Библиотека СОК

А.И.ГОШКО

# АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В трех книгах

## Производство. Испытания. Монтаж

## 2



Москва "Машиностроение"
2003

УДК 621.646
ББК 39.71
Г74

Рецензент

кандидат технических наук
**О.Н. Шпаков**

**А.И. Гошко**

Г74 Арматура трубопроводная целевого назначения. В 3-х кн. Кн. 2: Производство. Испытания. Монтаж. М.: Машиностроение, 2003. 336 с.: с ил.

Во второй книге приведены типовые технологические процессы, средства технологического оснащения, правила отработки конструкции изделий на технологичность, практические рекомендации, нормы, допуски и режимы при изготовлении, испытаниях и монтаже специальной и общепромышленной арматуры. Особое внимание уделено целевой трубопроводной арматуре.

Книга предназначена для проектировщиков и эксплуатационников трубопроводов технологических систем, конструкторов, изготовителей и ремонтников арматуры, специалистов по качеству и герметологии, менеджеров фирм, продающих арматуру.

УДК 621.646
ББК 39.71

**Andrey Goshko**

Pipeline valves high guality. In three books. Book 2: Production. Testing. Assembling. Moscow, Mashinostroenie Publ. 2003.

In this book are listed the exposition of Valve Plants typical technological processes, industrial equipment and arrangements, practical guidelines, norms and operation conditions, used in manufacture, testing and assembly of high quality special and industrial purpose valves.

**ISBN 5-217-03189-4** (кн. 2)
**ISBN 5-217-03182-4**

© Гошко А.И., 2003
© Издательство "Машиностроение", 2003

# ОГЛАВЛЕНИЕ


**ПРЕДИСЛОВИЕ** ..... 5

**Глава 1. АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА** ..... 7

**1.1. Основные требования, организация и управление процессом производства арматуры** ..... 7

**1.2. Правила обеспечения технологичности конструкции изделий арматуры** ..... 31

**1.3. Производственная технологичность конструкции изделий арматуры** ..... 52

1.3.1. Оценка технологичности конструкции затворов и изделий запорной арматуры ..... 55

1.3.2. Оценка технологичности конструкции затворов и изделий регулирующей арматуры ..... 71

1.3.3. Оценка технологичности конструкции затворов и изделий предохранительной арматуры ..... 77

1.3.4. Оценка технологичности конструкции затворов и изделий защитной арматуры ..... 85

**Глава 2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРМАТУРЫ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ** ..... 87

**2.1. Общие правила разработки типовых технологических процессов и выбора средств технологического оснащения** ..... 87

**2.2. Универсальное и специальное технологическое оборудование и оснастка** ..... 103

**2.3. Типовые технологические процессы обработки деталей и сборки арматуры** ..... 141

2.3.1. Технология и точность изготовления корпусных деталей и обработки уплотнительных поверхностей ..... 141

2.3.2. Технология и точность изготовления деталей типа валов и фланцев и обработки уплотнительных поверхностей запорно-регулирующих элементов ..... 168

2.3.3. Технология и точность изготовления деталей из полимеров и нанесения полимерных покрытий на уплотнительные поверхности герметизаторов ..... 195

2.3.4. Технология и точность узловой и основной сборки арматуры 211

**Глава 3. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ АРМАТУРЫ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ** ..... 223

**3.1. Общие правила разработки процессов и выбора средств испытаний арматуры** ..... 223

**3.2. Испытательное оборудование, стенды и оснастка** ..... 228

**3.3. Основные технологические процессы испытаний арматуры** ..... 275

3.3.1. Технология и нормы испытаний запорной арматуры ..... 275

3.3.2. Технология и нормы испытаний регулирующей арматуры ..... 279

3.3.3. Технология и нормы испытаний предохранительной арматуры 284

3.3.4. Технология и нормы испытаний защитной арматуры ..... 286

**Глава 4. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОНТАЖА АРМАТУРЫ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ** ..... 288

**4.1. Общие положения монтажа трубопроводной арматуры** ..... 288

**4.2. Оборудование и оснастка для монтажа арматуры** ..... 303

**4.3. Технологические процессы монтажа арматуры** ..... 313

4.3.1. Технология и правила монтажа фланцевой арматуры ..... 314

4.3.2. Технология и правила монтажа арматуры с патрубками под приварку ..... 318

**ЛИТЕРАТУРА** ..... 334

*Посвящаю светлой памяти сына*
*Гошко Павла Андреевича*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Промышленная трубопроводная арматура целевого назначения является особо ответственным элементом технологических систем, определяющим их безопасность, надежность, эффективность использования. Реализация системного подхода к выбору и эксплуатации целевой арматуры, положения и рекомендации для которых изложены в первой книге, позволяют установить функциональные нормы на базовые, комплексные и интегральные показатели качества; допуски на структурные и геометрические параметры деталей затворов и соподчиненных деталей арматуры.

Обеспечение требований к качеству целевой арматуры реализуется на стадии производства. Качество производства, в конечном итоге, определяет результативность системного подхода к выбору и эксплуатации целевой арматуры. При этом, стадия производства диктует выделение в самостоятельную технологическую операцию испытание арматуры, а также учет последующей, ответственной для арматуры, стадии ее монтажа.

Особенность нетрадиционного рассмотрения стадии производства арматуры обусловлена тем, что арматура является неотъемлемым элементом трубопроводной системы, а испытание и монтаж, при этом, выступают специфическим продолжением традиционного технологического процесса сборки изделий, моделирующими и определяющими внешние воздействия системы на арматуру и арматуры на систему. Таким образом, системный подход к производству позволяет выявить взаимосвязь технологических процессов общей сборки, испытаний и монтажа целевой арматуры.

Качество сборки целевой арматуры, с позиций производства, определяется соблюдением требований: производственной технологичности конструкции изделий, типовых технологических процессов обработки и сборки деталей, технологической точности деталей затворов и соподчиненных деталей. Вместе с тем, качество сборки целевой арматуры, с позиций испытаний и монтажа, зависит от: достаточной конструктивно-эксплуатационной прочности, плотности и жесткости изделий, соблюдения требований производственной технологичности конструкции затворов, тождественности технологий испытаний и монтажа арматуры, конструкторско-эксплуатационной точности деталей.

С позиций производства трубопроводной арматуры изложение вопросов технологичности конструкции изделий во взаимосвязи с технологической и конструкторско-эксплуатационной точностью деталей и изделий в литературе освещается впервые.

В 2003 году вышла первая книга: "Арматура трубопроводная целевого назначения. Книга 1. Выбор. Эксплуатация. Ремонт".

Автором подготовлена к изданию третья заключительная книга: "Арматура трубопроводная целевого назначения. Книга 3. Управление качеством. Технический контроль. Сертификация".

Все три книги базируются на реализации системного подхода при решении практических задач выбора, производства, сертификации, эксплуатации и ремонта промышленной трубопроводной арматуры, в том числе и особо ответственной – целевой специальной и общепромышленной арматуры.

Выражаю благодарность Т.Ф. Гошко за помощь при подготовке книги.

# Глава 1

# АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА

## 1.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРЫ

Трубопроводная арматура как изделие основного производства представляет собой совокупность сборочных единиц и деталей, которые находятся в определенной взаимосвязи и должны обеспечивать требуемое функционирование трубопроводной системы по показателям ее целевого назначения.

***Арматура целевого назначения*** – специальная или общепромышленная арматура, которая является особенно ответственным элементом, отвечающим качеству функционирования в конкретной технологической системе [5].

**Арматура целевого назначения как изделие.** Ее следует рассматривать как иерархическую систему, состоящую из структурных составляющих разного уровня [29]. В конструкции любой арматуры проявляются характерные особенности системы – взаимосвязи между сборочными единицами и деталями (рис. 1.1.1).

Арматура А состоит из некоторого числа сборочных единиц: $С_1А$ – корпус в сборе, $С_2А$ – запорный элемент в сборе, $С_3А$ – уплотнение штока (шпинделя) в сборе, $С_4А$ – привод в сборе и т.д. Одна и та же сборочная единица может входить в разные конструкции и исполнения арматуры, например, запорный элемент в сборе. Это отражает с позиций производства арматуры унификацию технологических процессов узловой сборки.

Каждая сборочная единица состоит из некоторого числа наименований деталей: $Д_1С_1А$ – корпус, $Д_2С_1А$ – крышка корпуса, $Д_3С_1А$ – уплотнение (герметизатор) крышки и корпуса и т.д. При этом отдельные детали входят в разные сборочные единицы изделия, например, детали крепежа, что может рассматриваться как повышение серийности деталей при производстве арматуры.

В свою очередь отдельные части (функциональные и структурные) детали входят в конструкцию разных наименований деталей, например, часть запорных элементов для их свободной или жесткой фиксации на штоке (шпинделе): $Ч_1Д_1С_1А$, $Ч_2Д_1С_1А$, …, $Ч_kД_jС_iА$. Это отражает повторяемость технологического оборудования и оснастки, повышает коэффициент их использования.

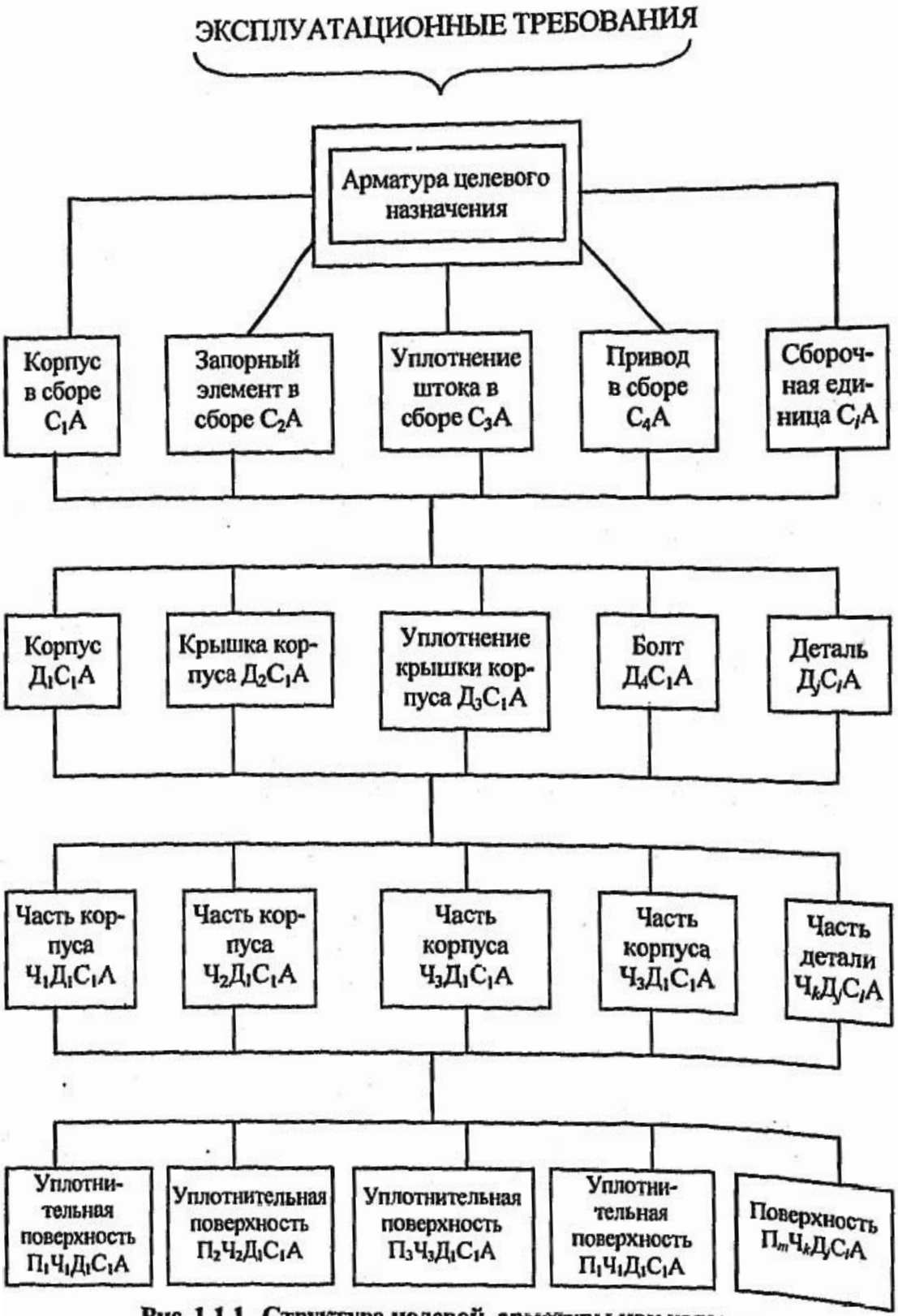



**Рис. 1.1.1. Структура целевой арматуры как изделия**

На нижнем, но особенно важном для арматуры уровне, находятся элементы системы – поверхности детали: $П_1Ч_1Д_1С_1А$, $П_2Ч_1Д_1С_1А$, ..., $П_mЧ_kД_fС_iА$, которые также могут быть унифицированы по технологии обработки, режущему инструменту. Важными для арматуры являются уплотнительные поверхности в связи с тем, что при рассмотрении поверхности как системного элемента под ней понимается не только характеристика формы (плоская, коническая, сферическая, цилиндрическая) но, прежде всего, параметры структуры материала и геометрические параметры (отклонения размера (диаметра, угла), взаимного расположения, формы, волнистости, шероховатости).

В рассмотренной структуре имеется пять уровней иерархии. Для системной оценки рекомендуется использование трехуровневых структур, сочетание которых можно разделить на группы: изготовления, испытаний и монтажа арматуры (табл. 1.1.1). Сочетания составляющих конструкции арматуры в таблице приведены исходя из разделения системы на подсистемы и элементы. Такое построение облегчает оптимизацию задач производства. Из таблицы следует, что каждая структурная составляющая входит только в шесть схем. Арматуру рассматривают только как систему; сборочную единицу рассматривают как систему и подсистему; деталь и функциональную и структурную части детали – как подсистему и элемент; поверхность детали рассматривают только как элемент. В каждой схеме часть структурных составляющих остается вне ее. Это определяет стадийность обеспечения качества целевой арматуры.

Стадия обеспечения качества при изготовлении арматуры охватывает наибольшее число схем. Схемы 1 ... 3 характеризуют сочетание структурных составляющих при обработке деталей, схема 4 – узловую сборку, схемы 5, 6 характеризуют общую сборку арматуры.

Обеспечение качества арматуры на стадии испытаний характеризуется схемами 7 и 8. Однако испытания корпусных деталей, отдельных сборочных единиц и деталей в процессе обработки и сборки потребуют разработку дополнительных схем.

Для стадии монтажа арматуры в качестве базовых используют 9 и 10 схемы сочетаний структурных составляющих. С учетом условий эксплуатации, при рассмотрении арматуры с позиций сохранения ее качества, она может рассматриваться в других схемах как подсистема или элемент технологического трубопровода.

Приведенные схемы используются для решения различных задач в процессе производства целевой трубопроводной арматуры на разных этапах.

Таблица 1.1.1

| Структурные составляющие | Схемы сочетаний структурных составляющих | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Арматура | | | | | Система | Система | Система | Система | Система | Система |
| Сборочная единица | | Система | Система | Система | | | | Подсистема | Подсистема | Подсистема |
| Деталь | Система | | Подсистема | Подсистема | | Подсистема | Подсистема | | | Элемент |
| Функциональная, структурная часть детали | Подсистема | Подсистема | | Элемент | Подсистема | | Элемент | | Элемент | |
| Поверхность | Элемент | Элемент | Элемент | | Элемент | Элемент | | Элемент | | |
| Стадии обеспечения качества | Обработка деталей и сборка изделия | | | | | | Испытание изделия | | Монтаж изделия | |

**Требования производства целевой арматуры.** Для обеспечения заданного уровня качества арматуры необходимо выполнение требований производства и эксплуатации. Требования эксплуатации изложены в первой книге [5] и охватывают требования: функционирования, выполнения штатных работ, технологии технического обслуживания, организации технического обслуживания, технологии ремонта и организации ремонта.

Для арматуры совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых для обработки деталей и сборки выпускаемых изделий, определяется ***производственным процессом*** машиностроительного завода. Структурной основой завода является цех, представляющий собой совокупность производственных участков. Производственный участок объединяет группу рабочих мест, организованных по предметному, технологическому и предметно-технологическому принципу. Рабочее место – это элементарная единица структуры, где размещаются исполнители работы, обслуживаемое ими технологическое оборудование, часть конвейера, на ограниченное время оснастка и предметы труда.

Число рабочих мест Р и число всех технологических операций О, выполняемых в течение планового периода, равного одному месяцу, определяют коэффициент закрепления операций $К_{з.о}$ : $К_{з.о}$ = О/Р. Коэффициент $К_{з.о}$ является одной из основных характеристик ***типа производства***: массового, серийного, единичного.

При массовом и крупносерийном производстве $1 \leq К_{з.о} < 10$, при среднесерийном производстве $10 < К_{з.о} < 20$, при мелкосерийном производстве $20 < К_{з.о} < 40$ и при единичном производстве $К_{з.о} > 40$. Для арматурных заводов характерны все типы производства. Общепромышленная трубопроводная арматура с $D_y$ до 40 мм изготовляется массово и крупносерийно; $D_y$ до 300 мм для разводящих линий и отдельных магистралей производится крупносерийно; $D_y$ до 1200 мм для магистральных трубопроводов изготовляется серийно и мелкосерийно; $D_y$ от 1400 мм используется в основном в металлургии, гидротехнике и производится мелкосерийно и единично. Специальная трубопроводная арматура изготавливается, как правило, среднесерийно, мелкосерийно и единично.

В табл. 1.1.2 и 1.1.3 приведены ориентировочные данные для определения типа производства.

***Единичное производство*** характеризуется малым объемом выпуска одинаковой арматуры. ***Серийное производство*** обеспечивает изготовление арматуры периодически повторяющимися партиями. Для ***массового производства*** характерен большой объем выпуска арматуры, изготовляемой непрерывно или продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. Коэффициент $К_{з.о}$ для массового производства приближается к единице.

Таблица 1.1.2

| Масса обрабатываемой заготовки (детали), кг | Тип производства при годовом выпуске изделий, шт. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | единичное | мелкосерийное | среднесерийное | крупносерийное | массовое |
| До 200 | До 1000 | 1000 ... 5000 | 5000 ... 10 000 | 10 000 ... 100 000 | Св. 100 000 |
| 200 ... 2000 | До 20 | 20 ... 500 | 20 ... 500 | 1000 ... 5000 | Св. 5000 |
| 2000 ... 30 000 | До 5 | 5 ... 100 | 5 ... 100 | 300 ... 1000 | Св. 1000 |

Таблица 1.1.3

| Трудоемкость сборки изделия, ч | Тип производства при среднемесячном выпуске изделий, шт. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | единичное | мелкосерийное | среднесерийное | крупносерийное | массовое |
| 250 ... 2500 | До 3 | 3 ... 8 | 9 ... 60 | Св. 60 | – |
| 25 ... 250 | До 5 | 8 ... 30 | 31 ... 350 | 351 ... 1500 | Св. 1500 |
| 2,5 ... 25 | До 8 | 9 ... 50 | 51 ... 600 | 601 ... 3000 | Св. 3000 |
| 0,25 ... 2,5 | – | До 80 | 81 ... 800 | 801 ... 4500 | Св. 4500 |
| До 0,25 | – | – | – | 1000 ... 6000 | Св. 6000 |

На арматурных заводах, наряду с ***основным производством***, т.е. производством изделий для поставки, существует вспомогательное и опытное производство. ***Вспомогательное*** производство – это производство средств, необходимых для функционирования основного производства. К вспомогательным производствам относятся изготовление и ремонт средств технологического оснащения, производство или подача сжатого воздуха, тепловой или электрической энергии и т.п. ***Опытное производство*** – производство образцов, партий или серий изделий для проведения углубленных испытаний, отработки конструкторской и технологической документации новых изделий, а также для единичного производства арматуры целевого назначения.

Общие требования производства целевой арматуры подразделяют на требования: технологической подготовки (ТПП) и управления производством, основного и опытного производств, обслуживания основного и опытного производств, вспомогательного производства, обслуживания вспомогательного производства (рис. 1.1.2).

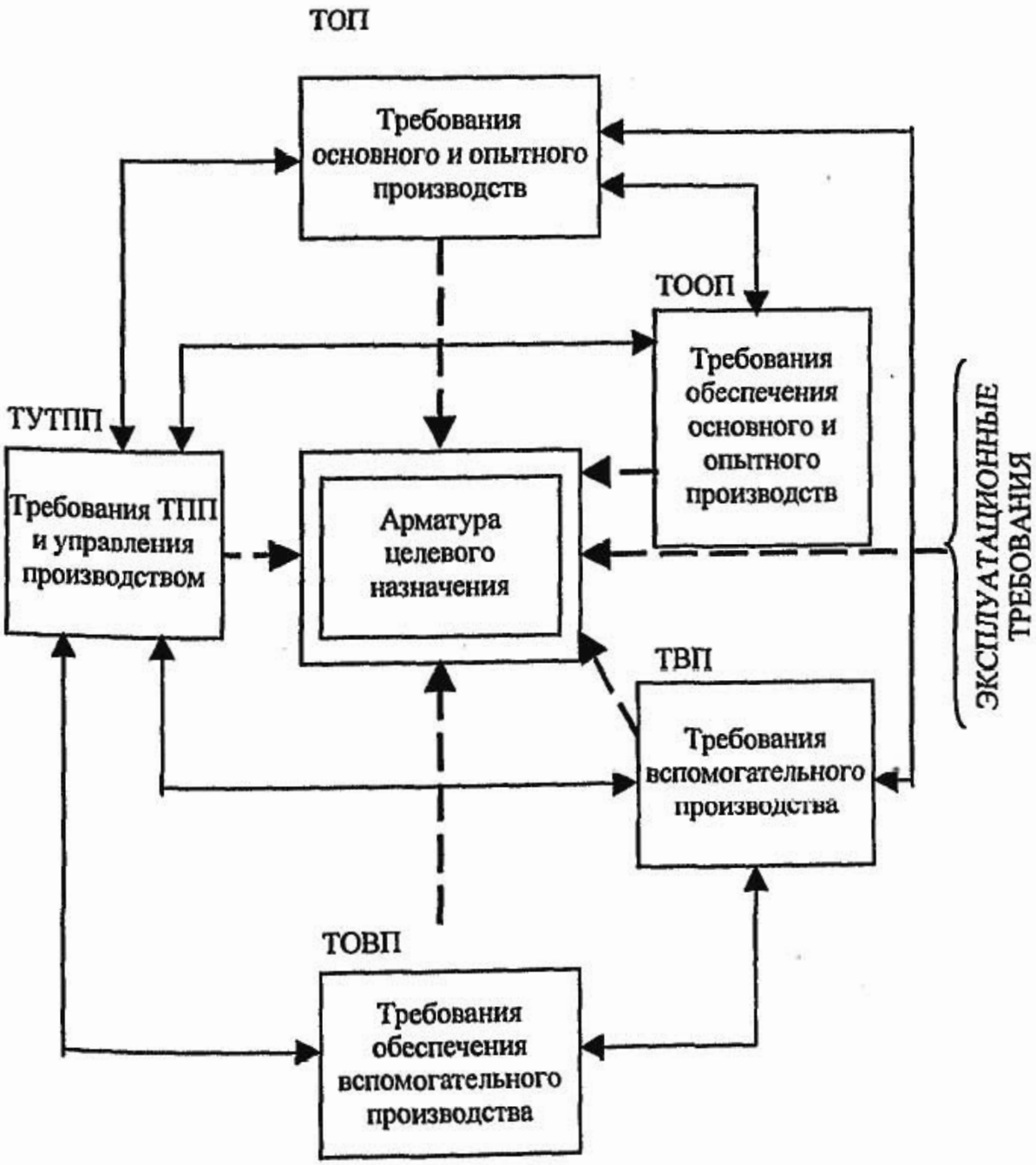



**Рис. 1.1.2. Структура производственных требований к целевой арматуре**

Требования производства, предъявляемые к конструкции целевой арматуры, рассмотрим с позиции обеспечения эффективности производства. Рассматривая категорию требований производства как подсистему, принимаем виды требований за элементы, между которыми имеются взаимосвязи, и что подсистема является управляемой. При этом не следует забывать, что основными операциями являются общая сборка и испытание арматуры, трудоемкость которых достигает 50 % общей трудоемкости изготовления изделия. Возникающие противоречия между элементами подсистемы при установлении требований решаются при отработке конструкции изделий на технологичность и проектировании технологических процессов.

Взаимосвязь **ТОП-ТООП**: требования технологического процесса изготовления серийной и целевой арматуры направлены на уменьшение затрат труда и средств при выполнении технологических операций сборки и испытаний. Одним из направлений удовлетворения этого требования может быть повышение уровня технологической оснащенности. При этом требования обеспечения основного и опытного производств направлены на уменьшение затрат труда и средств при выполнении работ, обеспечивающих данные производства. Одним из направлений удовлетворения этих требований может быть снижение уровня технологической оснащенности.

Следовательно, при удовлетворении обоих требований существует противоречие, которое должно устраняться на основе технико-экономического расчета, в котором отражены эффективность выполнения технологического процесса и затраты на изготовление дополнительных средств оснащения.

Взаимосвязь **ТОП–ТВП**: требования вспомогательного производства направлены на уменьшение затрат труда и средств при выполнении вспомогательных операций сборки и испытаний арматуры. Одним из направлений удовлетворения этих требований может быть сокращение пути транспортирования корпусных деталей арматуры на общую сборку. В этом случае могут возникать противоречия с требованиями основного и опытного производств. Например, для снижения затрат при сборке арматуры целесообразно отдельные сборочные единицы устанавливать на первых операциях конвейера. Однако это приводит к увеличению затрат во вспомогательном производстве – транспортировании сборочных единиц. Внедрение такого варианта в основном производстве требует проведения технико-экономического расчета. Принятое решение необходимо учитывать при отработке конструкции изделий арматуры на технологичность.

Взаимосвязь **ТОП–ТУТПП:** требования подготовки и управления производством направлены на уменьшение затрат труда и средств при выполнении основного, опытного и вспомогательного процессов сборки и испытаний арматуры. Одним из направлений удовлетворения этих требований является внедрение метода поточной сборки и испытаний арматуры, но в этом случае может быть использован технологический процесс, который потребует увеличения затрат. Следовательно, могут возникнуть противоречия. Например, для снижения затрат целесообразно идти по пути концентрации сборочных операций, а для удовлетворения требований организации конвейерной сборки арматуры – по пути дифференциации технологического процесса. Для определения эффективности этих направлений необходимо оценить затраты при выполнении основного, опытного и вспомогательного производств. Принятое решение следует учитывать при отработке конструкции арматуры и сборочной единицы на технологичность.

Взаимосвязь **ТООП–ТУТПП:** требования обслуживания технологического процесса направлены на уменьшение затрат труда и средств при выполнении работ, обеспечивающих основное и опытное производства. Одним из направлений удовлетворения этих требований может быть снижение уровня технической оснащенности. Требования ТПП и управления производством, в свою очередь, направлены на уменьшение затрат при выполнении основного, опытного и вспомогательного производств. И одним из направлений, обеспечивающим снижение затрат, является внедрение метода поточной сборки и испытания арматуры, но в этом случае обслуживание процессов может потребовать увеличения затрат. Технико-экономический расчет позволяет устранить противоречие.

Взаимосвязь **ТВП–ТОВП:** требования вспомогательного производства направлены на уменьшение затрат при выполнении вспомогательных операций сборки и испытания арматуры. Это достижимо при повышении уровня механизации и автоматизации. Требования обеспечения вспомогательного производства также направлены на уменьшение затрат, и одним из направлений удовлетворения их может быть уменьшение средств механизации и автоматизации. Имеется противоречие. Например, для испытания арматуры на прочность, плотность и герметичность затвора предусмотрен стенд с множеством автоматических устройств, что приводит к снижению затрат на вспомогательный процесс. В то же время для технического обслуживания и ремонта потребуется затрачивать дополнительный труд и средства. Технико-экономический расчет должен учитывать эффективность при испытании и дополнительные затраты при обслуживании.

Взаимосвязь **ТВП–ТУТПП:** требования обеспечения производства направлены на уменьшение затрат труда и средств при выполнении процессов основного, опытного и вспомогательных производств. Одним из направлений является внедрение метода поточной сборки и испытания арматуры. В этом случае удовлетворение требований вспомогательного производства будет согласованным, а удовлетворение требований основного и опытного производств может оказаться противоречивым. Предпочтительное решение принимают на основе технико-экономического расчета.

Взаимосвязь **ТОВП–ТУТПП:** требования обеспечения вспомогательного производства направлены на уменьшение затрат при выполнении работ, обеспечивающих вспомогательный процесс. Это достигается, например, уменьшением средств механизации и автоматизации. Требования обеспечения направлены на уменьшение затрат при выполнении основного, опытного и вспомогательного производств. Но это связано с увеличением средств механизации и автоматизации. И здесь основой является технико-экономический расчет.

**Технологическая подготовка производства арматуры.** Это система организации и управления процессом подготовки производства, предусматривающая применение прогрессивных технологических процессов, стандартной и специальной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ. ТПП в рыночных условиях должна ориентироваться на предприятие-производитель и обеспечивать: освоение производства и выпуска арматуры заданного качества в минимальные сроки, при минимальных материальных и трудовых затратах на всех стадиях создания изделий, включая опытные образцы (партии), а также арматуру единичного производства; организацию производства высокой степени гибкости, допускающей возможность непрерывного его совершенствования и быструю переналадку на выпуск различной арматуры.

Функционирование системы ТПП в соответствии с ее назначением обеспечивается комплексным применением стандартов, в том числе и стандартов предприятий, конкретизирующих правила и положения ТПП, применительно к специфике изготовления арматуры и предприятия-производителя. Должна быть разработана плановая и организационно-распорядительная, регламентирующая и регулирующая ТПП, а также нормативно-техническая документация на: типовые и другие прогрессивные технологические процессы и методы их типизации и стандартизации; средства механизации и автоматизации инженерно-технических работ; методы проведения расчетных и экспериментальных работ в об-

ласти ТПП; методы нормирования и нормативно-справочные данные; методы организации и управления процессом ТПП применительно к конкретным видам изделий и типам производства арматуры.

Порядок формирования и применения документации на методы и средства ТПП в основном определяется:

– правилами организации и управления процессом технологической подготовки производства;

– правилами обеспечения технологичности конструкции изделий;

– правилами разработки и применения технологических процессов и средств технологического оснащения.

***Технологический процесс*** **(*ТП*)** рассматривается как законченная часть производственного процесса, в результате которой достигается изменение формы, размеров, точности, состояния и свойств материалов или заготовок, либо как последовательное соединение составных частей в соответствии с требованиями технической документации. По видам различают единичный, типовой и групповой технологические процессы.

Технологический процесс разрабатывается для изготовления нового изделия или совершенствования действующего технологического процесса для выпуска целевой арматуры на основе имеющегося типового или группового технологического процесса. При отсутствии последних он должен разрабатываться на основе прогрессивных решений, содержащихся в действующих технологических процессах изготовления аналогичной арматуры.

Технологический процесс должен обеспечивать реализацию значений базовых показателей технологичности конструкции изготовляемого изделия. Исходную информацию для разработки технологических процессов подразделяют на базовую, руководящую и справочную. Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие, и программу выпуска этой арматуры. Руководящая информация включает данные, содержащиеся в стандартах на арматуру, документации на действующие технологические процессы, классификаторах технико-экономической информации, производственных инструкциях. Наконец, справочная информация охватывает данные технологической документации опытного производства, описаний прогрессивных методов изготовления, каталогов, паспортов, планировок производственных участков, методических материалов по управлению технологическими процессами.

Основные этапы разработки технологических процессов, задачи, решаемые на этапе, документы и системы, необходимые для решения задач при производстве арматуры, приведены в табл. 1.1.4.

Таблица 1.1.4

| Этапы разработки технологических процессов | Задачи | Основные документы |
|---|---|---|
| 1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса изготовления арматуры | Предварительное ознакомление с назначением и конструкцией арматуры, с требованиями к изготовлению и эксплуатации<br><br>Составление перечня дополнительной справочной информации, необходимой для разработки технологического процесса, и ее выбор | Сведения о программе выпуска изделия<br><br>Конструкторская документация на изделие<br><br>Архив производственно-технической документации |
| 2. Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса изготовления арматуры | Формирование технологического кода изделия по технологическому классификатору<br><br>Отнесение обрабатываемого изделия к соответствующей классификационной группе на основе технологического кода<br><br>Отнесение обрабатываемого изделия по его технологическому коду к действующему типовому, групповому или единичному технологическому процессу | Конструкторская документация на изделие<br><br>Технологический классификатор на изделие<br><br>Документация на типовые, групповые и единичные технологические процессы для данной группы изделий арматуры |

*Продолжение табл. 1.1.4*

| Этапы разработки технологических процессов | Задачи | Основные документы |
|---|---|---|
| 3. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления | Определение вида исходной заготовки (или уточнение заготовки, установленной типовым технологическим процессом)<br>Выбор метода изготовления исходной заготовки<br>Технико-экономическое обоснование выбора заготовки | Документация на типовой или групповой технологический процесс<br>Классификатор заготовок<br>Методика расчета и технико-экономической оценки выбора заготовок<br>Стандарты и технические условия на заготовки и основной материал |
| 4. Выбор технологических баз | Выбор поверхностей базирования или базовых составных частей изделия<br>Оценка точности и надежности базирования по производительности технологического процесса | Классификатор способов базирования<br>Методика выбора технологических баз |
| 5. Составление технологического маршрута обработки деталей арматуры | Определение последовательности технологических операций (или уточнение последовательности операций по типовому или групповому технологическому процессу)<br>Определение состава средств технологического оснащения | Документация типового, группового или единичного технологического процесса |

*Продолжение табл. 1.1.4*

| Этапы разработки технологических процессов | Задачи | Основные документы |
|---|---|---|
| 6. Разработка технологических операций | Разработка (или уточнение) последовательности переходов в операции<br>Выбор средств технологического оснащения (СТО) операции (или их уточнение)<br>Определение потребности СТО, заказ новых СТО, в том числе средств контроля и испытаний с учетом метрологического обеспечения<br>Выбор средств механизации и автоматизации элементов процесса и внутрицеховых средств транспортирования<br>Назначение и расчет режимов обработки | Документация типовых, групповых или единичных технологических операций<br>Классификатор технологических операций<br>Стандарты по выбору средств технологического оснащения<br>Каталоги (альбомы и картотеки) на СТО<br>Материалы по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков и пр.) |
| 7. Нормирование технологического процесса | Установление исходных данных, необходимых для расчетов норм времени и расхода материалов<br>Расчет и нормирование затрат труда на выполнение процесса<br>Расчет норм расхода материалов, необходимых для реализации процесса<br>Определение разряда работ и обоснование профессий исполнителей для выполнения операций в зависимости от сложности этих работ | Нормы времени и расхода материала<br>Методика разработки норм времени<br>Классификаторы разрядов работ и профессий<br>Дифференцированные нормативы времени (для установления расчетных и других уточненных норм) |

*Окончание табл. 1.1.4*

| Этапы разработки технологических процессов | Задачи | Основные документы |
|---|---|---|
| 8. Определение требований техники безопасности и экологии | Разработка или выбор имеющихся требований техники безопасности и производственной санитарии к условиям производства (шуму, вибрации, радиации, загазованности, содержанию опасных и вредных веществ в воздухе рабочей зоны и т.п.)<br>Разработка требований, выбор методов и средств обеспечения устойчивости экологической среды | Инструкции по технике безопасности и производственной санитарии |
| 9. Расчет экономической эффективности технологического процесса | Выбор оптимального варианта технологического процесса | Методика расчета экономической эффективности процессов |
| 10. Оформление технологических процессов | Нормоконтроль технологической документации<br>Согласование документации технологических процессов со всеми заинтересованными службами и ее утверждение | – |

Документацию на основополагающие типовые технологические процессы в зависимости от конкретных задач технологической подготовки производства применяют в качестве:

– рабочей документации для изготовления арматуры;

– информационной основы при разработке рабочих технологических процессов;

– исходной базы при разработке стандартов на типовые технологические процессы;

– исходной базы при формировании информационных фондов различных уровней (государственных и предприятий).

