, сопрягаясь с ними и между собой по поверхностям тел вращения 7, 8, 9, 10. Компенсаторы прижимаются к nipples гайками 11, 12, обеспечивая герметичность по сопрягаемым поверхностям тел вращения 7 и 8. Герметичность по сопряжению поверхностей 9 и 10 обеспечивается прижатием компенсатора 6 к компенсатору 5 с помощью накладной гайки 13. Сопрягаемая поверхность 9 компенсатора 5 является частью корпуса с осью *OA*, которая пересекается и расположена под углом  $\alpha$  к оси *OB* поверхности 7, а ось *OC* поверхности 10 компенсатора 6 пересекается и расположена под таким же углом  $\alpha$  к оси *OD* поверхности 8. Соединение труб работает следующим образом.

При монтаже 1 и 2 компенсаторы 5 и 6 раздвигают вдоль nipples 3 и 4 на размер *a* между соединяемыми концами труб. Это обеспечивает возможность установки труб в номинальное положение без подгибки и последующих осевых напряжений при стягивании. Затем компенсаторы сближают до сопряжения поверхностей 9 и 10 между собой с последующим поворотом компенсаторов 5 и 6 относительно друг друга до тех пор, пока не совпадут их наружные цилиндрические поверхности 14 и 15, что обеспечивает возможность стягивания компенсаторов накладной гайкой 13. К nipples 3 и 4 компенсаторы 5 и 6 при-

<sup>1</sup> Кузьмин В. Ф. Соединение труб, компенсирующее угловые смещения трубопровода: А. с. 1107614 СССР: F 16  $\alpha$  27/02.

жимают гайками 11 и 12. При повороте компенсатора 5 относительно оси *OB* (поворот по поверхности 7) точка *C*, лежащая на продолжении оси *A*, описывает траекторию *t*, в виде окружности. При повороте точка *C* может занимать на траектории *t* положения  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  для каждого фиксированного в этих точках положения компенсатора 5, компенсатор 6 может поворачиваться относительно своей оси *OC* поверхности 10, т. е. с совпадением поверхностей 14 и 15. При этом точка *D*, лежащая на оси *OD* поверхности 8, будет описывать траекторию  $t_1$  с центром в точке  $a_1, t_2$  с центром в точке  $a_2, t_3$  с центром в точке  $a_3$  и т. д.

При этом ось трубы 2, совпадающая с осью *OD* поверхности 8, может занимать любые положения в пределах телесного угла  $\alpha$  с обеспечением свинчиваемости компенсаторов 5 и 6 без напряжений, чем достигается возможность компенсации угловых смещений соединяемого трубопровода в пределах этого угла.

**Подготовка к монтажу элементов трубопроводных коммуникаций.** Все гидропневмотопливные агрегаты, изготовленные на заводе-изготовителе и поступившие с заводов-поставщиков, перед установкой их на изделие должны быть расконсервированы по требованию паспорта на готовое изделие, затем укомплектованы арматурой на специализированных участках цеха с помощью универсального сборочного приспособления (УСП) по шаблонам или приспособлениям, имитирующим их положение на изделии согласно ТУ.

При установке арматуры (штуцеров, проходников, угольников и др.) необходимо особое внимание обращать на обеспечение чистоты устанавливаемой арматуры и рабочего места.

Штуцеры на агрегаты кислородной системы необходимо устанавливать на свинцовом глете (ГОСТ 5339 – 50) и выдерживать в течение 4 ч.

Перед установкой агрегатов, емкостей, готового оборудования на изделие проверяется:

отсутствие внешних дефектов;

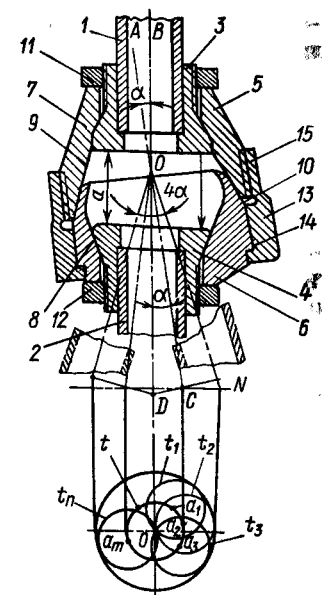


Рис. 6.23. Соединение труб, компенсирующее угловые смещения трубопровода

отсутствие консервирующей смазки на наружных поверхностях;

наличие клейм ОТК и паспорта;

наличие заглушек и пломб;

совпадение номера агрегата с номером в паспорте.

При установке на изделие кислородных баллонов обязательно проверяется срок их очередного гидроиспытания инспекцией Котлонадзора.

В зависимости от требований дальнейшего ведения технологического процесса (промывки и испытаний) согласно указаниям технической документации вместо рабочих фильтров при монтаже гидравлических систем могут быть установлены технологические фильтры, а вместо ряда рабочих агрегатов – макеты этих агрегатов.

**Примечание.** При демонтаже технологических фильтров и макетов агрегатов необходимо соблюдать меры по предупреждению повреждения смонтированных систем.

Перед началом работы удаляют все посторонние предметы из зоны прокладки трубопроводов и монтажа агрегатов.

**Примечание.** При монтаже поддерживают надлежащую чистоту и не допускают засорения изделия.

Трубопроводы должны поступать со склада с закупоренными концами. При этом необходимо проверить:

наличие клейма или целостность пленки при закупорке труб методом твердой консервации в заготовительном цехе;

наличие чертежного номера или цветовой маркировки, нанесенных краской на поверхности трубопровода.

Трубопроводы, находящиеся на производственном участке и не установленные на изделия, должны храниться на монтажных столах или в стеллажах. При хранении не допускается соприкосновения трубопроводов между собой и с другими металлическими деталями.

При монтаже трубопроводов гидросистем они раскупориваются, а продувке воздухом не подлежат.

Поступающие со склада шланги необходимо проверить:

на чистоту наружной и внутренней поверхностей. Для проверки чистоты внутренней поверхности шланга его продувают воздухом (ГОСТ 11882 – 73), приложив к открытому концу фильтровальную бумагу или салфетку; бумага или салфетка должна остаться чистой. Для проверки чистоты наружной поверхности шланга ее протирают салфеткой. Салфетка должна остаться чистой;

наличие клейма ОТК и клейма о проведении испытаний на прочность и герметичность, наличие металлической бирки;

наличие паспорта с указанием сроков службы и гарантий; сохранность специальных колпачков или оберточной бумаги на концах шланга. При обнаружении разрушенных колпачков или обвязок шланг промыть нефрасом С-50/1.70 (ГОСТ 11882 – 73) с точкой росы не выше 40 °С от общей сети или от баллонов через стенд с фильтром с тонкостью фильтрации 1...5 мкм, с маслоотделителем и редуктором; давление 0,3...0,6 МПа;

отсутствие повреждений шлангов в наконечниках. Если шланг в наконечнике проворачивается (легко от руки), его необходимо заменить.

С концов трубопроводов и гибких шлангов перед их соединением необходимо снять предохранительные колпачки или обертку и все трубопроводы, кроме кислородных и продуваемых после монтажа на изделия, продуть сухим сжатым воздухом давлением 0,3...0,6 МПа от баллонов через стенд с фильтром (марки 11ВФ12), маслоотделителем и редуктором или от общей сети через соответствующий продувочный стенд.

**Технология монтажа трубопроводных коммуникаций с разъемными соединениями.** После расконсервации агрегатов и емкостей производится их монтаж на панели, кронштейны, установленные на оснастке, обеспечивающей постоянство места при монтаже; перед прокладкой трубопроводов необходимо крепление основания колодок на изделия, установленных при сборке.

**Примечание.** Головки заклепок крепления основания колодок должны утопать относительно сферической части основания (по чертежу).

С целью предотвращения разрушений трубопроводов по границам колодок в местах их зажима необходимо установить прокладки. В качестве прокладок под хомуты или колодки можно рекомендовать разъемные втулки из фторопласта (ГОСТ 10007 – 72), которые снижают напряжение при одной и той же нагрузке в 3...4 раза и более, равномерно распределяя его по диаметру.

Кроме того, крепление хомута или колодки с втулкой ввиду пластичности фторопласта допускает продольное перемещение хомута или колодки по трубе, что некоторым образом компенсирует температурные напряжения, возникающие вследствие градиента температур корпуса и трубопровода.

В местах, где рабочая температура допускает применение резины, вместо жестких колодочных зажимов с фторопластовыми прокладками рекомендуется ставить резиновые прокладки. Они исключают пережатие трубок при их зажиме в колодках, обеспечивают равномерное закрепление трубок разных диаметров в одной колодке и компенсируют неточности в случае нарушения соосности трубопровода с канавкой колодки или нарушения зазора между трубками при прокладке, не вызывая дополнительных напряжений в трубопроводах.

Элементы крепления трубопроводов и агрегатов должны устанавливаться на планере или панелях по специальным шаблонам или сборочным отверстиям. Разметка и индивидуальная подгонка по месту недопустимы. Крепление трубопроводов низкого давления, например из сплава АМг размером 6×1 мм, допускается производить по разметке.

Все средства центровки, фиксации и крепления систем оборудования должны устанавливаться на несостыкованных агрегатах планера с необходимой точностью по заданным размерам с помощью жесткой оснастки:

кронштейны следует устанавливать в стапелях общей сборки; сборочные отверстия в элементах систем должны быть просверлены по кондукторам;

сборочные отверстия в агрегатах планера для монтажа на них панелей следует сверлить с помощью кондукторов, устанавливаемых на стыковые узлы планера, имеющие необходимую точность изготовления.

Если в агрегатах планера нельзя сверлить сборочные отверстия для монтажа панелей на изделия по кондукторам, они сверлятся непосредственно по сборочным отверстиям панелей (взамен кондукторов).

Все элементы крепления должны подаваться на монтаж полностью смонтированными и проверенными на отсутствие заборин, наличие нумерации по принадлежности к той или иной системе, бирки цеха-изготовителя трубопровода, патрубка.

При монтаже трубопроводов с агрегатами и промежуточными элементами крепления необходимо выдержать следующие нормы монтажных неточностей, мм:

нормы допустимых отклонений  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  (неотяг и несоосность) в соединениях при монтаже прямых труб без точек крепления между штуцерами или труб, имеющих прямой участок от точки крепления до штуцера (табл. 6.13);

нормы допустимых отклонений  $\Delta_1$  (неотяг) в соединениях при монтаже изогнутых труб без точек крепления между штуцерами или участка трубопровода между штуцером и крепежным элементом в зависимости от отношения  $l_3/l_1$  или  $l_1/l$  (табл. 6.14);

нормы допустимых отклонений  $\Delta_2$  (несоосность) в соединениях при монтаже изогнутых труб без точек крепления между штуцерами или участка трубопровода между штуцером и крепежным элементом в зависимости от отношения  $l_3/l_1$  (табл. 6.15). Нормы составлены на основании результатов усталостных испытаний и анализа закономерностей возникновения монтажных неточностей.

Примечание. Усталостные испытания только для соединений трубопроводов из стали 12Х18Н10Т, выполненных по ГОСТ 13954 – 74...ГОСТ 13977 – 74.

Таблица 6.13

Наружный диаметр трубопровода, мм	Длина прямого участка трубопровода между местами крепления, мм								
	До 100	101...150	151...200	201...250	251...300	301...350	351...400	401...450	Свыше 450
6...8	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	9,0
10...12	0,3	0,8	1,5	2,0	3,0	3,5	4,5	5,0	6,0
14...16	0,2	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
18...20	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Свыше 20	0,05	0,1	0,25	0,4	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5

Примечание. Длина трубопровода между местами крепления – расстояние между двумя агрегатами, агрегатом и элементом крепления (колодкой, хомутом), двумя элементами крепления (колодками, хомутами).

В нормах на монтажные неточности перекосяк принимается равным нулю, хотя эта неточность значительно влияет на сопротивление трубопровода переменным напряжениям. Так, для прямого трубопровода длиной 300 мм и размером 12×1,0 мм перекосяк, равный 1°, снижает выносливость на 20 % (при отсутствии двух других неточностей). Для трубопроводов длиной 300 мм, изогнутых под прямым углом, допустимый перекосяк еще меньше: небольшая угловая неточность  $\Delta_3$  выбирается за счет деформации развальцованной части трубы. Эта особенность работы соединений и трудность контроля данной величины позволяют не назначать допустимый перекосяк  $\Delta_3$  для контроля при монтаже, так как его значение определяется отклонениями  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  на противоположном конце трубы.

