

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА
AVIATION, ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

Колыхалов Д. Г., Марьин Б. Н., Сысоев О. Е.
D. G. Kolykhalov, B. N. Maryin, O. Ye. Sysoyev

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЖИДКОСТНО-ГАЗОВЫХ СИСТЕМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF THE AIRCRAFT LIQUID-GAS
SYSTEMS**

Колыхалов Дмитрий Геннадьевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); +7(962)2868966. E-mail: dgk.knastu@mail.ru.

Mr. Dmitrii G. Kolykhalov – PhD in Engineering, Assistant Professor, Head of the Department of Computer Aided Design, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); +7(962)2868966. E-mail: dgk.knastu@mail.ru.

Марьин Борис Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Машиностроение и металлургия» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 8(914)1778755. E-mail: mariynsb@mail.ru.

Mr. Boris N. Maryin – Doctor of Engineering, Professor, Department of Mechanical Engineering and Metallurgy, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); +7 (914)1778755. E-mail: mariynsb@knastu.ru.

Сысоев Олег Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, декан факультета кадастра и строительства Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); +7 (4217) 241-141. E-mail: fks@knastu.ru.

Mr. Oleg Ye. Sysoyev – Doctor of Engineering, Professor, Dean of the Faculty of Cadastre and Civil Engineering, Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); +7 (4217) 241-141. E-mail: fks@knastu.ru.

Аннотация. Данная работа посвящена жидкостно-газовым системам летательных аппаратов и их конструктивно-технологическому анализу. В работе приведена характеристика трубопроводных магистралей, рассмотрены типы рабочих жидкостей и газов, приведен диапазон воспринимаемых внутренних давлений. В работе приведена классификация трубопроводов летательных аппаратов по условиям их работы, с учетом воспринимаемого внутреннего давления, приведена классификационная схема основных групп и типов соединений трубопроводов и патрубков. В работе рассмотрены схемы неразъемных соединений, выполненных при помощи пайки и сварки, а также разъемных подвижных и неподвижных соединений различного типа. Также в работе рассмотрены комбинированные соединения. На основе проведенного анализа были разработаны классификационные схемы трубопроводов систем летательных аппаратов в зависимости от типа системы, давления. Разработана классификационная схема соединений трубопроводов в зависимости от способа разъема соединения, подвижности, наличия прокладок. Работа иллюстрирована примерами соединений различного типа.

Summary. This article is devoted to the gas-liquid systems of the aircraft and their structural and technological analysis. The paper shows the characteristics of pipelines, considers the types of working fluids and gases and covers the range of perceived internal pressures. The paper presents the classification of pipelines of flying vehicles from the point of view of their working conditions, taking into account the perceived internal pressure. The article also shows the classification scheme of major groups and types of pipe connections and fittings. The article focuses on the scheme of permanent joints made with soldering and welding, as well as the split of mobile and fixed joints of different types. The authors study the combined connections. The authors have also developed classification schemes of aircraft piping systems that depend on the system pressure. A classification scheme of piping connections, depending on the method of connection, mobility, presence of seals is singled out. The research is illustrated with examples of compounds of different types.

Ключевые слова: жидкостно-газовые системы, трубопроводы, соединения трубопроводов, рабочее давление, классификационная схема.

Key words: liquid-gas systems, piping, piping connections, operating pressure, the classification scheme.

УДК 621.7.04

Трубопроводные магистрали жидкостно-газовых систем летательных аппаратов (ЛА) предназначены для соединения источников энергии систем (насосов, гидроаккумуляторов, баллонов) с потребителями энергии или исполнительными механизмами (силовыми цилиндрами, гидроусилителями, демпферами, гидромоторами и др.). Эта связь осуществляется подачей от источников к потребителям рабочего вещества (жидкости или газа) под давлением через управляющие и распределительные устройства (краны, клапаны, золотники и др.) по системе трубопроводов.

В зависимости от функций, выполняемых бортовыми системами, в трубопроводах находятся под давлением различные типы жидкостей или газов. Например, в топливных системах применяется керосин Т-1 (Т-2) или бензин Б-70, в гидравлических – минеральное масло АМГ-10 или масло 7-50С-3, в воздушных – сжатый воздух или азот, в противопожарных – углекислый газ или смесь паров бромистого этила, хлороформа и т.д.