**Обеспечение требований к базовому показателю качества при производстве запорной арматуры.** Реализация системных методик нормирования показателей качества арматуры по показателям работоспособности и экономичности технологических систем, изложенных в первой книге [5], позволяет установить функциональную норму герметичности затворов $Q_ф$ запорной арматуры.

В норме функциональной герметичности $Q_ф^в$, приведенной к испытательной среде – воздуху, выделяем две составляющие

$$Q_ф^в = Q_т + Q_э,$$

где $Q_т$ – технологическая (производственная) часть нормы $Q_ф^в$ или норма на утечку воздуха через затвор при изготовлении и монтажно-пусковых испытаниях запорной арматуры; $Q_э$ – эксплуатационная часть нормы $Q_ф^в$ на изменение (увеличение) утечки воздуха при эксплуатации запорной арматуры.

Для расчета экономически оптимальных составляющих функциональной нормы герметичности разработана общая методика, основанная на составлении полной математической модели:

$$\left.\begin{aligned} C_Σ &= C_т + C_э; \\ Q_ф^в &= Q_т + Q_э; \\ Q_ф^в &\le Q_{фI}^в, \quad Q_ф^в \le Q_{фII}^в, \end{aligned}\right\}$$

где $C_Σ$, $C_т$, $C_э$ – соответственно суммарные, производственные и эксплуатационные затраты; $Q_{фI}^в$, $Q_{фII}^в$ – соответственно уровни норм утечек для специальной и общепромышленной арматуры.

Математический метод оптимизации – это аналитический поиск экстремума.

Эксплуатационная герметичность – косвенный показатель безотказности. Известно, что при каждом из циклов срабатывания $N_j$ затвора, в момент, когда происходит контактирование уплотняющих поверхностей, на отдельных участках контакта наблюдается пластическое деформирование гребешков микронеровностей (в зонах максимального контактного давления), а на остальных участках, при этом, микронеровности контактируют упруго. При повторном закрытии затвора $N_{j+1}$ для неизменности утечки необходимо увеличить сближение двух контактирующих поверхностей, т.е. требуется дополнительное усилие для сближения двух поверхностей, с целью сохранения размеров щели в затворе: высоты, ширины, длины, соответствующих $N_j$ циклу.

В запорной арматуре, как правило, создание дополнительного усилия конструктивно не обеспечивается [5]. Тогда, по мере изменения количества циклов от 1 до $N_{max}$, утечка будет возрастать [23]. При этом, количество циклов срабатывания является одной из основных характеристик изменения герметичности затвора во времени $Q(t)$, т.е. $Q(t) = F(N)$.

Вместе с тем, количество циклов срабатывания является характеристикой изменения крутящего момента $M_{кр}$ на запорном элементе затвора во времени. Установлено, что изменение $M_{кр}(t)$ проходит в три стадии. Первая стадия – медленного повышения крутящего момента, вторая – ускоренного повышения и третья – катастрофического повышения $M_{кр}$ (стадия предельного состояния). Наличие стадий является следствием изменения режима трения уплотнительных поверхностей деталей сальника и затвора, т.е. $M_{кр}(t) = f(N)$.

Принимая $N$ за общий параметр изменения $Q$ и $M_{кр}$ во времени, получим:

$$Q(t) = \theta[M_{кр}(t)].$$

Для установления взаимосвязи $Q$ и $M_{кр}$, описываем изменение $Q$ от $N$ показательной функцией:

$$Q_j = AN_j^{\alpha},$$

где $A$ – коэффициент приведения; $\alpha$ – эмпирическое значение показателя степени.

Логарифмируя уравнение и решая относительно $N_j$ при известном $Q_{\text{ф}}^{\text{в}}$, находим $N_{\max}$:

$$\lg N_{\max} = (\lg Q_{\text{ф}_i}^{\text{в}} - \lg A)/\alpha . \qquad (1.1.1)$$

С учетом того, что зависимость $M_{\text{кр}}$ от $N$ на первой стадии, как правило, линейна:

$$M_{\text{кр}_j} = M_{\text{кр}_\text{н}} + BN_j ,$$

где $M_{\text{кр}_\text{н}}$ – номинальный крутящий момент на запорном элементе; $B$ – коэффициент приведения.

После подстановки $N_{\max}$ определяем максимальное значение $M_{\text{кр}}$:

$$M_{\text{кр}_{\max}} = M_{\text{кр}_\text{н}} + B N_{\text{кр}_{\max}} .$$

Так как при $N_j = 0$, $M_{\text{кр}_\text{н}} = M_{\text{кр}_{\text{max}}}$, определяем отклонение при $N_{\max}$:

$$\Delta M_{\text{кр}_{\max}} = M_{\text{кр}_{\max}} - M_{\text{кр}_\text{н}} .$$

Тогда взаимосвязь $M_{\text{кр}}$ с $N$ может быть представлена в виде

$$\Delta M_{\text{кр}_j} = BN_j .$$

Выражая эксплуатационные затраты $C_\text{э}$ через дополнительные потери мощности от $\Delta M_{\text{кр}}$, имеем:

$$C_{\text{э}_j} = C_{\text{эн}} t K_N \Delta M_{\text{кр}_j} ,$$

где $C_{\text{эн}}$ – стоимость энергии; $t$ – время работы привода запорной арматуры, зависящее от времени срабатывания затвора ("открыт–закрыт") $t_\text{ц}$ и определяемое, как $t = t_\text{ц} N_{\max}$; $K_N$ – коэффициент приведения крутящего момента к мощности.

Подставляя выражение для $\Delta M_{\text{кр}}$ в уравнение затрат, получим

$$C_{\text{э}_j} = C_{\text{эн}} S K_N B N_j . \qquad (1.1.2)$$

Логарифмируем уравнения затрат (1.1.2) и производим замену $\lg N_j$ выражением (1.1.1).

Функция цели для эксплуатационных расходов $C_э$ во взаимосвязи с герметичностью затвора запорной арматуры $Q$ имеет вид

$$C_э = A^{-1/\alpha} B C_{эн} N_ц t_ц K_N Q^{1/\alpha},$$

где $N_ц$ – гарантированное количество циклов срабатывания, приведенное к заданному $Q_ф^в$.

Герметичность затвора на стадии изготовления арматуры в основном зависит от комплекса функциональных геометрических параметров уплотнений запорного элемента и седла:

$$Q = F(\Delta R_{з.э}, \Delta R_с, \Delta e, \Delta\gamma, \Delta\Phi_{з.э}, \Delta\Phi_с, W\max_{з.э}, W\max_с, R\max_{з.э}, R\max_с),$$

где $\Delta R_{з.э}$ и $\Delta R_с$ – соответственно отклонения размеров (линейных и угловых) запорного элемента и седла; $\Delta e$ – отклонение расположения, вследствие эксцентриситета осей деталей затвора; $\Delta\gamma$ – отклонение расположения, вследствие углового смещения осей деталей затвора; $\Delta\Phi_{з.э}$ и $\Delta\Phi_с$ – отклонения формы уплотнительных поверхностей деталей затвора; $W\max_{з.э}$, $W\max_с$, $R\max_{з.э}$, $R\max_с$ – параметры волнистости и шероховатости уплотнительных поверхностей деталей затвора.

Поскольку изменение отклонений размеров, расположения и формы в установленных пределах обуславливает близкое к нулевому изменение утечки $Q$ [5, 23], принимаем

$$Q = f(W\max_{з.э}, W\max_с, R\max_{з.э}, R\max_с).$$

За критерий оценки влияния этих отклонений на утечку $Q$ принимаем параметр шероховатости уплотнительной поверхности запорного элемента $R\max_{з.э}$, что возможно при условии стабилизации вибраций технологических систем и обеспечении стабилизации параметра волнистости $W\max_{з.э}$ запорного элемента, а также параметров $R\max_с$ и $W\max_с$ уплотнительных поверхностей седла затвора [25].

Тогда

$$Q = f(R\max_{з.э}).$$

Данную функцию можно представить в виде показательной функции вида

$$Q = a(R\max_{з.э})^{\beta},$$

где $a$ – коэффициент приведения; $\beta$ – опытное значение показателя степени.

Логарифмируем степенную зависимость и решаем относительно $R\max_{\text{з.э}}$

$$R\max_{\text{з.э}_j} = a^{-1/\beta} Q_j^{1/\beta}.$$

Определяем наибольшее значение $R\max_{\text{з.э}_{\text{нб}}}$, исходя из заданного $Q_{\text{ф}}^{\text{в}}$

$$R\max_{\text{з.э}_{\text{нб}}} = a^{-1/\beta} (Q_{\text{ф}}^{\text{в}})^{1/\beta}.$$

За критерии оценки вариантов формирования уплотнительных поверхностей запорных элементов запорной арматуры принимаем абсолютный критерий – трудоемкость обработки детали $T_{\text{о}}$, определяемую как сумму штучного времени $t_{\text{шт}_{\text{п}}}$ по всем операциям процесса:

$$T_{\text{о}} = \sum_{1}^{n} t_{\text{шт}_i}.$$

Оценку трудоемкости проводим для трех вариантов технологического процесса обработки уплотнения запорного элемента с фиксацией точности процесса по значению $R\max_{\text{з.э}}$:

а) при предварительном точении

$$T_{\text{о}_{\text{п.т}}} = \sum_{1}^{k} t_{\text{шт}_i} + t_{\text{шт}_{\text{п.т}}} \to \overline{R}\max_{\text{з.э}_{\text{I}}};$$

б) при чистовом точении

$$T_{\text{о}_{\text{ч.т}}} = \sum_{1}^{k} t_{\text{шт}_i} + t_{\text{шт}_{\text{п.т}}} + t_{\text{шт}_{\text{ч.т}}} \to \overline{R}\max_{\text{з.э}_{\text{II}}};$$

в) при доводочной операции (притирке)

$$T_{\text{о}_{\text{д.о}}} = \sum_{1}^{k} t_{\text{шт}_i} + t_{\text{шт}_{\text{п.т}}} + t_{\text{шт}_{\text{ч.т}}} + t_{\text{шт}_{\text{д.о}}} \to \overline{R}\max_{\text{з.э}_{\text{III}}}.$$

Поскольку сопоставление вариантов производится для финишной операции изготовления запорного элемента, систематическую постоянную $\sum_{1}^{k} t_{\text{шт}_i}$ можно исключить, тогда для приращения $\Delta T_{\text{о}}$ получим:

$$\Delta T_{o_I} = t_{шт_{п.т}}, \quad \Delta T_{o_{II}} = \Delta T_{o_I} + t_{шт_{п.т}}, \quad \Delta T_{o_{III}} = \Delta T_{o_{II}} + t_{шт_{д.о}}.$$

Изменение (приращение) трудоемкости $\Delta T_o$ в зависимости от шероховатости уплотнительной поверхности запорного элемента $R\max_{з.э}$ описываем гиперболической зависимостью вида

$$\Delta T_{o_j} = b\left(R\max_{з.э_j}\right)^{-1},$$

где $b$ – коэффициент приведения.

Произведя замену $R\max_{з.э}$ выражением для утечки $Q$, получим

$$\Delta T_{o_j} = a^{1/\beta} b Q_j^{-1/\beta}.$$

Принимая $C_т$ – себестоимость обработки детали за абсолютный критерий производственных расходов и подставляя выражение для $\Delta T_o$, получим уравнение цели для производственных расходов $C_т$ во взаимосвязи с герметичностью $Q$ затвора арматуры:

$$C_{т_j} = 1{,}14\, a^{1/\beta} b C_{ср} (1 + z/100) Q^{-1/\beta},$$

где $a$, $b$, $\beta$ – опытные коэффициенты и показатель степени; $C_{ср}$ – средняя стоимость нормочаса; $z$ – дополнительные цеховые расходы.

Таким образом, производственные и эксплуатационные затраты, выраженные через герметичность затвора:

$$C_{т_j} = K_т Q_j^{-1/\beta};$$

$$C_{э_j} = K_э Q_j^{1/\alpha},$$

где $K_т = 1{,}14\, a^{1/\beta} b C_{ср} (1 + z/100)$ – комплекс производственных параметров оптимизации; $K_э = A^{-1/\alpha} B C_{эн} N_ц t_ц K_N$ – комплекс эксплуатационных параметров оптимизации.

Суммарные затраты как функция герметичности:

$$C_{\Sigma j} = K_т Q_j^{-1/\beta} + K_э Q_j^{1/\alpha}.$$

После проведения математических действий аналитического поиска экстремума, получено оптимизационное выражение для определения $C_{\Sigma_{min}}$ через комплексы производственных и эксплуатационных парамет-

ров, которое характеризует производственную норму $Q_т$ герметичности затвора:

$$Q_т = (\alpha K_т / \beta K_э)^{1/(1/\alpha+1/\beta)}.$$

Для практической реализации методики расчета нормы $Q_т$ на герметичность затвора исследовался шаровой кран из титанового сплава $D_у$ 100 мм на $p_у$ = 1,0 МПа в исполнении с полимерными седлами. При этом в качестве главного критерия точности была принята волнистость $W\max_c$ уплотнительной поверхности полимерного седла шарового крана. Для расчета трудоемкости рассмотрены варианты финишной обработки полимера: черновое, чистовое и тонкое точение.

При реализации методики расчета функциональной утечки элементов технологической системы хлорного производства [5] $Q^в_ф$ для данной арматуры составила 6 см$^3$/мин. Значения коэффициентов $A$ и $\alpha$ получены при выравнивании участка зависимости $Q(t) = F(N)$ (рис. 1.1.3). Максимальное количество циклов срабатывания составило 400. Значение $M_{кр_н}$ принималось в соответствии с техническими требованиями к крану. Значение коэффициента $B$ = 0,017 установлено при выравнивании участка графической зависимости $\Delta M_{кр}(t) = f(N)$ (рис. 1.1,4). Время срабатывания $t_ц$ было принято равным 0,003 ч.

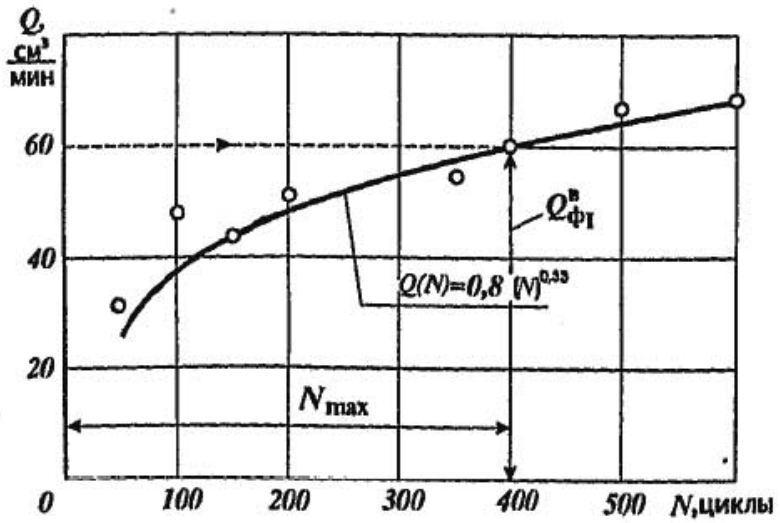



**Рис. 1.1.3. Зависимость утечки воздуха через затвор от количества циклов срабатывания шарового крана $D_у$ 100 мм на $p_у$ = 1,0 МПа**

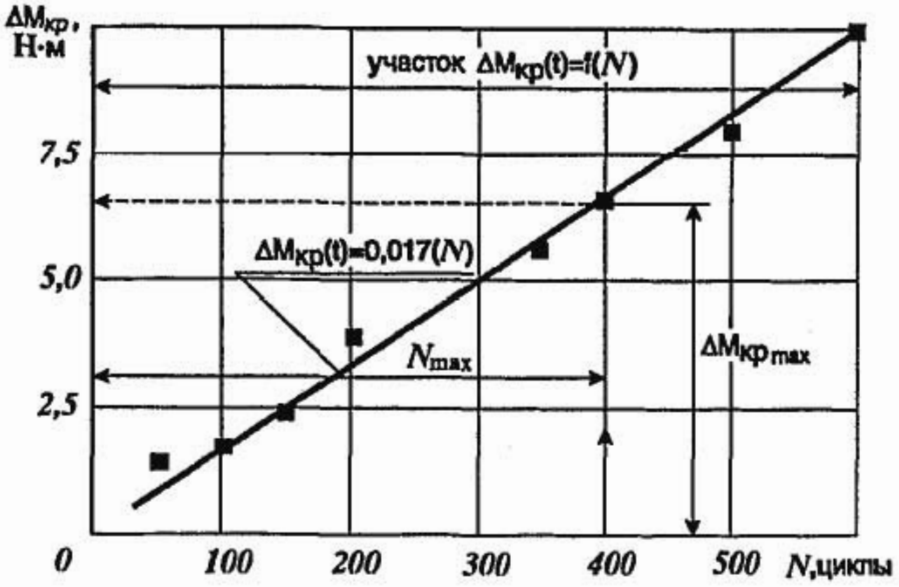



**Рис. 1.1.4. Зависимость крутящего момента на шпинделе от количества циклов срабатывания шарового крана**

При подстановке значений постоянных коэффициентов в выражение $C_э = f[Q(t)]$ оно приняло вид:

$$C_э = K_э Q^{3,34},$$

где $K_э$ – константа уравнения эксплуатационных затрат.

Значение коэффициентов $\alpha = 0,3$ и $\beta = 1,1$ получены при выравнивании участка графической зависимости $Q = f(W\max_c)$ (рис. 1.1.5). Значение $W\max_{c_{нб}}$ было равно 23 мкм. Коэффициент $b$ зависимости $\Delta T_o = f(W\max_c)$ составил 1,7 и был определен при выравнивании кривой (рис. 1.1.6).

При подстановке значений постоянных зависимость $C_т = f(Q)$ приняла вид

$$C_т = K_т Q^{-0,67},$$

где $K_т$ – константа уравнения производственных затрат.

При построении графиков зависимостей $C_т = f(Q)$ и $C_э = F[Q(t)]$ и их суммировании (рис. 1.1.7) минимум функции $C_\Sigma = C_т + C_э$ характеризует оптимальное значение $Q_{т_{opt}} \cong 3$ см$^3$/мин производственной

составляющей $Q_{ф}^{в}$ специальных шаровых кранов из титана $D_у$ 100 мм на $p_у$ = 1,0 МПа с полимерным уплотнителем в затворе.

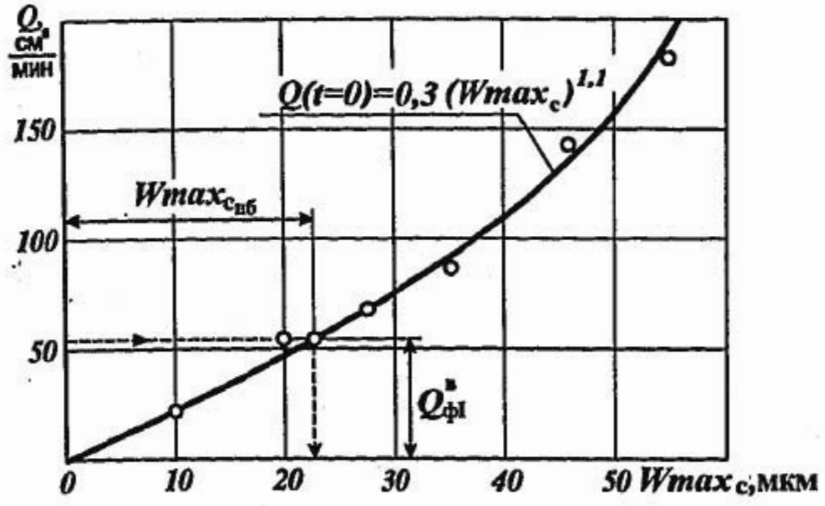



**Рис. 1.1.5. Зависимость утечки воздуха через затвор от волнистости уплотнения полимерного седла шарового крана**

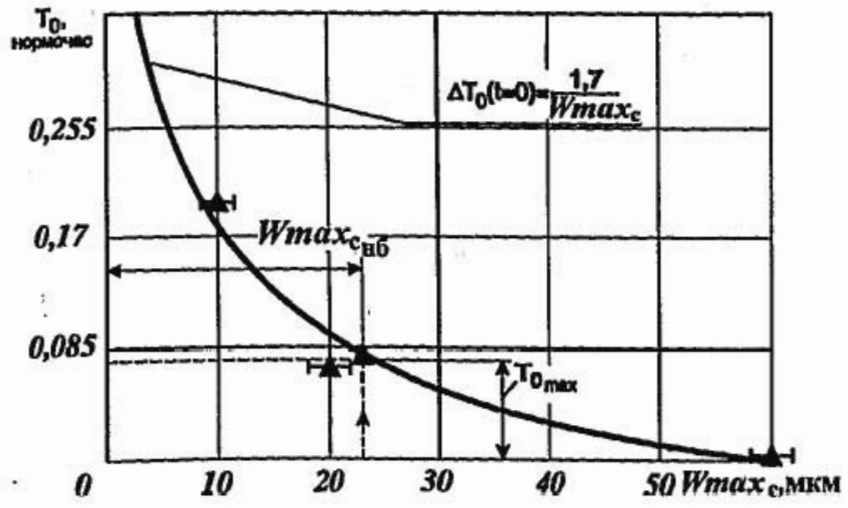



**Рис. 1.1.6. Зависимость трудоемкости обработки от волнистости уплотнения полимерного седла шарового крана**

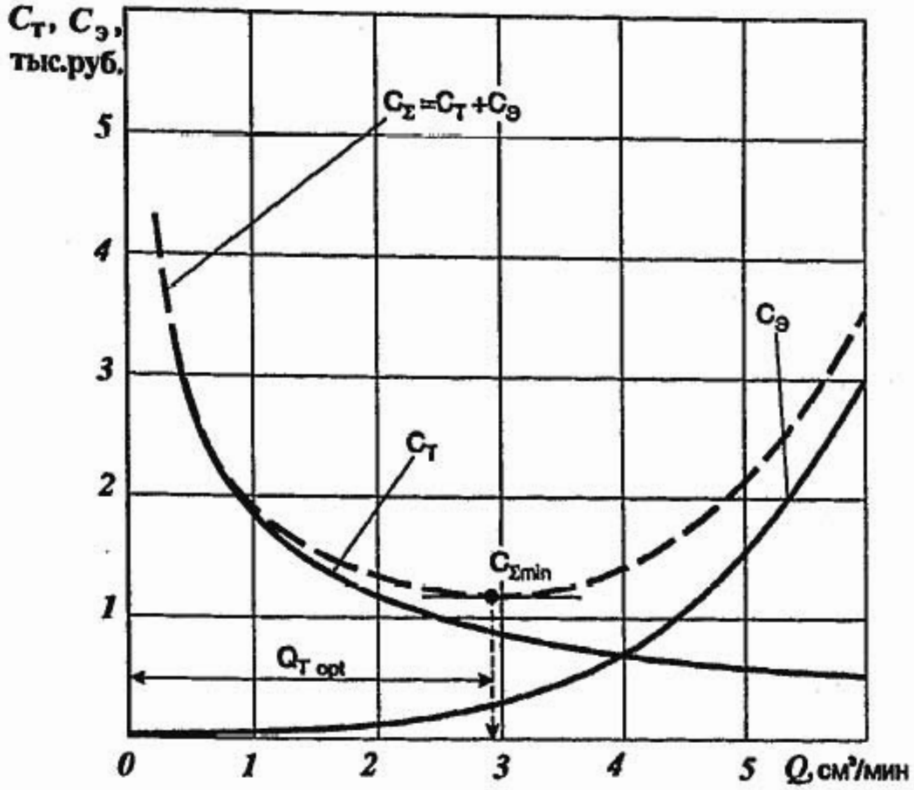



**Рис. 1.1.7. Графические зависимости к расчету оптимальной нормы $Q_т$ производственной герметичности специального шарового крана**

## 1.2. ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ АРМАТУРЫ

Обеспечение технологичности конструкций изделий арматуры – это одна из функций подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение проектных и производственных задач, направленных на достижение оптимальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и монтаж вне предприятия-изготовителя, а также техническое обслуживание и ремонт арматуры.

**Стадийное обеспечение технологичности конструкции изделий арматуры.** Технологичность конструкции специфицируемого изделия рассматривают относительно всего изделия, учитывая технологичность составных частей (деталей и сборочных единиц), сборки, испытаний, монтажа, технического обслуживания и ремонта, т.е. на всех стадиях [28].

Отработка конструкции изделия арматуры на технологичность должна обеспечивать решение следующих основных задач:

1) снижение трудоемкости и себестоимости изготовления арматуры и ее монтажа;

2) снижение трудоемкости, стоимости и продолжительности технического обслуживания и ремонта арматуры;

3) снижение важнейших составляющих общей материалоемкости арматуры – расхода металла и топливно-энергетических ресурсов на всех рассматриваемых стадиях.

Для этого требуется достижение технологической рациональности и оптимальной конструктивной и технологической преемственности конструкций изделий. ***Технологическая рациональность*** конструкции арматуры – это совокупность свойств изделия, выражающих его технологичность с точки зрения соответствия принятых конструктивных решений условиям производства и эксплуатации. Уровень технологической рациональности конструкции арматуры регулируется посредством целесообразного выбора и построения состава и структуры изделия, его составных частей, конструктивных элементов, материалов и обеспечения оптимальной их преемственности. Технологическая рациональность оценивается по численным значениям показателей технологичности.

Комплекс работ по снижению трудоемкости и себестоимости изготовления арматуры и ее монтажа в общем виде включает: повышение серийности изделия и его составных частей при изготовлении (обработка, сборка, испытание) посредством обеспечения конструктивного подобия по $D_y$ и $p_y$ арматуры; ограничение номенклатуры составных изделий, частей конструктивных элементов и применяемых материалов для герметизаторов (уплотнений); применение в разрабатываемых конструкциях освоенных в производстве конструктивных решений; производительных и малоотходных технологических решений, основанных на типизации технологических процессов; производительных стандартных и специальных средств технологического оснащения; конструктивных решений, позволяющих снизить затраты во вспомогательном производстве, а также облегчающих условия монтажа арматуры для ограничения требований к квалификации изготовителей и монтажников.

Совокупность работ по снижению материалоемкости арматуры направлена на применение: рациональных сортаментов и марок материалов, способов получения заготовок, методов и режимов упрочнения деталей; малоотходных и безотходных технологических процессов; научно обоснованных запасов прочности металлоконструкций, типовых методов расчетов и испытаний арматуры.

Отработку конструкции изделия целевой арматуры на технологичность при выполнении опытно-конструкторских работ в арматуростроении проводят в общем случае на основе:

– типизации конструктивных схем и компоновок арматуры и ее составных частей;

– унификации и взаимозаменяемости изделий арматуры и ее составных частей;

– функционально-стоимостного анализа изделий арматуры и ее составных частей;

– оптимизационных методов выбора физико-химических и механических свойств материалов и видов исходных заготовок, назначения точности деталей, выбора формы и расположения поверхностей деталей и видов соединений их с сопрягаемыми деталями;

– размерного анализа конструктивных исполнений деталей и сборочных единиц.

Основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделий арматуры для стадии разработки рабочей конструкторской документации приведено в табл. 1.2.1.

Таблица 1.2.1

| Рабочая конструкторская документация | Содержание работ |
|---|---|
| Опытного образца (опытной партии) или изделия единичного производства, целевой арматуры | При разработке рабочей конструкторской документации:<br>– анализ возможности сборки изделия и его составных частей без промежуточных разборок;<br>– выбор рациональных способов фиксирования, центрирования и регулирования составных частей арматуры;<br>– унификация сборочных единиц и их конструктивных элементов;<br>– унификация деталей (включая детали крепежа) и их конструктивных элементов;<br>– установление экономически целесообразных методов получения заготовок деталей арматуры; |

*Продолжение табл. 1.2.1*

| Рабочая конструкторская документация | Содержание работ |
|---|---|
| Опытного образца (опытной партии) или изделия единичного производства, целевой арматуры | – поэлементная отработка конструкции деталей и сборочных единиц на технологичность;<br>– расчет показателей технологичности конструкции изделия;<br>– технологический контроль конструкторской документации.<br>При изготовлении и испытании:<br>– проверка соответствия членения конструкции организационной структуре предприятия-изготовителя;<br>– проверка соответствия конструкции деталей рациональным способам получения заготовок и их обработки;<br>– проверка соответствия заданной точности изготовления изделия техническим данным средств технологического оснащения;<br>– проверка применяемости нормальных рядов размеров режущего и измерительного инструмента;<br>– проверка возможности использования конструкторских баз в качестве технологических и их увязка;<br>– проверка возможности сокращения обрабатываемых поверхностей, совмещения (расчленения) деталей;<br>– проверка удобств и быстроты регулировки расположения составных частей изделия;<br>– проверка возможности замены составных частей изделия другими такими же частями при сохранении установленного качества изделия в целом;<br>– проверка возможности и удобства установки и съема составных частей изделия при его изготовлении, техническом обслуживании и ремонте, а также монтажа и демонтажа составных частей изделия; |

*Окончание табл. 1.2.1*

| Рабочая конструкторская документация | Содержание работ |
|---|---|
| Опытного образца (опытной партии) или изделия единичного производства, целевой арматуры | – анализ технологичности опытного образца;<br>– расчет показателей технологичности после отработки конструкции при изготовлении и испытании опытного образца;<br>– корректировка и технологический контроль конструкторской документации с учетом предложений об изменении, выявленных при анализе технологичности опытного образца |
| Серийного (массового) производства арматуры | Окончательное принятие решений по условиям выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте и фиксация этих решений в технологической документации.<br>Окончательная отработка конструкции изделия в период изготовления, испытания и оснащения технологического процесса изготовления установочной серии.<br>Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям серийного (массового) производства с учетом применения наиболее производительных технологических процессов и средств технологического оснащения при изготовлении изделия и его основных составных частей.<br>Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям существующей и создаваемой системам монтажа вне предприятия-изготовителя, транспортирования и хранения с учетом применения прогрессивных технологических процессов и средств технологического оснащения при подготовке изделия к применению по назначению.<br>Оценка соответствия достигнутого уровня технологичности требованиям технического задания.<br>Корректировка конструкторской документации |

Ответственными исполнителями отработки на технологичность являются разработчики конструкторской документации. В настоящее время проектные службы сосредоточены на арматурных заводах, а это позволяет в более полном объеме и наиболее эффективно осуществлять работы по обеспечению технологичности конструкции изделий.

Детализация процесса обеспечения технологичности конструкции изделий целевой арматуры предусматривает:

- выбор показателей технологичности;
- обеспечение технологичности конструкции сборочных единиц;
- обеспечение технологичности конструкции деталей.

**Выбор показателей технологичности конструкции изделий арматуры.** Показатели технологичности конструкции предназначены для количественной оценки технологичности разрабатываемой арматуры или выделенной из изготовляемой целевой арматуры.

***Вид технологичности*** определяется признаками, характеризующими область проявления технологичности конструкции изделия арматуры. По области проявления различают производственную и эксплуатационную технологичность.

***Производственная технологичность*** конструкции изделия проявляется в сокращении затрат времени и средств на: конструкторскую и технологическую подготовку производства, процессы изготовления, в том числе испытаний. ***Эксплуатационная технологичность*** проявляется в сокращении затрат на техническое обслуживание и ремонт арматуры.

Главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкции, являются вид изделия, объем выпуска и тип производства. При этом вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, а объем выпуска и тип производства – степень технического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов.

Оценка бывает двух видов: качественная или количественная. Эти виды характеризуют методы сравнения конструктивных решений и обоснованного выбора оптимального варианта конструкции изделия. Качественная оценка базируется на опыте исполнителя и предшествует количественной, в конечном итоге определяя целесообразность проведения количественной оценки.

Полная номенклатура показателей производственной технологичности конструкции изделий приведена в табл. 1.2.2.