Таблица 6.14

Длина трубопровода, (условно $l = l_1 + l_3$ ), мм	Отношение плеч трубопроводов $l_3/l_1$ или $l_1/l$	Наружный диаметр трубопровода, мм				
		До 6	8...10	12...16	18...20	Свыше 20
До 200	0,1...0,2	1,3	0,9	0,6	0,4	0,1
	0,3	1,4	1,0	0,8	0,4	0,2
	0,4...0,5	1,4	1,0	0,7	0,5	0,2
	0,6...0,8	1,3	0,8	0,7	0,4	0,2
	0,9...1,0	1,2	0,7	0,6	0,4	0,2
201...250	0,1...0,2	2,1	1,5	1,0	0,6	0,3
	0,3	2,2	1,6	1,2	0,6	0,4
	0,4...0,5	2,0	1,4	1,1	0,7	0,4
	0,6...0,8	1,9	1,2	0,9	0,6	0,4
	0,9...1,0	1,8	1,1	0,8	0,6	0,4



Продолжение табл. 6.14

Длина трубопровода, (условно $l = l_1 + l_2$ ), мм	Отношение плеч трубопроводов $l_2/l_1$ или $l_1/l_2$	Наружный диаметр трубопровода, мм				
		До 6	8...10	12...16	18...20	Свыше 20
251...300	0,1...0,2	2,9	2,1	1,4	0,8	0,5
	0,3	3,0	2,2	1,6	0,8	0,6
	0,4...0,5	2,6	1,8	1,5	0,9	0,6
	0,6...0,8	2,5	1,6	1,1	0,8	0,6
	0,9...1,0	2,4	1,5	1,0	0,8	0,6
301...350	0,1...0,2	3,7	2,7	1,8	1,0	0,7
	0,3	3,8	2,8	2,0	1,0	0,8
	0,4...0,5	3,2	2,2	1,9	1,1	0,8
	0,6...0,8	3,1	2,0	1,3	1,0	0,8
	0,9...1,0	3,0	1,9	1,2	1,0	0,8
351...400	0,1...0,2	4,5	3,3	2,2	1,2	0,9
	0,3	4,6	3,4	2,4	1,2	1,0
	0,4...0,5	3,8	2,6	2,3	1,3	1,0
	0,6...0,8	3,7	2,4	2,5	1,2	1,0
	0,9...1,0	3,6	2,3	1,4	1,2	1,0
Свыше 400	0,1...0,2	5,3	3,9	2,6	1,4	1,1
	0,3	5,4	4,0	2,8	1,4	1,2
	0,4...0,5	4,4	3,0	2,7	1,5	1,2
	0,6...0,8	4,3	2,8	1,7	1,4	1,2
	0,9...1,0	4,2	2,7	1,6	1,4	1,2

Таблица 6.15

Длина трубопроводов (условно $l_2 = l_1 + l_3$ ), мм	Отношение плеч трубопроводов $l_3/l_1$ или $l_1/l_3$	Наружный диаметр трубопровода, мм			
		До 10	12...16	18...20	Свыше 20
До 200	0,1...0,2	0,8	0,6	0,4	0,3
	0,3	1,2	1,0	0,9	0,6
	0,4...0,5	1,8	1,4	1,1	0,9
	0,6...0,8	2,5	1,8	1,5	1,3
	0,9...1,0	3,1	2,1	1,8	1,5
201...250	0,1...0,2	1,0	0,8	0,6	0,5
	0,3	1,8	1,2	1,1	1,8
	0,4...0,5	2,4	1,8	1,5	1,3
	0,6...0,8	3,5	2,4	2,1	1,9
	0,9...1,0	4,5	2,9	2,6	2,3

Продолжение табл. 6.15

Длина трубопроводов (условно $l_2 = l_1 + l_3$ ), мм	Отношение плеч трубопроводов $l_3/l_1$ или $l_1/l_3$	Наружный диаметр трубопровода, мм			
		До 10	12...16	18...20	Свыше 20
251...300	0,1...0,2	1,2	1,0	0,8	0,7
	0,3	2,4	1,4	1,3	1,0
	0,4...0,5	3,0	2,2	1,9	1,7
	0,6...0,8	4,5	3,0	2,7	2,5
	0,9...1,0	5,9	3,7	3,4	3,1
301...350	0,1...0,2	1,4	1,2	1,0	0,9
	0,3	3,0	1,6	1,5	1,2
	0,4...0,5	3,6	2,6	2,8	2,1
	0,6...0,8	5,5	3,6	3,3	3,1
	0,9...1,0	7,3	4,5	4,2	3,9
351...400	0,1...0,2	1,6	1,4	1,2	1,1
	0,3	3,6	1,8	1,7	1,4
	0,4...0,5	4,2	3,0	2,7	2,5
	0,6...0,8	6,5	4,2	3,9	3,7
	0,9...1,0	8,7	5,3	5,0	4,7
Свыше 400	0,1...0,2	1,8	1,6	1,4	1,3
	0,3	4,2	2,0	1,9	1,6
	0,4...0,5	4,8	3,4	3,1	2,9
	0,6...0,8	7,5	4,8	4,5	4,3
	0,9...1,0	10,1	6,1	5,8	5,5

Примечания: 1. В табл. 6.13...6.15 приведены допускаемые несоосности соединений для труб I группы точности. Для расчета допускаемых значений монтажных неточностей труб II и III группы точности вводятся поправочные коэффициенты 1,5 и 2,0 соответственно. Допускается увеличение значения одной неточности, если значение другой неточности меньше допускаемого.

2. Для трубопроводов с криволинейными участками (изогнутых в одной или нескольких плоскостях) допускаемые значения монтажных неточностей могут быть несколько выше, чем для прямолинейных, так как в этом случае они меньше влияют на величину монтажных напряжений  $\sigma_m$ , чем в прямолинейных трубопроводах.

Для трубопровода с несколькими изгибами в различных плоскостях значения допустимых неточностей приближенно можно устанавливать исходя из его размеров, определяемых по проекции трубопровода на плоскость, в которой он имеет наибольшую длину. При этом полученные допустимые неточности будут несколько занижены.

Рекомендуемые допустимые монтажные неточности  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  для других типов соединений из различных марок сталей и титановых сплавов с различной толщиной стенки трубы назначают-

ся ОКБ или СКО серийного завода. Для трубопроводов всех систем, кроме гидравлической, значения монтажных неточностей могут быть увеличены при наличии указания в чертежах, ТУ или ПИ.

Приведенные нормы получены при следующих допущениях:

ось трубопровода и все места с неточностями лежат в одной плоскости;

все неточности создают в опасном сечении наибольшие напряжения одного знака, что наблюдается чаще всего;

податливости мест крепления нет.

При монтаже трубопроводов с прямой осью следует обращать особое внимание на величину неточности  $\Delta_1$  (недотяг), которая при монтаже может привести к изменению конфигурации соединения (вырыв трубы из ниппеля), что в свою очередь может нарушить герметичность.

Монтаж трубопроводов с промежуточными креплениями колодками рекомендуется вести в следующей последовательности:

закрепить концы трубопровода, навертывая от руки накидные гайки до упора;

закрепить предварительно от руки одну из средних промежуточных колодок;

отвернуть на 0,5...1 оборот накидные гайки; окончательно закрепить (последовательно) промежуточные колодки, измеряя неточности на каждом монтируемом участке;

отвернуть полностью накидные гайки и проверить неточности по величинам отхода трубки от штуцера.

Если неточности  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  лежат в допустимых пределах, необходимо окончательно затянуть гайки.

Если недотяг больше допустимого, то его можно уменьшить, не изменяя конфигурацию трубопровода. В этом случае допускается устанавливать шайбы толщиной до 5 мм под фланцы проходника (рис. 6.24) с одной или с двух сторон. Для снижения несоосности в местах крепления трубопровода с помощью колодок, хомутов и кронштейнов допускается установка под их плоскости крепления шайб толщиной 1...2 мм.

Значения допустимых монтажных неточностей в соединениях  $\Delta_1$  (недотяг) и  $\Delta_2$  (несоосность) для прямых трубопроводов, имеющих прямой участок от точки крепления (колодки, хомуты) до штуцера, не должны превышать значений, приведенных в табл. 6.13.

Значения монтажных неточностей в соединениях  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  для изогнутых стальных трубопроводов без точек крепления между штуцерами и крепежным элементом не должны превышать значений, приведенных в табл. 6.14, 6.15.

Для трубопроводов, имеющих некоторый изгиб (рис. 6.25), допустимые неточности определяются по табл. 6.14, 6.15 в зависимости от полной длины трубопровода, его диаметра  $D_n$  и соотношения плеч. Приведенные значения получены для радиуса изгиба  $R$ , равного  $3,5 D_n$ . Эти результаты можно применять и для трубопроводов с большим радиусомгиба.

При креплении трубки колодками зажима возникают две неточности —  $\Delta_2$  (недотяг) и  $\Delta_3$  (перекос). Допустимые значения  $\Delta_2$  следует определять по табл. 6.16 в зависимости от конфигурации прилегающих участков. При определении допустимых неточностей в местах крепления колодками зажима следует рассматривать участок до ближайшего места крепления.

Если неточности  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  больше допустимых, необходимо определить зоны подгибки и произвести подгибку трубопровода непосредственно на изделии или на специально оборудованном абочем месте. Зоны подгибки должны располагаться преимущественно на прямых участках. Запрещается производить подгибку трубопроводов в местах соединений и креплений. На изделии допускается подгибка следующих трубопроводов: стальных (12X18H10T) с наружным диаметром до 12 мм, алюминиевых (АМг2М и др.) с наружным диаметром до 16 мм.

**Примечание.** Разрешаются отклонения конфигурации трубопроводов от галенов до 5...6 мм после подгибки при монтаже в нелIMITированных зонах.

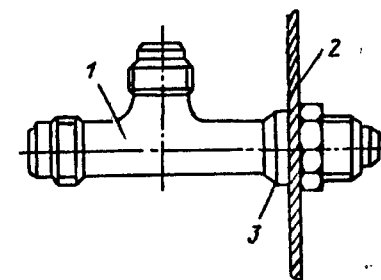


Рис. 6.24. Схема установки регулировочных шайб под фланцы штуцеров, проходников и другой арматуры:  
1 - тройник; 2 - перегородка изделия; 3 - регулировочная шайба

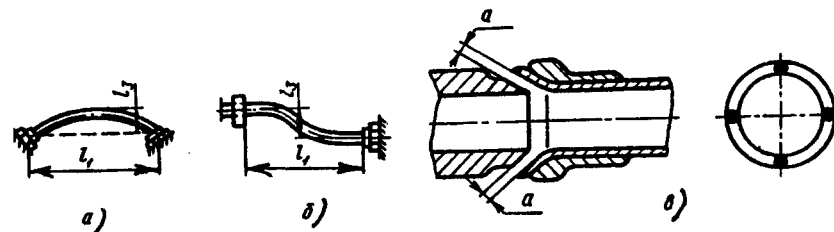


Рис. 6.25 Простые неточности, возникающие при монтаже свободного конца а), промежуточного участка (б) трубопровода, изогнутого под некоторым углом, и схема замера монтажных неточностей (в) в соединениях трубопроводов по наружному конусу

Остальные трубопроводы допускается подогнуть на специально оборудованном рабочем месте с применением оснастки, исключающей возникновение гофров и овальности выше допустимой. На всех подгибаемых трубопроводах необходимо контролировать размеры поперечного сечения в местах гибов во время подгибания и после их монтажа на изделия. Коэффициенты овальности при этом не должны превышать значений, указанных в ОСТ 1.4.1638 – 46.

При отсутствии специально оборудованного рабочего места для подгибки трубопроводов данную работу можно производить в цехе-изготовителе трубопроводов при условии соблюдения предъявляемых требований с последующей промывкой и укупоркой.

Монтаж Г-образных или близких к ним по конфигурации трубопроводов без промежуточных колодок необходимо начинать со стороны длинного плеча, а затем закрепить более короткое плечо.

Замер монтажных неточностей в соединениях трубопроводов по наружному конусу (см. рис. 6.25, в) необходимо контролировать с помощью щупа, линейки, угломеров и специальных пластинок (контроль выборочный). Замеренные неточности не должны превышать допустимых значений, указанных в табл. 6.13...6.15.

**Примечание.** Если при выборочном контроле будет обнаружено превышение допустимых монтажных неточностей, то необходимо проконтролировать неточности других смонтированных трубопроводов.

Контроль монтажных неточностей в соединениях трубопроводов необходимо производить по каждому его концу поочередно в следующем порядке.

1. Произвести замер величины  $a$  (см. рис. 6.25, в) следующим образом:

отвернуть накидную гайку и отодвинуть ее за ниппель; ввести проволочный щуп  $\varnothing 0,4$  мм в зазор между ниппелем и штуцером в четырех точках по окружности;

при прохождении проволочного щупа  $\varnothing 0,4$  мм в зазор во всех четырех точках данный трубопровод считать годным.

2. Навернуть накидную гайку. При наворачивании гайки проверять легкость ее вращения от руки. Затяжка гаечным ключом должна быть не более одного витка гайки. Произвести окончательную затяжку соединения трубопроводов.