Рабочее давление в трубопроводах современных самолетов (вертолетов) может достигать значительных величин. Например, в гидравлических системах используются рабочие давления порядка 16...24 МПа. Газогазовые системы работают под давлением 15 МПа. При относительно низком давлении работают топливные, масляные, противообледенительные, высотные и другие системы [1].

Трубопроводы различных систем могут быть классифицированы по условиям их работы на изделия в зависимости от эксплуатационного рабочего давления. Построенный по этому признаку классификатор приведен на рис. 1.

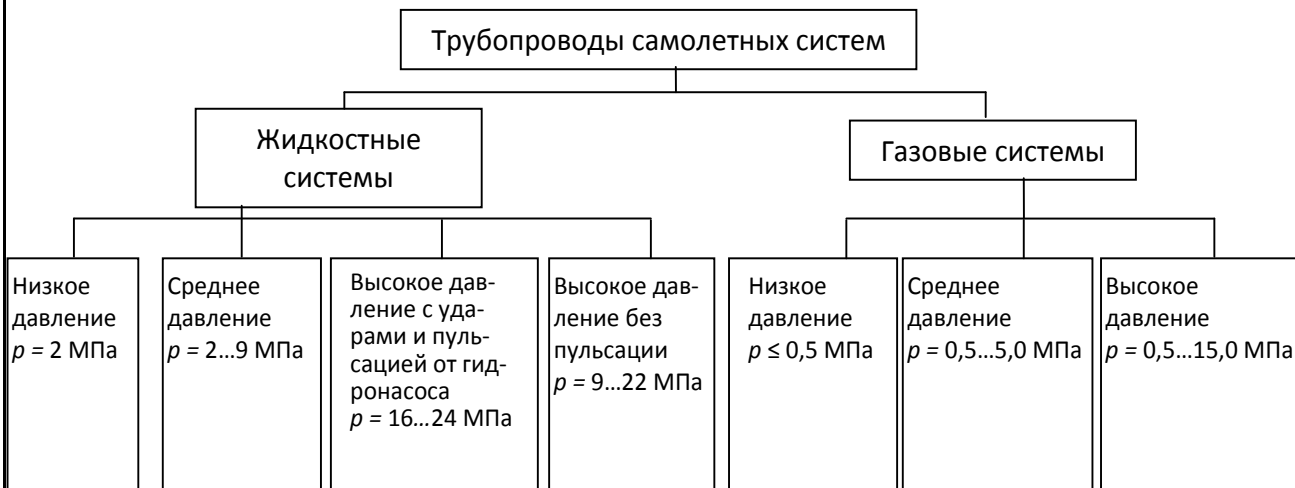


Рис. 1. Классификатор трубопроводов (по условиям работы)

По своей конструкции трубопроводы различных типов ЛА в общем аналогичны. Отдельный трубопровод состоит из самой трубы и деталей соединительной арматуры, служащих для соединения трубопроводов агрегатами и между собой. В конструкции некоторых соединений трубопроводов применяются уплотнительные детали (кольца, прокладки), изготавливаемые из металла или различных эластичных неметаллических материалов.

Трубопроводы изготавливаются из бесшовных холоднокатанных или холоднотянутых заготовок труб. Трубопроводы необходимой формы (конфигурации) изготавливаются путем гибки заготовок труб различными методами. При гибке труб различных систем современных изделий должны строго выдерживаться их геометрические размеры и контуры [2].

В конструкциях современных изделий применяется множество типов соединений трубопроводов и патрубков между собой и с агрегатами систем. На рис. 2 приведена классификационная схема основных групп и типов соединений трубопроводов и патрубков [3].