Таблица 1.2.2

| Классификация показателей | Наименование показателей | Обозначение |
|---|---|---|
| Основные | Трудоемкость изготовления изделия | $T_и$ |
| | Уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления | $K_{у.т}$ |
| | Технологическая себестоимость изделия | $C_т$ |
| | Уровень технологичности конструкции по себестоимости (технологической) | $K_{у.с}$ |
| Дополнительные технико-экономические показатели: | | |
| – трудоемкости | Относительная трудоемкость заготовительных работ | $T_{о.з.р}$ |
| | Относительная трудоемкость процесса изготовления по видам работ | $T_о$ |
| | Удельная трудоемкость изготовления изделия | $т_и$ |
| – себестоимости | Удельная технологическая себестоимость изделия | $с_т$ |
| Дополнительные технические показатели: | | |
| – унификации конструкции | Коэффициент унификации изделия | $K_у$ |
| | Коэффициент унификации конструктивных элементов | $K_{у.э}$ |
| | Коэффициент стандартизации изделия | $K_{ст}$ |
| – унификации применяемых технологических процессов | Коэффициент применения типовых технологических процессов | $K_{т.п}$ |
| | Удельная трудоемкость подготовки изделия к функционированию | $T_{п.ф}$ |
| | Коэффициент эффективности взаимозаменяемости | $K_{вз}$ |

*Окончание табл. 1.2.2*

| Классификация показателей | Наименование показателей | Обозначение |
|---|---|---|
| – расход материала | Масса изделия | М |
| | Удельная материалоемкость изделия | $К_{у.м}$ |
| | Коэффициент использования материала | $К_{и.м}$ |
| | Коэффициент применяемости материала | $К_{п.м}$ |
| – обработки | Коэффициент точности обработки | $К_{тч}$ |
| | Коэффициент шероховатости поверхности | $К_{ш}$ |
| – состава конструкции | Коэффициент сборности | $К_{сб}$ |
| | Коэффициент перспективного использования в других изделиях | $К_{п.и}$ |

При выборе показателей технологичности следует, прежде всего, учитывать ее вид, главные факторы и вид оценки. Определение показателей технологичности предусматривает:

– анализ исходных данных с позиции требований к технологичности, статистических данных по типовым конструкциям, целесообразности применения новых материалов, конструктивных решений, технологических процессов, возможностей производителя;

– обработку результатов анализа с определением затрат и времени на конструкторскую, технологическую подготовку производства, изготовление, технологическое обслуживание и ремонт арматуры;

– анализ технологичности в областях ее проявления;

– установление сфер наибольшего проявления технологичности;

– выбор номенклатуры показателей технологичности;

– расчет численных значений показателей технологичности арматуры.

При сравнительной оценке вариантов конструкции номенклатура показателей и методы их определения должны быть одинаковыми. Исходным этапом для отработки конструкции изделия на технологичность является выбор базовых показателей технологичности, относительно которых определяется уровень технологичности и организуется весь процесс отработки конструкции изделия на всех стадиях ее разработки.

**Требования обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц изделия.** Конструкция сборочной единицы должна удовлетворять требованиям изготовления и эксплуатации наиболее производительными и экономичными способами при заданных условиях производства. Отрабатывается на технологичность арматура комплексно с учетом взаимозаменяемости, производственной и эксплуатационной технологичности составных частей сборочной единицы и изделия в целом.

Общие требования к технологичности изделия целевой арматуры для сфер проявления эффекта при выполнении требований в ТПП и технологических процессах охватывают требования: к составу и конструкции соединений составных частей, к методу сборки и к точности деталей.

По требованиям к составу каждая сборочная единица арматуры должна расчленяться на рациональное число составных частей с учетом принципа агрегатирования. При этом конструкция должна обеспечивать возможность компоновки из стандартных и унифицированных частей. Сборка изделия не должна обусловливать применение сложного технологического оборудования.

Виды использованных соединений, их конструкции и местоположение должны соответствовать требованиям механизации и автоматизации сборочных работ. Конструкция сборочной единицы должна предусматривать базовую составную часть, которая является основой для расположения остальных составных частей. Компоновка конструкции сборочной единицы должна позволять производить сборку при неизменном базировании составных частей. Для арматуры это обычно цилиндрическая часть магистральных фланцев корпуса. Базовая составная часть по конструкции должна предусматривать возможность использования конструктивных сборочных баз в качестве технологических и измерительных. Общая сборка арматуры должна проходить без промежуточной разборки и повторных сборок составных частей.

Количество поверхностей и мест соединений должно быть наименьшим. Места соединений составных частей должны быть доступны для механизации сборочных работ и контроля качества соединений. Соединение частей не должно требовать сложной и необоснованно точной обработки сопрягаемых поверхностей и дополнительной обработки в процессе сборки арматуры.

Требования к точности и методу сборки составных частей арматуры определяют, прежде всего, точность взаимного расположения поверхностей (осей) деталей затвора: запорного элемента и седла, а также соподчиненных деталей арматуры, т.е. деталей, влияющих на точность взаим-

ного расположения деталей затвора. Точность расположения составных частей должна быть взаимоувязана с точностью изготовления составных частей.

Выбор метода сборки для данного объема выпуска и типа производства должен проводиться на основании расчета и анализа размерных цепей. Предпочтительны методы полной и неполной взаимозаменяемости. При выборе метода сборки следует учитывать трудоемкость сборочных работ и затраты на изготовление составных частей с точностью, необходимой для данного метода. В табл. 1.2.3 дана качественная характеристика методов сборки по производительности труда сборочных работ.

В конструкции арматуры должны быть предусмотрены устройства, обеспечивающие заданную точность относительного расположения составных частей (центрирующие, фиксирующие, компенсирующие и др.). Пределы регулирования и параметры компенсаторов рассчитывают на основе теории размерных цепей. При этом, компенсирующие, центрирующие и фиксирующие устройства должны иметь простую конструкцию и свободный доступ для рабочего и контрольного инструмента.

Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

**Обеспечение требований технологичности конструкции при расчете размерных цепей арматуры.** Методы расчета допусков многозвенных размерных цепей позволяют с достаточной степенью точности связать ошибку в ***замыкающем звене*** с ошибками ***составляющих звеньев*** цепи.

Размерные цепи, имеющие $2 \le n < 4$ составляющих звена, решаются по ***методу полной взаимозаменяемости*** (метод максимума-минимума) или по ***методу групповой взаимозаменяемости.*** Метод групповой взаимозаменяемости или селективной сборки (сборки из деталей, предварительно рассортированных на группы по отклонению от номинала), применяется при

Таблица 1.2.3

| Метод сборки | Характеристика производительности |
|---|---|
| Полной взаимозаменяемости | Наивысшая |
| Неполной взаимозаменяемости | Высокая |
| Групповой взаимозаменяемости | Средняя |
| С регулировкой компенсаторами | Низкая |
| С пригонкой | Наинизшая |

высокой точности замыкающего звена и только в тех случаях, когда возможности производства позволяют обрабатывать детали с допусками, полученными по расчету на максимум-минимум. Такая обработка дороже обработки с расширенными допусками. Селективная сборка может быть налажена только при достаточно большой программе выпуска арматуры, поэтому в условиях опытного и мелкосерийного производства она может заменяться компенсированием излишней ошибки замыкающего звена подгонкой.

Размерные цепи с числом составляющих звеньев $5 \le n < 8$ могут решаться по методу полной или ***методу неполной взаимозаменяемости*** (расчетом цепи на базе теории вероятностей). Скомпенсированные многозвенные цепи ($n > 8$) решаются по методу неполной взаимозаменяемости или по ***методам компенсирования (регулирования и пригонки)***.

Применяя метод неполной взаимозаменяемости [13], можно назначить на составляющие звенья значительно бóльшие допуски, чем полученные по методу максимума-минимума. При этом теоретико-вероятностный расчет предполагает серийное производство арматуры, достоверность расчета повышается с увеличением числа составляющих звеньев и количества изделий в партии.

Методы компенсирования излишней ошибки замыкающего звена при сборке следует применять в тех случаях, когда допуски на составляющие звенья, получаемые по теоретико-вероятностному расчету, очень малы и экономически невыгодны.

Метод максимума–минимума и вероятностный метод преимущественно применяют в период проектирования арматуры.

Области применения различных методов расчета размерных цепей с числом составляющих звеньев $n$ представлены на рис. 1.2.1. Кривые средней величины допуска составляющих звеньев приведены для замыкающего звена $TA_\Delta = 1$ мм. При других значениях $TA_\Delta$ нужно соответственно изменять масштаб по оси допусков составляющих звеньев (ось $T_{зв.\,ср}$).

Рассмотрим примеры использования области применения при заданном допуске замыкающего звена $TA_\Delta$ (рис. 1.2.2).

Для обеспечения технологичности конструкций сборочного узла необходимо, чтобы при $TA_\Delta = 0{,}5$ мм средний экономически целесообразный допуск составляющих звеньев $T_{зв.\,ср} = 0{,}1$ мм (рис. 1.2.2, *а*). Следует определить возможные методы решения размерной цепи с $n$ звеньями. Для $TA_\Delta = 0{,}5$ мм масштаб по оси $T_{зв.\,ср}$ на рис. 1.2.1 следует уменьшить в 2 раза; отметка 0,2 на графике, при этом, будет соответствовать требуемому допуску 0,1 мм. При $n \le 5$ может быть применен метод полной взаимозаменяемости, при $5 < n \le 16$ – метод неполной взаимозаменяемости и при $n > 16$ – метод компенсирования.

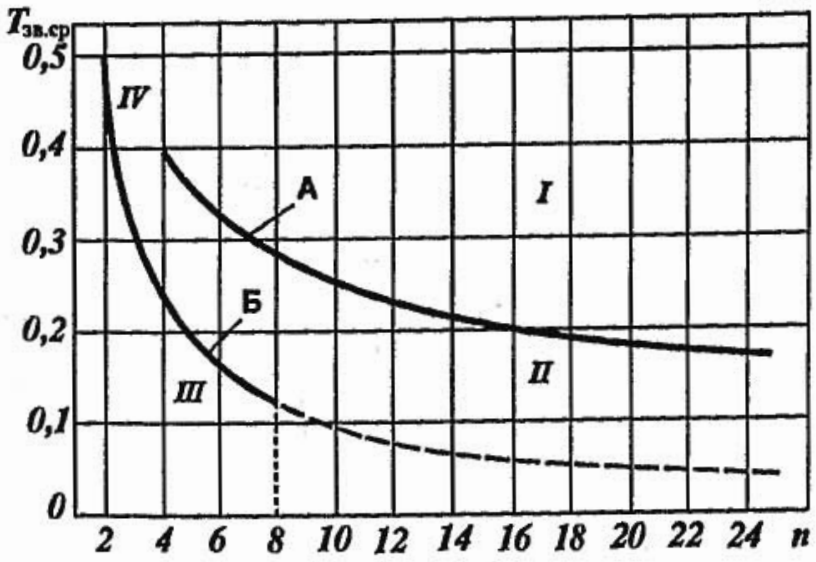



**Рис. 1.2.1. Области применения методов решения размерной цепи с числом составляющих звеньев *n*:**
*I* – методы компенсирования; *II* – неполной взаимозаменяемости (вероятностного расчета); *III* – полной взаимозаменяемости (максимума–минимума); *IV* – групповой взаимозаменяемости (селективной сборки).
Кривая *А* – средний допуск на составляющие звенья при вероятностном расчете, кривая *Б* – то же при расчете на максимум–минимум

Для размерной цепи с $n = 8$ и допуском $TA_{\Delta} = 0{,}4$ мм требуется определить средние значения допусков на составляющие звенья и целесообразный метод решения размерной цепи (рис. 1.2.2, *б*). Для $TA_{\Delta} = 0{,}4$ мм масштаб по оси $T_{зв.\,ср}$ на рис. 1.2.1 уменьшаем в 2,5 раза; отметка 0,2 на графике будет соответствовать 0,08 мм. Получаем, что условие выполняется при $T_{зв.ср} = 0{,}05$ мм при расчете на максимум–минимум и $T_{зв.ср} = 0{,}12$ мм при вероятностном расчете. Если экономически целесообразна точность обработки деталей по размерам, входящим в данную размерную цепь, больше 0,05 мм, но меньше, 0,12 мм, то можно применить теоретико-вероятностный расчет. Если же в среднем экономически выгодная точность обработки больше 0,12 мм, следует применять метод компенсирования.

Рассмотренные примеры относятся к решению ***обратной задачи*** (задачи синтеза), т.е. по допуску замыкающего звена определяют допуски на составляющие звенья. ***Прямая задача*** (задача анализа) предусматривает по допускам составляющих звеньев нахождение допуска замыкающего звена. При решении обеих задач на практике остается открытым

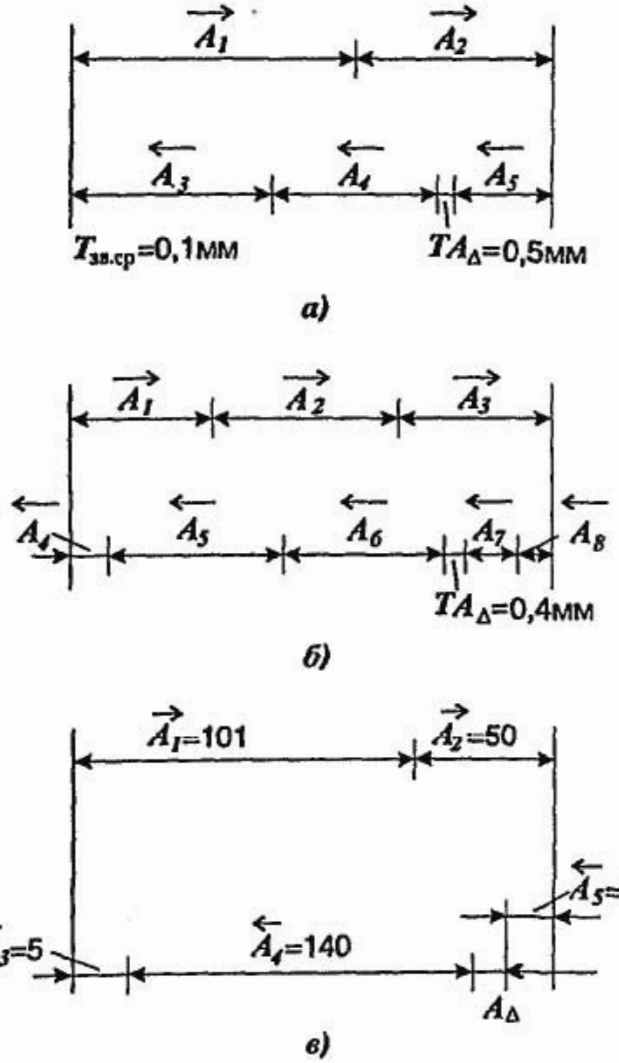



**Рис. 1.2.2. Размерные цепи:**
*а* – $n = 5$; *б* – $n = 8$; *в* – $n = 5$;
($\vec{A}_1$ – увеличивающее звено;
$\overleftarrow{A}_4$ – уменьшающее звено;
$A_\Delta$ – замыкающее звено)

вопрос целесообразного распределения допуска замыкающего звена между составляющими звеньями цепи. С точки зрения сборки важно соблюдение требований на замыкающее звено и не существенно, как распределен допуск на составляющие звенья. Однако, с точки зрения затрат на обработку деталей, образующих размерную цепь, и, следовательно, всего изделия важны допуски на параметры деталей анализируемой сборочной единицы.

Критерием рациональности допусков могут быть затраты на обработку детали, обеспечивающие получение заданной точности ее размеров. Зависимость затрат на обработку и от допуска характеризуется в общем виде гиперболической кривой (рис. 1.2.3).

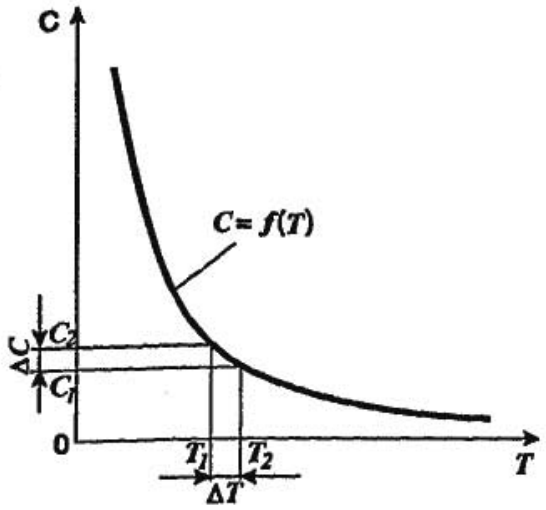



**Рис. 1.2.3. Кривая зависимости себестоимости *C* от допуска T**

***Определение допусков по методу полной взаимозаменяемости.*** Метод полной взаимозаменяемости – это метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается во всех случаях ее реализации включением составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений. Чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость, размерные цепи рассчитывают на максимум–минимум, учитывая только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания при помощи аддитивных допусков. Обеспечение заданных предельных отклонений приводит к резкому повышению стоимости, а поэтому необходимы расчеты экономически оптимальной точности.

Рассмотрим решения основной задачи – синтеза – способом одного квалитета точности и способом экономически оптимальной точности.

Способ одного квалитета точности сводится к одному неизвестному назначением для всех размеров цепи единого квалитета точности по стандарту допусков и посадок. По этому квалитету должно обеспечиваться условие

$$\mathrm{T}A_{\Delta} = \sum_{i-1}^{n} \mathrm{T}A_i ,$$

где $\mathrm{T}A_i$ – допуск $i$-го составляющего звена.

Способ наиболее целесообразно применять к размерным цепям, в которых размеры значительно отличаются один от другого. В противном случае можно воспользоваться средним допуском.

Квалитет точности характеризуется относительным коэффициентом точности $a$ (табл. 1.2.4).

Таблица 1.2.4

| Квалитет точности | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 7 | 10 | 16 | 25 | 40 | 64 | 100 | 160 | 250 | 400 | 640 | 1000 | 1600 |

Расчетный относительный коэффициент точности $a_m$ подсчитывают по формуле

$$a_m = \frac{\mathrm{T}A_\Delta}{\sum_{i=1}^{n}(0{,}45\sqrt[3]{D_i} + 0{,}001D_i)},$$

где $D_i$ – номинальный диаметр, вместо которого при расчете подставляют номинальные размеры составляющих звеньев.

Из-за неизбежной разницы между расчетным значением $a_m$ и $a$, выбранным из найденного квалитета, допуски на размеры размерной цепи необходимо корректировать с тем, чтобы удовлетворялось условие для $\mathrm{T}A_\Delta$. Исходя из этого, допуски на некоторые размеры приходится либо увеличивать, либо уменьшать, учитывая при этом технологические возможности. Например, необходимо определить допуски составляющих звеньев размерной цепи (см. рис. 1.2.2, *в*). Заданы номинальные значения всех звеньев и предельное отклонение замыкающего звена $A_\Delta = 1^{+0,75}$. Коэффициент точности определяем по формуле:

$$a_m = \frac{750}{2{,}17 + 1{,}56 + 2 \cdot 0{,}73 + 2{,}52} \cong 97.$$

Коэффициент $a_m$ округляем до большего значения для допусков составляющих звеньев (см. табл. 1.2.4) и находим 11 квалитет. Тогда $A_1 = 101^{+0,22}$, $A_2 = 50^{+0,16}$, $A_3 = A_5 = 5_{-0,075}$ и $A_4 = 140_{-0,16}$ мм. Проверка по $\mathrm{T}A_\Delta$ показывает сходимость расчетного и заданного значения допуска замыкающего звена: $0{,}22 + 0{,}16 + 0{,}075 \cdot 2 + 0{,}16 = 0{,}69$; $0{,}69 < 0{,}75$.

Способ экономически оптимальной точности устанавливает расчет допусков на составляющие звенья размерной цепи по заданному значению допуска замыкающего звена при минимуме приведенных затрат на изготовление исполнения арматуры с дискретной величиной допуска [19].

Для дискретного случая математической модели точности размерной цепи задачу оптимизации допусков составляющих звеньев можно свести к линейной задаче.

Функция цели $C_i$ стоимости отдельного звена определяется для каждого значения $j$-го элемента ряда допусков своим значением и записывается в виде

$$C_i = c_{i,j}.$$

Набор значений $c_{i,j}$ записывается таблицей значений (табл. 1.2.5). Количество реально используемых квалитетов для каждого звена может быть разное.

Таблица 1.2.5

| Звенья размерных цепей | Квалитеты точности | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 6 | 7 | ... | 17 |
| 1 | $c_{1,5}$ | $c_{1,6}$ | $c_{1,7}$ | ... | $c_{1,17}$ |
| 2 | $c_{2,5}$ | $c_{2,6}$ | $c_{2,7}$ | ... | $c_{2,17}$ |
| ... | | | | ... | |
| $n$ | $c_{n,5}$ | $c_{n,6}$ | $c_{n,7}$ | ... | $c_{n,17}$ |

Для записи стоимости размерной цепи изделия на основании табл. 1.2.5 введем бивалентные переменные $x_{i,j}$, принимающие значения 0 или 1. Общее число этих переменных в размерной цепи – $n^x m_k$. В данных обозначениях функцию стоимостных затрат запишем в виде

$$C = \sum_{i,j} c_{i,j} x_{i,j},$$

причем по смыслу решения размерной цепи на переменные накладываются так называемые вероятностные ограничения.

Дополнительно к записанным уравнениям накладываются ограничения на допуск замыкающего звена Т и допуски составляющих $t$ звеньев. Для записи данных ограничений обозначим через $t_{i,j}$ значение допусков в $i$ звене и в результате $j$ квалитета точности.

Особенностью данных ограничений является то, что переход на пониженный уровень точности хотя бы в одном звене не может привести к уменьшению условий, а наоборот увеличивает их, если соответствующее значение $t_{i,j}$ не равно нулю. Откуда вытекают следующие неравенства для $t_{i,j}$

$$t_{i,j} \geq 0; \quad t_{i,j} \geq t_{i,j+1}.$$

Совокупность соотношений образует дискретную линейную задачу оптимизации стоимостных затрат для геометрического моделирования структуры объекта взаимозаменяемости.

При решении данной задачи, прежде всего, следует иметь в виду, что в силу конечности принимаемых значений переменными задачи $x_{i,j}$ ее решение всегда может быть найдено методом перебора. Однако количество вариантов лавинообразно нарастает с ростом количества соединений и в общем случае равно $2^{\sum_{i=1}^{n} m_i}$. Поэтому приобретают большое значение

приемы направленного поиска, сокращающие количество вариантов перебора. Основная группа методов улучшенного перебора носит название метода ветвей и границ [19].

В любом случае при проработке метода необходимо обеспечить выполнение следующих базовый операций:

- оценка минимума целевой функции на элементе разбиения;
- способ дробления элемента разбиения;
- способ отнесения элементов разбиения;
- стратегия выбора условия ветвления с конкретизацией параметров.

В нашей постановке особую роль играют ограничения, которые нежелательны при постановке классических задач линейного программирования. Они несут особую смысловую нагрузку, которую необходимо использовать при составлении оптимизационного алгоритма. Ключевой принцип, который будет реализован в представленном алгоритме (рис. 1.2.4), – понижение на одну единицу квалитета точности (что влечет уменьшение себестоимости) только в одном звене (узле), причем в том, который обеспечивает максимальное снижение себестоимости.

Рассмотрим трехзвенную цепь $Б_\Delta = Б_1 - Б_2$, для которой даны графики законов стоимостей обработки размеров $Б_1$ и $Б_2$ и допуск замыкающего звена $ТБ_\Delta$. Определить надо допуски $ТБ_1$ и $ТБ_2$.

На графике $C = f(T)$ (рис. 1.2.5, *а*) проводим касательные к кривым закона стоимости $C_1$ и $C_2$ . Для каждого угла определяем допуски $T_1$ и $T_2$ как ординаты точек касания к кривым $C_1$ и $C_2$. По полученным данным строим график $\varphi = f(T)$ для каждого звена (рис. 1.2.5, *б*), а затем суммарный график $\varphi = f(T)$ (рис. 1.2.5, *в*), где $T_\Sigma = ТБ_\Delta = T_{01} + T_{02}$ – сумма ординат точек касания ошибки замыкающего звена. По оси допусков графика на рис. 1.2.5, *в* откладываем величину $ТБ_\Delta$ и находим $\varphi_0$.

По графику $\varphi = f(T)$ (рис. 1.2.5, *б*) находим ординаты $T_{01}$ и $T_{02}$ точек касания к кривым $C_1$ и $C_2$ с углом наклона касательной $\varphi_0$. Полученные допуски $ТБ_1$ и $ТБ_2$ являются искомыми. Разобранный пример показывает идеальный способ распределения допуском. На практике требуется использование ЭВМ.

***Определение допусков по методу неполной взаимозаменяемости.*** При изготовлении деталей арматуры происходит рассеяние их размеров, вызываемое различными технологическими факторами, а при их сборке наблюдается случайный характер сочетания составляющих размеров деталей. Пользуясь вероятностными оценками, легко обнаружить, что, допустив малый или даже пренебрежимо малый риск (вероятность) нарушения взаимозаменяемости при сборке, получают расширение допусков

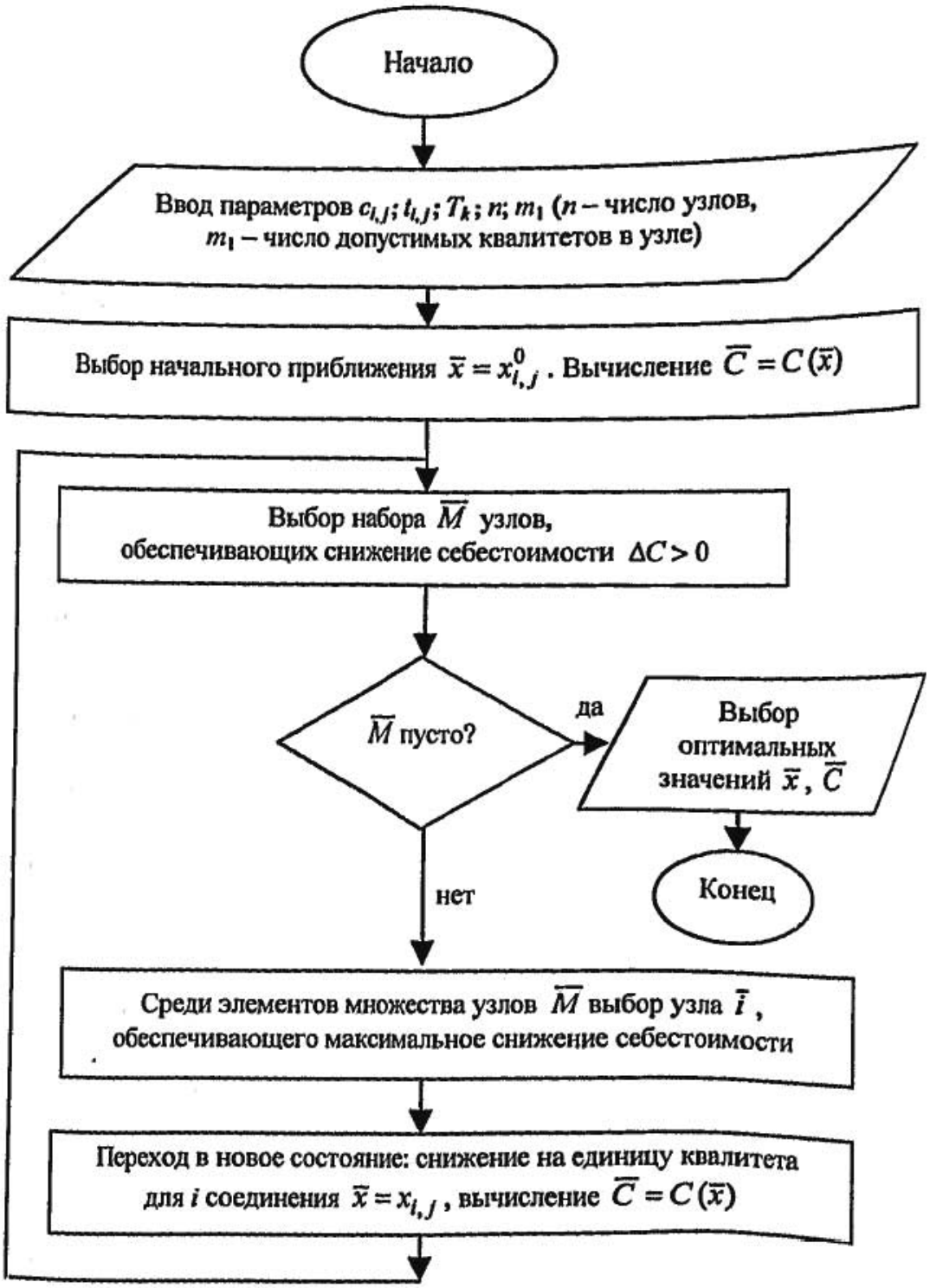



**Рис. 1.2.4. Решение размерных цепей способом экономически оптимальной точности**

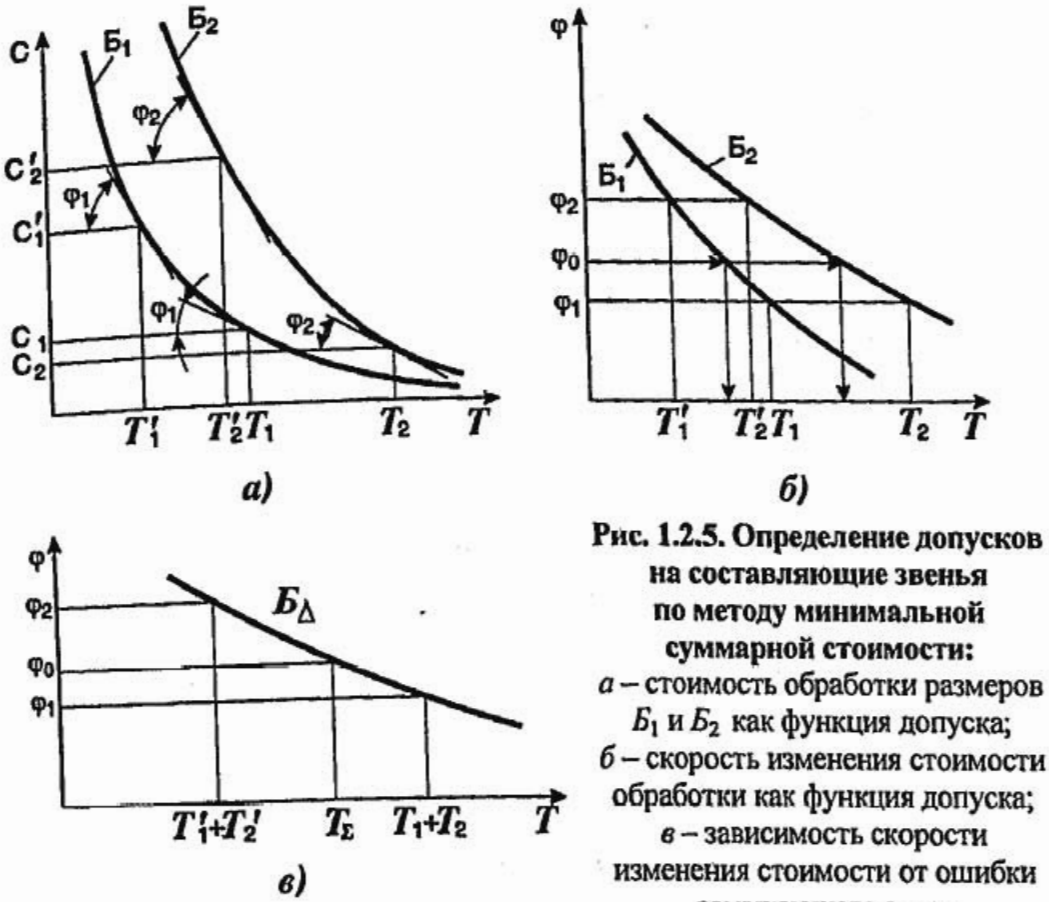



**Рис. 1.2.5. Определение допусков на составляющие звенья по методу минимальной суммарной стоимости:**
*а* – стоимость обработки размеров $Б_1$ и $Б_2$ как функция допуска;
*б* – скорость изменения стоимости обработки как функция допуска;
*в* – зависимость скорости изменения стоимости от ошибки замыкающего звена

составляющих звеньев в несколько раз и удешевление изготовления деталей в еще большее число раз. Можно расширить в несколько раз допуски составляющих звеньев и соответственно снизить производственные затраты за счет непринятия в расчет маловероятных комбинаций сочетаний числовых значений.

Если в расчете размерных цепей экономические подсчеты указывают на необходимость применения системы перекрывающихся допусков на основе случайного сочетания деталей, то допуски должны определяться статистически, чтобы урегулировать долю дефектных деталей при незначительном и приемлемом уровне. В сущности, статистическое определение допусков будет указывать величину, на которую можно увеличить допуск, основываясь на приемлемой степени риска получения незначительной доли дефектных деталей [19].

Вычисление статистических допусков звеньев размерной цепи основано на использовании теорем теории вероятностей, в соответствии с которыми решают задачи суммирования независимых скалярных случайных величин.

При суммировании независимых скалярных случайных величин используют выводы нескольких теорем.

Если $x_1, x_2, \ldots, x_j, x_n$ являются независимыми случайными величинами с соответствующими средними значениями $M_1, M_2, \ldots, M_j, \ldots, M_n$ и дисперсиями $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \ldots, \sigma_j^2, \ldots, \sigma_n^2$ и если $a_1, a_2, \ldots, a_j, \ldots, a_n$ являются постоянными величинами, а $y$ представляет собой линейную комбинацию $x_j$, т.е. $y = a_1x_1 \pm \ldots \pm a_jx_j \pm \ldots \pm a_nx_n$, то $y$ является случайной величиной, имеющей следующие свойства:

1) $M(y) = a_1M_1 \pm a_2M_2 \pm \ldots \pm a_nM_n$,

2) $\sigma^2(y) = a_1^2\sigma_1^2 + a_2^2\sigma_2^2 + \ldots + a_n^2\sigma_n^2$,

3) если каждая случайная величина $x_1, x_2, \ldots, x_n$ подчиняется нормальному закону распределения, то $y$ тоже имеет нормальный закон распределения.