**Технология монтажа патрубков.** При контроле монтажей патрубков, имеющих фланцевые соединения по плоскости (болтовые соединения фланцев), фланцы должны иметь плотное сочленение плоскостей, обеспечивающее герметичность соединения. Зазор между плоскостями фланцев  $S_{\text{раб}}$  (рис. 6.26)

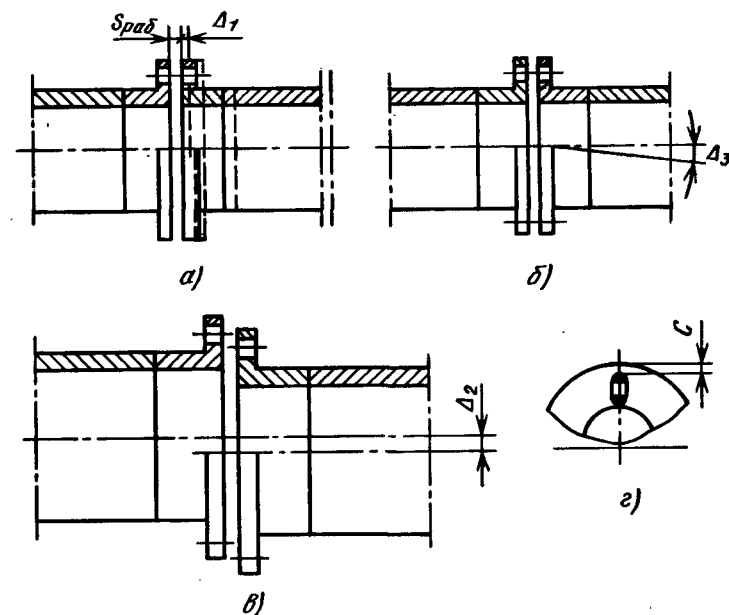


Рис. 6.26. Монтажные неточности во фланцевом болтовом соединении патрубков:  
а – недотяг; б – перекос; в – несоосность; г – овальность отверстия

должен соответствовать чертежу или технической документации на тип соединения.

Допускаются:

установка прокладок увеличенной или уменьшенной толщины, но не более чем в два раза от номинального значения;

недотяг  $\Delta_1$  между плоскостями не более 0,2 мм (рис. 6.26, а);

перекос  $\Delta_3$  фланцев в пределах свободного прохождения болтов в отверстия (рис. 6.26, б);

положение фланцев относительно друг друга при несоосности (рис. 6.26, в), обеспечивающее свободное прохождение крепежных болтов. При овальных отверстиях под болты разность радиусов не более 1,5 мм.

**Примечание.** Допускается разделка отверстий на фланце, минимальная перемычка  $C = 3$  мм (рис. 6.26, г).

При контроле монтажей патрубков с телескопическим соединением (рис. 6.27) плоскости фланцев должны иметь плотное сочленение, обеспечивающее герметичность соединения. Зазор между плоскостями фланцев  $S_{\text{раб}}$  должен соответствовать чертежу или технической документации на тип соединения.

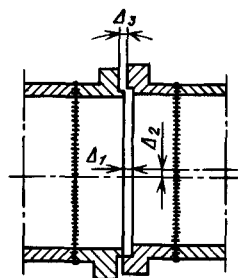


Рис. 6.27. Монтажные неточности во фланцевом телескопическом соединении

Допускаются:  
 недотяг  $\Delta_1$  между плоскостями фланцев не более 0,2 мм;  
 перекося и несоосность в пределах свободного, без напряжения сочленения стыкуемых поверхностей;  
 одностороннее касание цилиндрических поверхностей фланцев при заходе одного фланца в другой;  
 установка жгутиков увеличенного или уменьшенного размера, но не более чем на 0,5 мм от номинального;  
 минимальный зацеп не менее 1 мм.

Контроль монтажей патрубков с дюритовыми соединениями (допуск на зазор между торцами труб  $\Delta_1$  – недотяг) производится в соответствии с требованиями чертежа или технической документации на тип соединения (рис. 6.28, а).

Допускаются:

несоосность  $\Delta_2$  не более 3 мм;

местный односторонний зазор между концом дюритовой муфты и поверхностью трубы в местахгиба без нарушения герметичности системы не более 1,5 мм (рис. 6.28, б);

касание торцом дюритовой муфты сварного шва патрубка (рис. 6.28, в);

непараллельность лапок хомута крепления дюритовой муфты после окончательной затяжки;

при постановке хомутов на изделии их любой разворот на муфте относительно друг друга в зависимости от условий монтажа;

зазор между лапками хомутов крепления дюритовой муфты  $2 \pm 0,5$  мм;

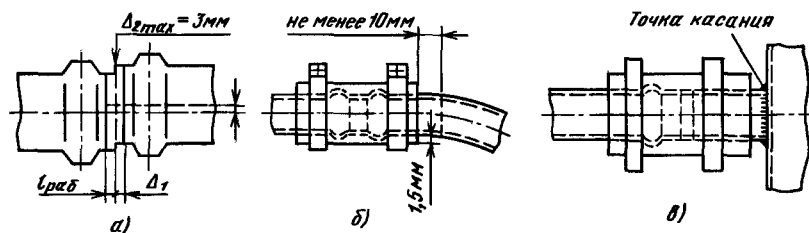


Рис. 6.28. Монтажные неточности для дюритового соединения:  
 а – несоосность при дюритовом и муфтовом соединениях; б – односторонний зазор в дюритовом соединении; в – касание торца муфты сварного шва

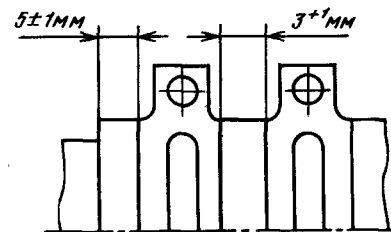


Рис. 6.29. Схема крепления дюритовых и муфтовых соединений

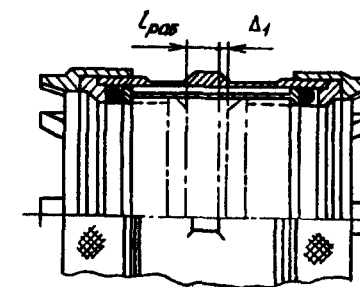


Рис. 6.30. Монтажные неточности для ограниченно подвижного соединения патрубка

зазор между торцами хомутов при дюритовом соединении  $3^{+1}$  мм (рис. 6.29).

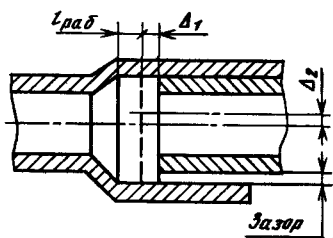
Для патрубков, имеющих ограниченное подвижное соединение, допускается зазор между концами патрубков  $\Delta_1 = 2$  мм (рис. 6.30). Несосоосность не более 0,2 мм.

Контроль зазора при монтаже между патрубками в телескопическом соединении производится в соответствии с требованиями чертежа или технической документации на этот тип соединения; отклонения по зазору между стыкуемыми патрубками  $\Delta_1$  не более  $+5$  мм (рис. 6.31, а).

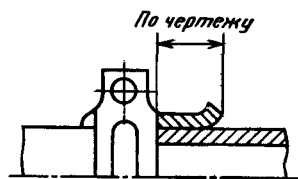
Допускается одностороннее касание при заходе одной трубы в другую  $\Delta_2$ . Сочленение поверхностей должно быть без напряжения и перекося. Расстояние от торца охватывающего трубопровода до торца хомута должно соответствовать указаниям (рис. 6.31).

В регулируемых телескопических соединениях изменения размера  $L$  (рис. 6.32, а) в пределах  $\pm 4$  мм. В телескопических соединениях, не имеющих крепления по стыку (рис. 6.32, б), изменение размера  $L$  в пределах  $\pm 6$  мм. Во фланцевых резьбовых соединениях патрубков (рис. 6.33) допускаются следующие монтажные неточности: недотяг  $\Delta_1$  не более 0,2 мм; несоосность  $\Delta_2$  в пределах свободного сочленения стыкуемых поверхностей.

Сочленение стыкуемых поверхностей должно быть без напряжений и перекося. Допускается одностороннее касание цилиндрических поверхностей при заходе одного фланца в другой. Накладная гайка должна навертываться свободно от руки на первые 3...4 нитки резьбы, заклинивание недопустимо. При контроле патрубков, имеющих быстроразъемное фланцевое соединение, зазор между плоскостями  $\Delta_1$  должен соответствовать чертежу или технической документации на тип соединения (рис. 6.34).

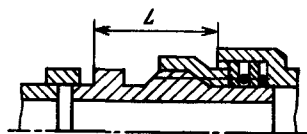


а)

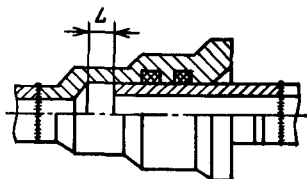


б)

Рис. 6.31. Монтажные неточности в телескопическом соединении патрубков:  
а – зазор в раструбном соединении; б – размер выступа, охватывающего раструб



а)



б)

Рис. 6.32. Монтажные неточности в регулируемом (а) и в нерегулируемом, не имеющем крепления по стыку (б) телескопических соединениях

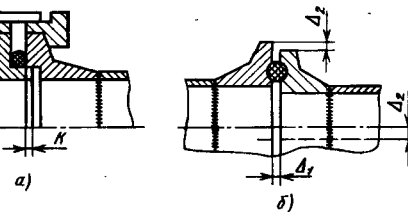
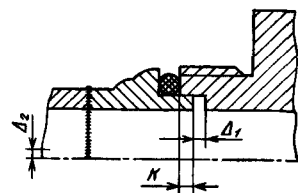


Рис. 6.33. Монтажные неточности во фланцевых соединениях патрубков с резьбой

Рис. 6.34. Монтажные неточности во фланцевых патрубках быстроразъемных соединений:  
а – неточность по длине  $K$ ; б – неточность по соосности

Допускаются:

минимальный зацеп  $K = 1$  мм (см. рис. 6.34, а);

недотяг  $\Delta_1$  между плоскостями фланцев не более 0,2 мм (см. рис. 6.34, б);

установка жгутиков увеличенного или уменьшенного размера (на 0,5 мм от номинального);

несоосность  $\Delta_2$  не более 1 мм (см. рис. 6.34, б). Монтаж трубопроводов с типовыми соединениями по ОСТ 1.11958 – 74...ОСТ 1.11963 – 74 "Соединения трубопроводов фланцевые с упругим металлическим кольцом для горячего воздуха" производится в следующей последовательности.

1. Устанавливают патрубок согласно чертежу, сориентировав его по направлению прокладки трассы.

2. Устанавливают металлическое кольцо во фланцевое соединение.

3. Проверяют правильность положения патрубка в хомутах.

Примечание. Эту операцию выполняют при наличии крепежных точек (хомутов). Трубопровод должен лежать в крепежном элементе без напряжения и люфта.

4. Проверяют зазоры между трубопроводом и соседними элементами конструкции.

5. Проверяют зазоры между патрубками, обшитыми теплоизолирующим материалом, между теплообшивкой и неподвижными элементами конструкции, которые должны быть не менее 5 мм, и между теплообшивкой и подвижными элементами конструкции, которые должны быть не менее 10 мм.

Примечание. Допускается местное касание теплоизоляции о неподвижные элементы каркаса и соседние монтажи, не имеющие острых кромок.

В местах, где по конструктивным соображениям требуется увеличить или уменьшить зазор между патрубками и элементами конструкции (более, чем описано выше), его размер необходимо оговаривать в чертежах.

6. Устанавливают хомут на соединение и затягивают гайку хомута калиброванным ключом (величина момента затяжки указана в ТУ).

7. На свободный конец патрубка устанавливают технологический штуцер (рис. 6.35).

8. Проверяют герметичность соединения. Контроль герметичности рекомендуется осуществлять гидростатическим или пневматическим методом (изложены ниже).

9. При обнаружении течи, превышающей допустимую, соединение демонтируют: отвертывают гайку хомута и снимают хомут с соединения, расстыковывают соединение и вынимают металлическое кольцо. Затем повторяют предыдущие операции.

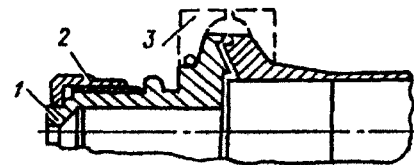


Рис. 6.35. Схема монтажа технологического штуцера (заглушки):  
1 – штуцер; 2 – накидная гайка; 3 – технологический хомут

10. Снимают технологический штуцер и производят подсоединение второго конца трубопровода.

11. Окончательно закрепляют промежуточные элементы крепления.

**Примечание.** Данную операцию следует выполнять при наличии промежуточных элементов крепления.

12. Производят контровку и пломбировку соединений согласно указаниям на чертеже. Материал и размеры контровочной проволоки должны соответствовать нормам, указанной на чертеже.

13. Места, излишне зачищенные под металлизацию, покрывают материалом, указанным на чертеже.

14. Устанавливают теплоизоляционные чехлы в местах, указанных на чертеже.

15. Убирают посторонние предметы.

Для патрубков с соединениями, выполненными по ОСТ 1.11958 – 74...ОСТ 1.11963 – 74, запрещается использовать упругие металлические кольца, бывшие в употреблении.

По конструктивным особенностям не допускается возникновение монтажных неточностей  $\Delta_1$  (недотяга),  $\Delta_2$  (несоосности),  $\Delta_3$  (перекоса). Монтажные неточности соединяемых фланцев трубопроводов или трубопровода с готовым изделием допускаются в пределах, обеспечивающих свободное совмещение проточки и выступа соединяемых фланцев.

Затем монтаж трубопроводов сдают представителю ОТК. Предъявление монтажа представителю ОТК производится по окончании всех работ, предусмотренных технологическим процессом на монтаж участка системы.