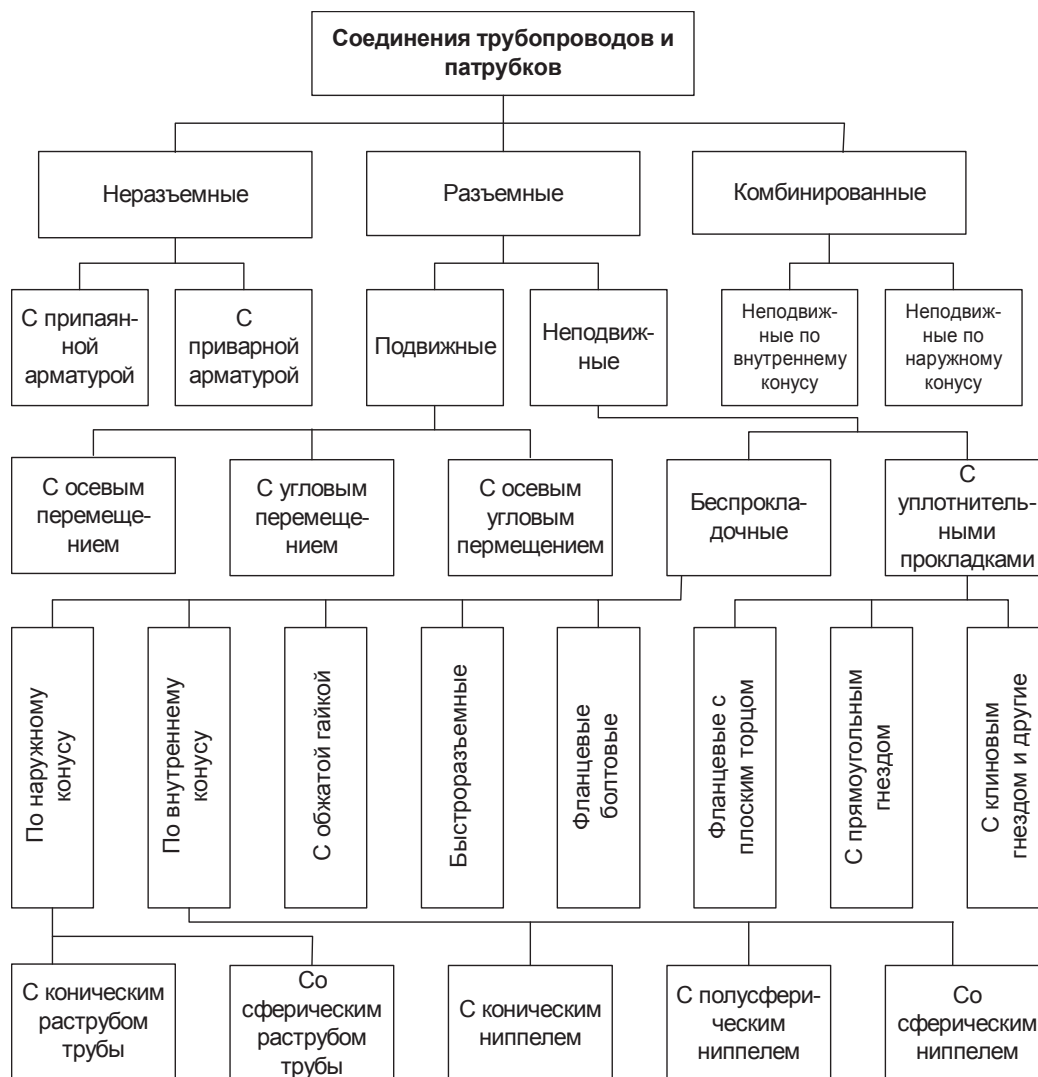


Рис. 2. Классификационная схема основных групп и типов соединений трубопроводов и патрубков

В настоящее время используются соединения трубопроводов самого различного типа, которые можно подразделить на три группы: разъемные, неразъемные и комбинированные.

К первой группе относятся все виды паяных и сварных соединений. Их надежность зависит в основном от выбора конструкции соединяемых элементов, а также от технологии и режимов пайки и сварки. Соединения этого типа наиболее просты по конструкции, но не допускают ремонта трубопроводных коммуникаций (рис. 3).