Если $x_j$ не подчиняется нормальному закону распределения и дисперсии $\sigma^2$ примерно однородны, то, согласно теореме о пределах из математической статистики, по мере увеличения количества $n$ составляющих звеньев распределение $y$ быстро приближается к нормальному. Если необходимо учесть неравное распределение допусков при комбинации следующих условий:

- распределение $x$ не является нормальным;
- число звеньев $n$ мало;
- дисперсии распределения $x$ не являются однородными,

то должно быть применено свойство теоремы комбинации независимых случайных переменных. В соответствии с выводами свойства теоремы для определения допуска замыкающего размера при произвольном законе распределения вводят коэффициент относительного рассеяния $k$. Коэффициент $k$ характеризует отличие распределения допусков звеньев размерной цепи от распределения по закону Гаусса. Каждый закон распределения имеет свое значение $k$, например, для закона нормального распределения $k = 1$, для закона равной вероятности $k = 1{,}73$, для закона треугольника (Симпсона) $k = 1{,}22$.

Размах распределения величины $y$ определяет рассеивание линейной комбинации $x_j$. Наиболее часто допуск, определяющий качественные характеристики комплекса размерной цепи, представляет собой линейную комбинацию допусков соответствующих качественных характеристик деталей. Таким образом, при использовании допусков каждый размах

распределения $x$ соответствует допуску для качественной характеристики детали, входящей в размерную цепь. Размах распределения $y$ соответствует допуску для качественной характеристики замыкающего звена всего комплекса размерной цепи.

Размах отклонений размеров соответствующих звеньев, выраженный значениями $R_1$, $R_2$ ..., $R_n$, представляет собой соответствующие допуски, определяющие качественные характеристики. Значение $R_y$ является допуском, определяющим качественную характеристику замыкающего звена комплекса размерной цепи. Средние величины $M_1$, $M_2$, ..., $M_n$ соответствуют номинальным значениям звеньев размерной цепи, а $M(y)$ номинальному значению замыкающего размера. Среднее квадратическое отклонение $\sigma(y)$ определяет $R_y$, так, для закона нормального распределения, $6\sigma(y) = R_y$. Подобным образом $\sigma_1$, $\sigma_2$, ..., $\sigma_n$ будут соответственно оценками $R_1$, $R_2$, ..., $R_n$. Число допусков размерной цепи обозначается $m = n+1$, отсюда возникает $m$ распределение отклонений деталей.

Исходя из вышесказанного выведено уравнение для определения допуска размера замыкающего звена

$$\mathrm{T}A_\Delta = \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1}(\mathrm{T}A_j)^2}\ .$$

Для допуска размера замыкающего звена при произвольном законе распределения вводят коэффициент относительного рассеяния, тогда:

$$\mathrm{T}A_\Delta = \frac{1}{K_\Delta}\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1}(\mathrm{T}A_j)^2 K_j^2}.$$

Применив к полученным уравнениям аналогичные процедуры преобразования в решении задачи синтеза, как это сделано в методе полной взаимозаменяемости, получим уравнения для расчета допусков составляющих звеньев размерной цепи по заданному допуску замыкающего размера.

Пояснением применения теоретико-вероятностного метода в расчете размерных цепей может служить пример, рассмотренный ниже. Рассчитаем четырехзвенную размерную цепь, решая задачу синтеза методами полной и неполной взаимозаменяемости, и сравним допуски составляющих звеньев $\mathrm{T}A_j$ при условии $\mathrm{T}A_\Delta = \Delta\mathrm{T}A_j$.

Расчет методом максимума-минимума при аддидивных допусках дает $\mathrm{T}A_\Delta = 4\mathrm{T}A_j$, откуда $\mathrm{T}A_j = \mathrm{T}A_\Delta/4$.

Расчет теоретико-вероятностным методом со случайными переменными перекрывающих допусков дает $T A_{\Delta} = \sqrt{4(T A_j)^2} = 2T A_j$, откуда $T A_j = T A_{\Delta} / 2$.

Из сравнения результатов расчетов видно, что применение теоретико-вероятностного расчета позволяет при том же допуске замыкающего звена $T A_{\Delta}$ расширить в два раза допуск составляющих звеньев с риском 0,27 % (в арматуростроении таким риском пренебрегают).

Три остальных метода: селективной сборки, пригонки и регулировки, требуют как расчетов, так и результатов анализа технологических погрешностей и конкретных данных о рассеянии размеров деталей арматуры в данном производстве.

## 1.3. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ АРМАТУРЫ

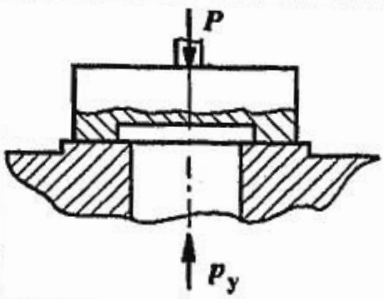
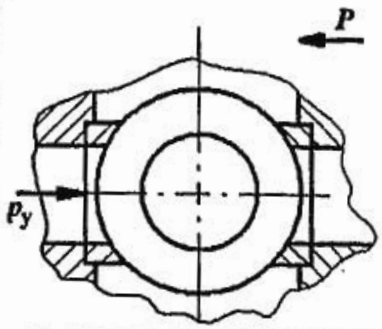
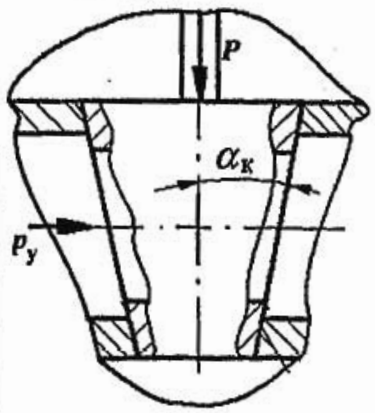
Производственная технологичность конструкции изделия трубопроводной арматуры проявляется в сокращении средств и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства, процессы изготовления, в том числе испытаний и монтажа.

Для целевой арматуры в качестве базовых выступают показатели ТКИ, характеризующие точность обработки деталей затворов $K_{тч}$ и состава конструкции $K_{сб}$ (см. табл. 1.2.2). По мере снижения ответственности конкретных технологических систем, в которых функционирует целевая арматура, главными становятся стандартизированные экономические показатели ТКИ, базовым из которых является уровень ТКИ по трудоемкости обработки и сборки арматуры $K_{у.т}$.

Промышленную трубопроводную арматуру по ***классам*** подразделяют на запорную, регулирующую, предохранительную, защитную и др. [7]. Вместе с тем, ***запорная арматура*** предназначена для отключения потока среды постоянно, периодически или временно; ***регулирующая*** – для регулирования потоков среды по заданным направлениям; ***предохранительная*** – для предохранения установок и трубопроводов от недопустимо высокого давления и ***защитная*** – для предотвращения аварийных условий или образования обратных потоков.

По ***системе затвора*** трубопроводную арматуру перечисленных основных классов подразделяют на 2-, 3- и 4-поверхностные (табл. 1.3.1).

Таблица 1.3.1

| Система затвора | Схема представителя | Применяемость для классов арматуры | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | запорная | регулирующая | предохранительная | защитная |
| Двухповерхностная |   | • | • | • | • |
| Трехповерхностная |   | • | • | – | – |
| Четырехповерхностная |   | • | – | – | – |

Двухповерхностные системы затвора: плоские, конические, цилиндрические, сфероконические, сферические, ножевые характерны для конструктивных исполнений всех классов арматуры. Это продиктовано, с позиции конструкции затвора, наименьшим числом контактирующих деталей и уплотнительных поверхностей.

Трехповерхностные системы затвора: сферические и сфероконические, присущи запорной арматуре, в частности, шаровым кранам и регулирующей двухседельной арматуре. Шаровые краны обладают высокой герметизирующей способностью и полнопроходностью. Регулирующая арматура с двухседельным затвором обеспечивает наилучший диапазон регулирования, однако создает проблемы с обеспечением герметичности в затворе.

Четырехповерхностные системы затвора: клиновые и параллельные, присущи запорной арматуре (клиновые и параллельные задвижки). Клиновые задвижки широко распространены, но, ввиду сложности затвора, часто заменяются шаровыми кранами.

Учитывая, что в условиях эксплуатации все системы затворов сводятся к двухповерхностным при положении затвора "закрыт" (в том числе и двухседельный затвор регулирующей арматуры), для целевой запорной арматуры для опасных, агрессивных и коррозионных сред [5] при выборе типа, при прочих равных условиях, следует руководствоваться значениями базовых показателей ТКИ, приведенными в табл. 1.3.2.

Для оценки рекомендаций проведем анализ относительной стоимости рассматриваемых типов стальной запорной арматуры $p_y$ = 1,6 МПа, $D_y$ 50 ... 100 мм.

Анализ графических зависимостей (рис. 1.3.1) показывает, что по стоимости и трудоемкости изготовления отмечается четкое разделение 2-, 3- и 4-поверхностных систем, т.е. увеличивается относительная стоимость изделия с каждым прибавлением числа уплотнений в затворе. Это же можно отметить и для изменения относительной трудоемкости. Сравнение указывает на удовлетворительное соответствие значениям $K_{у.т}$, приведенным в табл. 1.3.2.

Таблица 1.3.2

| Тип запорной арматуры | Исполнение уплотнений деталей затворов | Показатели ТКИ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $K_{тч}$ | $K_{сб}$ | $K_{у.т}$ |
| Клапаны | плоские, конические, сферические, сфероконические, ножевые | 0,35 | 0,5 | 0,45 |
| Краны | шаровые | 0,6 | 1* | 0,75 |
| Задвижки | клиновые | 1* | 0,8 | 1* |

* Соответствует наихудшему значению показателя ТКИ арматуры.

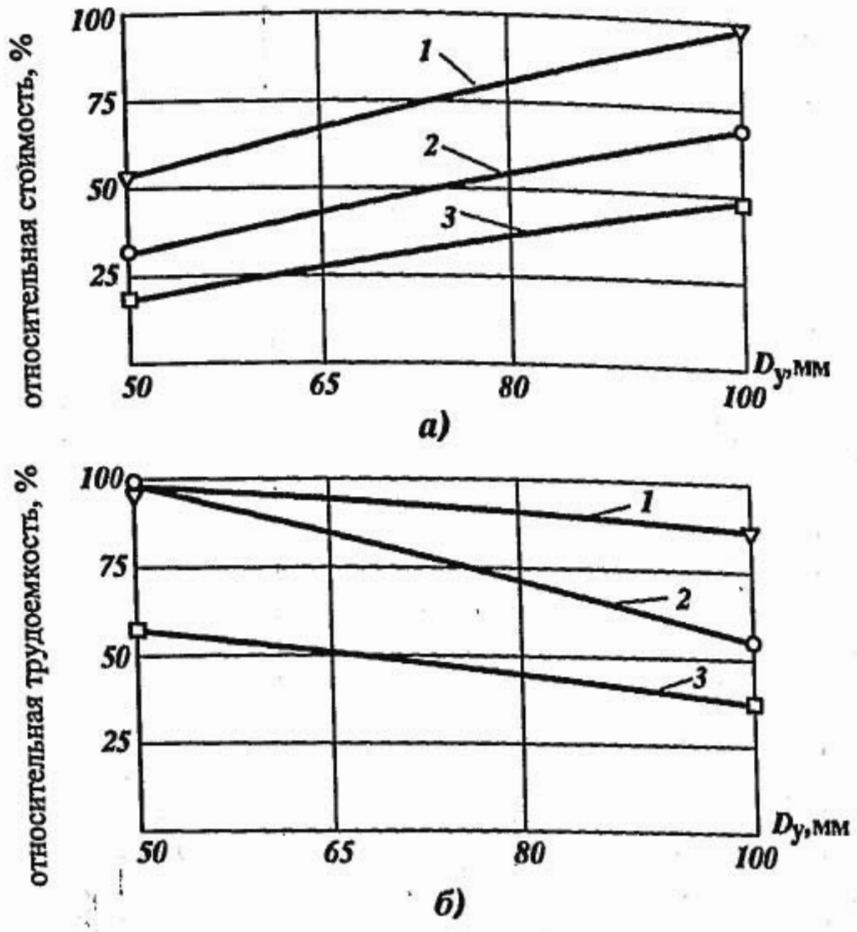



**Рис. 1.3.1. Графики относительной стоимости (*а*) и трудоемкости (*б*) изготовления:**
*1* – клиновых задвижек; *2* – шаровых кранов; *3* – клапанов запорных

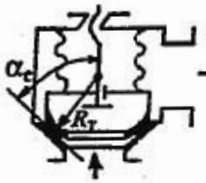
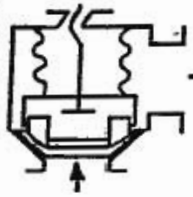
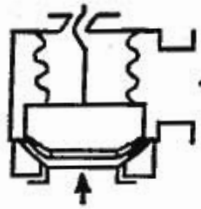
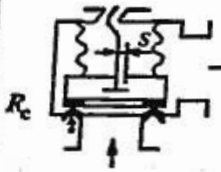
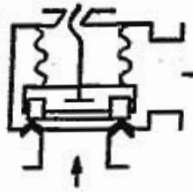
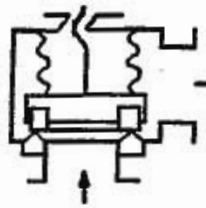
### 1.3.1. Оценка технологичности конструкции затворов и изделий запорной арматуры

Основным сборочным узлом запорной арматуры является затвор седло–тарелка, седло–пробка, седло–клин. Метод сборки изделия запорной арматуры определяет точность взаимного расположения основных деталей затвора.

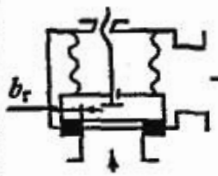
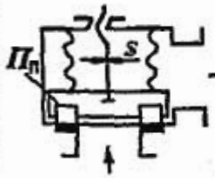
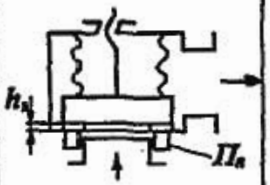
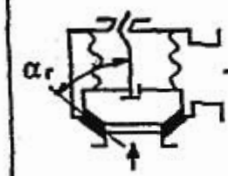
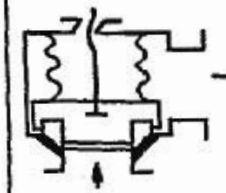
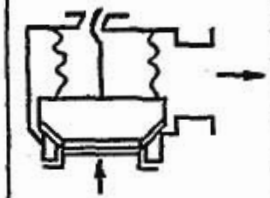
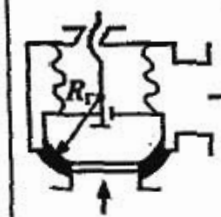
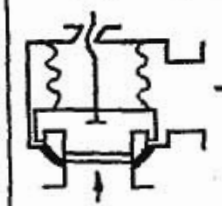
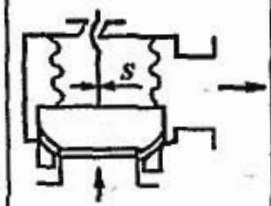
Оценку ТКИ запорной арматуры проводят по показателям $K_{у.т}$ деталей затвора и $K_{сб}$ состава конструкции изделия в целом.

**Технологичность конструкции запорных органов по герметичности.** Для оценки конструкции затворов по герметичности и соответствующих требований к точности обработки проведем классификацию клапанов, кранов шаровых и задвижек клиновых.

Таблица 1.3.3

| Исполнения затворов | Параметры-определители и параметры точности затворов | | |
|---|---|---|---|
| | металл–металл | металл–полимер | полимер–полимер |
| | *Номинально линейные* | | |
| сфероконический |  $R_т$; $0 < \alpha_c < 90°$; $s > 0$; $\gamma$; $W$max; $R$max |  $R_т$; $0 < \alpha_c < 90°$; $П_п$; $s \geq 0$; $\gamma$; $W$max; $R$max |  $R_т$; $0 < \alpha_c < 90°$; $h_п$; $П_п$; $s = 0$; $W$max; $R$max |
| ножевой |  $R_c$; $\alpha_т = 90°$; $s > 0$; $\gamma$; $W$max; $R$max |  $R_c$; $\alpha_т = 90°$; $П_п$; $s \geq 0$; $\gamma$; $W$max; $R$max |  $R_c$; $\alpha_т = 90°$; $h_п$; $П_п$; $s = 0$; $W$max; $R$max |

*Окончание табл. 1.3.3*

| Исполнения затворов | Параметры-определители и параметры точности затворов | | |
|---|---|---|---|
| | металл–металл | металл–полимер | полимер–полимер |
| | *Номинально поверхностные* | | |
| стыковой |  $b_г$; $\alpha_г = 90°$; $s > 0$; $\gamma$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max |  $b_г$; $\alpha_г = 90°$; $П_п$; $s \geq 0$; $W$max; $R$max |  $b_г$; $\alpha_г = 90°$; $h_п$; $П_п$; $s \geq 0$; $W$max; $R$max |
| конический |  $b_г$; $0 < \alpha_г < 90°$; $s > 0$; $e$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max |  $b_г$; $0 < \alpha_г < 90°$; $П_п$; $s \geq 0$; $e$; $W$max; $R$max |  $b_г$; $0 < \alpha_г < 90°$; $h_п$; $П_п$; $s \geq 0$; $W$max; $R$max |
| сферический |  $R_г$; $0 < \alpha_г < 90°$; $s > 0$; $e$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max |  $R_г$; $0 < \alpha_г < 90°$; $П_п$; $s \geq 0$; $e$; $W$max; $R$max |  $R_г$; $0 < \alpha_г < 90°$; $h_п$; $П_п$; $s \geq 0$; $W$max; $R$max |

Классификационные признаки позволяют выявить количество значимых параметров точности и провести оценку ТКИ запорной арматуры по затвору. В табл. 1.3.3 приведены типовые исполнения затворов запорных клапанов. Номенклатура конструктивных параметров и точности герметизаторов, определяющих значения геометрических параметров межконтактного пространства и в конечном счете утечку, зависит от конструкции затвора арматуры.

Проведенный анализ параметров обеспечения герметичности клапанной арматуры основывается на унификации конструкций затворов по материалу и геометрии герметизаторов с выделением параметров-определителей. По соединениям затворы разделены на номинально поверхностные и номинально линейные; по типам соединений герметизаторов в затворе – на стыковые (плоские), конические, сферические, сфероконические и ножевые; по виду материала тарелки или седла затвора – на металлические, металлополимерные, полимерные (эластомерные); по способу установки тарелки затвора на штоке привода – на свободные (с гарантированным зазором $s > 0$), жесткие (с нулевым зазором $s = 0$) и смешанные (с гарантированным или нулевым зазором).

Параметрами-определителями (из числа геометрических) являются: номинальная ширина контакта $b_г$, номинальный угол уклона при контакте $\alpha_г$ и номинальный радиус контакта $R_г$ – для соединений номинально поверхностных затворов; номинальный радиус тарелки $R_т$ или седла $R_с$ – для соединений номинально линейных затворов. По виду материала герметизатора параметрами-определителями выступают: толщина слоя полимера (эластомера) $h_п$ и периметр заделки полимерного (эластомерного) герметизатора $П_п$, а по способу установки тарелки на штоке – номинальный радиальный зазор $s$ в сопряжении "тарелка–шток".

Данная классификация рассмотрена в первой книге [5] с позиций создания и эксплуатации целевой арматуры. С позиций производства и оценки производственной технологичности конструкций изделий главенствующими показателями приведенной классификации затворов запорной арматуры выступают требования к точности уплотнительных поверхностей деталей затворов.

При прочих равных условиях, наибольшая совокупность параметров точности характерна для номинально поверхностных затворов. Наивысшие требования к параметрам точности для металлических затворов и снижаются для металлополимерных и полимерных. Совокупность параметров точности включает: отклонения расположения (эксцентриситет $e$ и угловое смещение $\gamma$ осей деталей затворов), формы (неплоскостность,

несферичность ΔФ в продольном и поперечном направлениях), параметров волнистости $W$max и шероховатости $R$max (в радиальном и тангенциальном направлениях).

Меньшая совокупность параметров точности присуща номинально линейным затворам. При этом, здесь количество параметров уменьшается и для групп материалов: отклонения расположения, параметров волнистости и шероховатости для металлических и параметры волнистости и шероховатости для полимерных затворов. Показатель $K_{тч}$ = 0,25 ... 0,35 для номинально линейных и 0,35 ... 0,5 для номинально поверхностных затворов запорных клапанов.

В табл. 1.3.4 представлены типовые исполнения затворов шаровых кранов. Номенклатура параметров-определителей герметичности в затворе шаровых кранов зависит от их исполнения и материала герметизаторов седел. По исполнениям затворы разделены на конструкции с плавающей пробкой и пробкой на опорах; по типам соединений герметизаторов в затворе – на сферические и сфероконические; по материалу седел (шаровой пробки) – на металлические, металлополимерные, полимерные.

Параметры-определители (геометрические): $R_ш$ – номинальный радиус сферы пробки, $R_с$ – номинальный радиус сферы металлического седла, $\alpha_с$ – номинальный угол уклона полимерного седла, $s$ – зазор от эффекта "плавания" пробки, $B_с$ – расстояние между седлами, $П_п$ – периметр заделки полимерного герметизатора, $h_п$ – толщина слоя полимера, $b_с$– номинальная ширина контакта.

Наибольшая совокупность параметров точности ($\Delta R_ш$, $\Delta R_с$, $e$, $\gamma$, ΔФ, $W$max и $R$max) характерна для конструкции затвора с шаровой пробкой на опорах с металлическими седлами. Меньшая – для полимерных затворов, как с плавающей пробкой, так и с пробкой на опорах ($W$max и $R$max). Показатель $K_{тч}$ = 0,65 ... 0,85 для кранов с металлическими седлами и 0,5 ... 0,65 – с полимерными.

В табл. 1.3.5 приведены типовые исполнения затворов клиновых задвижек. Перечень параметров-определителей герметичности в затворе клиновых задвижек дан в первой книге [5]. По исполнениям затворы подразделены по конструкции клина: с жестким, упругим и составным клином; по материалу седел – на металлические наплавленные (или из основного материала корпуса), латунные завальцованные, полимерные запрессованные. Параметры-определители (геометрические): $\alpha_к$ – номинальный угол уклона уплотнения клина, $\alpha_с$ – номинальный угол уклона уплотнения седла, $b_т$ – номинальная ширина контакта, $B_с$ – базорасстояние между уплотнениями, $s$ – зазор в месте фиксации клина, $П_п$ – периметр заделки герметизатора (латунного, полимерного), $h_п$ – толщина слоя полимера.

Таблица 1.3.4

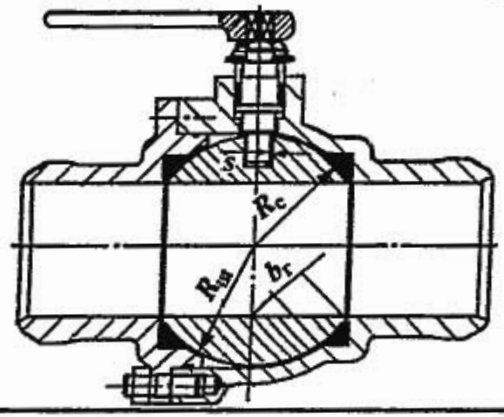
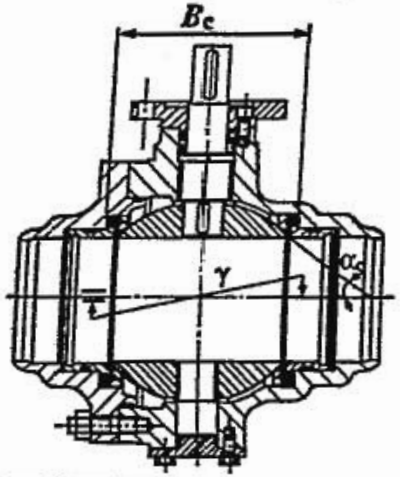
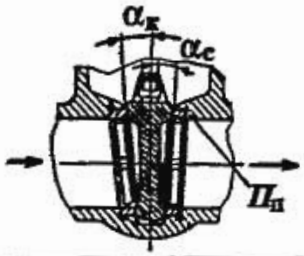
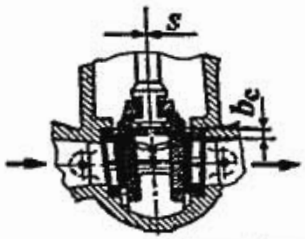
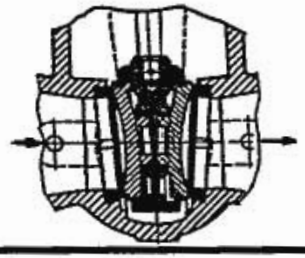
| Схемы затворов | Параметры-определители и параметры точности затворов | | |
|---|---|---|---|
| | металл–металл | металл–полимер | полимер–полимер |
| *С плавающей шаровой пробкой* | | | |
|  | $R_ш$; $R_c$; $b_г$; $s > 0$; $\Delta R_ш$; $\Delta R_c$; $e$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max | $R_ш$; $\alpha_c$; $П_п$; $s > 0$; $\Delta R_ш$; $e$; $W$max; $R$max | $R_ш$; $\alpha_c$; $П_п$; $h_п$; $s \geq 0$; $W$max; $R$max |
| *С шаровой пробкой на опорах* | | | |
|  | $R_ш$; $R_c$; $b_г$; $B_c$; $s = 0$; $\Delta R_ш$; $\Delta R_c$; $e$; $\gamma$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max | $R_ш$; $\alpha_c$; $B_c$; $П_п$; $s = 0$; $\Delta R_ш$; $e$; $\gamma$; $W$max; $R$max | $R_ш$; $\alpha_c$; $П_п$; $h_п$; $s = 0$; $W$max; $R$max |

Таблица 1.3.5

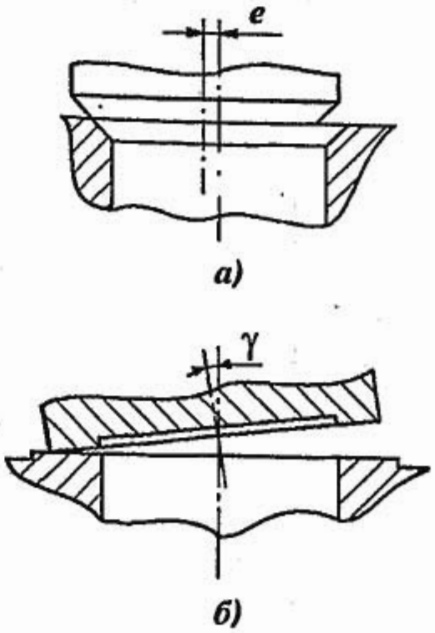
| Схемы затворов | Параметры-определители и параметры точности затворов | | |
|---|---|---|---|
| | металл–металл | металл–вставной металлический герметизатор | металл–вставной неметаллический герметизатор |
| | *С жестким клином* | | |
|  | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $b_г$; $B_с$; $s > 0$; $\Delta\alpha_к$; $\Delta\alpha_с$; $e$; $\gamma$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $b_г$; $П_п$; $s > 0$; $\Delta\alpha_к$; $\Delta\alpha_с$; $e$; $\gamma$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $П_п$; $h_п$; $s \geq 0$; $\Delta\alpha_к$; $\Delta\alpha_с$; $e$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max |
| | *С упругим клином* | | |
|  | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $b_г$; $B_с$; $s \geq 0$; $\Delta\alpha_к$; $\Delta\alpha_с$; $e$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $b_г$; $П_п$; $s \geq 0$; $\Delta\alpha_к$; $\Delta\alpha_с$; $e$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $П_п$; $h_п$; $s = 0$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max |
| | *С составным клином* | | |
|  | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $b_г$; $s = 0$; $e$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $b_г$; $П_п$; $s = 0$; $e$; $\Delta\Phi$; $W$max; $R$max | $\alpha_к$; $\alpha_с$; $П_п$; $h_п$; $s = 0$; $W$max; $R$max |

По параметрам точности максимальная совокупность ($\Delta\alpha_к$, $\Delta\alpha_с$, $e$, $\gamma$, $\Delta\Phi$, $W$max, $R$max) характерна для жестких клиньев в затворе с металлическими герметизаторами. Минимальная совокупность присуща для составных клиньев в затворе с полимерными седлами ($W$max, $R$max). Показатель $K_{тч} = 0{,}85 \ldots 1$ для металлических герметизаторов с жестким и упругим клином и 0,7 ... 0,85 – с полимерными седлами всех исполнений и с металлическими герметизаторами с составным клином.

**Технологичность конструкции изделий запорной арматуры по соподчиненным деталям.** К соподчиненным деталям относят те детали, параметры которых входят в состав размерных цепей, определяющих для деталей затвора точность взаимного расположения (эксцентриситет и угловое смещение) осей уплотнительных поверхностей запорного органа и седла.

На рис. 1.3.2 приведены замыкающие звенья размерных цепей ($e$, $\gamma$) клапанной запорной арматуры. Составляющие звенья определяются конструктивным исполнением арматуры. По числу замыкающих звеньев следует отметить их последовательное увеличение от двухповерхностных к четырехповерхностным системам затворов.

Рассмотрим общие размерные цепи и проведем сравнение ТКИ для типичных представителей клапанной, шаровой и клиновой запорной арматуры.




*а)*

*б)*

**Рис. 1.3.2. Замыкающие звенья размерных цепей запорных клапанов:**
*а* – с коническим затвором;
*б* – с плоским затвором

***Размерный анализ запорных клапанов.*** К эксцентриситету осей $e_{т.с}$ уплотнительных поверхностей тарелки и седла наиболее чувствительны сферические, сфероконические и конические затворы клапанов. Угловое смещение осей $\gamma_{т.с}$ уплотнительных поверхностей оказывает влияние на все типы затворов: ножевые, сферические, сфероконические, конические, плоские. При этом, отклонения $e_{т.с}$ и $\gamma_{т.с}$ отдельно и в совокупности изменяют номинально поверхностные и номинально линейные исполнения затворов на затворы с первоначальным контактом в точке, что при силовом замыкании приводит к неравномерному распределению контактного давления в затворе, интенсификации износа уплотнительных поверхностей, потере герметичности [5, 23].

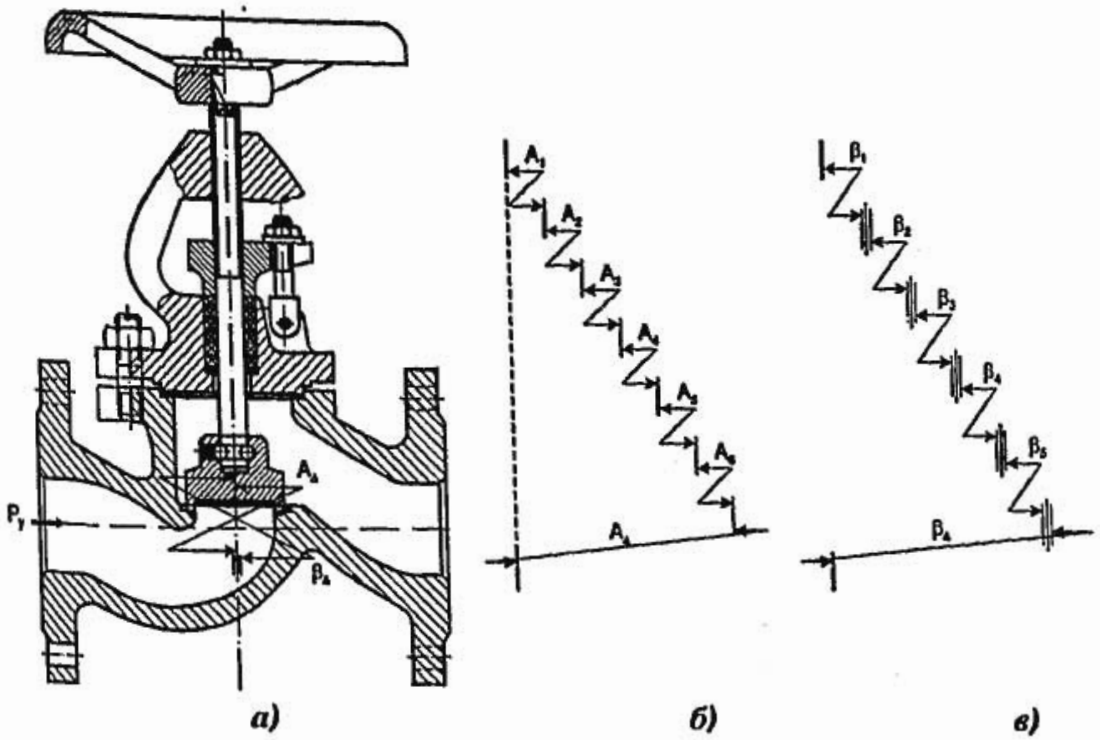



**Рис. 1.3.3. Типичные размерные цепи сальниковых запорных клапанов:**
*а* – общий вид; *б* – размерная цепь *A*; *в* – размерная цепь β

Типичные размерные цепи для сальникового запорного клапана приведены на рис. 1.3.3.

Эксцентриситет $e_{т.с}$ (размерная цепь *A*) определяют:

- $A_1$ – смещение оси уплотнения седла корпуса относительно оси посадочного отверстия (проточки) соединительного фланца корпуса;
- $A_2$ – смещение оси посадочного отверстия соединительного фланца корпуса относительно оси посадочной поверхности (выточки) бугельного узла;
- $A_3$ – смещение оси посадочной поверхности бугельного узла относительно оси сальниковой камеры бугельного узла;
- $A_4$ – смещение оси сальниковой камеры бугельного узла относительно оси штока;
- $A_5$ – смещение оси штока относительно оси посадочного отверстия под шток в золотнике (тарелке);
- $A_6$ – смещение оси посадочного отверстия под шток в золотнике относительно оси уплотнения золотника.

Ошибками от зазора являются составляющие звенья: $A_2$, $A_4$ и $A_5$, остальные – векторными ошибками. Все звенья характеризуют погрешности обработки элементов деталей.