Монтаж труб с соединениями для топливных систем производится следующим образом.

1. Устанавливают трубопровод согласно чертежу, ориентируя его по направлению прокладки трассы.

**Примечание.** При наличии крепежных точек (хомутов) установку трубопровода производят с одновременной его прокладкой в элементы крепления без окончательной затяжки и постановки ленты металлизации, если это указано в чертеже.

2. Устанавливают накидную гайку и стопорное кольцо на подсоединительный элемент трубопровода или агрегата, если это предусмотрено конструкцией.

3. Проверяют сочленение торцовых поверхностей законцовок. Допустимые монтажные неточности  $\Delta_1$  (рис. 6.36, а) должны соответствовать технической документации на данный тип соединения. Допустимая неточность  $\Delta_2$  не должна превышать 0,5

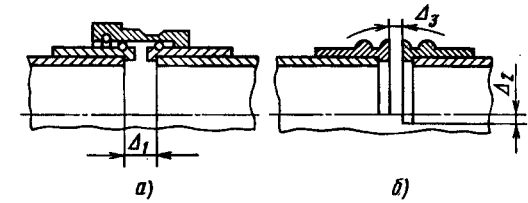


Рис. 6.36. Монтажные неточности в соединениях трубопроводов

мм (рис. 6.36, б); трубопроводы должны быть смонтированы без перекоса. Допустимая неточность  $\Delta_3$  не должна превышать  $4^\circ$  (см. рис. 6.36, б).

4. Устанавливают на подсоединяемые концы трубопроводов (или трубопровода и агрегата) уплотнительные кольца, смазав их смазкой по ГОСТ 8773 – 72, назначенной конструктором ОКБ или СКО серийного завода согласно отраслевой документации, и предварительно сдвинув накидную гайку и корпус на величину, достаточную для установки уплотнительного кольца.

5. Проверяют правильность положения трубопровода в хомутах.

**Примечания:** 1. Данную операцию выполнять при наличии крепежных точек (хомутов). 2. Трубопровод должен лежать в крепежном элементе без натяжения и люфта.

6. Проверяют зазоры между трубопроводом и соседними элементами конструкции.

7. Покрывают тонким слоем смазки наружную резьбовую поверхность корпуса, для чего необходимо предварительно накрутить накидную гайку на 1,5...2 витка резьбы.

8. Производят затяжку соединений навинчиванием накидной гайки на корпус до упора. Накидная гайка должна накручиваться свободно, заклинивание недопустимо.

9. Протирают соединения от излишней выдавленной смазки.

10. Производят подсоединение второго конца трубопровода аналогично операциям 1...9.

11. Окончательно закрепляют промежуточные элементы крепления.

**Примечание.** Данную операцию выполнять при наличии промежуточных элементов.

12. Производят проверку герметичности гидростатическим или пневматическим методом.

13. Производят контровку и пломбировку трубопровода согласно указаниям в чертеже. Материал и размеры контровочной проволоки должны соответствовать нормам, указанной в чертеже.

14. Покрывают места, излишне зачищенные под металлизацию, материалом, указанным в чертеже.

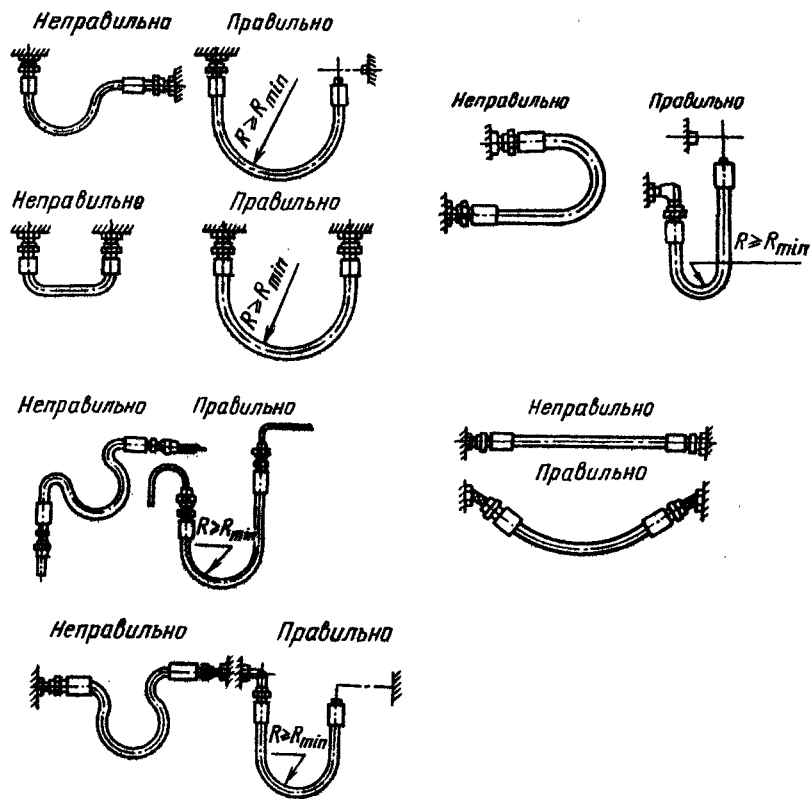


Рис. 6.37. Типовые схемы правильного и неправильного монтажа шлангов:  
 а — без резких перегибов у наконечника; б — без перегиба у наконечника от силы собственного веса; в — без многократных изгибов; г — без натяжения

15. Убирают посторонние предметы.

16. Сдают монтаж представителю ОТК. Предъявление монтажа трубопровода представителю ОТК производят по окончании всех работ, предусмотренных технологическим процессом на монтаж участка системы.

**Технология монтажа гибких шлангов.** При разработке принципиальных и монтажных схем, а также при отработке эталонного монтажа определяется оптимальная схема монтажа шлангов.

При монтаже шлангоутов не допускаются:

а) резкий перегиб шланга у наконечника (см. рис. 6.37, а); необходимо выдержать прямолинейный участок у наконечника не менее 30 мм;

Примечания: 1. По согласованию с заказчиком допускается меньший прямолинейный участок у наконечника, но не менее 25 мм. 2. Монтаж и контроль гибких шлангов производить в соответствии с требованиями, предъявляемыми в документации разработчика конструкции;

б) изгиб от собственного веса шланга (см. рис. 6.37, б);

в) при двойном изгибе шланга радиус изгиба  $R$  должен быть больше минимально допустимого (см. рис. 6.37, в) и соответствовать данным, указанным в ТУ 38-005-1515 – 76.

Примечание. С разрешения разработчика или главного конструктора допускаются меньшие радиусы изгиба с указанием в чертеже;

г) натяжение шланга (см. рис. 6.37, г).

Для шлангов, движущихся вместе с агрегатами, схема монтажа выбирается так, чтобы шланг располагался в одной плоскости. Для предотвращения скручивания шланга плоскость его изгиба должна совпадать с плоскостью движения агрегата.

Примечание. При достаточной длине гибкой части шланга (не менее 700 мм) и диаметре не более 20 мм при насыщенном монтаже допускается изгиб шланга в нескольких плоскостях.

При установлении истинных длин шлангов необходимо для первых пяти изделий изготовить по два комплекта рукавов большей длины, заделанных с одного конца. Заделку другого конца шлангов производить после отработки эталона.

Для шлангов, движущихся вместе с агрегатами, проверяют длину шланга во всех кинематических положениях. Натяжение не допускается.

При монтаже шлангов необходимо обеспечить зазор не менее 10 мм между шлангами и конструкцией изделия или окружающими агрегатами. Зазор 10 мм должен обеспечиваться при всех кинематических положениях механизмов и шлангов, находящихся под рабочим давлением.

При необходимости допускается обшивка шланга по всей поверхности защитным материалом. При этом осевая полоса на защитный материал не наносится.

Резиновые шланги, расположенные в зоне с повышенными температурами, превышающими допустимые для данного типа шлангов, защищают стеклянной лентой 35×0,5 мм (ГОСТ 5937 – 81) на требуемую длину или предусматривают многослойную защиту с применением стеклянной ленты (ГОСТ 5937 – 81), асбестовой ленты (ТУ 147 – 11) с последующей оплеткой стеклянной ниткой (ГОСТ 8325 – 78\*Е).

Необходимость защиты шланга как от трения, так и от температуры латана быть указана в чертеже. Допускается применение других защитных материалов с указанием в чертеже.

### 6.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЧИСТОТЫ И ГЕРМЕТИЧНОСТИ БОРТОВЫХ СИСТЕМ

**Общие сведения.** Загрязнениями внутренних полостей и рабочих жидкостей трубопроводных систем являются частицы различной природы, формы и размеров, находящиеся на поверхностях деталей, узлов и элементов систем, а также во взвешенном состоянии в рабочих средах.

По причинам и условиям возникновения загрязнения подразделяют на технологические, возникающие в процессе производства изделий, и эксплуатационные, образующиеся при работе изделий. Наиболее распространенными загрязнениями являются:

- металлические частицы (заусенцы, стружка, продукты износа деталей пар трения и т. д.);

- частицы материалов обрабатывающих инструментов (абразивные зерна, сколы режущих кромок и др.);

- частицы отслоившихся коррозионно-стойких покрытий, окарины, остатки формовочной земли и т. д.;

- частицы, попадающие во внутренние полости трубопроводных систем и в рабочие жидкости из окружающей среды (пыль, волокна, вода и др.);

- продукты распада рабочей жидкости и консервирующих составов;

- микробиологические загрязнения (грибки, колонии бактерий и коагулированные продукты их жизнедеятельности).

Основными требованиями, определяющими уровень технологичности конструкции в отношении обеспечения чистоты внутренних полостей изделий и их рабочих сред, являются:

- создание конструкции систем изделий и их элементов с минимальной чувствительностью к загрязнениям;

- обеспечение надежной защиты от загрязнений наиболее чувствительных элементов и узлов систем;

- правильное определение предельно допустимого уровня загрязненности системы, при котором могут быть обеспечены требуемая эксплуатационная надежность и долговечность, и регламентирование этого условия соответствующим классом чистоты;

- разработка конструкции системы и ее элементов с учетом возможности использования наиболее эффективных методов и средств обеспечения заданного класса чистоты в процессе производства;

- обеспечение заправки системы рабочей жидкостью закрытым способом через специальные разъемные клапаны;

- обеспечение надежной защиты внутренних полостей системы от попадания загрязнений из окружающей атмосферы через дре-

нажные устройства, а также загрязнений, образующихся в процессе изготовления, монтажа и работы изделия;

- выполнение требований, предъявляемых к монтажу жестких и гибких элементов трубопроводных систем в отношении исключения причин разрушения их внутренних поверхностей;

- создание конструкций баков и систем, обеспечивающих полный слив остатков жидкости, оснащение их водосборными устройствами с кранами слива отстоя из нижних точек. Для систем с большим объемом жидкости и разветвленными коммутациями целесообразно предусматривать коллекторную систему отстоя или устройства, обеспечивающие циркуляцию жидкости при сливе.

Чистота бортовых систем ЛА достигается очисткой и промывкой всех входящих деталей, узлов и агрегатов. Процессы очистки указанных элементов основаны на использовании различных физических, механических, химических и электрохимических процессов, которые широко освещены в литературе. Из-за сочетания в конструкциях систем ЛА различных материалов, наличия тупиковых зон и капиллярных щелей применение специальных методов и моющих жидкостей практически недопустимо, поэтому используется метод прокачки рабочей жидкостью. Как уже отмечалось ранее, промывка гидравлических систем производится в два этапа. Чистота топливных систем обеспечивается промывкой топливных баков, трубопроводов и других элементов до сборки. Промывка собранной топливной системы производится на летно-испытательных станциях также методом прокачки с непрерывной тщательной фильтрацией авиатоплива, иногда с предварительным насыщением его нейтральным газом в ламинарном режиме движения и с последующей турбулизацией при газовыделении при возмущениях потока.

Промывка систем является весьма ответственной и трудоемкой операцией (15...25 % общей трудоемкости сборки системы).

Наиболее эффективным способом промывки является промывка в два этапа. Первый этап – промывка трубопроводов по кольцам, второй – промывка окончательно собранной и работающей гидросистемы.

Наиболее эффективным способом очистки трубопроводных коммуникаций является их промывка турбулентным потоком жидкости. Процесс промывки состоит из трех элементарных этапов: отрыва частиц от поверхностей, выноса (транспортировки) их из зоны очистки и удаления частиц из жидкости фильтрами или очистителем.

Для удаления наиболее опасных крупных частиц (стружки и т. п.) размерами до 500...1000 мкм, скорости осаждения которых в жидкостях равны 0,15...0,25 м/с, необходимы соответствующие потребные расходные скорости:



10...20 м/с (кратковременно) – для отрыва;  
4...8 м/с (длительно) – для выноса.

Частоту изменения режимов целесообразно назначать исходя из наилучших условий пульсаций при работе изделия, например, при пробеге, т. е. в пределах 5...20 Гц.

При установке в линии слива промывочного стенда последовательно двух фильтров (2...16 и 5...8 мкм) рекомендуемые длины  $L$  промываемых трубопроводных колец и расчетные времена промывки  $t_{расч}$  определяются по табл. 6.16.