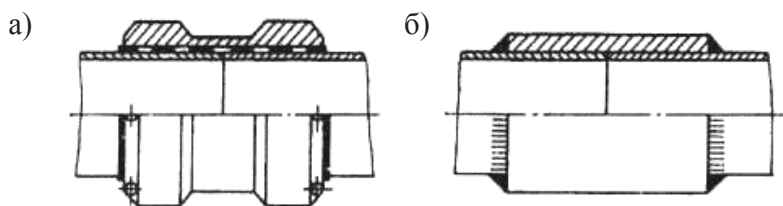


Рис. 3. Схемы неразъемных соединений трубопроводов, выполненных с помощью пайки (а) и сварки (б)

Во вторую группу входят разъемные соединения всех типов, которые могут быть собраны и демонтированы без применения каких-либо технологических приемов, связанных с исправлением элементов соединения. Допускается замена уплотнительных элементов (колец, прокладок и т.д.).

Разъемные соединения могут быть подвижными и неподвижными [3]. К подвижным относятся соединения, у которых во время работы изделия происходит относительное перемещение контактных поверхностей, обеспечивающих герметичность (рис. 4).

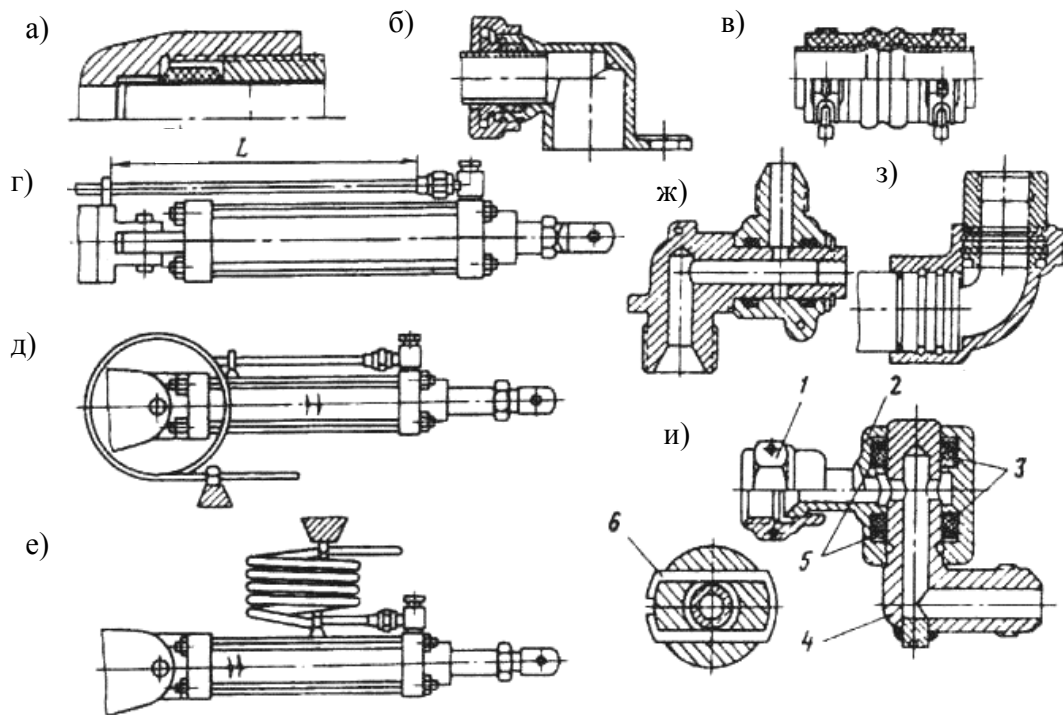


Рис. 4. Схемы разъемных подвижных соединений трубопроводов:

- а – с уплотнительными кольцами; б – с телескопическими соединениями;
- в – с дюритовой муфтой; г – пружинного типа; д – со спиральной пружиной;
- е – с цилиндрической пружиной; ж, з – шарнирные соединения с одной и двумя степенями свободы соответственно; и – поворотные соединения: 1 – обжимная гайка; 2 – муфта;
- 3 – уплотнительное кольцо; 4 – угольник; 5 – защитная шайба; 6 – шпилька

С помощью подвижных соединений компенсируются осевые и угловые неточности, возникающие во время сборки коммуникаций в месте соединения трубопроводов, а также термическое расширение последних. К подвижным соединениям относятся телескопические соединения различного типа.