Угловое смещение $\gamma_{т.с}$ (размерная цепь β) формируют:

- $\beta_1$ – непараллельность оси уплотнения седла корпуса относительно оси торцовой поверхности посадочного отверстия (проточки) соединительного фланца корпуса;
- $\beta_2$ – непараллельность осей торцовых поверхностей прокладки между соединительным фланцем и бугельным узлом;
- $\beta_3$ – непараллельность оси торцовой поверхности бугельного узла относительно оси резьбового отверстия бугельного узла;
- $\beta_4$ – непараллельность оси резьбы штока относительно оси посадочной проточки штока;
- $\beta_5$ – непараллельность оси посадочной расточки золотника относительно оси уплотнения золотника.

Все составляющие звенья размерной цепи β характеризуют погрешности обработки деталей и являются угловыми ошибками. Передаточные отношения для всех составляющих звеньев цепей $A$ и β равны 1. Номинальные значения замыкающих $A_\Delta$ и $\beta_\Delta$ и составляющих звеньев равны нулю.

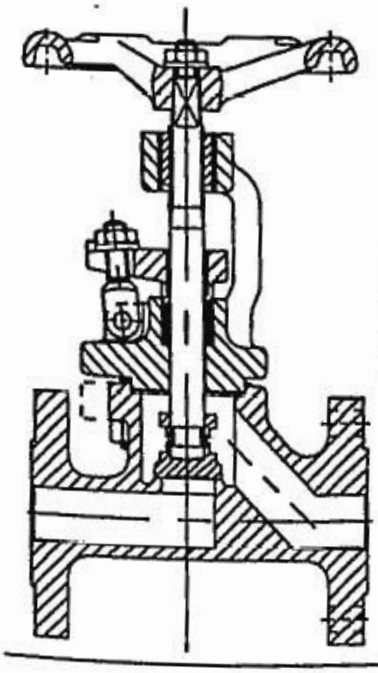
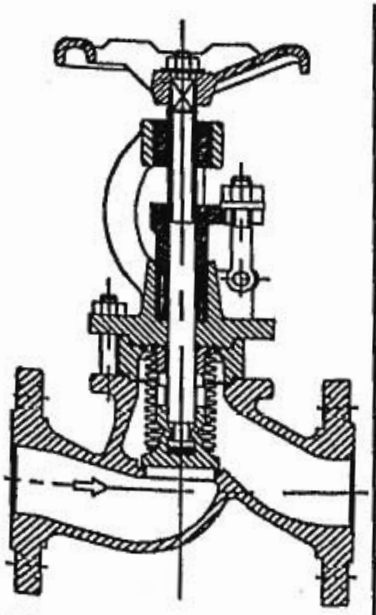
Сравнение ТКИ проводим для сальниковых и сильфонных запорных клапанов по показателям $K_{сб}$ состава конструкции изделий и $K_{тч}$ точности соподчиненных деталей, образующих размерные цепи $e_{т.с}$ и $\gamma_{т.с}$ (табл. 1.3.6).

Сильфонное исполнение уменьшает число звеньев размерных цепей, но при высоких требованиях к допускам на $e_{т.с}$ и $\gamma_{т.с}$ и составляющие звенья при решении размерных цепей по методу полной взаимозаменяемости (максимума-минимума) имеет большие значения показателей ТКИ, а значит и менее технологичное. Использование сильфонных запорных клапанов ограничено невысокой надежностью и самого сильфона.

***Размерный анализ шаровых кранов.*** К эксцентриситету $e_{с.с}$ и угловому смещению $\gamma_{с.с}$ осей уплотнительных поверхностей шаровой пробки и седел чувствительны все исполнения кранов.

Отклонения расположения осей изменяют номинально поверхностные (сферические) и номинально линейные (сфероконические) исполнения затворов на затворы с контактом в двух точках, что приводит к ухудшению работы затвора крана по показателям герметичности и надежности.

Таблица 1.3.6

| Схема | Отклонение расположения | Число звеньев | Метод решения | Показатели ТКИ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $K_{сб}$ | $K_{тч}$ |
| *Сальниковый* | | | | | |
|  | $e_{т.с}$ | 6 … 8 | Неполной взаимозаменяемости | 0,4 | 0,3 |
| | $\gamma_{т.с}$ | 6 … 8 | Неполной взаимозаменяемости | 0,35 | 0,3 |
| *Сильфонный* | | | | | |
|  | $e_{т.с}$ | 4 … 6 | Полной взаимозаменяемости | 0,55 | 0,5 |
| | $\gamma_{т.с}$ | 4 … 6 | Полной взаимозаменяемости | 0,5 | 0,5 |

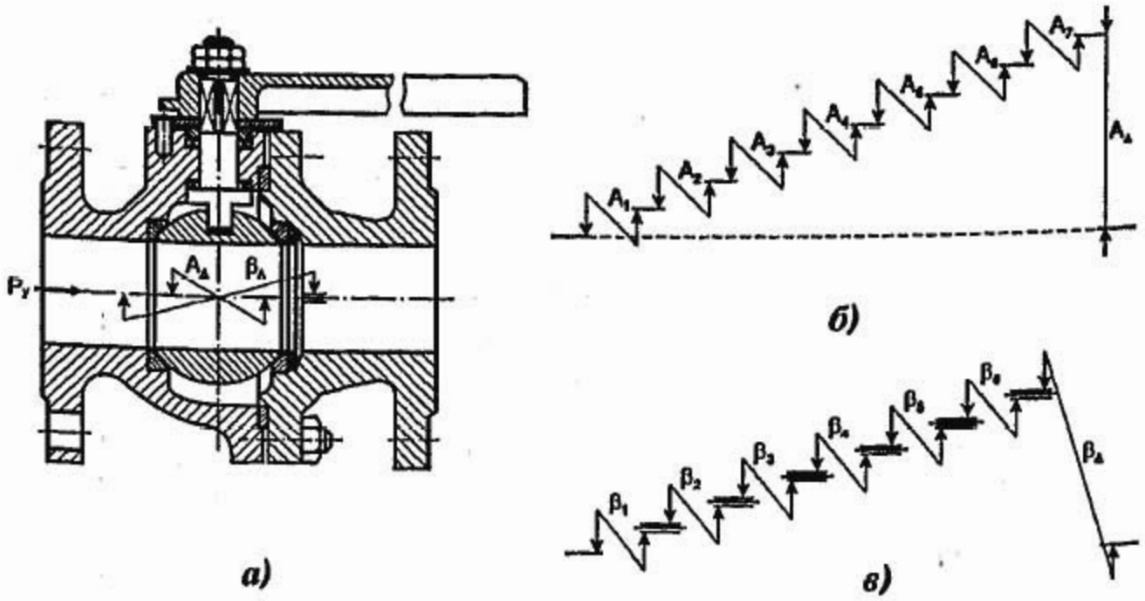



**Рис. 1.3.4. Типичные размерные цепи шаровых кранов с плавающей пробкой:**
*а* – общий вид; *б* – размерная цепь *А*; *в* – размерная цепь β

Типичные размерные цепи для шарового крана с плавающей пробкой представлены на рис. 1.3.4.

Эксцентриситет $e_{с.с}$ (размерная цепь *А*) определяют:

- $A_1$ – смещение оси уплотнения седла на входе среды относительно оси наружного цилиндрического пояска данного седла;
- $A_2$ – смещение оси наружного цилиндрического пояска седла на входе среды относительно оси посадочной расточки под седло входной части корпуса;
- $A_3$ – смещение оси посадочной расточки под седло входной части корпуса относительно оси посадочной расточки входной части корпуса;
- $A_4$ – смещение оси посадочной расточки входной части корпуса относительно оси посадочного буртика выходной части корпуса;
- $A_5$ – смещение оси посадочного буртика выходной части корпуса относительно оси посадочной расточки под седло выходной части корпуса;
- $A_6$ – смещение оси посадочной расточки под седло выходной части корпуса относительно оси цилиндрического пояска седла на входе среды;
- $A_7$ – смещение оси цилиндрического пояска седла на выходе среды относительно оси уплотнения седла на выходе среды.

Ошибками от зазора являются составляющие звенья $A_2$, $A_4$ и $A_6$, остальные – векторными ошибками. Все звенья характеризуют погрешности обработки элементов деталей.

Угловое смещение $\gamma_{с.с}$ (размерная цепь β) формируют:

- $\beta_1$ – непараллельность оси уплотнения седла на входе среды относительно оси торцовой поверхности данного седла;
- $\beta_2$ – непараллельность оси торцовой поверхности посадочного отверстия под седло входной части корпуса относительно торцовой поверхности под прокладку данной части корпуса;
- $\beta_3$ – непараллельность осей торцовых поверхностей прокладки;
- $\beta_4$ – непараллельность оси торцовой поверхности под прокладку выходной части корпуса относительно оси торцовой поверхности отверстия под компенсатор выходной части корпуса;
- $\beta_5$ – непараллельность оси торцовой поверхности компенсатора;
- $\beta_6$ – непараллельность оси торцовой поверхности седла на выходе среды относительно оси уплотнения данного седла.

Все составляющие звенья размерной цепи β характеризуют погрешности обработки элементов деталей и являются угловыми ошибками. Передаточные отношения составляющих звеньев цепей $A$ и β равны 1, все звенья увеличивающие, их номинальные значения равны нулю.

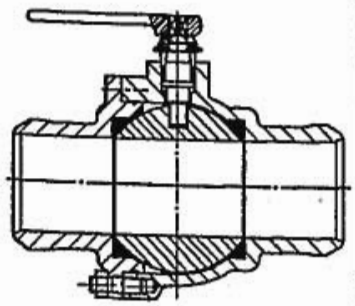
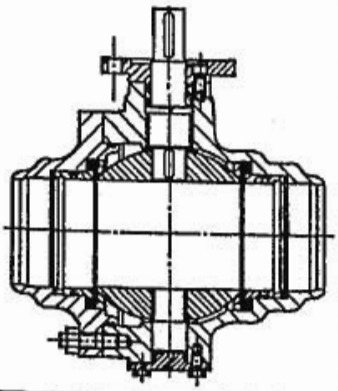
Сравнение ТКИ проводим для шаровых кранов с плавающей пробкой и пробкой на опорах по показателям $K_{сб}$ и $K_{тч}$ (табл. 1.3.7).

При исполнении крана с пробкой на опорах увеличивается число звеньев размерных цепей, компенсирующая способность (ввиду исключения эффекта "плавания" пробки) по $e_{с.с}$ и $\gamma_{с.с}$ минимальная, требования к точности замыкающих и составляющих звеньев, даже при использовании компенсаторов, высокие. Исполнение менее технологично и используется при больших проходах и высоких давлениях.

***Размерный анализ клиновых задвижек.*** К эксцентриситету $e_{с.с}$ осей уплотнительных поверхностей клина и седел корпуса чувствительны все исполнения клиновых задвижек. Угловое смещение $\gamma_{с.с}$ осей уплотнений затворов отражается на их работоспособности для всех модификаций клиновых и параллельных задвижек.

Отклонения расположения, как и угловые отклонения деталей затворов клиновых задвижек, приводят к трансформации номинально поверхностного контакта в двухточечный, что влечет за собой неравномерность контактного давления, зонный износ уплотнений.

Таблица 1.3.7

| Схема | Вид отклонения | Число звеньев | Метод решения | Показатели ТКИ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $K_{сб}$ | $K_{тч}$ |
| *С плавающей пробкой* | | | | | |
|  | $e_{с.с}$ | 8 … 12 | Неполной взаимозаменяемости | 0,9 | 0,55 |
| | $\gamma_{с.с}$ | 8 … 12 | Неполной взаимозаменяемости | 0,9 | 0,55 |
| *С пробкой на опорах* | | | | | |
|  | $e_{с.с}$ | 14 … 20 | С регулировкой компенсаторами | 1,0 | 0,65 |
| | $\gamma_{с.с}$ | 14 … 20 | С регулировкой компенсаторами | 1,0 | 0,65 |

Типичные размерные цепи для клиновой задвижки с упругим клином представлены на рис. 1.3.5.

Эксцентриситет $e_{с.с}$ (размерная цепь $A$) определяют:

- $A_1$ – смещение оси уплотнения седла на входе среды относительно оси наружного цилиндрического пояска данного седла;
- $A_2$ – смещение оси наружного цилиндрического пояска седла на входе среды относительно оси посадочного отверстия корпуса на входе среды;
- $A_3$ – смещение оси посадочного отверстия корпуса на входе среды относительно оси уплотнения клина на входе среды;

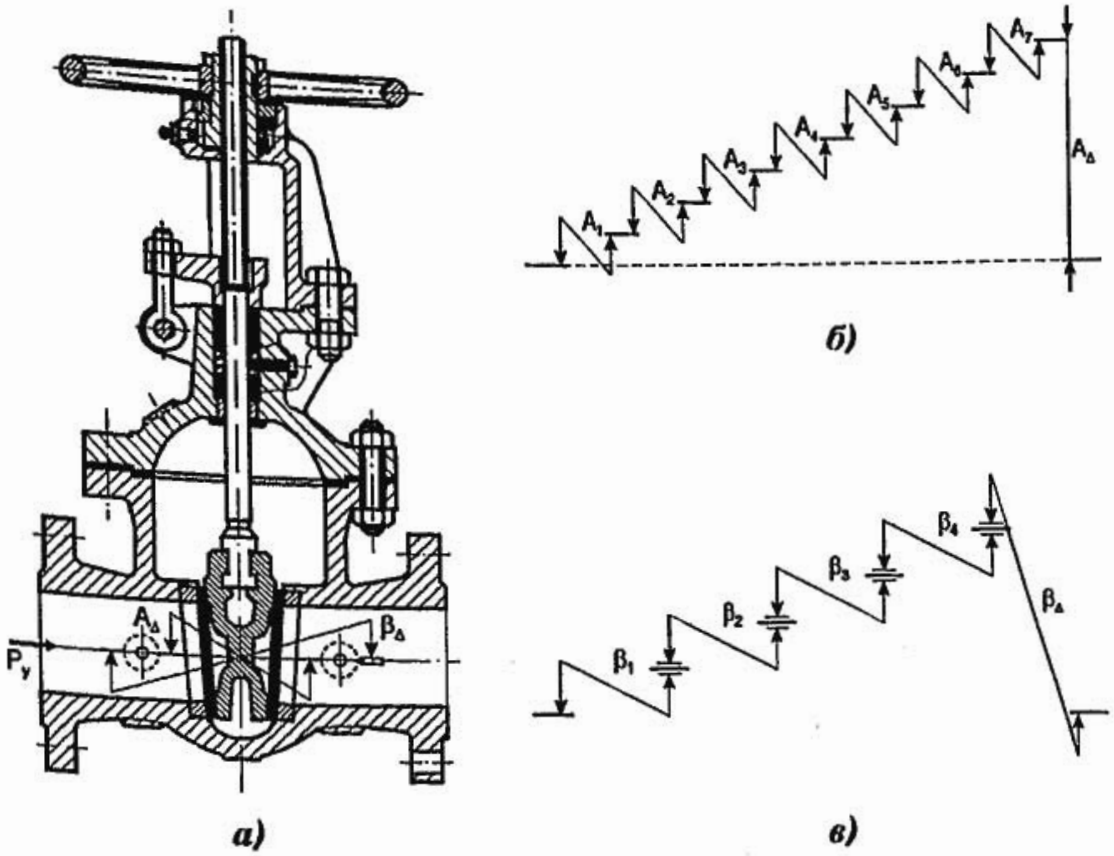



**Рис. 1.3.5. Типичные размерные цепи клиновых задвижек с упругим клином:** *а* – общий вид; *б* – размерная цепь *A*; *в* – размерная цепь β

- $A_4$ – смещение оси уплотнения клина на входе среды относительно оси уплотнения клина на выходе среды;
- $A_5$ – смещение оси уплотнения клина на выходе среды относительно оси посадочного отверстия корпуса на выходе среды;
- $A_6$ – смещение оси посадочного отверстия корпуса на выходе среды относительно оси цилиндрического пояска седла на выходе среды;
- $A_7$ – смещение оси цилиндрического пояска седла на выходе относительно оси уплотнения седла на выходе среды.

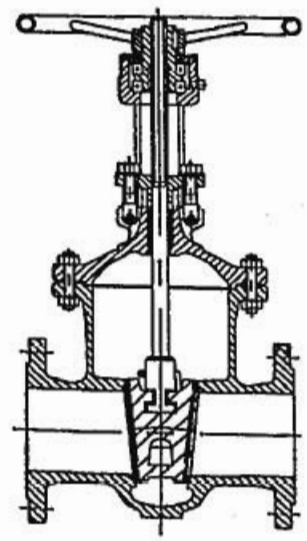
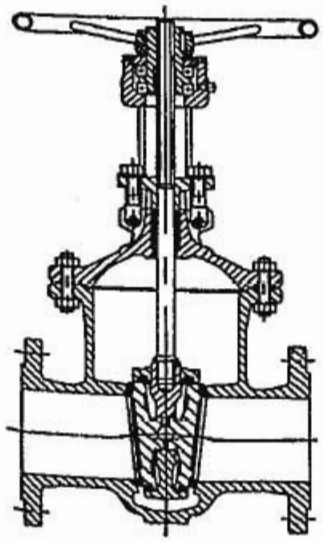
Угловое смещение $\gamma_{c.c}$ (размерная цепь β) формируют:

- $\beta_1$ – непараллельность оси уплотнения седла на входе среды относительно оси торцовой поверхности данного седла;
- $\beta_2$ – непараллельность оси торцовой поверхности посадочного отверстия под седло в корпусе со стороны входа среды относительно оси торцовой поверхности одноименного посадочного отверстия в корпусе со стороны входа среды;

• $\beta_3$ – непараллельность осей уплотнений клина по отношению друг к другу;

• $\beta_4$ – непараллельность оси торцовой поверхности седла со стороны входа среды относительно оси уплотнения данного седла.

Таблица 1.3.8

| Схема | Вид отклонения | Число звеньев | Метод решения | Показатели ТКИ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $K_{еб}$ | $K_{тч}$ |
| *Жесткий (упругий) клин* | | | | | |
|  | $e_{с.с}$ | 6 … 8 | Неполной взаимозаменяемости | 0,65 | 1,0 |
| | $\gamma_{с.с}$ | 6 … 8 | Неполной взаимозаменяемости | 0,65 | 1,0 |
| *Двухдисковый клин* | | | | | |
|  | $e_{с.с}$ | 8 … 10 | Полной взаимозаменяемости | 0,8 | 0,9 |
| | $\gamma_{с.с}$ | 8 … 10 | Полной взаимозаменяемости | 0,8 | 0,9 |

Все составляющие звенья размерных цепей $A$ и $\beta$ характеризуют погрешности обработки элементов. Все звенья цепи $\beta$ являются угловыми ошибками. При расчете цепей следует учитывать номинальный угол клинового затвора. Передаточное отношение звеньев 1, все звенья увеличивающие.

Сравнение ТКИ проводим для клиновых задвижек с упругими (жесткими) и двухдисковыми клиньями в затворе (табл. 1.3.8).

Исполнение клина, выполненного из 2-х компенсирующих дисков, позволяет до известного значения скомпенсировать как угловые погрешности деталей затвора, так и отклонения $e_{c.c}$ и $\gamma_{c.c}$. В этой связи, при увеличении числа составляющих звеньев приемлем метод полной взаимозаменяемости. При числе звеньев больше 12 следует для расчета размерных цепей использовать метод компенсирования. Общая оценка ТКИ по показателям $K_{сб}$ и $K_{тч}$ подтверждает правомочность использования всех исполнений клина: жесткого, упругого, двухдискового.

### 1.3.2. Оценка технологичности конструкции затворов и изделий регулирующей арматуры

Главным сборочным узлом регулирующей арматуры является регулирующий орган – затвор седло–плунжер.

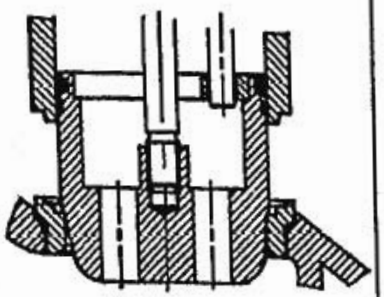
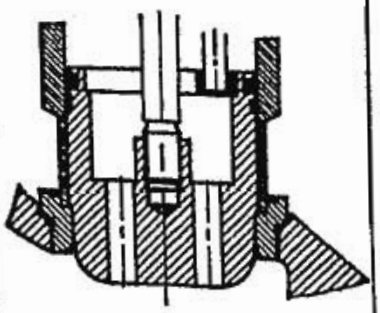
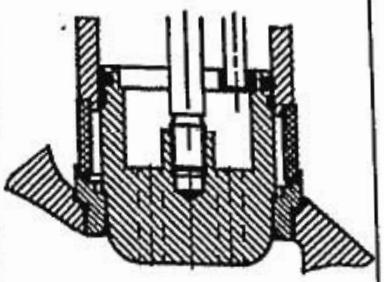
По основному назначению регулирующая арматура характеризуется пропускной способностью. Герметичность регулирующего органа является соподчиненным показателем безопасности и надежности регулирующей арматуры.

Анализ технологичности конструкции регулирующей арматуры проводим по показателям $K_{тч}$ регулирующего органа и $K_{сб}$ соподчиненных деталей.

**Технологичность конструкций регулирующих органов по пропускной способности и герметичности.** Классификационные признаки должны выявить значимые элементы конструкции и параметры точности, а также дать оценку ТКИ арматуры по регулирующему органу.

В табл. 1.3.9 приведены исполнения регулирующих органов односедельных клапанов. По пропускной способности различают следующие характеристики регулирующих клапанов: $K_V$ – пропускная способность, определяемая объемным расходом жидкости ($м^3$/час), плотность которой равна 1000 кг/$м^3$, пропускаемой регулирующим органом при перепаде давления на нем 0,1 МПа (текущее значение $K_V$ при заданной величине хода затвора в процентах, например $K_{V10}$, $K_{V50}$); $K_{Vy}$ – условная пропускная способность; $K_{V0}$ – начальная пропускная способность; $K_{V\min}$ – мини-

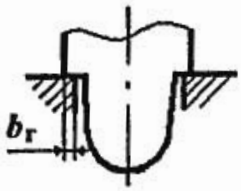
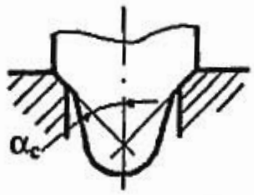
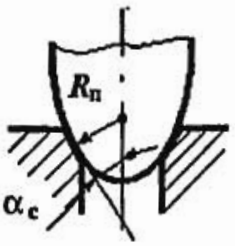
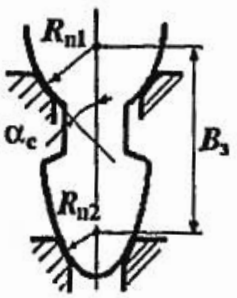
Таблица 1.3.9

| Исполнение затворов | Схемы затворов | Показатели пропускной способности | Эксплуатационный эффект |
|---|---|---|---|
| Простой |  | $K_{V0}$; $K_{V\min}$; $K_{V100}$; $K_{Vy}$; $D = K_{Vy} / K_{V\min}$; $q = K_V / K_{Vy}$ | Золотник с расширенным диапазоном перепада давления |
| С решеткой |  | | Золотник с глушением кавитации |
| С вставной решеткой |  | | Золотник с пониженным уровнем шума |

мальная пропускная способность; $K_{V100}$ – максимальная действительная пропускная способность; $D$ – диапазон изменения пропускной способности; $q$ – относительный расход среды.

Герметичность регулирующих клапанов по утечке выражается в процентах от условной пропускной способности $K_{Vy}$, представляющей собой номинальное значение пропускной способности ($м^3$/час) при условном ходе затвора. Герметичность в затворе регулирующих клапанов зависит от групп геометрических параметров-определителей (табл. 1.3.10).

Таблица 1.3.10

| Исполнения затворов | Схемы затворов | Параметры–определители точности |
|---|---|---|
| | *Односедельные* | |
| Стыковой |  | $b_г$; γ; ΔΦ; *W*max; *R*max |
| Конический |  | $\alpha_c$; *e*; γ; ΔΦ; *W*max; *R*max |
| Сфероко-нический |  | $R_п$; $\alpha_c$; *e*; γ; *W*max; *R*max |
| | *Двухседельные* | |
| Сфероко-нический |  | $\lvert B_з - B_c \rvert$; $R_{п1}$; $R_{п2}$; $\alpha_c$; *e*; γ; *W*max; *R*max |

По исполнению затворов клапаны подразделяют на односедельные и двухседельные: первые обеспечивают лучшую герметичность в затворе, а вторые – лучшее регулирование. По конструкции герметизаторов затворов – на плоские, конические, сфероконические. Параметром-определителем исполнений затворов является базорасстояние $B_з$ и $B_c$ между герме-

тизаторами затвора и седла. Абсолютная разность их действительных значений характеризует герметизирующую способность двухседельного затвора. В зависимости от конструкции герметизаторов число геометрических параметров-определителей изменяется от пяти для сфероконических двухседельных затворов ($B_3$, $B_c$, $R_3$; $R'_3$; $\alpha_c$) до одного для стыковых односедельных затворов ($b_г$). По параметрам точности: наибольшее их число характерно для конических затворов, наименьшее – для сфероконических.

**Технологичность конструкции изделий регулирующей арматуры по соподчиненным деталям.** К эксцентриситету $e_{п.с}$ осей уплотнительных поверхностей плунжера и седла чувствительны все исполнения регулирующих клапанов, кроме клапанов со стыковым (плоским) исполнением затвора. Угловое смещение $\gamma_{п.с}$ осей уплотнений затворов влияет на работоспособность всех исполнений регулирующих клапанов.

При этом отклонения расположения $e_{п.с}$ и $\gamma_{п.с}$ приводят к точечному начальному контакту в затворе, неравномерности контактного давления, зонному износу герметизаторов.

Типичные размерные цепи для запорно-регулирующего клапана с коническим затвором приведены на рис. 1.3.6.

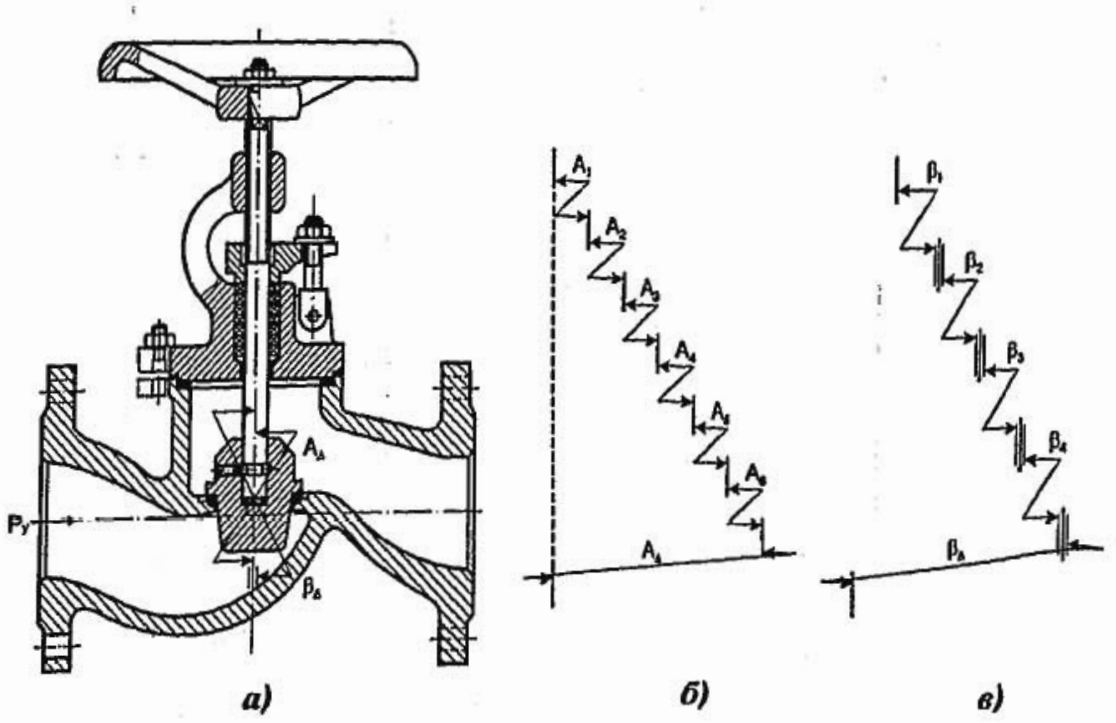



**Рис. 1.3.6. Типичные размерные цепи запорно-регулирующих клапанов:**
*а* – общий вид; *б* – размерная цепь *A*; *в* – размерная цепь β

Эксцентриситет $e_{п.с}$ (размерная цепь $A$) определяют:

- $A_1$ – смещение оси уплотнения седла относительно оси посадочного отверстия соединительной части корпуса;
- $A_2$ – смещение оси посадочного отверстия соединительной части корпуса относительно оси посадочного буртика крышки бугельного узла;
- $A_3$ – смещение оси посадочного буртика крышки бугельного узла относительно оси сальниковой камеры данной крышки;
- $A_4$ – смещение оси сальниковой камеры крышки бугельного узла относительно оси шпинделя;
- $A_5$ – смещение оси шпинделя относительно оси посадочного отверстия плунжера;
- $A_6$ – смещение оси посадочного отверстия плунжера относительно оси уплотнения данного плунжера.

Составляющие звенья $A_2$, $A_4$, $A_5$ являются ошибками за счет зазоров, остальные – векторные ошибки. Передаточные отношения для всех составляющих звеньев равны 1, вследствие их параллельности.

Угловое смещение $\gamma_{п.с}$ (размерная цепь $\beta$) определяют:

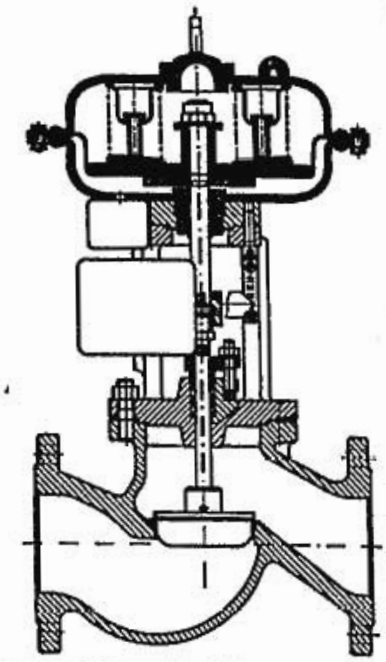
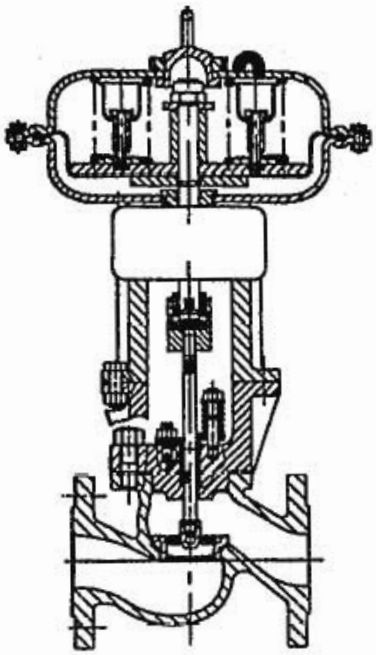
- $\beta_1$ – непараллельность оси уплотнения седла относительно оси торцовой поверхности посадочной выточки отверстия соединительной части корпуса;
- $\beta_2$ – непараллельность осей уплотнительных поверхностей прокладки;
- $\beta_3$ – непараллельность оси торцовой поверхности буртика крышки бугельного узла относительно оси внутренней резьбы данной крышки;
- $\beta_4$ – непараллельность оси наружной резьбы шпинделя относительно оси уплотнения плунжера.

Все составляющие звенья являются угловыми ошибками, передаточные отношения равны 1.

Сравнение ТКИ проводим для регулирующих клапанов с цельным и вставным седлом в затворе (табл. 1.3.11).

Исполнение седла вставляемым в корпус, повышает показатели надежности клапанов по долговечности и ремонтопригодности. При этом число составляющих звеньев, определяющих отклонение $e_{п.с}$ и $\gamma_{п.с}$, возрастает до 7 ... 9. Это позволяет для расчета размерных цепей использовать метод неполной взаимозаменяемости. Следует отметить, что уровень показателей ТКИ по $K_{сб}$ и $K_{тч}$ приближается к клапанной запорной арматуре.

Таблица 1.3.11

| Схема | Вид отклонения | Число звеньев | Метод решения | Показатели ТКИ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $K_{сб}$ | $K_{тч}$ |
| *Цельное седло* | | | | | |
|  | $e_{п.с}$ | 6 … 7 | Полной взаимозаменяемости | 0,45 | 0,35 |
| | $\gamma_{п.с}$ | 4 … 6 | Полной взаимозаменяемости | 0,4 | 0,35 |
| *Вставное седло* | | | | | |
|  | $e_{п.с}$ | 8 … 9 | Неполной взаимозаменяемости | 0,45 | 0,3 |
| | $\gamma_{п.с}$ | 6 … 7 | Неполной взаимозаменяемости | 0,4 | 0,3 |

### 1.3.3. Оценка технологичности конструкции затворов и изделий предохранительной арматуры

Наиболее важным сборочным узлом предохранительной арматуры является ее запорный орган – затвор седло–золотник.

По основному назначению предохранительная арматура характеризуется герметичностью затворов и пропускной способностью. В этой связи и анализ технологичности конструкций затворов и соподчиненных деталей следует проводить по обоим показателям назначения.

**Технологичность конструкции запорных органов по пропускной способности и герметичности.** Герметичность затвора клапанов особенно важна с позиций безопасности технологических систем, из-за возможности загрязнения атмосферы опасными и вредными веществами. Кроме того, в химической и смежных отраслях промышленности утечки газов и жидкостей приводят к снижению экономических показателей систем.

По условиям эксплуатации предохранительной арматуры, герметичность затворов должна достигаться при малых (в сравнении с запорной арматурой) контактных давлениях в затворе. Это продиктовано выполнением второй функции назначения, определяющей выделение данный арматуры в отдельный класс, автоматическим выпуском из емкости излишнего количества газа, пара или жидкости при повышении давления сверх установленных пределов и, следовательно, предотвращения возможности аварии.