Таблица 6.16

Максимальная расходная скорость (при отрыве частиц), м/с	6	8	10	12	15
$L$ , м	18	25	40	45	50
$t_{расч}$ , мин	20	25	30	35	40

Расчетное время промывки в таблице дано с учетом присоединительных рукавов, длина которых выбирается до 30 м (от изделия до фильтров стенда нагнетания и слива).

Трубопроводные коммуникации промывают как в сборочных, так и в агрегатно-сборочных цехах.

Трубопроводные коммуникации гидросистем в агрегатно-сборочных цехах промываются в том случае, когда технологией сборки предусмотрены окончательный монтаж, сборка, отработка и испытание участка гидросистемы в данном агрегате.

Промывка осуществляется прокачкой рабочей жидкости через все трубопроводы собранной гидросистемы или через участок трубопровода согласно схеме закольцовки, разработанной в ОКБ завода.

Конструкция гидросистем самолетов (вертолетов) должна обеспечивать заправку рабочей жидкостью закрытым способом через бортовые клапаны разъема, используемые также для подключения технологических средств промывки гидросистем. Не рекомендуется заправлять гидросистемы рабочей жидкостью из ведер, бидонов и других емкостей.

**Технологический процесс промывки трубопроводных коммуникаций гидросистем.** Промывка трубопроводных коммуникаций выполняется или на несостыкованных агрегатах (Ф1, Ф2, Кр), или на полностью собранном самолете (вертолете).

Промывка трубопроводных коммуникаций с отключенными агрегатами состоит из следующих операций: подготовки к промывке, промывки трубопроводов с отключенными агрегатами, контроля качества промывки.

Перед промывкой трубопроводных коммуникаций рабочие фильтры системы заменяются технологическими, в которых за-

глушены перепускные клапаны и проверяется постановка технологических фильтров. Обратные клапаны и дроссели заменяются технологическими переходниками.

Агрегаты, указанные выше, закольцовываются согласно схеме кольцевания трубопроводов, разработанной ОКБ. Баки и насосы не подсоединяются.

Технологическая арматура (фитинги, шланги, трубопроводы, и др.) должна соответствовать все требованиям, предъявляемым к технологической арматуре.

Перед соединением трубопроводов в кольцо снимаются заглушки, колпачки, целлофан со свободных, не присоединенных к штуцерам гидроагрегатов концов трубопроводов. Затем открытые концы труб соединяются между собой предварительно промытыми технологическими фитингами, технологическими трубопроводами и шлангами.

**Примечание.** Заглушки и колпачки с трубопроводов снимаются только непосредственно перед установкой технологической арматуры и соединением трубопроводов с технологическими агрегатами.

Стенды заправляют рабочей жидкостью. По окончании кольцевания трубопроводов и его контроля приступают к промывке трубопроводов гидросистем.

Режимы промывки гидросистем и их элементов выбираются в соответствии с табл. 6.16, а также с учетом интенсификации промывки с использованием неустановившегося (нестандартного) режима движения моющей жидкости и режима промывки двухфазным газожидкостным потоком.

Для особо ответственных систем расчетное время может быть увеличено по сравнению с указанным в табл. 6.16.

Давление рабочей жидкости при промывке должно быть равно сумме гидросопротивлений промываемого трубопровода и стенда и не превышать допустимого давления (ГОСТ 9940 – 72, ГОСТ 8733 – 66, ГОСТ 8734 – 74, ГОСТ 18475 – 73 и ГОСТ 18482 – 73). При этом температура рабочей жидкости во время промывки не должна превышать + 80 °С.

Промывка трубопроводных коммуникаций выполняется в следующей последовательности:

устанавливают промывочный стенд с заправленным баком около агрегата или собранного самолета (вертолета) и подключают электрожгут питания электродвигателя, который приводит в движение насос;

снимают с наконечников шлангов гидростенда заглушки, промывают концы шлангов и подсоединяют их к промываемой магистрали на схеме кольцевания;

устанавливают давление согласно чертежу или ТУ;

проверяют трубопроводы и места их соединений на отсутствие течи; при обнаружении течи устраняют ее или заменяют трубопровод;

включают гидростенд и промывают систему; по окончании промывки переключают трехпозиционный кран стенда для прокачки моющей жидкости через контрольный фильтр (оптический или быстроразъемный) или прибор объективного контроля и прокачивают через них жидкость; при наличии загрязнений более допустимой величины снова повторяют операцию промывки до требуемой чистоты;

по окончании промывки стенд выключают и удаляют из трубопроводов рабочую жидкость; жидкость из закольцованного трубопровода сливают через линию слива самотеком из гидросистемы изделия в стенд или с помощью чистого сжатого азота под давлением 0,3...0,5 МПа (3...5 атм). Операция слива гидро-смеси из трубопроводов является обязательной.

*Примечание.* Запрещается для этой цели применять сжатый воздух.

Отсоединяют сливной шланг промывочного стенда, отключают электрическое питание, после чего стенд транспортируется в специальное помещение для промывки фильтров стенда.

Технологические фильтры снимаются, промываются и устанавливаются снова или заменяются новыми. По окончании промывки и контроля снимаются технологические фитинги и рукава и подключаются трубопроводы ко всем гидравлическим агрегатам, за исключением гидроагрегатов, которые отключаются при контроле герметичности и промывке гидросистемы.

Свободные концы трубопроводов, по которым осуществляется разъем гидросистемы при членении самолета (вертолета) на агрегаты, а также концы трубопроводов, не подсоединенных к гидроагрегатам, после окончания работ закрываются заглушками и опломбируются. Производится монтаж трубопроводов, не подвергавшихся промывке (например трубопроводов, которые были закольцованы). Пломбируются соединения трубопроводов с гидроагрегатами.

В паспорте агрегате (КР, Ф1, Ф2) или самолета (вертолета) делается отметка о промывке трубопровода гидросистемы.

**Промывка баковых отсеков топливных систем.** Промывка баковых отсеков (топливных отсеков) выполняется в цехе-изготовителе на участке промывки баковых отсеков, представленном на рис. 6.38. Чистота внутренних полостей топливных емкостей назначается в соответствии с ГОСТ 17216 – 71 и ОСТ 100160 – 75.

Промывка баковых отсеков проводится в два этапа: предварительная промывка элементов бака и окончательная промывка собранного бака.

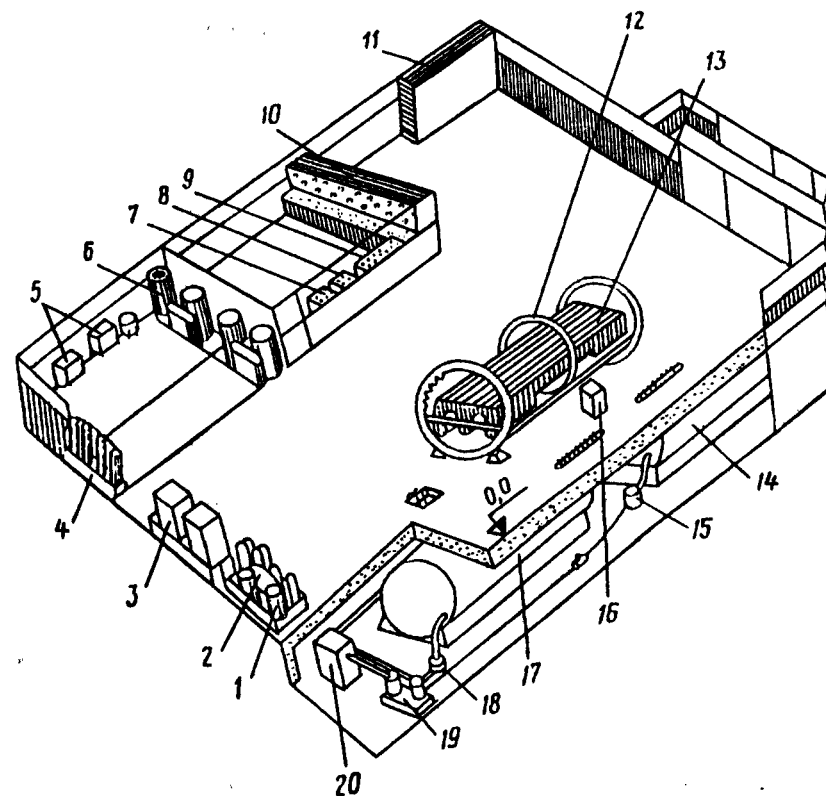


Рис. 6.38. Схема участка промывки баковых отсеков:

1 – установка ИОН-4; 2 – емкость для накопления чистой обессоленной воды; 3 – емкость для приготовления концентрированного раствора моющей жидкости; 4 – емкость для хранения аммиака; 5 – печь трубчатого типа для подогрева воздуха; 6 – установка для сушки и очистки воздуха; 7 – пульт управления вибратором; 8 – пульт управления поворотным стендом; 9 – пульт управления промывкой; 10 – пульт управления приготовлением моющей жидкости; 11 – электрошкафы; 12 – поворотный стенд; 13 – баковый отсек; 14 – емкость для приготовления моющего раствора; 15 – насос подачи моющего раствора в боковые отсеки; 16 – вибратор; 17 – емкость для хранения раствора моющей жидкости; 18 – насос подачи раствора моющей жидкости; 19 – фильтры; 20 – подогреватель

Предварительная промывка элементов бака производится свободными незатопленными вращающимися и перемещающимися струями моющей жидкости.

Окончательная промывка собранного бака проводится одним из следующих комбинированных методов:

циркуляцией моющей жидкости в сочетании с вращением (покачиванием) промываемой емкости на стенде-манипуляторе;

циркулирующей моющей жидкости в сочетании с вращением (покачиванием) и колебанием промываемой емкости на стенде-манипуляторе;

циркулирующей моющей жидкости в сочетании с обработкой внутренних поверхностей свободными незатопленными вращающимися и перемешиваемыми струями моющей жидкости. Наиболее эффективными моющими растворами являются:

водный раствор препаратов МЛ-6 в концентрации 4...5 г/л, уайт-спирита – 8 г/л;

водный раствор препарата МС-8 в концентрации 1...2 г/л;

водный раствор препаратов: сульфанола (ТУ 6-01-1001 – 75) – 2...3 г/л; моноэтиламина (рекомендуемого ТУ 609-2447 – 72) – 8...10 г/л; натрия крепленого (жидкое стекло) – 2...3 г/л; уайт-спирита – 15...20 г/л.

После промывки баковых отсеков указанными выше моющими растворами необходимо проводить ополаскивание промытых баковых отсеков проточной питьевой водой, обессоленной на установке ИОН-4.

После ополаскивания баковых отсеков необходимо произвести полное выпаривание остатков, используя для этой цели воздух, нагретый до 100...120 °С.

Перед промывкой бакового отсека при очистке от стружки и других механических частиц необходимо пользоваться методом отсоса, используя пылесосы типа "Вихрь" или "Буран" с эжекторными аппаратами с тканевыми фильтрами на выходе.

Не рекомендуется устанавливать на баковые отсеки до промывки контрольно-измерительную аппаратуру, агрегаты, к которым предъявляются повышенные требования по чистоте.

Промывка баковых отсеков состоит из следующих операций: подготовки к промывке, промывки, ополаскивания, контроля качества промывки, сушки промытого бакового отсека. Технологический процесс выполняется в указанной ниже последовательности.

Перед промывкой баковых отсеков рабочие фильтры отсеков заменяют технологическими, с заглушенными переходными клапанами. Снимают и заменяют технологическими заглушками заливные горловины баковых отсеков. Устанавливают необходимую технологическую арматуру на баковые отсеки. Технологическая арматура (фитинги, трубопроводы, шланги и т. д.) должна соответствовать требованиям, предъявляемым к технологической арматуре.

Промываемый баковый отсек устанавливают на стенде только в специальных ложементх и крепят в предусмотренных установочными чертежами местах. Для крепления применяют только крепежные элементы стенда.

Перед подсоединением технологической арматуры снимают заглушки, колпачки, целлофан со свободных концов трубопроводов и фитингов баковых отсеков. Затем к открытым концам трубопроводов и фитингов баковых отсеков подсоединяют предварительно промытые технологические переходники, фитинги, шланги и трубопроводы.

После окончания подготовки к промывке бакового отсека и установки его на промывочном стенде приступают к промывке внутренних полостей бакового отсека.

Скорость движения и расход моющей жидкости при промывке баковых отсеков должны обеспечивать гарантированный отрыв и транспортировку частичек загрязнения, а также минимальный уровень наполнения жидкостью емкости при промывке свободными незатопленными вращающимися и перемешиваемыми струями, при промывке вращением – 30...35% объема емкости, при промывке вращением с вибрацией в 20...25 Гц и амплитудой 0,2...0,4 мм – 40...45%.

Давление моющей жидкости при промывке баковых отсеков должно быть равным сумме гидросопротивлений промываемых магистралей бакового отсека и стенда и не превышать допустимых давлений, оговоренных в ТУ на баковый отсек. Температура моющей жидкости во время промывки должна быть 40...50 °С.