В разъемных неподвижных соединениях контактирующие поверхности не испытывают относительных перемещений во время работы системы. С помощью этих соединений нельзя компенсировать неточность изготовления и термические изменения коммуникаций. К соединениям такого типа относятся различные беспрокладочные соединения по внутреннему и наружному конусам (рис. 5), быстроразъемные беспрокладочные соединения (рис. 6), фланцевые соединения (рис. 7), а также соединения с уплотнительными элементами (рис. 8).

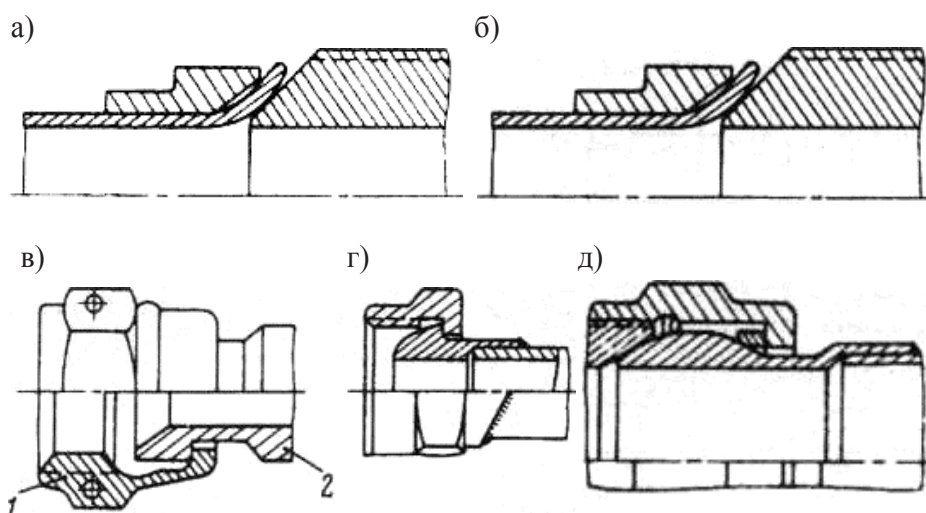


Рис. 5. Схемы разъемных неподвижных беспрокладочных соединений трубопроводов по наружному конусу с конусной (а) и сферической (б) развальцовками; по внутреннему конусу с обжатой гайкой (в: 1 – гайка; 2 – ниппель-труба), с полусферическим (г) и сферическим (д) ниппелями