Пропускная способность предохранительных клапанов [4], установленных для защиты систем, должна быть рассчитана таким образом, чтобы при их срабатывании образующееся давление в системе не могло превысить установленных значений, зависящих от рабочего давления системы. Пропускная способность определяется высотой подъема золотника, являющейся одной из основных характеристик предохранительных клапанов. Различают неполноподъемные и полноподъемные предохранительные клапаны.

При срабатывании неполноподъемного клапана золотник поднимается постепенно по мере роста давления в сосуде сверх установленного, образуя небольшую по площади щель для истечения среды. При этом давление среды на золотник в любой момент компенсируется усилием пружины клапана и противодавлением.

В полноподъемных клапанах золотник выполнен таким образом, что он рывком совершает свое полное перемещение, т.е. срабатывает релейно. Полноподъемные клапаны находят широкое применение в промышленности.

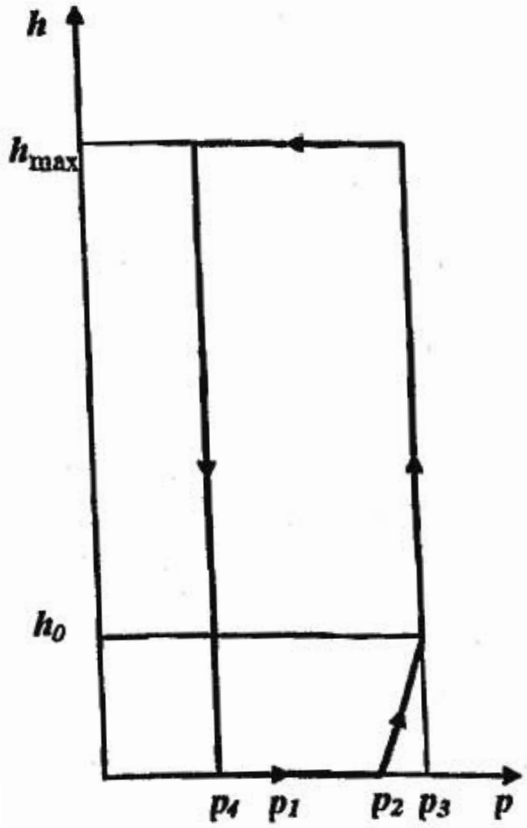



**Рис. 1.3.7. Диаграмма работы предохранительного клапана**

На рис. 1.3.7 приведена диаграмма работы полноподъемного клапана, которая представляет собой зависимость высоты подъема $h$ золотника от давления $p$ перед клапаном. При повышении давления от $p_1$ до $p_2$ уменьшается сила прижатия золотника к седлу до нуля и при давлении $p_2$ происходит его отрыв. При дальнейшем повышении давления от $p_2$ до $p_3$ золотник перемещается постепенно, а затем скачкообразно совершает полный ход до $h_{max}$ (до упора). С этого момента давление перед клапаном снижается от $p_3$ до $p_4$, при котором золотник резко опускается на седло, что способствует хорошей герметизации клапана в закрытом состоянии. Длина отрезка, характеризуемого разностью $p_3 - p_4$, должна быть несколько больше разности $p_3 - p_2$, так как в случае закрытия клапана при давлении, близком к $p_2$, могут наблюдаться утечки газа и эрозия уплотняющих поверхностей. В случае закрытия при давлении большем $p_2$, клапан вновь открывается, после чего наступает вибрация золотника, которая прекращается лишь при значительном снижении давления.

К работе предохранительных клапанов предъявляются следующие основные требования:

- безотказное открытие клапана при заданном давлении;
- безотказное закрытие клапана;
- сохранение герметичности клапана в закрытом состоянии.

В открытом состоянии клапан должен иметь такую пропускную способность, чтобы после его срабатывания давление в защищаемом оборудовании не могло больше повышаться.

Необходимо отметить, что требования безотказности открытия и достаточной пропускной способности должны выполняться безусловно, так как от этого полностью зависит надежность защиты оборудования от разрушения.

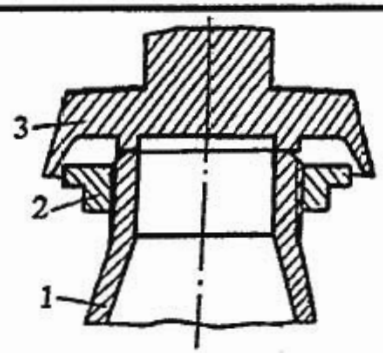
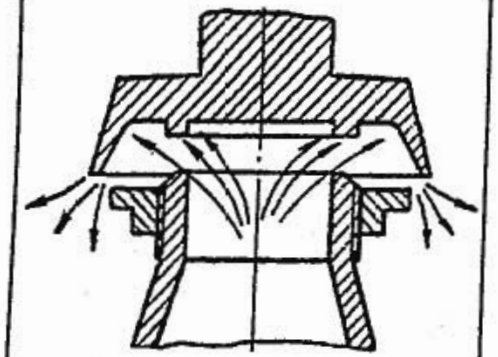
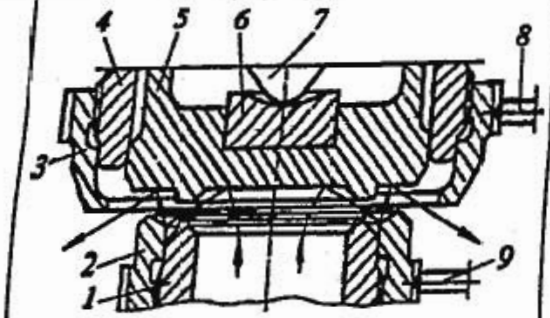
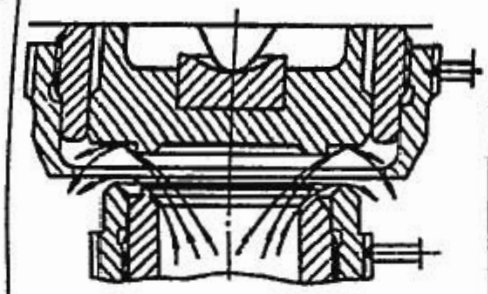
Своевременное и быстрое закрытие клапана является положительным качеством конструкции, так как в случае запаздывания закрытия клапана давление в системе может упасть значительно ниже допустимого, что приведет к нарушению технологического режима установки. Кроме того, недостаточно быстрое закрытие клапана не в состоянии восстановить герметичность клапана.

Пропускная способность предохранительных клапанов, таким образом, существенно зависит от четкости срабатывания затворов. В табл. 1.3.12 систематизированы исполнения затворов полноподъемных предохранительных клапанов. При этом конструкция запорных органов влияет на характер их открытия и закрытия. Для улучшения четкости срабатывания полноподъемных предохранительных клапанов в конструкциях используется принцип увеличения эффективной площади золотника (на которую действует давление среды) в сочетании с реактивным действием газовой струи.

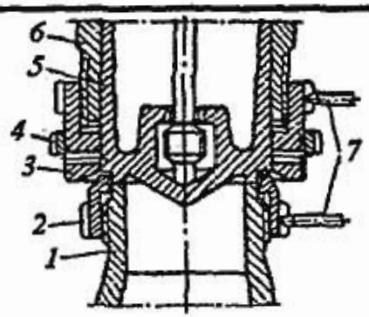
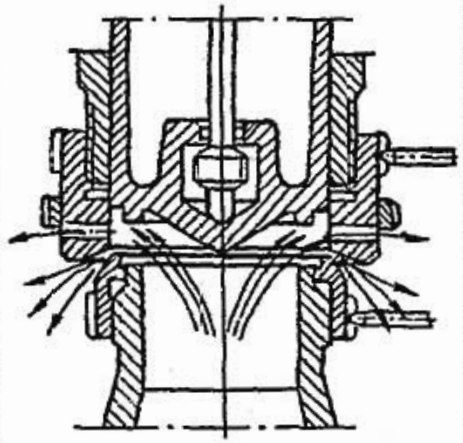
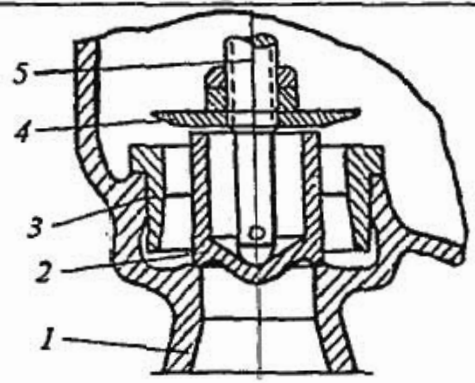
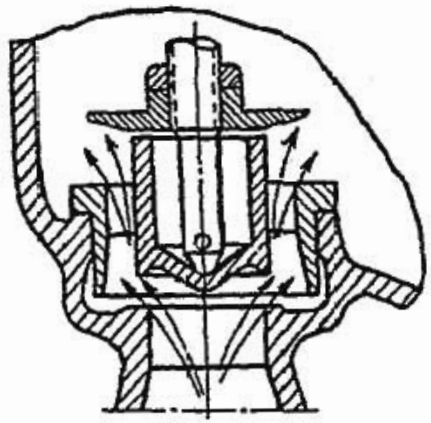
В наиболее простом и типичном запорном органе полноподъемного клапана для увеличения высоты подъема использован золотник *3* специальной формы и регулировочная втулка *2*, установленная на сопле *1*. Когда клапан закрыт, давление газа действует на площадь золотника, ограниченную поверхностью уплотнения. После того как золотник приподнимется, эффективная площадь его увеличивается на величину площади верхнего буртика втулки *2* и на золотник начинают действовать динамические силы вытекающей струи. При этом происходит мгновенное и полное поднятие золотника.

Другой наиболее распространенной конструкцией запорного органа предохранительных клапанов является конструкция с двумя регулировочными втулками специальной конфигурации. Нижняя *2* и верхняя *3* втулки посажены соответственно на сопло *1* и направляющую втулку *4*. Для фиксации втулок в заданном положении служат стопорные винты *8* и *9*. В начальный момент открытия клапана поток газа отражается от нижней регулировочной втулки и, дополнительно действуя на золотник, заставляет его подниматься. Верхняя втулка в свою очередь отклоняет поток вниз, создавая дополнительную реактивную силу для поднятия золотника. Если нижняя втулка касается нижней плоскости золотника, то при небольшом превышении давления перед клапаном происходит его быстрое и полное открытие, но при этом давление закрытия значительно уменьшается; если нижняя втулка устанавливается на максимальном удалении от плоскости золотника, то клапан открывается при максимальном превышении давления перед ним, а давление закрытия становится близким к давлению открытия, что может привести к вибрациям. Настройка клапана заключается в установке нижней втулки на оптимальном расстоянии от золотника.

Таблица 1.3.12

| Исполнение затворов | Схема закрытого затвора | Схема открытого затвора | Достоинства |
|---|---|---|---|
| С регулировочной втулкой |  *1* – сопло; *2* – регулировочная втулка; *3* – золотник |  | Простота конструкции |
| С двумя регулировочными втулками |  *1* – сопло; *2*, *3* – регулировочные втулки; *4* – направляющая втулка; *5* – золотник; *6* – твердая вставка; *7* – шток; *8*, *9* – стопорные винты |  | Быстрое и полное открытие |

*Окончание табл. 1.3.12*

| Исполнение затворов | Схема закрытого затвора | Схема открытого затвора | Достоинства |
|---|---|---|---|
| С тремя регулировочными втулками |  *1* – сопло; *2*, *3*, *4* – регулировочные втулки; *5* – золотник; *6* – направляющая втулка; *7* – стопорный винт |  | Высокая точность регулирования |
| С отражательной шайбой |  *1* – сопло; *2* – золотник; *3* – втулка; *4* – отражательная шайба; *5* – шток |  | Полноподъемность и относительная простота конструкции |

Используется запорный орган предохранительного клапана и с тремя регулировочными втулками. Полное его открытие происходит при превышении давления перед клапаном не более чем на 1 % от давления начала его открытия. В верхней регулировочной втулке *3* имеется ряд радиальных отверстий, площадь проходного сечения которых регулируется наружной регулировочной втулкой *4*. Выход газов через отверстия происходит только при определенном подъеме золотника. Третья регулировочная втулка *2* обеспечивает большую точность регулирования потока сбрасываемой среды.

Применяется также запорный орган клапана, в котором полный подъем золотника *2* достигается действием потока среды на отражательную шайбу *4*, закрепленную на штоке *5*.

Предохранительную арматуру можно классифицировать по исполнениям затворов – на номинально поверхностные (плоские, конические) и номинально линейные (кольцевые), по типу герметизаторов – на жесткие и упругие (табл. 1.3.13). Параметрами-определителями жестких затворов являются линейные ($b_г$, $R_г$) и угловые ($\alpha_г$) параметры герметизаторов.

Количество параметров точности минимальное ($\gamma$, $W$max и $R$max) для кольцевых упругих затворов и возрастает ($\Delta\alpha$, $e$, $\Delta\Phi$, $W$max и $R$max) для конических жестких затворов.

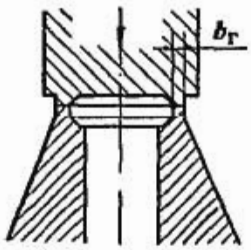
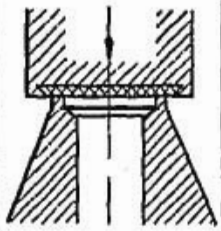
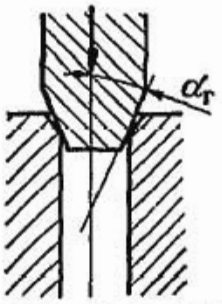
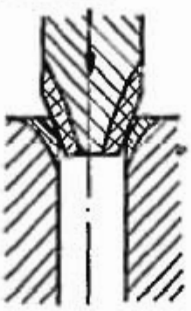
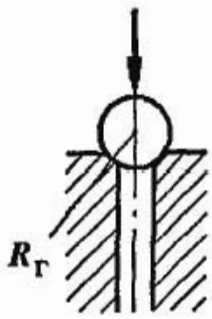
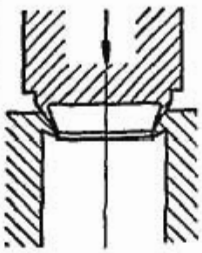
**Технологичность конструкции изделий предохранительной арматуры по соподчиненным деталям.** Эксцентриситет $e_{з.с}$ и угловое смещение $\gamma_{з.с}$ осей уплотнений золотника и седла требуют учета для всех исполнений жестких затворов.

Размерные цепи для полноподъемного предохранительного клапана с коническим жестким затвором представлены на рис. 1.3.8.

Эксцентриситет $e_{з.с}$ (размерная цепь $A$) определяют:

- $A_1$ – смещение оси уплотнения седла относительно оси посадочной поверхности седла;
- $A_2$ – смещение оси посадочной поверхности седла относительно оси посадочного отверстия фланца корпуса со стороны запираемой среды;
- $A_3$ – смещение оси посадочного отверстия фланца корпуса относительно оси посадочного отверстия под гильзу соединительной части корпуса;
- $A_4$ – смещение оси посадочного отверстия соединительной части корпуса относительно оси наружной поверхности направляющей гильзы;
- $A_5$ – смещение осей наружной и внутренней поверхностей направляющей гильзы;

Таблица 1.3.13

| Исполнения затворов | Параметры-определители и параметры точности для типов герметизаторов | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Жестких | | Упругих | |
| *Номинально поверхностные* | | | | |
| Плоские |  | $b_г$; γ; ΔΦ; *W*max; *R*max |  | γ; *W*max; *R*max |
| Конические |  | $b_г$; $\alpha_г$; Δα; *e*; ΔΦ; *W*max; *R*max |  | *e*; *W*max; *R*max |
| *Номинально линейные* | | | | |
| Кольцевые |  | $R_г$; *W*max; *R*max |  | γ; *W*max; *R*max |

- $A_6$ – смещение оси внутренней поверхности гильзы относительно оси посадочной поверхности золотника;
- $A_7$ – смещение оси посадочной поверхности золотника относительно оси уплотнения золотника.

Составляющие звенья $A_2$, $A_4$, $A_6$ – ошибки за счет зазоров, остальные звенья – векторные ошибки. Передаточные отношения для всех составляющих звеньев 1.

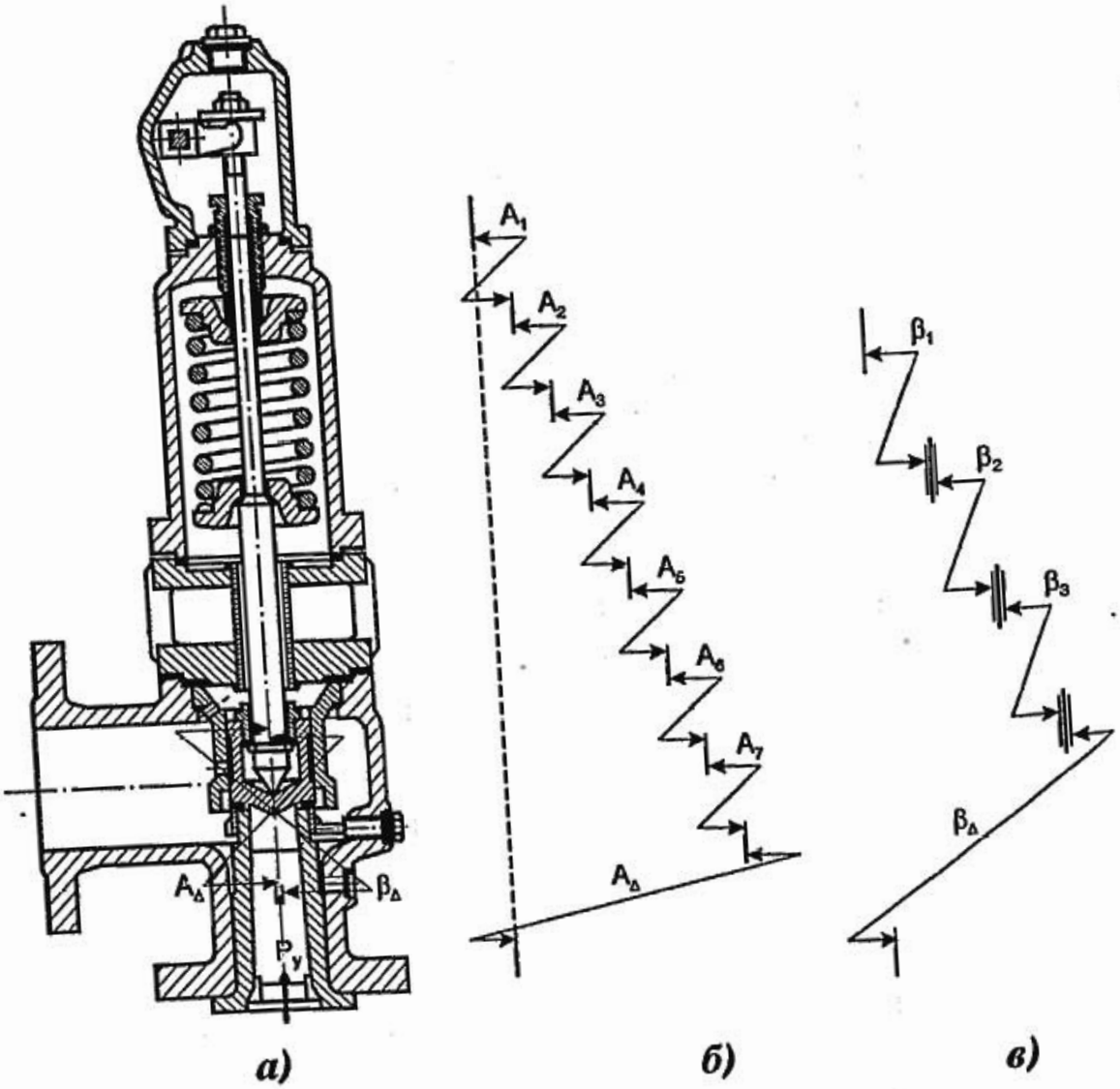



**Рис. 1.3.8. Типичные размерные цепи полноподъемного предохранительного клапана:**
*а* – общий вид; *б* – размерная цепь *А*; *в* – размерная цепь β

Угловое смещение $\gamma_{з.с}$ (размерная цепь β ) определяют:

- $\beta_1$ – непараллельность оси уплотнения седла относительно оси торцовой поверхности седла;
- $\beta_2$ – непараллельность оси привалочной поверхности фланца корпуса со стороны запираемой среды относительно оси посадочной выточки в корпусе под направляющую гильзу;
- $\beta_3$ – непараллельность оси торцовой поверхности буртика направляющей гильзы относительно оси уплотнения золотника.

Все составляющие звенья являются угловыми ошибками, передаточные отношения равны 1.

Уровень показателей ТКИ по $K_{сб}$ и $K_{тч}$ приближается к клапанной запорной и регулирующей арматуре.

### 1.3.4. Оценка технологичности конструкции затворов и изделий защитной арматуры

Главным сборочным узлом защитной арматуры является ее запорный орган – затвор седло–золотник.

По функциональному назначению, связанному с отключением обслуживаемого объекта или части его от участка, из которого поступает рабочая среда, базовым выступает герметичность затвора. В состав защитной арматуры входят отсеченные, скоростные и обратные клапаны [7].

**Технологичность конструкции запорных органов по герметичности.** Для обратных клапанов герметичность затвора при их срабатывании обеспечивается только давлением на золотник, создаваемым рабочей средой. В этих условиях требования к точности герметизаторов затвора возрастают.

По исполнению используют клапаны с номинально поверхностными (плоские и конические) и номинально линейными (сфероконические) затворами. Ввиду низкой компенсационной способности затворов отклонения расположения осей герметизаторов (эксцентриситет $e_{з.с}$ и угловое смещение $\gamma_{з.с}$) должны регламентироваться по соподчиненным деталям. При регламентации отклонений линейных и угловых размеров, формы, волнистости, шероховатости герметизаторов следует учитывать, что затвор функционирует в открытом положении, подвергаясь активному воздействию рабочей среды.

**Технологичность конструкции изделий защитной арматуры по соподчиненным деталям.** Рассмотрим состав размерных цепей, определяющих отклонения расположения осей уплотнений седла и золотника обратного подъемного поворотного клапана.

Размерный анализ обратного подъемного клапана с плоским затвором наиболее важен по угловому смещению осей герметизаторов $\gamma_{з.с}$, так как влияние эксцентриситета $e_{з.с}$ компенсируется разностью ширины герметизаторов седла и золотника (рис. 1.3.9).

Угловое смещение $\gamma_{з.с}$ (размерная цепь $\beta$) определяют:

- $\beta_1$ – непараллельность оси уплотнения седла относительно оси посадочной поверхности седла;

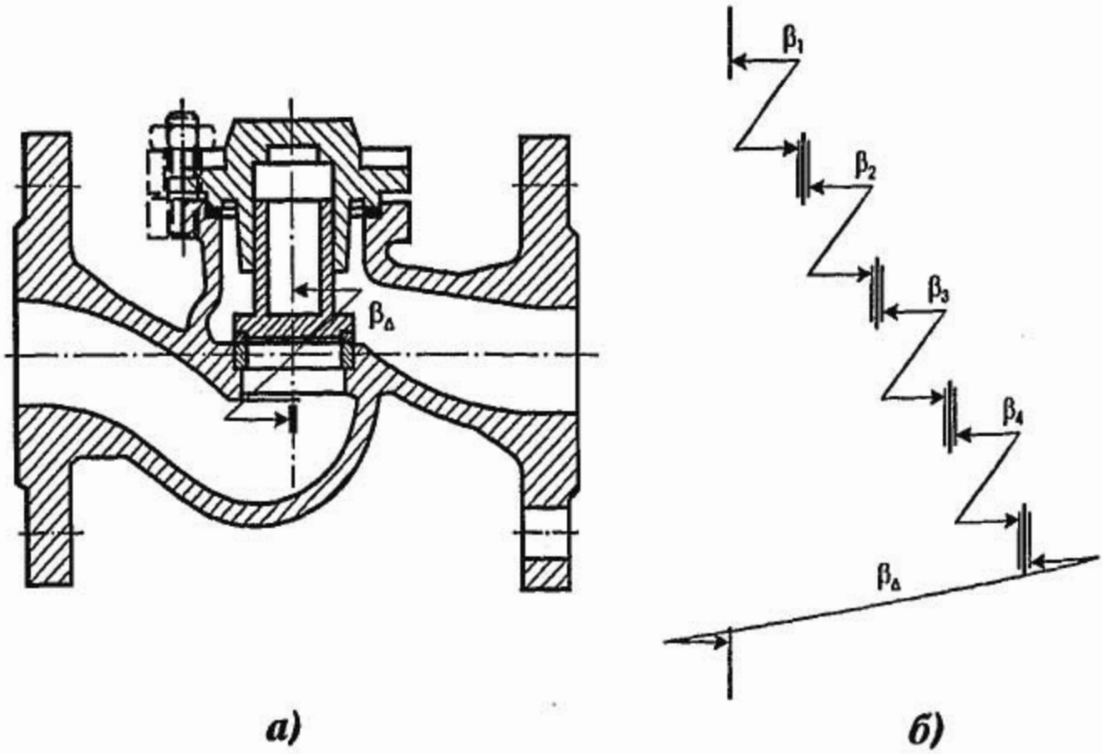



**Рис. 1.3.9. Размерная цепь обратного подъемного клапана с плоским затвором:**
*а* – общий вид; *б* – размерная цепь β

- $\beta_2$ – непараллельность оси торцовой посадочной поверхности корпуса относительно оси торцовой посадочной поверхности корпуса под крышку крана;
- $\beta_3$ – непараллельность осей торцовых поверхностей прокладки;
- $\beta_4$ – непараллельность оси торцовой поверхности крышки относительно оси уплотнения золотника.

Все составляющие звенья являются угловыми ошибками с передаточным отношением 1. Звено $\beta_4$ требует учета компенсационной способности за счет зазора между направляющей крышки и направляющей золотника.

# Глава 2

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРМАТУРЫ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

## 2.1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАЗРАБОТКИ ТИПОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВЫБОРА СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

Главным содержанием производственного процесса является технологический процесс – совокупность производственных действий, непосредственно связанных с превращением сырья в готовое изделие. Так, ***технологический процесс*** обработки детали арматуры представляет собой ту часть производственного процесса, которая связана с последовательным изменением ее формы, геометрических или структурных параметров.

В современном производстве технологический процесс выбирается так, чтобы обеспечить получение деталей заданного качества, с наименьшими затратами времени и труда при условии достижения конкурентной стоимости продукции. Технологический процесс состоит из *технологических операций*, а операции, в свою очередь, из *установок*, *позиций*, *переходов* и *проходов* [1, 13, 14].

Затраты рабочего времени, которые имеют место в производстве, весьма многообразны, поэтому основным средством для их учета является группирование затрат рабочего времени по определенным признакам. Эти признаки зависят от характера объекта (рабочий, бригада, станок и т.п.). Несмотря на имеющиеся различия признаков, основные категории затрат рабочего времени одинаковы, поэтому рекомендуется единая классификация затрат рабочего времени. Исходя из задач технического нормирования, все рабочее время исполнителя (рабочего) подразделяется на время работы и время перерывов.

***Время работы*** – это время, в течение которого рабочий производит действия, направленные на осуществление трудового процесса.

Время работы по выполнению производственного задания включает подготовительно-заключительное время, оперативное время, время обслуживания рабочего места, время активного и пассивного наблюдения за работой оборудования.

*Подготовительно-заключительное время* – время, затрачиваемое на подготовку исполнителя и средств технического оснащения к выполнению технологической операции и приведение последних в порядок после окончания смены и выполнения этой операции для партии предметов труда (получение наряда на работу, инструмента, приспособлений, сдача их после выполнения производственного задания и т.д.).

*Оперативное время* – это время, затрачиваемое на непосредственное выполнение заданной работы. Оно подразделяется на технологическое (основное) и вспомогательное время.

*Основным* является время, затрачиваемое рабочим на качественное или количественное изменение предмета труда, т.е. на изменение формы, размеров, внешнего вида, структуры и свойств, состояния и положения обрабатываемого предмета труда в пространстве, которое повторяется либо с каждой обрабатываемой деталью (в сборочных процессах со сборочной единицей), либо с каждой одновременно обрабатываемой (изготовляемой, собираемой) технологической установочной партией деталей (изделии).

*Вспомогательным* является время, затрачиваемое исполнителем на действия, обеспечивающие выполнение основной работы. К этому виду времени относятся затраты времени на установку детали, приемы, связанные с управлением оборудованием, контрольными измерениями и др. Оно повторяется либо с каждой обрабатываемой (собираемой) единицей продукции, либо (периодически) с определенным объемом продукции.

*Время обслуживания рабочего места* – это время, которое рабочий затрачивает на поддержание рабочего места в состоянии, обеспечивающем эффективную работу. Это время подразделяется на время технического и организационного обслуживания.

*Время технического обслуживания* – это время на уход за оборудованием и поддержание в рабочем состоянии инструмента (подналадка станка, смена затупившегося инструмента, уборка стружки в процессе работы и др.) для выполнения конкретной работы.

*Время организационного обслуживания* – это время, затрачиваемое рабочим на поддержание рабочего места в рабочем состояния (протирка оборудования, удаление отходов с рабочего места и т.д.), которое не связано с конкретно выполняемой операцией.

***Время перерывов*** – это время, в течение которого рабочий не принимает участия в работе. Оно делится на время регламентированных и нерегламентированных перерывов [1].

**Правила разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения.** Различают три основных вида технологических процессов: единичный, типовой, групповой.

Типовой технологический процесс (ТТП) должен быть рациональным в конкретных производственных условиях арматурного завода, характеризоваться единством содержания и последовательности большинства технологических операций для группы арматуры с общими конструктивными признаками. ТТП разрабатывают на основе анализа действующих и возможных технологических процессов на типовые представители групп изделий. Типизация обеспечивает устранение многообразия технологических процессов обоснованным сведением их к ограниченному числу типов и является базой для разработки стандартов предприятия.

Типизация ТП базируется на классификации объектов производства, которая заключается в разделении их по признакам (содержащимся в конструкторской документации) на отдельные группы, для которых возможна разработка общих технологических процессов или операций.

Основные этапы разработки ТТП, задачи, решаемые на каждом этапе, и основные документы, обеспечивающие решение этих задач, должны соответствовать указанным в табл. 2.1.1.

Необходимость каждого этапа, состав задач и последовательность их решения определяются разработчиком типового технологического процесса в зависимости от готовности предприятия.

Для средств технологического обеспечения рассмотрим правила выбора технологического оборудования и технологической оснастки.

Выбор технологического оборудования должен начинаться с анализа способов формирования типовых поверхностей деталей и сборочных единиц и отдельных методов их обработки с целью определения наиболее эффективных, исходя из назначения и параметров арматуры.

Результаты анализа должны быть в виде:

- отношений основных времен;
- отношений штучных времен;
- отношений приведенных затрат на выполнение работ различными методами.

Лучшим вариантом считается тот, значения показателей которого минимальные.

Выбор оборудования производят по главному параметру, являющемуся наиболее показательным для выбираемого оборудования, т.е. в наибольшей степени выявляющему его функциональное значение и технические возможности. Физическая величина, характеризующая главный параметр, устанавливает взаимосвязь оборудования с размером изготовляемой на нем арматуры.

Таблица 2.1.1

| Этапы разработки ТТП | Задачи | Рекомендуемые документы |
|---|---|---|
| Классификация объектов арматурного производства | Создание групп объектов производства, обладающих общностью конструктивно-технологических характеристик.<br>Выбор типовых представителей групп объектов производства | Методика классификации.<br>Классификаторы объектов производства |
| Количественная оценка групп объектов производства | Определение типа производства для каждого типового представителя групп объектов производства (единичное, серийное, массовое) | Спецификации конструкторских документов.<br>Плановые задания |
| Анализ конструкций типовых представителей объектов производства по чертежам и техническим условиям, программ выпуска, типа производства | Разработка основных маршрутов изготовления объектов производства, включая заготовительные процессы | Рабочие чертежи и технические условия на объекты производства.<br>Действующие типовые технологические процессы для данного класса деталей |
| Выбор заготовки и методов ее изготовления | Определение вида исходной заготовки.<br>Выбор метода изготовления исходной заготовки.<br>Технико-экономическая оценка выбора заготовки | Основные маршруты изготовления объектов производства.<br>Классификатор заготовок.<br>Методика технико-экономической оценки выбора заготовки |

*Продолжение табл. 2.1.1*

| Этапы разработки ТТП | Задачи | Рекомендуемые документы |
|---|---|---|
| Выбор технологических баз | Выбор поверхностей базирования.<br>Оценка точности и надежности базирования | Классификатор способов базирования.<br>Методика выбора технологических баз |
| Выбор вида обработки (литье, обработка давлением, механическая обработка резанием и др.) | Выбор вида обработки.<br>Оценка точностных характеристик метода и качества поверхностей.<br>Выбор метода обработки | Классификаторы изделий и операций.<br>Методика оценки точности и качества поверхностей деталей |
| Составление технологического маршрута обработки | Определение последовательности операций.<br>Определение групп оборудования по операциям | Классификаторы технологического оборудования |
| Разработка технологических операций | Рациональное построение технологических операций.<br>Выбор структуры операции | Общая структурная схема развития технологических операций.<br>Структурные формулы развития технологических операций.<br>Модели развития структур в операциях типового технологического процесса |

*Продолжение табл. 2.1.1*

| Этапы разработки ТТП | Задачи | Рекомендуемые документы |
|---|---|---|
| Разработка технологических операций | Установление рациональной последовательности переходов в операции<br><br>Выбор оборудования, обеспечивающего оптимальную производительность при условии обеспечения требуемого качества<br><br>Расчет загрузки технологического оборудования<br><br>Выбор конструкции оснастки<br><br>Установление принадлежности выбранной конструкции к стандартным системам оснастки<br><br>Установление исходных данных, необходимых для расчетов, и расчет припусков на обработку и межоперационных припусков<br><br>Установление исходных данных, необходимых для расчета оптимальных режимов обработки, и их расчет | Методика установления рациональной последовательности переходов<br><br>Стандарты на технологическое оборудование<br><br>Классификаторы технологического оборудования<br><br>Таблицы технологических компоновок станков для различных методов обработки поверхностей деталей<br><br>Стандарты на технологическую оснастку<br><br>Классификаторы технологической оснастки<br><br>Методики и стандарты по расчету режимов обработки |

*Окончание табл. 2.1.1*

| *Этапы разработки* ТТП | Задачи | Рекомендуемые документы |
|---|---|---|
| Разработка технологических операций | Установление исходных данных, необходимых для расчетов норм времени, и их расчет | Методики разработки норм времен |
| | Определение разряда работ и обоснование профессий исполнителей для выполнения операций в зависимости от сложности этих работ | Классификаторы разрядов работ и профессий |
| Расчет точности, производительности и экономической эффективности вариантов типовых технологических процессов | Выбор оптимального варианта | Методика расчета экономической эффективности<br>Методика расчета точности |
| Оформление типовых технологических процессов | Согласование типовых технологических процессов со всеми заинтересованными службами и утверждение их | Стандарты ЕСТД |

Выбор вариантов оборудования по степени механизации и автоматизации должен производиться исходя из следующих условий:

– приведенные затраты на выполнение технологического процесса минимальные;

– период окупаемости оборудования при его механизации и автоматизации минимальный.