Время промывки бакового отсека в зависимости от его конструкции определяется опытным путем.

Промывка баковых отсеков выполняется в следующей последовательности:

устанавливается на промывочный стенд подготовленный к промывке баковый отсек и к нему подсоединяются необходимые магистрали стенда;

включается промывочный стенд и производится промывка бакового отсека моющим раствором;

после промывки моющим раствором стенд переключается и производится ополаскивание внутренней поверхности бака обессоленной водой, причем последние 5 мин вода прокачивается через контрольный прибор;

выключается промывочный стенд и включается продувка сухим сжатым воздухом, подогретым до 100...120 °С; продувка ведется в течение 15 мин до полного удаления влаги из внутренней полости бакового отсека;

отсоединяется магистраль стенда от бакового отсека: снимается баковый отсек с промывочного стенда, устанавливаются необходимые технологические заглушки и баковый отсек передается в дальнейшее производство.

По окончании промывки бакового отсека: снимаются технологические фильтры стенда и промываются;

снимаются заглушки с заливных горловин и устанавливаются заливные горловины в баковый отсек;

снимается технологическая арматура с бакового отсека; устанавливаются на свободные концы трубопроводов и фитингов транспортировочные технологические заглушки;

ставятся пломбы на соединениях, восстановленных после промывки. В паспорте бакового отсека делается отметка о промывке.

Контроль качества операции промывки внутренних поверхностей баковых отсеков осуществляется в два этапа: предварительный и окончательный.

Контроль чистоты (качества промывки) при предварительной промывке внутренних поверхностей элементов топливных емкостей проводится прямым методом (визуальным осмотром внутренних поверхностей с помощью зеркала или по чистоте свежевystиранной сухой хлопчатобумажной салфетки с артикулом 200 или 210 (ГОСТ 1168 – 65), вводимой внутрь через имеющиеся на емкости отверстия или люки).

Контроль качества очистки внутренних поверхностей при окончательной промывке топливных емкостей проводится косвенным методом – по чистоте моющей жидкости.

Предварительный контроль качества механических загрязнений при промывке внутренних поверхностей собранных топливных емкостей производится по фильтроэлементу оптического фильтра (сетка N80/720) или по приборам типа ФСК-1П, ПКЖ-902, СМЧ-2, ПКЖ-904 или ФС-151 после 5-минутной прокачки моющей жидкости через фильтр или приборы контроля (контроль 100%-й). На фильтроэлементе оптического фильтра не должно быть посторонних частиц при 10-кратном увеличении и концентрация механических частиц должна соответствовать требованиям ПИ ОКБ или СКО серийного завода на промывку.

Окончательный контроль качества промывки внутренних поверхностей баковых отсеков по концентрации механических загрязнений в моющих жидкостях производится гравиметрическим (весовым) методом по ОСТ 1.141145 – 71, а также микроскопическим методом по ОСТ 1.41372 – 73 (контроль 100%-й).

При окончательном контроле концентрации механических загрязнений микроскопическим методом используется оснастка для отбора проб по ОСТ 1.51406 – 72...ОСТ 1.51411 – 72.

Контроль концентрации солей в моющих жидкостях на водной основе на входе и выходе из промываемого бакового отсека производится с помощью интерферометра ИТР-2. Баковые отсеки считаются чистыми, если:

показатель чистоты по концентрации механических повреждений в жидкости, определенный гравиметрическим или микро-

скопическим методом, соответствует 8-му классу точности по ОСТ 1.00160 – 75 или ГОСТ 17216 – 71 при концентрации загрязнений в жидкости на входе в промываемый баковый отсек не грубее 6-го класса;

показатель чистоты по концентрации солей в жидкости на выходе из бакового отсека (по NaCl) – не более 10 мг/л по достижении нейтральной среды с водородным показателем pH, равным 7...7,2; при концентрации солей на входе – не более 2...4 мг/л.

**Промывка топливных систем.** Топливную систему промывают на контрольно-испытательной или летно-испытательной станции (КИС или ЛИС). Промывка производится после окончания сборки промытых баковых отсеков, трубопроводов и после проверки системы на герметичность перед отработкой системы на функционирование или же ее совмещают с отработкой системы на функционирование.

На время промывки в линиях перекачки и подачи топлива к двигателям, наддува баков, командного топлива вместо рабочих фильтров устанавливаются технологические фильтры, технологические переходники, манометры и прочие регистрирующие и передающие устройства.

При большой конструктивной сложности топливной системы она промывается по отдельным участкам (крыльевые баки, группа фюзеляжных баков и т. д.). В этом случае в технологии промывки указывается порядок ведения технологического процесса по участкам.

Требования, предъявляемые к промывочным стандам, контрольным и технологическим фильтрам и арматуре, а также содержание регламентных работ указываются в технической документации СКО серийного завода.

Чистота внутренних полостей топливной системы выбирается в соответствии с ГОСТ 17216 – 71 "Классы чистоты жидкостей" и ОСТ 100160 – 75 "Системы топливные, масляные и гидравлические летательных аппаратов. Классы чистоты жидкостей", а чистота внутренних полостей оборудования и оснастки для промывки топливной системы – в соответствии с ОСТ 141588 – 75 "Оборудование технологическое. Чистота рабочей жидкости".

Для промывки топливных систем применяется рабочая жидкость (топливо Т – 1 или ТС – 1) с антистатической присадкой олиатриэтаноламина в количестве 0,02...0,06%.

Топливная система промывается для очистки от механических загрязнений и удаления продуктов износа трущихся деталей агрегатов и прочих загрязнений.

Промывка топливной системы включает в себя следующие операции: подготовку к промывке, промывку участков системы и всей системы, контроль качества промывки.

Перед промывкой топливной системы необходимо полностью закончить и тщательно проконтролировать выполнение следующих работ:

- стыковки агрегатов самолета (вертолета);
- соединения трубопроводов топливной системы в местах разъема агрегатов самолета (вертолета);
- монтажа топливной системы;
- проверки на герметичность топливной системы;
- предварительной очистки топливной системы пылесосами или продувкой трубопроводов.

Перед промывкой топливной системы необходимо следующее:

- снять фильтры заливных горловин и вместо них поставить технологические заглушки или специальные приспособления;
- снять монтажные люки и вместо них установить специальные моющие агрегаты или распылители;
- около изделия установить стенд промывки топливной системы и подсоединить его к оснастке, установленной на промываемой топливной системе;
- около стенда промывки топливной системы установить топливозаправщик и подсоединить его к стенду промывки;
- вывесить табло "Внимание идет промывка" и около ограждения установить пожарную машину.

После проведения подготовительных работ проводится контроль правильности подсоединения и установки технологической арматуры.

Промывка внутренних полостей топливных систем производится одним из следующих способов:

- циркуляцией топлива по системе в процессе ее наполнения и слива;

- циркуляцией топлива по системе при прокачивании топлива по трубопроводам и емкостям системы;

- попеременной циркуляцией установившихся и неуставившихся потоков топлива по трубопроводам системы в сочетании с обработкой топливных емкостей свободными незатопленными вращающимися и перемещающимися струями топлива и периодической продувкой азотом промываемых полостей.

Промывка внутренних полостей топливной системы попеременной циркуляцией установившихся и неуставившихся потоков топлива по трубопроводам системы в сочетании с обработкой топливных емкостей свободными, незатопленными, вращающимися и перемещающимися струями топлива является наиболее эффективным способом.

Промывка внутренних полостей топливной системы ведется в следующих режимах:

- установившимися потоками топлива при давлении 0,2 МПа;
- неустановившимися потоками топлива при давлении 0,5 МПа;
- свободными, незатопленными, вращающимися и перемещающимися струями топлива при давлении 0,2 МПа с периодической продувкой азотом (10...20 имп./мин) при давлении 0,4 МПа;
- давление моющей жидкости должно быть равным сумме гидросопротивлений промываемой системы и стенда и не должно превышать допустимых значений, указанных в ТУ на систему;
- температура моющей жидкости должна быть 20...30 °С;
- время промывки назначается в зависимости от сложности промываемой системы, суммарной емкости баковых отсеков, последовательности технологического процесса промывки; оно не должно превышать 120 мин.

Промывка топливной системы выполняется в следующей последовательности:

- после окончания всех подготовительных работ промывочный стенд подключают к топливной системе самолета (вертолета), электросети и сети сжатого воздуха;

- устанавливают табло или включают сигнал "Ведется промывка системы";

- включают насосы стенда, открывают краны и промывают насосы стенда, проверяют чистоту жидкости в подающей магистрали, подключив магистраль к контрольным приборам;

- убедившись в необходимой чистоте (она должна отвечать требованиям, изложенным ранее), открывают кран подачи моющей жидкости в топливную систему самолета (вертолета) и производят промывку топливных систем;

- при промывке производится оценка чистоты сливаемой моющей жидкости по фотоэлектрическому прибору типа ФСК – 1П, ФС – 151 или СМЧ – 2;

- по достижении необходимой чистоты закрывают подачу моющей жидкости в топливную систему самолета (вертолета), включают продувку и производят продувку топливной системы самолета (вертолета) и систем стенда в течение 15 мин;

- после окончания промывки и продувки топливной системы в технологическом паспорте самолета (вертолета) делают отметку о промывке топливной системы;

- включают стенд промывки топливной системы, отключают от электросети и заводской сети сжатого воздуха;

- отсоединяют шланги, колпачки и другую технологическую арматуру от топливной системы самолета (вертолета);

- снимают технологические фильтры, технологическую арматуру с топливной системы самолета (вертолета).

После окончания промывки и контроля перечисленных работ производится обработка на функционирование топливной системы.

Контроль качества промывки внутренних полостей топливной системы является одной из важнейших операций в технологическом процессе промывки и осуществляется на протяжении всего процесса.

При оценке качества операций промывки допускается применять методы как прямого контроля, основанные на непосредственном измерении загрязнений на очищаемой поверхности, так и косвенного, когда чистота поверхностей оценивается по изменению концентрации массовой, объемной или счетной концентрации (дисперсного, гранулометрического состава) загрязнений в промывочной жидкости.

Контроль качества промывки внутренних полостей топливной системы аналогичен контролю чистоты емкостей.

Оснастка для отбора проб применяется согласно ОСТ 1.51406 – 72...ОСТ 1.51411 – 72.

Отбор проб (топлива) из систем и технологических промывочных стендов, не оборудованных стандартными устройствами, осуществляется открытым способом в чистые стеклянные колбы или другие приспособления. При этом предварительно через точку отбора пробы (кран, клапан) сливается жидкость в количестве, необходимом для промывки устройства.

При окончательном контроле качества промывки применяют специализированный быстроразъемный контрольный фильтр (рис. 6.39).

Работа контрольного фильтра заключается в следующем: сливаемая моющая жидкость по трубопроводу 1 через распылитель 2 поступает на контрольную сетку 3 и затем на контрольную сетку 4. Проходя через эти сетки, жидкость оставляет на них частички крупных фракций. После прохождения отмеренного объема жидкости подача ее прекращается, отворачиваются прижимающие гайки 5 и шток 6 с установленными в нем контрольными сетками опускается в нижнее положение. Контрольные сетки вынимаются и производится подсчет осевших на них загрязнений.

**Контроль герметичности гидрогазовых и топливных систем.** Контроль герметичности трубопроводных коммуникаций в настоящее время является весьма актуальной и острой проблемой. От ее решения зависит надежность гидрогазовых и топливных систем, а следовательно, и ЛА в целом. Нормы на допустимые размеры утечек устанавливаются ОКБ разработчика и указываются в чертежах и ТУ в соответствии с ОСТ 1.00128 – 74. Допускается указывать рекомендуемый метод теcheискания.

Контроль герметичности производится путем создания избыточного давления внутри систем с последующей оценкой утечки контрольного вещества из системы в соответствии с ОСТ 1.00128 – 74, ОСТ 1.00095 – 73, ГОСТ 17239 – 74 и ГОСТ 15586 – 70.

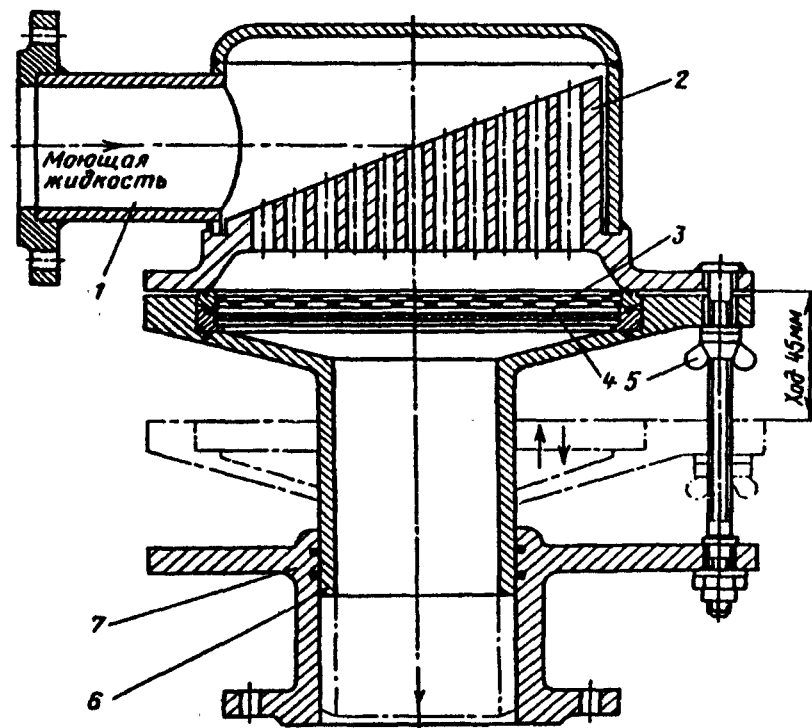


Рис. 6.39. Быстроразъемный контрольный фильтр:  
1 – трубопровод подвода жидкости; 2 – распылитель; 3 – контрольная сетка (100 мкм); 4 – контрольная сетка (30 мкм); 5 – гайки; 6 – шток; 7 – трубопровод отвода жидкости

Контроль герметичности в условиях производства является последним (перед отработкой на функционирование) этапом технологического процесса проверки соответствия гидрогазовых и топливных систем предъявляемым к ним требованиям. Его результаты являются оценкой не только герметичности системы, но и стабильности и совершенства операций технологического процесса изготовления деталей и монтажа системы.