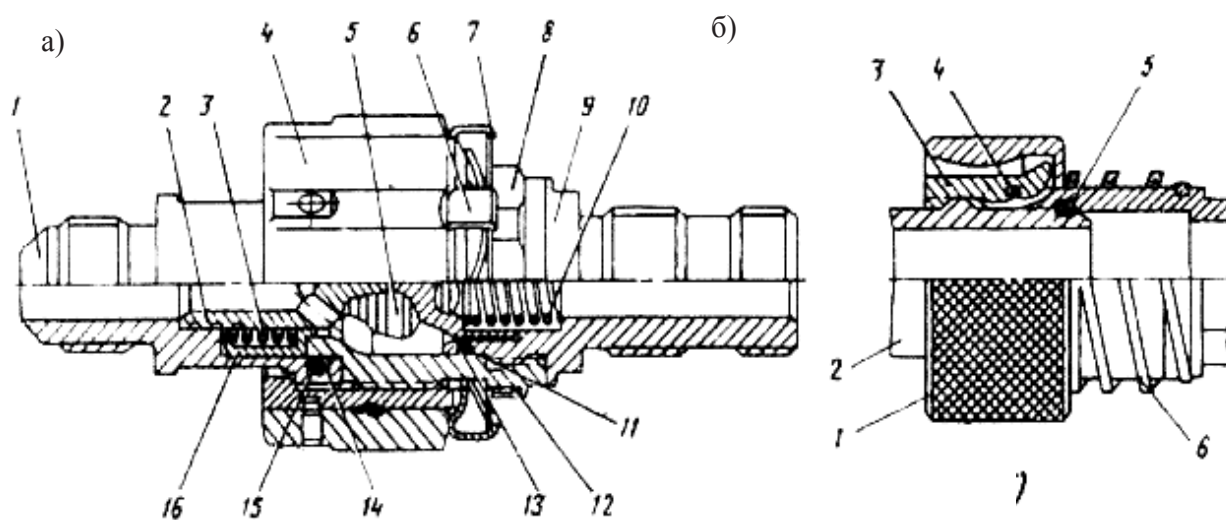


Рис. 6. Схемы быстроразъемных неподвижных беспрокладочных соединений трубопроводов: а – разъемный клапан: 1 – штуцер; 2 – клапан; 3, 10 – пружины; 4 – гайка в сборе (гайка, обойма, штифт); 5 – клапан; 6 – пружина; 7 – контрольная шайба; 8 – корпус; 9 – штуцер; 11, 15 – уплотнительные кольца; 12 – обойма; 13, 14 – защитные шайбы; 16 – втулка; б – цангового типа: 1 – обойма; 2 – наконечник; 3 – кулачок; 4 – кольцо; 5 – уплотнительное кольцо; 6 – пружина

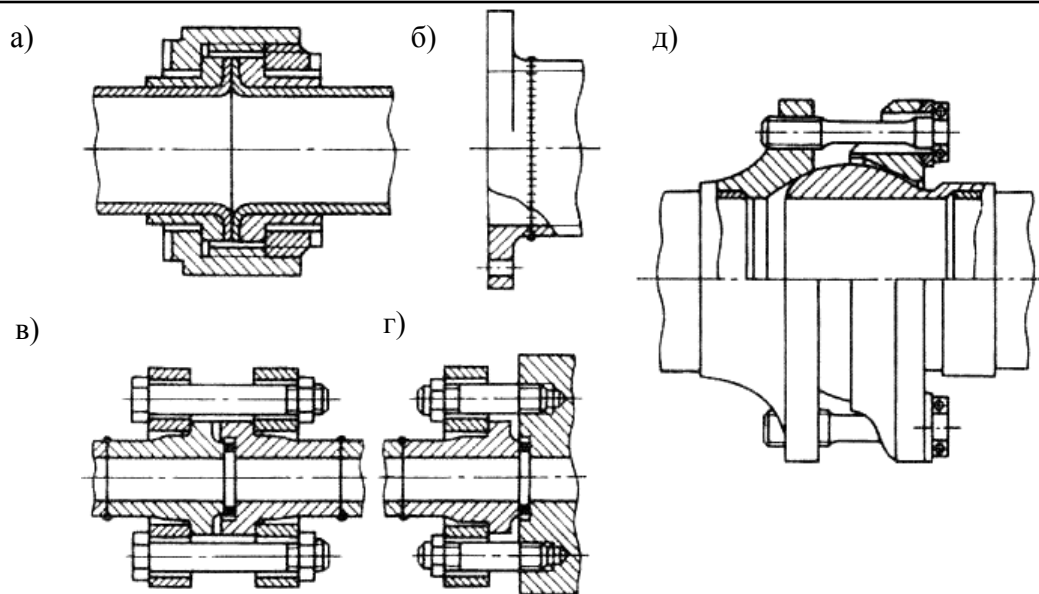


Рис. 7. Схемы разъемных неподвижных беспрокладочных фланцевых соединений с развальцовкой труб на торен (а), сварных соединений (б), с накидным фланцем (в, г) и сферического соединения (б)