Годовая потребность в оборудовании определяется исходя из годового объема работ, устанавливаемого статистическим анализом затрат средств и времени на изготовление изделий. Годовые приведенные затраты на использование оборудования определяются размерами затрат на его приобретение и эксплуатацию. Затраты на эксплуатацию и изготовление должны характеризовать оборудование, классифицированное по производительности и точности, одного и того же функционального назначения и года освоения производства. Производительность оборудования необходимо определять на основании анализа времени изготовления деталей заданного качества.

При выборе технологической оснастки осуществляется комплекс взаимосвязанных работ в следующей последовательности:

а) проведение анализа:

– конструктивных характеристик рассматриваемой арматуры (габаритные размеры, материал, конструктивные характеристики, точность поверхностей и т.д.);

– организационных и технологических условий изготовления арматуры (схема базирования и фиксации, вид технологической операции, организационная форма процесса изготовления и т.д.);

б) группирование технологических операций с целью определения наиболее приемлемой системы технологической оснастки и повышения коэффициентов использования оснастки;

в) установление принадлежности выбираемых конструкций оснастки к системам оснастки;

г) определение исходных требований к технологической оснастке;

д) выбор конструкций оснастки, соответствующей установленным требованиям, из имеющейся номенклатуры;

е) определение соответствующих установленным требованиям исходных расчетных данных для проектирования и изготовления новых конструкций оснастки;

ж) выдача технических заданий на разработку и изготовление технологической оснастки.

Принадлежность выбираемых конструкций к системам оснастки устанавливается с учетом следующих требований арматурного производства:

- плановые сроки и трудоемкость освоения выпуска изделий;
- планируемая продолжительность выпуска изделия;
- организационные формы производства в периоды освоения и выпуска арматуры.

Группирование технологических операций проводят, исходя из эксплуатационных характеристик систем оснастки, к которым относятся определяемые конструкции. Группирование технологических операций производится с учетом обеспечения рациональной загрузки каждой конструкции оснастки и на основе анализа объемов выпуска изделий на заданный период (партионность и периодичность запусков, суммарная трудоемкость сгруппированных на конструкцию оснастки технологических операций).

Конструкции оснастки следует определять с учетом стандартных и типовых решений для данного вида технологических операций на основе:

- габаритных размеров арматуры;
- вида заготовки;
- характеристики материала изделия;
- точности параметров и конструктивных характеристик поверхностей изделия, влияющих на конструкцию оснастки;
- технологических схем базирования и фиксации изделий;
- характеристик оборудования;
- объемов производства арматуры.

**Автоматизация разработки технологических процессов [12].** При автоматизации разработки технологического процесса обработки, например, резанием, основные усилия должны быть направлены на повышение эффективности как самой автоматизации, так и технологических процессов, обеспечивающих улучшение качества арматуры, снижение трудовых затрат, повышение производительности труда. При разработке методик решения задач используют данные о типовых процессах, типовых решениях с использованием расчетно-аналитического и статистического методов исследования точности. Исходную информацию и параметры разрабатываемого процесса получают путем экспериментальных исследований. Обработка исходной информации на ЭВМ может быть проведена с оптимизацией или без нее путем получения наилучшего варианта процесса по определенному критерию. В результате обработки исходной информации получают типовые и индивидуальные решения. Индивидуальные решения используют для конкретных производственных ситуаций, а типовые могут служить основой для разработки нормативных ма-

териалов предприятия. При автоматизации разработки технологических процессов используют типовые процессы и решения.

В основе разработки технологических процессов лежат два принципа: технический и экономический. В соответствии с техническим принципом технологический процесс должен полностью обеспечивать выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление заданного изделия. В соответствии с экономическим принципом изготовление изделия должно вестись с минимальными затратами труда и с минимальными издержками производства.

Из нескольких возможных вариантов технологического процесса изготовления одного и того же изделия, равноценных с позиции технического принципа, лежащего в основе разработки, выбирают наиболее эффективный (т.е. производительный) и рентабельный вариант. При равной производительности спроектированных вариантов выбирают наиболее рентабельный, а при равных рентабельностях – наиболее производительный. При разных производительностях и рентабельностях выбирают наиболее рентабельный вариант при условии, что производительность всех сравниваемых вариантов не ниже заданной. В ряде случаев в рамках данного арматурного завода на определенный период времени за основу может быть принят наиболее производительный вариант процесса.

Выявление эффективности и рентабельности разрабатываемого процесса ведут по всем элементам, из которых они складываются. Разработка технологического процесса обработки резанием с помощью ЭВМ включает ряд последовательных задач, которые представлены на рис. 2.1.1 в виде укрупненной блок-схемы. Заданные свойства изделия (детали) в результате воздействия преобразующей системы технологического процесса превращаются сначала в промежуточные свойства, а затем в конечные, которые должны соответствовать заданным свойствам детали.

Блок-схема состоит из левой и правой частей, представляющих методы автоматизации разработки технологического процесса. В левой части за базу приняты типовые решения, которые берут за основу автоматизации построения технологических маршрутов обработки деталей. Построение станочных операций ведут с учетом оптимизации. При этом оптимизацию проводят только для тех операций, которые обеспечивают эффективность процесса обработки. Для оставшихся операций всю информацию принимают по нормативным или заводским данным и вводят в оперативную память ЭВМ. При оптимизации используют также типовые решения, например, маршрут обработки отверстия заданной точности мерным инструментом – сверление, зенкерование, развертывание и др. В конце проектирования формируют процесс для конкретных условий с учетом его оптимизации.

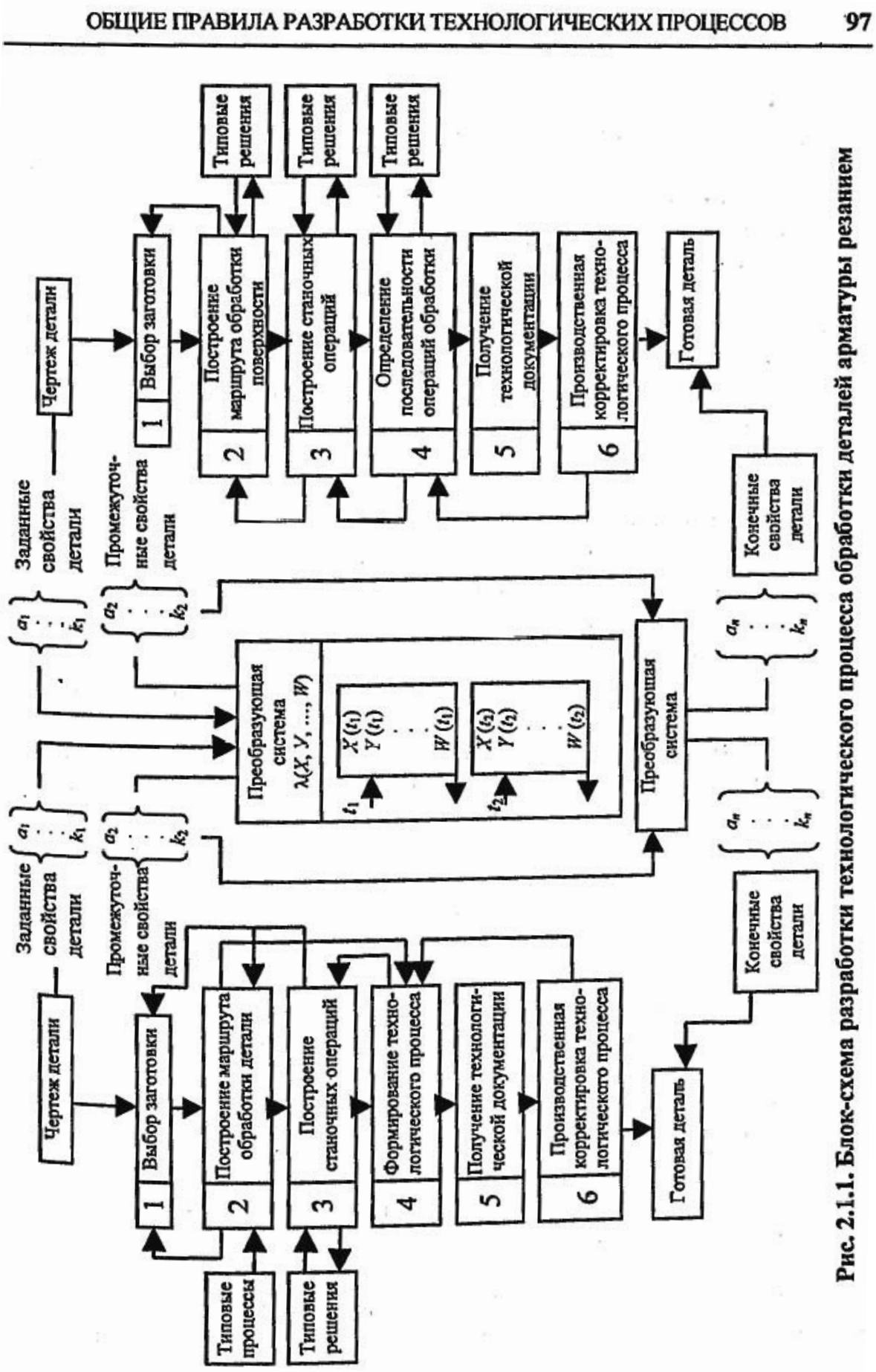



**Рис. 2.1.1. Блок-схема разработки технологического процесса обработки деталей арматуры резанием**

В правой части блок-схемы предусматривают сначала построение маршрута обработки отдельных поверхностей, затем на основе множества переходов формируют станочные операции. Для определения последовательности операций необходимо иметь типовые решения (например, место и количество операций термической обработки). Этот метод применяют, когда трудно разработать технологический маршрут на основе типовых решений. Таким образом, при автоматизированной разработке процессов обработки резанием используют типовые решения и проводят их анализ и оптимизацию с учетом производственных условий, а также создают конкретные оптимальные технологические процессы и решения на основе положений технологии машиностроения [13, 26].

Всякое технологическое решение, прежде чем становится производственным документом, проходит две основные стадии. На первой стадии (проектной) решение отрабатывают, исходя из технико-экономических показателей определенного производственного участка, с учетом имеющейся номенклатуры оборудования, приспособлений и инструмента. На второй стадии (внедрении) первоначальный вариант решения корректируют с учетом ряда технических и организационных задач, таких как загрузка оборудования, последовательность запуска изделий в производство и т.д.

Разрабатывают наилучший из возможных вариантов технологического решения, который обеспечивает выполнение заданных чертежом технических условий на деталь и минимальные затраты времени и средств. Объем работ на второй стадии в значительной степени зависит от качества работ. Определение продолжительности, качества и стоимости второй стадии технологического решения является по своему характеру элементом первой проектной стадии. Необходимо разработать новые технологические процессы, пользуясь теми же методами, но при условии обеспечения суммарного минимума затрат на изготовление определенного числа деталей. Это достигается на стадии разработки технологических процессов.

Построение операции является многовариантной задачей. Для проектирования необходимо знать маршрут обработки заготовки, схему ее установки, какие поверхности и с какой точностью были обработаны на предшествующих операциях. В задачу построения операций входит также уточнение их количества.

На рис. 2.1.2 показана блок-схема построения оптимальных станочных операций с помощью ЭВМ. На построение операций оказывает влияние ряд факторов. В первую очередь конструкция детали (размер,

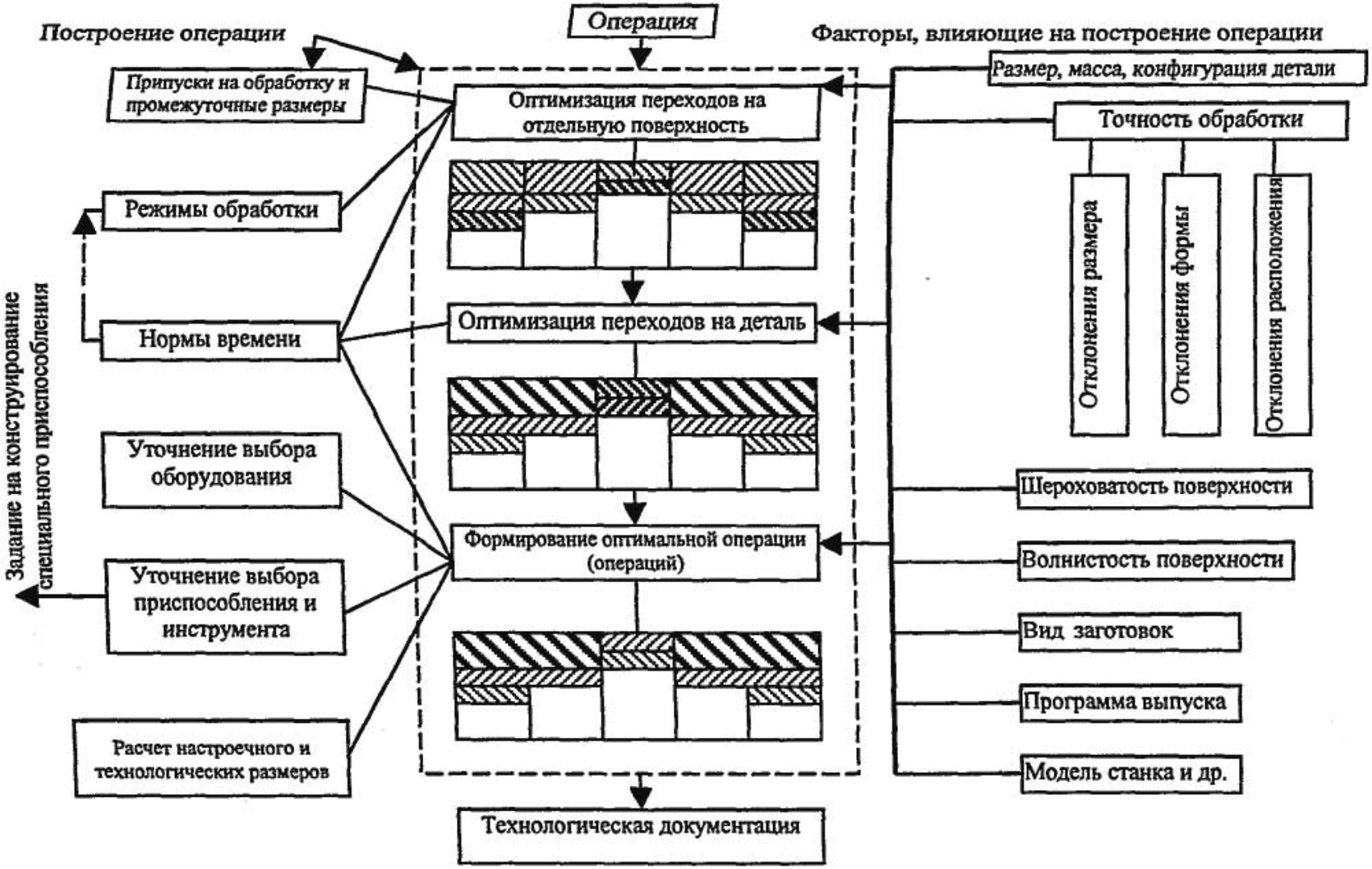



**Рис. 2.1.2. Блок-схема построения станочных операций с помощью ЭВМ**

масса, конфигурация) и технические требования на ее изготовление (отклонения размеров, формы, расположения, волнистость и шероховатость поверхностей). Влияют и вид заготовки, программа выпуска, модель станка, конструкция приспособления и др. Построение операции включает: оптимизацию переходов на отдельную поверхность и деталь, формирование оптимальной операции (или нескольких операций), выдачу на печать технологической документации общепринятого образца. При оптимизации переходов определяется их количество и последовательность выполнения, режимы резания, припуски на обработку и промежуточные размеры, нормы времени, промежуточные (технологические) допуски, число подналадок, настроечные и технологические размеры. В задачу формирования оптимальной операции (или оптимальных операций) входит: упорядочение и разбивка общей совокупности переходов (множества) на подмножества с учетом наличия термической обработки, минимизации количества установок заготовки и холостых перемещений суппортов станка. В одном случае все переходы выполняются за одну операцию, в другом за несколько. На стадии формирования операций производят расчет норм времени, уточнение выбора оборудования, приспособлений и инструмента, а также расчет технологических размеров (координат опорных точек) при использовании станков с программным управлением.

Оценку возможных вариантов станочных операций производят по себестоимости, производительности и приведенным затратам. Проектируемая технологическая операция должна обеспечивать минимальное штучное время. Продолжительность элементов основного времени $t_o$ сокращается за счет режимов резания, уменьшения числа переходов при обработке поверхностей. Величина вспомогательного времени $t_в$ сокращается за счет уменьшения времени холостых ходов станка и других элементов $t_в$. Наряду с уменьшением каждого элемента оперативного времени $t_{оп}$ предусматривают совмещение элементов основного и вспомогательного времени; в этом случае в состав штучного времени входят лишь наиболее продолжительные элементы времени из числа всех совмещаемых. Для анализа трудоемкости станочных операций вспомогательное время делят на пять групп.

1. Время установки заготовки для обработки и время съема ее со станка $t_y$. Эта группа учитывает установку штучных заготовок в приспособлениях на столы или шпиндели станков без выверки или с выверкой. Для прутковых работ в $t_y$ включается время разжима цанги, подачи прутка до упора и зажима цанги.

2. Время на приемы управления станком при выполнении операции $t_{упр}$, которое включает время на переключение скоростей подач, измене-

ние частоты вращения и направления вращения шпинделей или перемещение суппортов и кареток; время на холостые ходы $t_{х.х}$ столов, суппортов или головок.

3. Время индексации $t_{инд}$ на многопозиционных станках. Эта группа учитывает поворот и фиксацию шпиндельных блоков столов, несущих заготовки; поворот суппортов с инструментами, револьверных и резцовых головок.

4. Время смены инструмента $t_{с.и}$ в процессе выполнения отдельных переходов операции, в которое входят время последовательной установки инструмента, смены затупившегося инструмента, смены быстросменных кондукторных втулок и др.

5. Время на контрольные промеры $t_{изм}$ при работе методом индивидуального получения размеров.

**Точность технологических процессов [12].** На точность обработки оказывает влияние ряд факторов: упругие отжатия технологической системы, размерный износ режущего инструмента, погрешность установки заготовки на станке, погрешность настройки станка на размер, тепловые деформации технологической системы и геометрические погрешности станка. В общем виде суммарную погрешность, или поле рассеяния выполняемого размера, выражают функциональной зависимостью

$$\Delta_{\Sigma} = f(\Delta_{y_i}, \varepsilon_{y_i}, \Delta_{н_i}, \Delta_{и_i}, \Delta_{т_i} \sum \Delta_{ф_i}).$$

Каждая из стоящих в скобках величин не зависит одна от другой и для данного конкретного случая может быть определена условиями построения технологической операции. Величина $\Delta_y$ представляет собой погрешность (поле рассеяния) выполняемого размера в данном сечении, которая возникает в результате упругих отжатий звеньев технологической системы оборудование–заготовка–приспособление–инструмент (ОЗПИ) под влиянием нестабильности сил резания. Разность предельных значений упругих отжатий технологической системы определяет величину $\Delta_y$. Если $\Delta_y$, как разность предельных значений для данных условий, считают вполне постоянной, то текущее значение $y$ при обработке каждой индивидуальной заготовки представляет собой случайную величину. Принято считать, что распределение величин $y$ подчиняется закону нормального распределения.

Аналогичный характер имеет погрешность установки заготовки $\varepsilon_y$, представляющая собой сумму погрешностей базирования $\varepsilon_б$, закрепления $\varepsilon_з$ и приспособления $\varepsilon_{пр}$. Для конкретных условий построения данной операции $\varepsilon_y$ представляет собой вполне определенную величину, т.е. рас-

стояние между проекциями предельных положений измерительной базы на направление выполняемого размера. В то же время для каждой индивидуальной заготовки положение измерительной базы будет случайным. Распределение положений измерительной базы в большинстве случаев подчиняется нормальному закону.

Погрешность настройки станка $\Delta_н$ является разностью предельных положений режущего инструмента на станке при установке его на выполняемый размер. Значение $\Delta_н$ для данного метода обработки регламентируется вполне определенной величиной. Для каждой партии заготовок текущее значение настроечного размера $H$ является случайной величиной, распределение которой также подчиняется нормальному закону или закону, по характеру близкому к нему.

Размерный износ инструмента систематически изменяет положение его режущей кромки относительно исходной установленной базы заготовки в процессе обработки. В результате этого выполняемый размер непрерывно изменяется между двумя сменами или поднастройками инструмента. Величину $\Delta_и$ регламентируют определенные значения для каждого метода обработки в зависимости от допустимого износа инструмента. Принято считать, что размерный износ протекает по прямолинейному закону, а соответствующая кривая распределения имеет вид прямоугольника (кривая равной вероятности).

Погрешности выполняемого размера, вызываемые температурными деформациями станка и инструмента $\Delta_т$, изменяются во времени (или от количества обработанных деталей) по более сложному закону. В первоначальный период работы станка они растут, а после того как будет достигнуто тепловое равновесие технологической системы, они стабилизируются. Однако при частых перерывах или обработке деталей различных типоразмеров малыми партиями этой стабилизации не происходит.

Седьмой член функции $\sum\Delta_Ф$ равен сумме погрешностей формы, вызываемых геометрическими неточностями станка, деформациями заготовки под влиянием сил закрепления и неравномерными по различным сечениям заготовки упругими отжатиями технологической системы (под действием сил резания). Суммирование элементарных погрешностей производят алгебраически или вероятностным методом.

Элементарные погрешности $\Delta_i = (\Delta_у, \Delta_и, \Delta_т, \sum\Delta_Ф)$ функционально связаны с режимами обработки, т.е. $\Delta_i = \varphi(t, S, v)$, где $t$ – глубина резания, $S$ – подача, $v$ – скорость резания. Причем степень влияния режимов обработки на каждую элементарную погрешность будет не одинакова.

Пространственные отклонения поверхностей также увязываются аналитически с режимами резания. Например, при обработке отверстий сверлением на станках с ЧПУ большое влияние на смещение оси отверстия оказывает осевая подача инструмента $S$ и скорость резания v.

Для расчета точности обработки применяют также статистический анализ. К существенным недостаткам статистического метода относится то, что он не вскрывает сущность физических явлений и факторов, влияющих на точность обработки, на его базе не всегда выявляются конкретные возможности повышения точности. Полученные ранее значения среднего квадратичного отклонения σ не могут быть использованы, если в условиях выполнения данной операции произошли изменения (режима резания и др.). В этом случае необходимо определить новое значение σ. Однако в отдельных случаях статистический анализ позволяет выявить количественную и качественную зависимость точности от отдельных технологических факторов [24, 25].

Количественные зависимости, полученные по усредненным данным при использовании расчетно-аналитического метода, носят детерминированный характер. Усредненные данные могут включать элементы неопределенности, которые влияют на результаты при математическом моделировании, поэтому определение погрешности обработки с помощью количественных зависимостей, используемых в математических моделях, должно представлять сочетание расчетно-аналитического и статистического методов.

## 2.2. УНИВЕРСАЛЬНОЕ И СПЕЦИАЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА

Средства технологического оснащения: оборудование, приспособления, инструмент – являются элементами технологической системы ОЗПИ (рис. 2.2.1).

**Классификация универсальных средств технологического оснащения.** ***Технологическое оборудование*** – орудия производства, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка и при необходимости источник энергии. К технологическому оборудованию относятся литейные машины, прессы, станки, печи, гальванические ванны и т.п.

Рассмотрим широко используемое на арматурных предприятиях универсальное кузнечно-прессовое и металлорежущее оборудование.

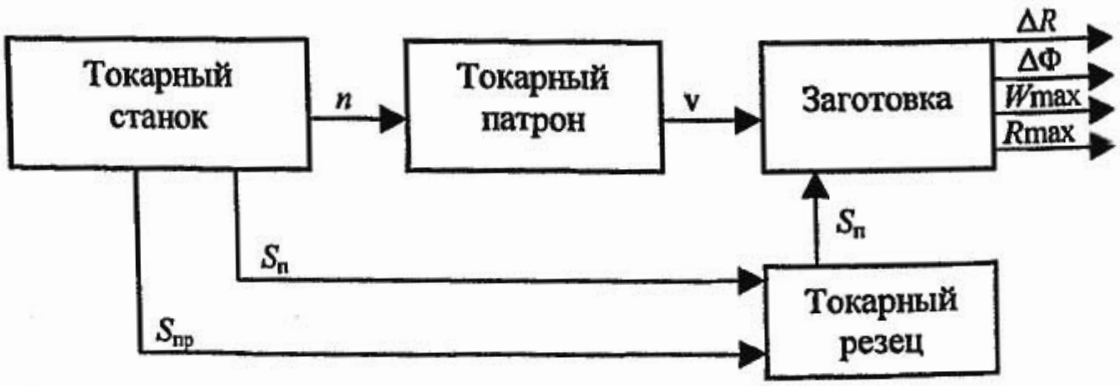



**Рис. 2.2.1. Технологическая система ОЗПИ обработки заготовки на токарном станке:**

*n* – частота вращения шпинделя; v – скорость резания; $S_п$ и $S_{пр}$ – поперечная и продольная подача резца; параметры точности детали: $\Delta R$ – отклонение размера, $\Delta Ф$ – отклонения формы, *W*max и *R*max – высотные параметры волнистости и шероховатости обработанных поверхностей

Кузнечно-прессовое оборудование подразделяют на восемь технологических групп машин, предназначенных для разделения исходных материалов; листовой штамповки; гибки, правки и профилирования; холодной объемной штамповки; вальцовки, ковки и горячей объемной штамповки; переработки пластмасс; переработки порошков; переработки металлолома.

По технологическому назначению (в зависимости от вида обработки) все металлорежущие оборудование подразделяют на девять групп (табл. 2.2.1). В каждой группе предусмотрены девять типов станков, отличающихся друг от друга технологическим назначением, расположением их главных рабочих органов, степенью автоматизации.

Станки также подразделяют: по степени универсальности – на универсальные, специальные и специализированные; по массе – на легкие (до 1 т), нормальные (до 10 т), крупные (до 30 т), тяжелые (до 100 т) и уникальные (более 100 т); по точности – нормальной (Н) точности, повышенной (П), высокой (В), особо высокой (А), особо точные или прецизионные (С).

Условное обозначение (индекс) станка состоит из трех или четырех цифр и букв, которые обозначают: первая цифра – группу станка (например, 1 – токарная группа, 6 – фрезерная, 7 – протяжная и т.д.); вторая – тип или разновидность станка (например, в сверлильно-расточной группе цифра 1 означает вертикально-сверлильный станок; во фрезерной группе 1 – вертикально-фрезерный станок и т.д.); третья (или третья и четвертая) –

Таблица 2.2.1

| Станки | Группа | Тип станка | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Токарные | 1 | Автоматы и полуавтоматы: одношпиндельные | Автоматы и полуавтоматы: многошпиндельные | Револьверные | Токарно-револьверные полуавтоматы | Карусельные | Токарные и лоботокарные | Многорезцовые и копировальные | Специализированные | Разные |
| Сверлильные и расточные | 2 | Полуавтоматы: настольные и вертикально-сверлильные | Полуавтоматы: одношпиндельные | Полуавтоматы: многошпиндельные | Координатно-расточные | Радиально- и координатно-сверлильные | Расточные | Отделочно-расточные | Горизонтально-сверлильные | Разные |
| Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные | 3 | Круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные | Внутришлифовальные | Обдирочно-шлифовальные | Специализированные шлифовальные | Продольно-шлифовальные | Заточные | Плоскошлифовальные | Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные | Разные, работающие абразивом |
| Комбинированные | 4 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

*Окончание табл. 2.2.1*

| Станки | Группа | Тип станка | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Зубо- и резьбообрабатывающие | 5 | Зубострогальные и зубодолбежные для цилиндрических колес | Зуборезные для конических колес | Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валов | Для нарезания червячных колес | Для обработки торцов зубьев колес | Резьбофрезерные | Зубоотделочные, проверочные и обкатные | Зубо- и резьбошлифовальные | Разные |
| Фрезерные | 6 | Вертикально-фрезерные консольные | Фрезерные непрерывного действия | Продольные одностоечные | Копировальные и гравировальные | Вертикально-фрезерные бесконсольные | Продольные двухстоечные | Широкоуниверсальные | Горизонтально-фрезерные консольные | Разные |
| Строгальные, долбежные, протяжные | 7 | Продольные: | | Поперечно-строгальные | Долбежные | Протяжные горизонтальные | Протяжные вертикальные для протягивания: | | – | – |
| | | одностоечные | двухстоечные | | | | внутреннего | наружного | | |
| Разрезные | 8 | Отрезные, работающие: | | | Правильно-отрезные | Ленточно-пильные | Отрезные с дисковой пилой | Отрезные ножовочные | – | – |
| | | резцом | абразивным кругом | гладким или насечным диском | | | | | | |
| Разные | 9 | Трубо- и муфтообрабатывающие | Пилонасекательные | Правильно и бесцентрово-обдирочные | – | Для испытания инструментов | Делительные машины | Балансировочные | – | – |

его типоразмер. Остальные цифры (буквы) зависят от особенностей станка. Например, станок 2Г106П-2: вертикально-сверлильный станок в двухшпиндельном исполнении повышенной точности, позволяющий обрабатывать отверстия с максимальным диаметром 6 мм. При наличии дополнительных конструктивных особенностей (программное управление, цифровая индикация, магазин с автоматической сменой инструмента) в индекс добавляют следующие буквы: Ц – цикловое программное управление; Ф1 – цифровая индикация; Ф2 – числовое позиционное программное управление; Ф3 – числовое контурное программное управление; Р – поворотная револьверная головка для автоматической смены инструмента; М – магазин; Ф4 и Ф5 – многооперационные станки.

Увеличение числа реализуемых в станке функций ведет к их усложнению и, соответственно, усложняются индексы. Поэтому введена дополнительная система обозначения с помощью кодов [13, 14].

На рис. 2.2.2 приведены общий вид, оси координат и направления движений основных представителей универсальных станков с ЧПУ.

Приспособления являются важным составным элементом технологической системы, существенно влияющим на качество, производительность и экономичность выполнения операции [10].

***Приспособлениями*** называются сменные устройства, которыми оснащают металлорежущие станки для эффективного выполнения технологической операции в конкретных производственных условиях. Бóльшая часть приспособлений предназначена для базирования и закрепления заготовок, ориентирования режущего инструмента (кондукторные плиты), удаления из рабочей зоны готовых изделий и отходов, контроля процесса обработки и т.п. С помощью приспособлений можно расширить технологические возможности станка (например, на токарном многошпиндельном автомате фрезеровать лыски, на сверлильном станке – растачивать), повысить точность обработки, сократить основное и вспомогательное время (например, жесткое приспособление позволяет повысить режимы резания, самоцентрирующее приспособление – устранить выверку заготовки), облегчить труд рабочего (например, с помощью автоматического зажима заготовки), создать безопасные условия работы и т.д.

Различают приспособления по функциональному назначению (для установки заготовок, для направления инструмента и т.д.); по типам станков, на которых их применяют (для токарных, фрезерных, сверлильных, агрегатных, для станков с ЧПУ); по степени специализации (специальные, специализированные, универсальные).