Качественный контроль герметичности в процессе изготовления деталей и узлов, входящих в трубопроводные коммуникации, способствует сокращению производственного цикла монтажа и отработки систем.

Качество контроля герметичности зависит от квалификации испытателей, их внимательности, настойчивости и добросовестности в выполнении работ по поиску течей.

К выполнению работ по контролю герметичности систем допускаются лица, обученные методам работы при гидравлических и пневматических испытаниях, аттестованные соответствующими службами предприятия и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Контроль герметичности трубопроводных систем производится в соответствии с серийными технологическими процессами, разработанными на основании чертежей и ТУ и согласованными с соответствующими службами завода.

Заводская техническая документация на контроль герметичности трубопроводных коммуникаций помимо рабочей технологии должна содержать схемы установки технологических заглушек, предохранительных клапанов, манометров, а также мест подвода и сброса контрольной среды (газа или жидкости). Схемы согласовываются с ОКБ-разработчиком и соответствующими службами завода. К сопроводительной документации на собранные трубопроводные коммуникации прилагается карта обнаруженных и устраненных течей. При выборе мест подвода контрольной среды к трубопроводным коммуникациям учитывается, что через выбранные точки будет обеспечено заполнение всей системы, в том числе и тупиковых зон.

Параметры технологического процесса контроля герметичности (испытательное давление, время выдержки, концентрация пробного вещества в контрольной среде и др.) устанавливаются в соответствии с указаниями чертежей и ТУ на изделие и технической документации на метод течеискания. Система или соединение считается герметичным, если выявленные при контроле герметичности утечки меньше допустимых, указанных в чертеже или ТУ. При указании в чертеже или ТУ метода течеискания, а не численного значения утечки система или соединение считается герметичным, если с помощью этого метода не выявлены течи в пределах его разрешающей способности.

Контроль герметичности гидрогазовых систем (кроме кислородной системы) производится с применением рабочей среды или среды, вязкость которой ниже вязкости рабочей среды.

*Примечание.* Перед промывкой гидравлических систем после их закольцовки производится контроль герметичности пневматическим методом в целях исключения грубых течей.

Контроль герметичности соединений трубопроводов кислородной системы производят азотом или смесью азота с гелием. При контроле герметичности кислородной системы, когда контрольной средой является кислород, предусматривают меры, исключающие возможность взрыва.

Применяемые при контроле герметичности индикаторы (пеннообразующие массы, жидкости, пробные газы и т. д.) не долж-

ны вызывать коррозии металлов, используемых в конструкции трубопроводных коммуникаций, вредно воздействовать на неметаллические материалы (резины, пластмассы и т. д.), влиять на качество защитных покрытий (красок, лаков и т. д.) и взаимодействовать с рабочим веществом.

При использовании в контрольных газовых смесях пробных газов принимаются все необходимые меры, предотвращающие загазованность помещения этим газом.

Повышение фона пробного газа в атмосфере помещения, где проводится контроль герметичности, снижает чувствительность контроля, а в некоторых случаях исключает возможность его проведения.

Поверхности элементов конструкции системы, подлежащие контролю на герметичность, должны быть чистыми и не иметь жировых пятен и посторонних загрязнений.

При выборе метода течеискания для контроля герметичности трубопроводных коммуникаций руководствуются следующим:

предел индикации выбираемого метода течеискания должен быть не ниже допустимой величины утечки, установленной чертежом или ТУ;

наиболее эффективен метод течеискания, у которого предел индикации в 5...10 раз превышает допустимую величину утечки;

предпочтителен метод течеискания, требующий для своего осуществления минимального числа операций;

при выборе метода течеискания учитывается достоверность контроля, которую обеспечивает метод. Например, при труднодоступности визуального осмотра соединений системы для контроля применяют способ шупа вместо гидростатического или пневматического.

Рекомендуемые в настоящей книге методы течеискания для контроля герметичности трубопроводных коммуникаций либо используются на заводах отрасли, либо прошли производственные испытания, либо проверены экспериментально в условиях, идентичных производственным.

*Контроль наружной герметичности гидравлических систем гидростатическим методом.* Контроль герметичности гидравлических систем выполняется как на несостыкованных агрегатах планера (Ф1, Ф1, Кр), так и на полностью собранном изделии. Контроль герметичности гидросистем рабочей жидкостью производится после промывки гидросистем и перед отработкой их на функционирование.

*Примечание.* При отработке систем на функционирование производится повторный визуальный контроль герметичности всех элементов гидросистем. В местах, где подозревается утечка, используют фильтровальную или копировальную бумагу.



Гидростатический метод контроля заключается в следующем. Система заполняется рабочей жидкостью под давлением, и после определенной выдержки производится осмотр или наложение фильтровальной либо копировальной (черного цвета) по ГОСТ 489 – 46) бумаги на поверхность проверяемого соединения. Герметичность системы оценивается в зависимости от наличия или отсутствия капель или отпотевания жидкости на поверхности элементов конструкции системы или пятен жидкости на фильтровальной или копировальной бумаге, используемой в качестве индикатора.

Контроль герметичности гидростатическим методом проводится в соответствии с ОСТ 1.41348 – 72...ОСТ 1.41351 – 72 "Системы гидравлические. Контроль герметичности гидростатическим методом" или "Контроль герметичности изделий гидростатическим методом с использованием в качестве индикатора утечки жидкости копировальной бумаги" с пределом индикации по жидкости для копировальной бумаги  $1 \times 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/с, для фильтровальной бумаги  $1 \times 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/с. После выдержки изделия под давлением к контролируемой поверхности плотно прижимают неокрашенной стороной копировальную бумагу (или перемещают ее по поверхности), сложенную пополам окрашенной стороной внутрь. На неокрашенной поверхности образуются пятна темного цвета. Регистрация течей осуществляется по этим пятнам в процессе осмотра бумаги. Время контакта бумаги с контролируемой поверхностью 10 с, включая отметку места течей на контролируемой поверхности.

Для удобства регистрации течей предварительно закрепляют копировальную бумагу (с помощью любого клея или другим способом) на куске поролона.

При контроле герметичности гидросистем давление в системе соответствует рабочему.

При контроле гидросистем на герметичность рабочие фильтры и дроссели заменяют на технологические или на них заглушают перепускные клапаны. Проверяют подсоединение силовых гидроцилиндров, панелей и агрегатов с золотниковыми распределителями (11-го класса) и подсоединяют гидроаккумуляторы.

Проверяют закольцовку рулевых машинок автопилота и гидросилителей.

Гидробаки и гидронасосы остаются неподсоединенными. Обратные клапаны заменяют технологическими переходниками.

Контроль герметичности гидросистем 100%-ный. После контроля герметичности гидросистем по требованию работников ОТК и представителя заказчика производится повторный выборочный контроль.

Режимы контроля герметичности гидросистемы (давление, время выдержки системы под давлением жидкости, число срабатываний агрегатов и др.) должны строго соответствовать чертежу, ТУ или ПИ на контроль герметичности системы.

Для предотвращения при заполнении системы рабочей жидкостью попадания ее из негерметичных соединений на агрегаты, жгуты и готовые изделия их закрывают вошеной бумагой или целлофаном.

Контроль герметичности производится после окончания всех работ по заправке и удалению воздуха из системы в следующей последовательности:

проверяют готовность стенда к проверке и включают световой сигнал "Внимание! Идет отработка гидросистемы";

устанавливают на стенде заданный режим работы;

включают стенд и проверяют правильность работы по заданным режимам;

производят срабатывание агрегатов (5...6 раз со стенда или из кабины изделия);

выдерживают систему под давлением согласно указаниям чертежа и ТУ;

проверяют герметичность соединений трубопроводов с агрегатами и между собой. Обнаруженные течи устраняются после сброса давления до нуля, подтягивания накидных гаек в соединениях или замены деталей трубопровода. После устранения утечки контроль повторяют;

открывают кран, давление доводят до нуля, снимают заглушки, отсоединяют шланги стенда от проверяемой системы;

отключают насос, концы шлангов и штуцеров заглушают металлическими заглушками и пломбируют, передают стенд для проверки фильтров.

По окончании контроля восстанавливают монтаж и в паспорте изделия делают отметку о контроле герметичности гидросистемы.

Восстановленные после контроля соединения проверяют на герметичность при отработке системы на работоспособность.

*Технологический процесс контроля внутренней герметичности гидравлических систем манометрическим методом.* Внутренняя герметичность определяется скоростью падения давления в системе за счет внутренних суммарных утечек через гидроагрегаты в дренажную магистраль.

Необходимость контроля внутренней герметичности определяется ОКБ в зависимости от особенностей конструкции системы и изделия.

Контроль внутренней герметичности гидросистемы манометрическим методом производится после проверки наружной герметичности перед отработкой системы на функционирование.



Сущность манометрического метода контроля заключается в следующем. Система заполняется контрольной жидкостью, создается избыточное давление. После определенной выдержки под давлением с отключенным наземным насосом оценивается изменение давления в системе по манометру. Режимы контроля (время падения давления до установленного значения в отдельных участках или по всей гидросистеме, температура окружающей среды, давление зарядки гидроаккумулятора и др.) назначаются ОКБ, они оговариваются в ТУ, ПИ или другой технической документации. Внутренняя герметичность контролируется при различных положениях кранов и агрегатов, которые переключаются только при наличии давления в системе. Обратные клапаны заменяются технологическими переходниками.

Перед контролем внутренней герметичности гидросистемы проверяется давление всех заряженных баллонов и гидроаккумуляторов, оно должно соответствовать установленным нормам. Стенд и гидросистема изделия заполняются рабочей жидкостью. Контроль внутренней герметичности гидросистемы 100%-ный. После контроля внутренней герметичности гидросистемы по требованию работников ОТК и представителя заказчика производится повторный выборочный контроль, при котором в качестве справочного материала может быть использован ОСТ 1.41318 – 72.

Внутренняя герметичность системы контролируется после всех подготовительных работ в следующей последовательности:

к проверяемой системе подключается стенд; в системе создается заданное давление, ее прокачивают, производя 10...15 срабатываний агрегатов;

при наличии заданного давления в системе закрывают кран подачи жидкости в нее;

выключают наземные насосы стенда; определяют время падения давления по манометру системы согласно ТУ, ПИ или другой технической документации на контроль;

система считается герметичной, если время падения давления до допустимого значения больше, чем задано ТУ или ПИ на контроль;

в случае негерметичности последовательно проверяют каждый агрегат в отдельности;

неисправный агрегат снимают с изделия и заменяют новым; повторяют контроль для всех участков; понижают давление в системе до нуля; стенд от изделия не отключают, так как на этом же стенде обрабатываются гидроагрегаты на функционирование.

По окончании контроля внутренней герметичности восстанавливают монтаж и в паспорте изделия делают отметку о контроле.

Восстановленные после контроля соединения проверяют на наружную герметичность при проверке системы на функционирование.

#### 6.4. МОНТАЖ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ

В системы управления самолетом входят командные рычаги ручного и ножного управления, тяги или тросы, проложенные по планеру самолета, исполнительные органы – рули элероны, элевоны, интерцепторы, флайпероны, триммеры и т. д. Командные рычаги – ручки, штурвалы, педали, рукоятки, маховички – размещаются в кабине экипажа.

Передача управляющего перемещения от командного рычага к исполнительному органу непосредственно или к гидравлическим усилителям (бустерам) осуществляется через систему тяг и качалок (жесткое управление) или систему тросов и роликов (тросовое управление). Для управления исполнительными органами на самолетах могут устанавливаться системы автоматического управления (САУ) или системы дистанционного управления (СДУ), в которых используются электрогидравлические рулевые приводы.

При использовании различного рода усилителей для создания у водителя "чувства управления" к проводам управления стабилизатором, флаперонами и рулями направления подключаются пружинные механизмы загрузки, создающие на ручке или педалях усилия, изменяющиеся по заданным законам в зависимости от углов отклонения ручки или хода педалей.