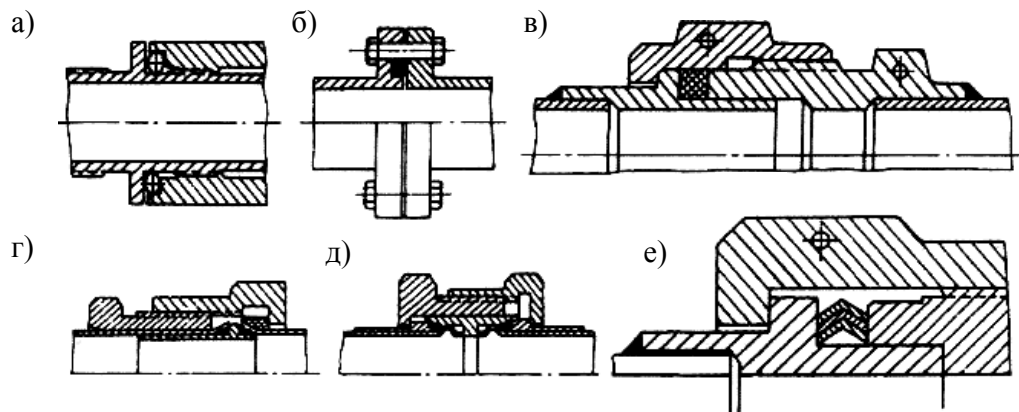


Рис. 8. Схемы разъемных неподвижных фланцевых соединений трубопроводов с уплотнительными прокладками: а – с трубчатыми кольцевыми уплотнениями; б – с резиновыми кольцами; в – с прямоугольными гнездами; г, д – с клиновыми гнездами; е – с упругими пластинчатыми элементами

Разъемные соединения трубопроводов составляют многочисленную группу и широко применяются в различных областях народного хозяйства. Большое распространение в изделиях авиационной техники получили соединения по наружному и внутреннему конусам.

Комбинированные соединения трубопроводов составляют третью группу (рис. 9). Эти соединения по герметичности так же надежны, как и неразъемные (паяные или сварные), но в то же время допускают переборки. Комбинированные соединения предназначены для стыковки трубопроводов, транспортирующих агрессивные среды, а также для работы в условиях вакуума.

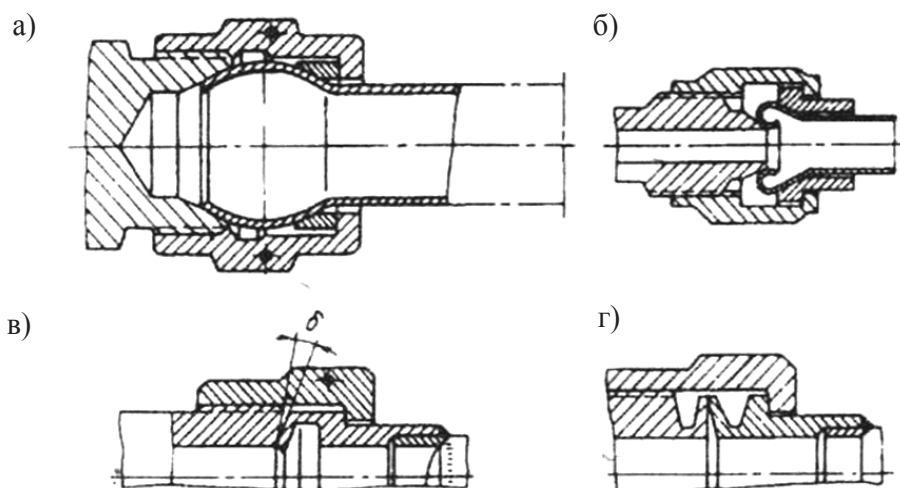


Рис. 9. Схемы комбинированных неподвижных соединений трубопроводов по внутреннему (а) и наружному (б) конусам, с упругими ниппелями (в) и упругим ниппелем и штуцером (г)

В качестве материалов для изготовления труб и арматурных деталей применяются стали и сплавы из цветных металлов различных марок [4].

Наружные и внутренние поверхности деталей трубопроводов защищаются от коррозии различными способами в зависимости от марки материала детали и рабочего вещества, находящегося в системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марьин, Б. Н. Изготовление трубопроводов гидрогазовых систем летательных аппаратов / Б. Н. Марьин, В. М. Сапожников, Ю. Л. Иванов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1998. – 400 с.
2. ОСТ 1.42378-88...ОСТ 1.42386-88. Трубы и патрубки авиационные бортовые. Классификация по группам точности. – М.: Изд-во НИИТ, 1988. – С. 39-42.
3. Хейн Вин Зо Анализ процессов и интенсификация изготовления деталей летательных аппаратов методом обжима и раздачи трубных заготовок / Хейн Вин Зо // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2015. – № II-1(22). – С. 13-19.
4. Марьин, Б. Н. Интенсификация формообразования деталей из трубчатых заготовок / Б. Н. Марьин, Ю. Л. Иванов, В. М. Сапожников; под ред. Б. Н. Марьина. – М.: Машиностроение, 1996. – 176 с.