Многие элементы системы управления устанавливаются, регулируются и проверяются в агрегатных цехах. В агрегатах планера монтируются тросовые и жесткие проводки управления самолетом и двигателем, устанавливаются ролики, качалки, кронштейны и направляющие, прокладываются тросы и тяги, которые затем подсоединяются и проверяются. В кабине пилота монтируются педали ножного управления, ручки, штурвалы, колонки и тяги.

Монтажные работы в агрегатах планера и на элементах конструкции выполняются в соответствии с эталонами, по кондукторам, при помощи приспособлений и по шаблонам, отработанным в процессе проработки монтажей и взаимоувязанным со стапельной и другой оснасткой планера самолета. Монтировать разрешается только детали и агрегаты, параметры которых соответствуют требованиям чертежа и техническим условиям на их изготовление и сборку.

Все сверлильные работы для крепления элементов системы управления должны быть выполнены перед прокладкой тяг, так как наличие стружки может привести к заклиниванию тяг в направляющих. Независимо от условий монтажа детали системы управления (краны, насосы, цилиндры, колонки, педали, кронштейны и качалки) должны подаваться из механосборочных и других цехов с окончательно обработанными поверхностями и отверстиями.

Тросы и тяги для монтажа должны подаваться после проверки комплектно. Механические детали (стаканчики, вилки, втулки), комплектующиеся с тягами, должны быть проверены до сборки с ними. В заготовительных цехах тросы предварительно испытывают на растяжение, заплетают концы тросов на коуш или заделывают в наконечники, собирают их с тандерами или роликами, проверяют, нет ли завершенности прядей, следов коррозии и затем поставляют на монтаж в агрегатные или сборочные цехи.

Сборку и регулировку системы управления проводят при установке элементов системы в нейтральное положение, для чего все качалки, имеющие специальные отверстия, фиксируют штырями, установив ручку управления и педали в нейтральное положение. Качалки узлов, не имеющих фиксированных отверстий, устанавливают в нейтральное положение, заданное размерами в сборочных чертежах.

Кронштейны должны устанавливаться без перекосов. При необходимости допускается прокладка шайб согласно указаниям в сборочных чертежах. При отработке системы уточняются сборочные чертежи на монтаж системы, установку узлов длины тяг и тросов и расположение тандеров. Утверждаются эталоны тяг и тросов. За эталонные принимают тяги и тросы, изготовленные в соответствии с действующей технической документацией с учетом замечаний и рекомендаций комиссии по эталонированию.

При регулировке системы управления длина тяг изменяется в пределах контрольного отверстия при ввертывании наконечников с обеспечением запаса не менее 1 нитки. Контрольные отверстия (для проверки захода резьбовой части регулируемых хвостовиков) на тягах управления должна быть обращена в сторону, удобную для контроля проволочным щупом. Контровку регулируемых наконечников тяг производят после окончательной регулировки системы управления. Контровка наконечников тяг с контрольными гайками и проволокой или гайками и шайбами должна быть надежной, проворот наконечников после контровки недопустим.

После окончательной регулировки системы управления для контроля положения контрольной гайки относительно трубы

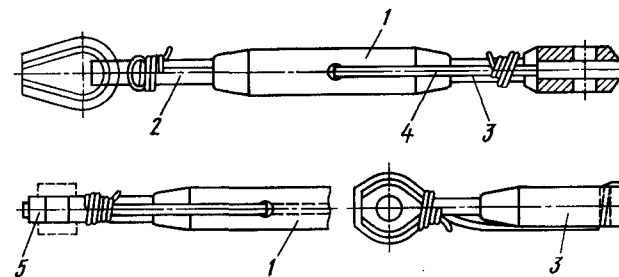


Рис. 6.40. Контровка тандерных соединений:  
1 – муфта; 2 – ушко под коуш; 3 – вилка; 4 – проволока; 5 – ушко под валик

или стакана тяги на регулируемых концах тяг, в местах, доступных для осмотра, необходимо нанести красной эмалью контрольные риски.

Резьбовые наконечники тросов должны быть ввернуты в муфты тандеров на одинаковые длины. При этом максимальный выход резьбы наконечника из муфты допускается не более чем на 3 нитки. Для удобства регулировки и подхода к соединениям тандеры тросовых проводок и регулируемые концы тяг располагают в шахматном порядке. После натяжения тросов с силой, указанной в чертеже, тандерное соединение должно быть закончено в соответствии с требованиями ОСТ 1.00666 – 73 (рис. 6.40). После регулировки системы управления, во избежание поломки качалок и кронштейнов, перед началом проверки отклонения органов управления снимают все штыри, фиксирующие нейтральное положение.

После регулировки системы управления необходимо проверить наличие зазоров, исключая трение между элементами конструкции каркаса и элементами системы управления:

между ушковыми наконечниками тяг и вилками качалок в любом положении – не менее 3 мм;

между качалками системы управления в крайних отклоненных положениях и кронштейнами системы управления – не менее 3 мм;

между качалками системы управления в крайних отклоненных положениях и элементами конструкции планера, а также между тягами управления и кронштейнами системы управления (в крайних отклоненных положениях качалок) – не менее 5 мм;

между ушками тяг и щеками проушины качалок – не менее 0,3 мм (в нейтральном и в крайних положениях системы управления);

между тросами системы управления носками крыла и конструкций планера – не менее 8 мм;

между тросами и оборудованием – не менее 15 мм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абин Н. Н., Максимова Н. С., Казеннов С. А. Совершенствование и развитие процессов клепки в условиях хозрасчета и самофинансирования//Авиационная промышленность. 1989. №6. С. 11.
2. Авин Б. В., Глуценко В. Д. Монтаж сборочной оснастки ЛА легкого класса на стенде МС-636Ф-2-11 с ЧПУ//Авиационная промышленность. 1991. № 6. С. 12...14.
3. Аксюткин В. Д., Крысин В. Н. Снижение трудоемкости клепально-сборочных работ при применении высокоресурсных герметичных заклепок с компенсатором//Сб. тр. НИАТ. Развитие идей А. К. Гастева в институте на современном этапе. Под общ. ред. П. Н. Белянина М.: Машиностроение, 1983. С. 114...115.
4. Бабушкин А. И. Методы сборки самолетных конструкций. М.: Машиностроение, 1985. С. 174...178.
5. Булычев В. В., Уланов М. Е., Мальцева Л. В. Увязка геометрических параметров и обеспечение взаимозаменяемости обводов узлов и агрегатов летательных аппаратов//Технологические рекомендации ТР 1.4. 1219 – 83. 27 с.
6. Вагнер Е.Т. Лазеры в самолетостроении. М.: Машиностроение, 1982. 184 с.
7. Вагнер Е. Т., Митрофанов А. А., Барков В. Н. Лазерные и оптические методы контроля в самолетостроении. М.: Машиностроение, 1977. 175 с.
8. Выполнение болтовых соединений с натягом. ТР 1.4. 515 – 78. М.: НИАТ, 1978. 20 с.
9. Григорьев В. П. Взаимозаменяемость агрегатов в самолетостроении. М.: Машиностроение, 1969. С. 56.
10. Григорьев В. П. Сборка клепальных агрегатов самолетов и вертолетов. М.: Машиностроение, 1975. 343 с.
11. Клепка металлических конструкций заклепками по ГОСТ 14797 – 75...ГОСТ 14803 – 75//ПИ-249 – 78. М.: НИАТ, 1978. С. 5.
12. Клепка раскаткой клиновидных пакетов. РТМ 1.4. 1498 – 85. М.: НИАТ, 1985. 11 с.
13. Книгин В. В., Смаль В. И. Исследование качественных характеристик соединений алюминиевых конструкций титановой заклепкой с шайбой//Авиационная промышленность. 1991. № 2. С. 7.
14. Кривов Г. А. Технология самолетостроительного производства. Киев, КВЦ, 1997. С. 283.
15. Кузьмин В. Ф., Васильев А. А., Малышев В. Ф. Совершенствование метода объемной увязки агрегатов с малой строительной высотой//Авиационная промышленность. 1986. № 8. С. 8...9.
16. Ландсберг Г. С. Оптика. М.: Наука, 1976. 928 с.
17. Миркин И. Я. Определение допустимых зазоров между деталями при сборке конструкций планера//ТР 1.4.554 – 79. М.: НИАТ, 1979. 25 с.
18. Митрофанов А. А. Контроль сборки летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1989. 208 с.
19. Мягков В. Д. Допуски и посадки. М.: Машиностроение, 1982. 543 с.
20. Метод объемной увязки деталей планера и элементов бортовых систем самолета/Г. А. Ваняг, М. К. Сагалаев, И. П. Поспелов и др.//РТМ-1.4.251 – 77. М.: НИАТ, 1977. 35 с.
21. Насибулин Б. Ф., Петрова А. К. Сборка агрегатов болт-заклепками без технологического хвостовика//Авиационная промышленность. 1984. № 10. С. 13.
22. Обработка отверстий в пакетах, содержащих алюминиевые, титановые сплавы и стали//РТМ 1.4. 1935 – 89. М.: НИАТ, 1989. 135 с.
23. Опыт разработки и внедрения числового метода увязки внутреннего набора конструкции/В. Ф. Кузьмин, О. Г. Неделько, В. П. Ломакин, Л. В. Жердев//Авиационная промышленность. 1986. № 7.
24. Применение жестких поддержек при ударной клепке//ТР. 1.4. 850 – 80. М.: НИАТ, 1980. С. 4.
25. Проблемы разработки конструкционных сплавов//Сб. науч. тр.; Коллоквиум по материаловедению института Баттела/Под ред. Р. И. Джаффи и Б. А. Вилкокса. М.: Металлургия, 1980. С. 147...148.
26. Сборка конструкций летательных аппаратов с применением полимерных компенсирующих заполнителей. РТМ 1.4. 1334 – 84. М.: НИАТ, 1980.
27. Существующие и перспективные методы внедрения высокоресурсных и герметичных заклепочных соединений в конструкциях планера летательных аппаратов/Н. Н. Абин, В. Ф. Громов, С. Л. Васильев и др.//Сб. тр. НИАТ. Развитие идей А. К. Гастева в институте на современном этапе/Под общ. ред. П. Н. Белянина. М.: Машиностроение, 1983. С. 99...100.
28. Технологичность конструкций планера самолета/М. Е. Уланов, В. В. Булычев, Д. М. Ветрова и др.//Руководство по технологичности самолетных конструкций. М.: НИАТ, 1983. С. 9...27.
29. Технология сборки самолетов/В. И. Ершов, В. В. Павлов, М. Ф. Каширин и др. М.: Машиностроение, 1986. С. 73, 200...201.
30. Технология выполнения высокоресурсных заклепочных и болтовых соединений в конструкциях самолетов/А. И. Ярковец, О. С. Сироткин, В. А. Фирсов и др. М.: Машиностроение, 1987. С. 7.
31. Технология производства титановых самолетных конструкций/А. Г. Братухин, Б. А. Калачев, В. В. Садков и др. М.: Машиностроение, 1995. С. 350...365.
32. Технология самолетостроения/А. Л. Абибов, Н. М. Бирюков, В. В. Бойцов и др. М.: Машиностроение, 1982. С. 28...30; 352...353.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<b>Глава 1. Сборка планера самолета . . . . .</b>	<b>5</b>
1.1. Конструктивно-технологическая характеристика планера самолета . . . . .	5
1.2. Методы сборки . . . . .	20
1.3. Основные приемы компенсации погрешностей при сборке . . . . .	28
<b>Глава 2. Соединения в агрегатно-сборочном производстве . . . . .</b>	<b>44</b>
2.1. Виды соединений . . . . .	44
2.2. Способы образования и обработки отверстий под болты и заклепки . . . . .	54
2.3. Клепка сплошных заклепок общего назначения . . . . .	68
2.4. Клепка специальными и составными заклепками . . . . .	103
2.5. Болтовые соединения . . . . .	115
2.6. Герметизация соединений . . . . .	124
<b>Глава 3. Прогрессивные конструкторско-технологические решения увязки геометрических параметров планера и изготовления сборочной оснастки . . . . .</b>	<b>136</b>
3.1. Основные схемы увязки деталей и оснастки . . . . .	136
3.2. Эффективные конструктивные схемы сборочной оснастки . . . . .	154
<b>Глава 4. Технологические вопросы обеспечения аэродинамической формы планера . . . . .</b>	<b>162</b>
4.1. Общие положения . . . . .	162
4.2. Обеспечение качества обводов планера . . . . .	163
<b>Глава 5. Лазерные измерительные системы в агрегатно-сборочном производстве . . . . .</b>	<b>183</b>
5.1. Лазерно-оптические средства измерений . . . . .	183
5.2. Монтаж и увязка сборочной оснастки . . . . .	193
5.3. Стыковка и нивелировка самолетов с использованием лазерных измерительных систем . . . . .	204
<b>Глава 6. Монтаж бортового оборудования . . . . .</b>	<b>215</b>
6.1. Монтаж электротехнического оборудования . . . . .	216
6.2. Монтаж трубопроводных систем . . . . .	254
6.3. Обеспечение чистоты и герметичности бортовых систем . . . . .	280
6.4. Монтаж механических систем управления самолетом . . . . .	299
Список литературы . . . . .	303