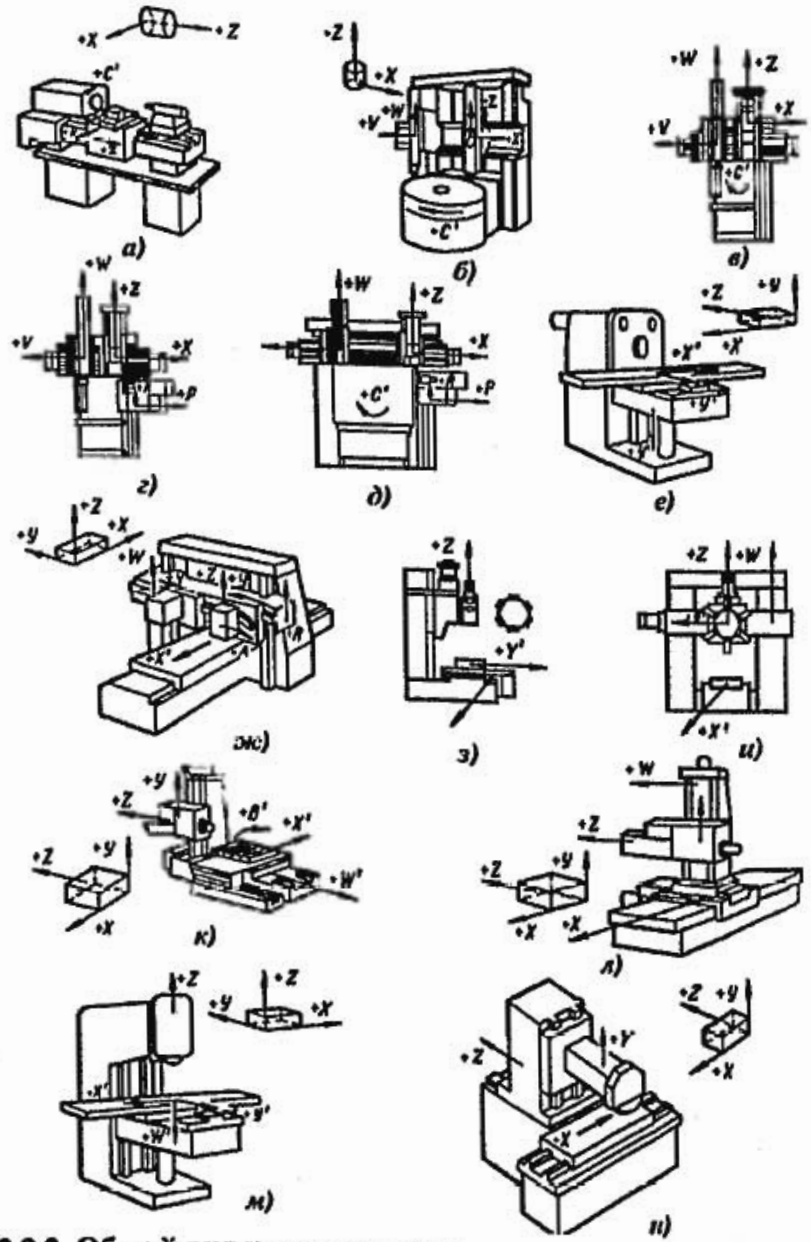


**Рис. 2.2.2. Общий вид универсальных станков с ЧПУ и обозначением осей координат и направлений движений:**

*а* – токарно-винторезный; *б* – токарно-карусельный станок; *в* – токарно-карусельный одностоечный станок с двумя вертикальными суппортами; *г* – токарно-карусельный одностоечный станок с тремя суппортами; *д* – токарно-карусельный станок с тремя суппортами; *е* – консольно-фрезерный горизонтальный станок; *жс* – продольно-фрезерный двухстоечный станок; *з* – вертикально-сверлильный одностоечный станок с крестовым столом и револьверной головкой; *и* – вертикально-сверлильный двухстоечный станок с револьверной головкой; *к* – горизонтально-расточной станок с неподвижной стойкой и крестовым поворотным столом; *л* – горизонтально-расточной станок с продольно- и поперечно-подвижной стойкой; *м* – консольно-фрезерный вертикальный станок; *н* – плоскошлифовальный станок с горизонтальным шпинделем

К универсальным приспособлениям относят машинные тиски, делительные головки, поворотные столы, патроны и другие, используемые при изготовлении деталей. Специализированные приспособления предназначены для обработки заготовок определенного вида путем замены, обычно в универсальных приспособлениях, отдельных элементов (губок, кулачков, центров). Специальные приспособления предназначены для выполнения конкретных операций механической обработки данной заготовки. Специализированные и специальные приспособления предназначены для использования в условиях крупносерийного и массового производств.

Установочные приспособления станков с ЧПУ подразделяют на переналаживаемые и специальные. К переналаживаемым относят универсально-безналадочные приспособления (УБП), универсально-наладочные приспособления (УНП), специализированные наладочные приспособления (СНП), универсально-сборочные приспособления (УСП) и сборно-разборные приспособления (СРП).

УБП конструктивно представляют собой законченный механизм долговременного действия с постоянными регулируемыми съемными элементами для установки различных заготовок. Приспособления предназначены для многократного использования. УБП целесообразно применять на станках с ЧПУ в мелкосерийном производстве.

УНП состоят из универсального базового агрегата и сменных наладок, обеспечивающих установку заготовок. Базовая часть приспособления представляет собой законченный механизм долговременного действия и многократного использования в компоновках конструкций разных вариантов. Базовая часть постоянна. Под сменной наладкой понимают элементарную сборочную единицу, т.е. самостоятельную часть компоновки, обеспечивающую установку конкретной заготовки на базовом приспособлении. При смене объекта производства базовая часть, универсальные элементы и узлы сменных наладок, которыми укомплектован УНП, используют многократно. Проектированию и изготовлению подлежат лишь специальные наладки, являющиеся наиболее простой и недорогой частью приспособлений. УНП целесообразно применять на станках с ЧПУ в мелкосерийном производстве, особенно при использовании групповых методов обработки.

СНП компонуют из базового агрегата и сменных наладок. Эта система обеспечивает базирование и закрепление типовых по конфигурации заготовок различных размеров. Базовый агрегат является постоянной, неизменяющейся частью приспособления, он имеет сменные наладки. Многоместные приспособления в системе СНП дают возможность смены заготовок вне рабочей зоны станка.

УСП компонуют из стандартных элементов с высокой степенью точности. Установка и крепление элементов осуществляется системой шпонка–паз. УСП состоят из деталей и узлов многократного применения с пазами 8, 12 и 16 мм. Это специальные приспособления кратковременного применения. Высокая точность элементов УСП после их сборки или изменения компоновки не требует механической доработки. Использование их в многократных перекомпоновках возможно в течение 18 ... 20 лет. Цикл оснащения станка УСП состоит из сборки компоновки и ее установки, на что затрачивают в среднем 3 ... 4 ч.

Развитие системы УСП привело к появлению системы универсально-сборных механизированных приспособлений для станков с ЧПУ (УСПМ–ЧПУ). Компоновки этих приспособлений используют для установки заготовок на станках с ЧПУ фрезерной и сверлильной групп в условиях единичного и мелкосерийного производства. Основой комплектов УСПМ–ЧПУ являются гидравлические блоки – базовые плиты УСП с сеткой пазов и встроенные гидроцилиндры (или плиты без гидроцилиндров). В последнем случае для механизации зажимов используют различные гидроцилиндры.

СРП компонуют из стандартных деталей и сборочных единиц. Их взаимная фиксация осуществляется системой палец–отверстие. Для этой цели в базовых деталях предусматривают сетки точных координатно-фиксирующих отверстий. Крепление деталей и узлов осуществляется Т-образными станочными пазами в соответствии с пазами на столах станка. Приспособления переналаживают путем перекомпоновки, регулирования положения базирующих и зажимных элементов или замены сменных наладок. В компоновках СРП в отличие от УСП число сборочных единиц преобладает над числом деталей.

Выбор приспособлений определяется, как правило, его функциональным назначением, типом оборудования и характером производства. Выбор типа приспособления зависит от характера производства (табл. 2.2.2).

Таблица 2.2.2

| Тип производства | Тип приспособления |
|---|---|
| Массовое, крупносерийное | Специальные, неразборные |
| Среднесерийное | Специализированные, наладочные (СНП)<br>Универсальные наладочные (УНП) |
| Мелкосерийное | Универсальные наладочные (УНП) |
| Единичное и мелкосерийное | Универсальные безналадочные (УБП)<br>Универсально-сборочные (УСП) |

Установочные (зажимные) приспособления могут быть снабжены средствами механизации и автоматизации зажима, в том числе и выполненными в виде отдельных агрегатов. По мере увеличения серийности производства возрастают требования к используемым приспособлениям. Если в условиях единичного производства приспособления должны обеспечивать заданную точность обработки, то в условиях серийного – помимо точности, простоту переналадки и производительность; в условиях массового производства – точность, производительность, надежность, а также функционирование в автоматическом режиме. Работа в автоматическом режиме обязательна для приспособлений, устанавливаемых на станках-автоматах, автоматических линиях, ГПМ и ГПС.

Выбор приспособлений и уровня автоматизации определяют технико-экономическими расчетами.

Приспособления всех исполнений, как правило, состоят из следующих конструктивных элементов, узлов и механизмов: установочных, зажимных и направляющих элементов зажимных механизмов, приводов зажимных механизмов, корпусов.

В табл. 2.2.3 приведены наиболее распространенные способы установки заготовок, в также условные графические обозначения опор и зажимов.

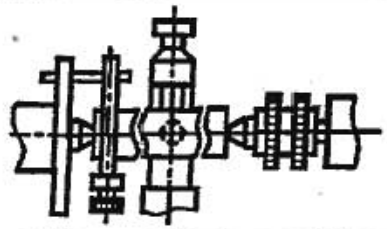
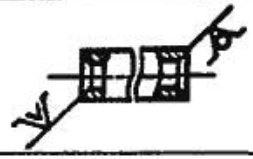
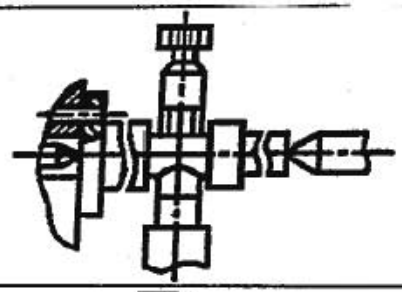
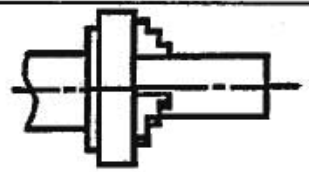
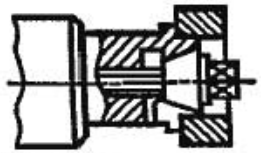
Классификация ***металлорежущего инструмента*** для технологического оборудования представлена на рис. 2.2.3.

На рис. 2.2.4 приведена классификация наиболее распространенного металлорежущего инструмента – резцов (рис. 2.2.3, подгруппа 21) [18]. Сборные резцы оформляют конструктивно по модульному принципу и подразделяют на резцы с предварительным механическим креплением режущей части (неперетачиваемая металлокерамическая или минералокерамическая пластинка); с самозажимающимися механизмами крепления режущей части (пластин); с автоматическими механизмами крепления режущей части (пластин).

На рис. 2.2.5 представлена классификация фрез (рис. 2.2.3, подгруппа 22). Разновидности конструкций большинства фрез также построены по модульному принципу. На рис. 2.2.6 приведена классификация осевого инструмента (рис. 2.2.3, подгруппа 23). Классификация абразивного (алмазного, эльборового) инструмента (рис. 2.2.3, подгруппа 27) представлена на рис. 2.2.7.

**Классификация и технические характеристики специальных средств технологического оснащения.** Рассмотрим используемое на арматурных предприятиях и производствах для ремонта арматуры специальное оборудование и оснастку (рис. 2.2.8). Изготовителем средств технологического оснащения является НПО "ГАКС-АРМСЕРВИС", г. Пенза.

Таблица 2.2.3

| Способ установки | Эскиз установки | Условное обозначение |
|---|---|---|
| В центрах упорном и вращающемся, в поводковом патроне с подвижным люнетом |  |  |
| В центрах упорном рифленом и вращающемся |  |  |
| В центрах упорном и плавающем, в поводковом патроне с неподвижным люнетом |  |  |
| В трехкулачковом самоцентрующемся патроне с базированием по наружному диаметру без упора в торец |  |  |
| Консольно на разжимной цилиндрической оправке, закрепляемой гайкой, с базированием по торцу |  |  |

*Окончание табл. 2.2.3*

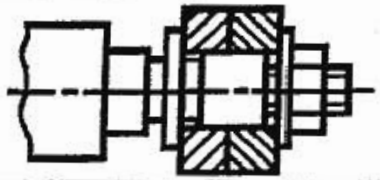
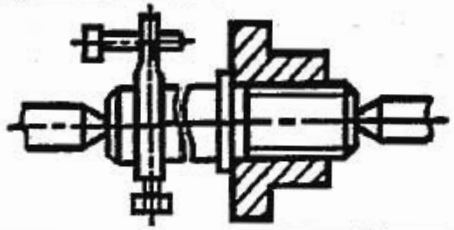
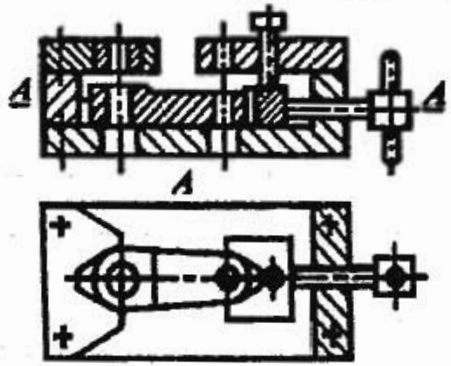
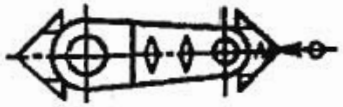
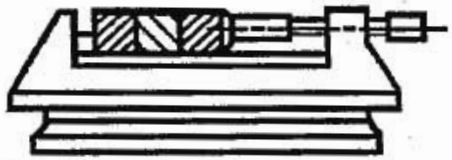
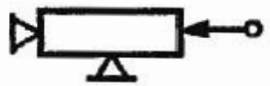
| Способ установки | Эскиз установки | Условное обозначение |
|---|---|---|
| На консольной оправке с базированием по торцу |  |  |
| На шлицевой оправке, в центрах с базированием по отверстию и упором в торец |  |  |
| Крепление в призмах подвижной и неподвижной |  |  |
| Крепление в машинных тисках на постоянных опорах |  |  |

**Рис. 2.2.3. Общая классификация металлорежущего инструмента**

Рис. 2.2.4. Классификация резцов

Рис. 2.2.5. Классификация фрез

Рис. 2.2.6. Классификация осевого инструмента

Рис. 2.2.7. Классификация абразивного инструмента

**Рис. 2.2.8. Группы специального оборудования, оснастки и инструмента для производства, испытаний и монтажа**

В табл. 2.2.4 приведены назначение и технические характеристики, а на рис. 2.2.9–2.2.11 общий вид отдельного специального оборудования, оснастки и инструмента для обработки деталей арматуры.

**Элементы гибких производственных систем (ГПС).** Элементами ГПС для автоматизации выполнения операций изготовления деталей арматуры являются ***гибкие производственные модули (ГПМ) и роботизированные технологические комплексы (РТК)*** [10].

РТК представляет собой совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота (ПР) и средств технологического оснащения, автономно функционирующую и осуществляющую многократные циклы.

На рис. 2.2.12 представлен типовой комплекс для литья под давлением заготовок арматуры, который включает манипулятор *1* для смазки пресс-форм, электропечь *2*, манипулятор *3* для заливки металла, электрошкаф *4*, пульт управления *5*, промышленный робот *6*, блокировочную площадку *7*, установку для охлаждения отливок *8*, пресс *9* для обрезки литников и облоя, машину *10* для литья под давлением.

Компоновка РТК механической обработки резанием, показанная на рис. 2.2.13, типична для случая, когда промышленный робот обслуживает один станок. Промышленный робот *5* берет предварительно ориентированную заготовку шпинделя арматуры из магазина-накопителя 4 и подает ее на станок *3* для зажима в центрах. На станке установлен специальный съемник *2*, применяемый для удаления обработанной детали. Готовый шпиндель промышленный робот передает со станка на наклонный лоток *1*, по которому деталь поступает на следующую операцию.

Типовая компоновка сборочного РТК показана на рис. 2.2.14. Центральное место в нем занимает промышленный робот *1*, в рабочем пространстве *8* которого реализуются все основные сборочные операции. Промышленный робот оснащен механизмом стыковки *2* с захватом *3*. В связи с недостаточной для сборки точностью позиционирования промышленного робота в РТК на сборочном рабочем месте *5* предусмотрено специальное базирующее приспособление *4*, компенсирующее отклонения, возникающие в процессе позиционирования сопрягаемых элементов затвора арматуры. Необходимые для сборки детали помещают в магазины-накопители *6*, а для промежуточного складирования и переориентации элементов собираемой арматуры применяют поворотные столы *7*.

ГПМ – это единица технологического оборудования для производства изделий арматуры различной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраивания в ГПС.

Таблица 2.2.4

| Наименование | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| 1.1. Станок наплавочный СН-1 | Для наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры в диапазоне $D_y$ 50 ... 1000 мм<br>Наплавка производится наплавочной проволокой под слоем флюса в один или несколько проходов. Процесс наплавки производится без вращения наплавляемой детали<br>Для наплавки применяется наплавочная проволока по ГОСТ 10543 или сварочная проволока по ГОСТ 2246 диаметром 2 ... 5 мм<br>Для защиты дуги используются флюсы по ГОСТ 9087<br>Станок эксплуатируется в закрытом отапливаемом помещении. Не допускается эксплуатация в помещениях, содержащих едкие пары и газы в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию | Напряжение питающей сети трехфазного переменного тока при частоте 50 Гц, В ... 380<br>Источник сварочного тока ..... ВДУ-1202-УЗ ВДУ-506-УЗ<br>Пределы регулирования сварочного тока, А ..... 250 ... 1250 50 ... 500<br>Пределы регулирования рабочего напряжения, В ..... 24 ... 56 22 ... 46<br>Первичная мощность, кВт ..... 120 40<br>Количество электродов, шт. ..... 1<br>Диаметр наплавочной проволоки, мм ..... 2 ... 5 2 ... 3<br>Способ защиты дуги ..... флюс<br>Скорость подачи наплавочной проволоки, мм/с ..... 15 ... 120<br>Регулировка скорости подачи наплавочной проволоки ..... ступенчатая<br>Число ступеней регулировки механизма подачи наплавочной проволоки ..... 10<br>Скорость наплавки, мм/с ..... 0,13 ... 100<br>Частота вращения планшайбы, об/мин ..... 0,05 ... 2,4<br>Регулировка скорости наплавки ..... комбинированная<br>Вертикальное перемещение каретки с механизмом подачи проволоки:<br>ход, мм ..... 11 000<br>скорость, мм/с (м/мин) ..... 31 (1,86)<br>мощность электродвигателя, кВт ..... 0,55<br>Горизонтальное перемещение планшайбы ..... вручную<br>Поворот колонны ..... вручную<br>Регулировка положения мундштука при наплавке ..... вручную<br>Подача флюса в зону наплавки ..... вручную<br>Габаритные размеры, мм:<br>собственно станка наплавочного ..... 1800×1300×3750<br>источника питания ..... 1100×700×620 или 830×620×920<br>шкафа управления ..... 600×400×1600<br>пульта управления ..... 400×300×1385<br>Масса, кг:<br>собственно станка наплавочного ..... 1500<br>источника питания ..... 630 290<br>шкафа управления ..... 115<br>пульта управления ..... 20<br>технологической оснастки (флюсодержателей) ..... 51 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| 1.2. Станок наплавочный СН-3-1 | Для сварки сплошной электродной проволокой в среде углекислого газа кольцевых швов соединений типа труба–фланец, выполненных из низкоуглеродистых конструкционных сталей. Станок изготовляется в климатическом исполнении УЗ по ГОСТ 15150 | Диаметр свариваемых изделий, мм ..... до 400<br>Наибольшая длина свариваемого изделия, мм ..... 1000<br>Напряжение питающей сети 3-фазного переменного тока, В ..... 380<br>Частота тока питающей сети, Гц ..... 50<br>Сила сварочного тока, А ..... до 500<br>Количество электродов, шт. ..... 1<br>Диаметр электродной проволоки, мм ..... 1,0 ... 2,0<br>Скорость подачи электрода, м/ч ..... 120 ... 1200<br>Регулировка скоростей подачи электрода ..... ступенчатая<br>Количество ступеней подач ..... 27<br>Скорость вращения свариваемых изделий, об/мин ..... 0,6 ... 12,5<br>Регулировка скорости вращения свариваемых изделий ..... плавная<br>Количество рабочих позиций для сварки ..... 1<br>Вертикальное перемещение горелки:<br>ход, мм ..... 400<br>скорость, м/ч ..... 1400<br>Регулировка расположения горелки по месту сварки ..... от руки<br>Габаритные размеры, мм:<br>собственно стенда ..... 2812×1166×1430<br>источника питания ВДУ-506-УЗ ..... 830×620×1080<br>полуавтомата сварочного ПДГ-508 МУЗ:<br>собственно полуавтомата ..... 445×363×403<br>шкафа управления ..... 450×300×240<br>стоек для элементов полуавтомата ПДГ-508 ..... 685×550×700<br>Масса, кг:<br>собственно стенда ..... 2140<br>источника питания ВДУ-506-УЗ ..... 300<br>полуавтомата сварочного ПДГ-508 МУЗ:<br>собственно полуавтомат ..... 23<br>шкафа управления ..... 25<br>стоек для элементов полуавтомата ПДГ-508 ..... 12 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| 1.3. Станок наплавочный СН-3-1-1А62 | Для сварки сплошной электродной проволокой в среде углекислого газа кольцевых швов соединений типа труба–фланец, выполненных из низкоуглеродистых конструкционных сталей<br>Станок изготовляют в климатическом исполнении УЗ по ГОСТ 15150 | Диаметр свариваемых изделий, мм | до 400 |
| | | Наибольшая длина свариваемого изделия, мм | 1500 |
| | | Напряжение питающей сети 3-фазного переменного тока, В | 380 |
| | | Частота тока питающей сети, Гц | 50 |
| | | Сила сварочного тока, А | до 500 |
| | | Количество электродов, шт. | 1 |
| | | Диаметр наплавочной проволоки, мм | 1,0 ... 2,0 |
| | | Скорость подачи электрода, мм/с | 33 ... 330 |
| | | Регулировка скорости подачи электрода | ступенчатая |
| | | Количество ступеней подач | 27 |
| | | Скорость вращения свариваемых изделий, об/мин | 0,2 ... 8 |
| | | Регулировка скорости вращения свариваемых изделий | плавная |
| | | Количество рабочих позиций для сварки | 1 |
| | | Вертикальное перемещение горелки: | |
| | | ход, мм | 400 |
| | | скорость, мм/с | 380 |
| | | Регулировка расположения горелки по месту сварки | от руки |
| | | Габаритные размеры, мм: | |
| | | собственно станка | 3000×1100×1430 |
| | | источника питания ВДУ-506-УЗ | 830×620×1080 |
| | | полуавтомата сварочного ПДГ-508 МУЗ: | |
| | | собственно полуавтомата | 445×363×403 |
| | | шкафа управления | 450×300×240 |
| | | стоек для элементов полуавтомата ПДГ-508 | 685×550×700 |
| | | Масса, кг | |
| | | собственно станка | 2140 |
| | | источника питания ВДУ-506-УЗ | 300 |
| | | полуавтомата сварочного ПДГ-508 МУЗ: | |
| | | собственно полуавтомата | 23 |
| | | шкафа управления | 25 |
| | | стоек для элементов полуавтомата ПДГ-508 | 12 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| 2.1. Станок для механической обработки уплотнительных поверхностей корпусов трубопроводной арматуры СПК-1М | Для механической обработки резцом под наплавку и после наплавки, шлифования абразивными кругами, притирки (доводки) чугунными притирами уплотнительных поверхностей фланцевых корпусов клиновых и параллельных задвижек | Класс точности Н | |
| | | Основные параметры обрабатываемых задвижек: | |
| | | условный проход $D_y$, мм | 200, 250, 300, 350, 400 |
| | | условное давление $p_y$, МПа | 0,6; 1; 1,6; 2,4; 4,0 |
| | | Наибольшая длина радиального хода резца, мм | 40 |
| | | Наибольшая длина осевого хода головки, мм | 160 |
| | | Режим работы рабочих органов: | |
| | | радиальное перемещение резца | ручной, автоматический |
| | | осевое перемещение головки | ручной |
| | | Количество скоростей шпинделя | 8 |
| | | Метод подбора скорости шпинделя | сменными шестернями |
| | | Частота вращения шпинделя, об/мин | 8,2; 10; 12,4; 15,5; 32; 40; 67; 84 |
| | | Количество радиальных подач резца | 3 |
| | | Метод подбора подач резца | сменными шестернями |
| | | Радиальная подача резца, мм/об | 0,05; 0,16; 0,27 |
| | | Привод | электрический, пневматический |
| | | Мощность привода, кВт | 1,3 |
| | | Габаритные размеры, мм: | |
| | | станок | 970×900×920 |
| | | подставка (поставляется по отдельному заказу) | 735×735×705 |
| | | плита монтажная (поставляется по отдельному заказу) | 924×850×205 |
| | | Масса, кг, не более: | |
| | | собственно станок | 280 |
| | | подставка | 28 |
| | | плита монтажная | 255 |
| | | комплект сменных частей и принадлежностей | 270 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| 3.1. Станок доводочный СД-1М | Для доводки (притирки) уплотнительных поверхностей клиньев (дисков) и золотников клапанов, с применением притирочных паст и суспензий. Изделие эксплуатировать при климатических условиях УХЛ4 по ГОСТ 15150 | Производительность, шт./ч | 3 ... 156 |
| | | Условный проход притираемых изделий: | |
| | | клиньев (дисков) $D_y$, мм | 50 ... 500 |
| | | золотников клапанов $D_y$, мм | 40 ... 200 |
| | | Мощность привода, кВт | 3 |
| | | Направление вращения притира | левое |
| | | Скорость вращения притира, об/мин | 36 |
| | | Диаметр притира, мм | 1000 |
| | | Габаритные размеры, мм | 1400×1400×1170 |
| | | Масса, кг | 958 |
| 3.2. Станок доводочный СД-2 | Для доводки (притирки) уплотнительных поверхностей корпусов клиновых задвижек. Изделие эксплуатировать при климатических условиях УХЛ4 по ГОСТ 15150 | Условный проход изделий $D_y$, мм | 200 ... 400 |
| | | Мощность электродвигателя привода, кВт | 1,1 |
| | | Частота вращения притира, об/мин | 70 |
| | | Диаметр притира, мм | 224 ... 430 |
| | | Габаритные размеры, мм | 850×960×1030 |
| | | Масса, кг | 590 |
| 3.3. Станок доводочный СД-3 | Для доводки (притирки) уплотнительных поверхностей корпусов задвижек с углом наклона клиновой камеры 5° | Условный проход изделий $D_y$, мм | 500, 600 |
| | | Мощность электродвигателя привода, кВт | 1,1 |
| | | Частота вращения вала, об/мин: | |
| | | входного | 1420 |
| | | выходного | 72 |
| | | Габаритные размеры, мм | 1000×1500×1220 |
| | | Масса, кг | 760 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| 4.1. Приспособление для обработки корпуса и клина УТ-1 | Для механической обработки уплотнительных поверхностей затворов корпусов и клиньев фланцевых стальных и чугунных задвижек с углом наклона клиновой камеры 5°.<br><br>Позволяет вести завальцовку латунных уплотнительных колец в чугунных задвижках.<br><br>*Приспособление устанавливается на токарно-винторезном станке типа 16К20, 1К62* | Условный проход $D_y$, мм ..... | 50 ... 80 |
| | | Габаритные размеры обрабатываемых корпусов, мм, max: | |
| | | длина × ширина × высота ..... | 210×250×215 |
| | | диаметр магистрального фланца ..... | 210 |
| | | высота магистрального фланца ..... | 27 |
| | | Диапазон смещения оси расточки корпуса или фланца от оси токарного станка, мм ..... | 0 ... 16 |
| | | Ограничение типоразмерного ряда обрабатываемых корпусов и клиньев определяется размахом колебаний вращения, который не должен выходить за цилиндр диаметром 400 мм | |
| | | Комплектация сменных частей: | |
| | | УТ1-А ..... | с раскатками |
| | | УТ1-Б ..... | без раскаток |
| | | Способ ориентации клина при его обработке: | |
| | | УТ1-А1, УТ1-Б1 ориентация клина по центровым отверстиям в клине или по пазу (торцу) и диаметру; | |
| | | УТ1-А2, УТ1-Б2 – только по пазу (торцу) и диаметру; | |
| | | УТ1-А3, УТ1-Б3 – только по центровым отверстиям в клине | |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| *Наименование* | *Назначение* | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| *4.2. Приспособление для обработки корпуса и клина УТ-2* | *Для механической обработки уплотнительных поверхностей затворов корпусов и клиньев фланцевых стальных и чугунных задвижек с углом наклона клиновой камеры 5°.*<br>Позволяет вести завальцовку латунных уплотнительных колец в чугунных задвижках.<br>Приспособление устанавливается на токарно-винторезном станке типа 1М63 | Условный проход $D_y$, мм | 50 ... 150 |
| | | Габаритные размеры обрабатываемых корпусов, мм, max: | |
| | | длина × ширина × высота | 600×350×280 |
| | | диаметр магистрального фланца | 350 |
| | | высота магистрального фланца | 50 |
| | | Диапазон смещения оси расточки корпуса или фланца от оси токарного станка, мм | 0 ... 40 |
| | | Ограничение типоразмерного ряда обрабатываемых корпусов и клиньев определяется размахом колебаний вращения, который не должен выходить за цилиндр диаметром 400 мм | |
| | | Комплектация сменных частей: | |
| | | УТ2-А | с раскатками |
| | | УТ2-Б | без раскаток |
| | | Способ ориентации клина при его обработке: | |
| | | УТ2-А2,УТ2-Б1 ориентация клина по центровым отверстиям в клине или по пазу(торцу) и диаметру; | |
| | | УТ2-А2, УТ2-Б2 – только по пазу (торцу) и диаметру; | |
| | | УТ2-А3, УТ2-Б3 – только по центровым отверстиям в клине | |
| *4.3. Приспособление для обработки корпусов $D_y$ 50 ... 150 мм УТ-4* | *Для механической обработки уплотнительных поверхностей затворов корпусов клапанов и уплотнений средних фланцев различной арматуры на токарно-винторезном станке 1М63* | Габаритные размеры, мм | 620×220×270 |
| | | Условный проход $D_y$, мм | 50, 80, 100, 125, 150 |
| | | Масса, кг | 52,7 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| 4.4. Технологическая оснастка для притирки уплотнительных поверхностей корпусов клиновых задвижек ТОД-1 | Для притирки плоских уплотнительных поверхностей клиновых задвижек на вертикально-сверлильном станке 2Н135 с помощью сменных чугунных притиров | Габаритные размеры, мм ..... | 540×320×110 |
| | | Условный проход $D_y$, мм ..... | 50, 80, 100, 150, 200 |
| | | Угол наклона притираемых поверхностей,° ..... | 5 |
| | | Масса, кг ..... | 63,5 |
| | | Сила, создаваемая на притире, Н ..... | 120 ... 200 |
| 4.5. Технологическая оснастка для притирки корпусов клапанов ТОД-2 | Для притирки плоских уплотнительных поверхностей корпусов клапанов на вертикально-сверлильном станке 2Н135 с помощью чугунных притиров | Условный проход обрабатываемых корпусов, $D_y$, мм ... | 50 ... 200 |
| | | Длина обрабатываемых корпусов, мм ..... | 230 ... 600 |
| | | Сила, создаваемая на притире (без учета веса притира), Н ..... | 50 ... 200 |
| | | Масса приспособления без притира, кг, не более ..... | 10,6 |
| 4.6. Технологическая оснастка для притирки клиньев задвижек, золотников клапанов ТОД-3 | Для притирки плоских уплотнительных поверхностей клиньев задвижек и золотников клапанов на вертикально-сверлильном станке 2Н135 с помощью сменных чугунных притиров | Габаритные размеры, мм ..... | 400×320×110 |
| | | Условный проход $D_y$, мм ..... | 50 ... 200 |
| | | Угол наклона притираемых поверхностей,° ..... | 0, 5, 10 |
| | | Масса, кг ..... | 37, 64 |
| | | Сила, создаваемая на притире, Н ..... | 120 ... 200 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| 5.1. Приспособления обкаточные ОТ-1; ОТ-2; ОТ-3; ОТ-4; ОТ-5 | Для обкатки цилиндрических поверхностей валов, осей, шпинделей и штоков для улучшения шероховатости с одновременным упрочнением поверхностного слоя детали. Обкатка производится на станках токарной группы (станок мод. 1К62 и др. равноценные ему по техническим характеристикам) | Диаметр обрабатываемой детали, мм: | |
| | | ОТ-1 | 16 ... 20 |
| | | ОТ-2 | 20 ... 26 |
| | | ОТ-3 | 25 ... 35 |
| | | ОТ-4 | 36 ... 48 |
| | | ОТ-5 | 42 ... 46 |
| | | Частота вращения детали, об/мин | 200 |
| | | Подача приспособления вдоль оси детали, мм/об | 0,1 ... 0,3 |
| | | Габаритные размеры, мм: | |
| | | ОТ-1, ОТ-2 | 449×62×142 |
| | | ОТ-3 | 457×62×142 |
| | | ОТ-4, ОТ-5 | 428×62×150 |
| | | Масса, кг: | |
| | | ОТ-1, ОТ-2 | 7,6 |
| | | ОТ-3 | 7,7 |
| | | ОТ-4 | 9,1 |
| | | ОТ-5 | 9,0 |
| 5.2. Приспособления обкаточные ОТ-7; ОТ-8 | | Диаметр обрабатываемой детали, мм | 10 ... 12 |
| | | Частота вращения детали, об/мин | 200 |
| | | Подача приспособления вдоль оси детали, мм/об | 0,2 ... 0,3 |
| | | Габаритные размеры ($L \times B \times H$), мм | 350×118×62 |
| | | Масса, кг: | |
| | | ОТ-7 | 6,7 |
| | | ОТ-8 | 7,1 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| 5.3. Приспособления раскаточные. Раскатки радиальные. ПТЗ-1/50; ПТЗ-1/80; ПТЗ-1/100; ПТЗ-1/125; ПТЗ-1/150 | Для развальцовки латунных уплотнительных колец в канавках корпусов задвижек на станках токарно-карусельной и сверлильной групп | Условный проход $D_y$, мм:<br>ПТЗ-1/50 ..... 50<br>ПТЗ-1/80 ..... 80<br>ПТЗ-1/100 ..... 100<br>ПТЗ-1/125 ..... 125<br>ПТЗ-1/150 ..... 150<br>Частота вращения корпуса (оправки с конусом), об/мин ..... 50<br>Вертикальная подача суппорта станка (шпинделя), мм/об ..... 1 ... 1,4<br>Габаритные размеры (диаметр × высота), мм:<br>ПТЗ-1/50 ..... 276×410<br>ПТЗ-1/80 ..... 305×430<br>ПТЗ-1/100 ..... 325×450<br>ПТЗ-1/125 ..... 347×460<br>ПТЗ-1/150 ..... 475×490<br>Масса, кг:<br>ПТЗ-1/50 ..... 2,5<br>ПТЗ-1/80 ..... 4,3<br>ПТЗ-1/100 ..... 5,2<br>ПТЗ-1/125 ..... 7,04<br>ПТЗ-1/150 ..... 9,1 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| *5.4. Приспособления раскаточные.* Раскатки радиальные. ПТЗ-1/200; ПТЗ-1/250; ПТЗ-1/300; ПТЗ-1/350 ПТЗ-1/400 | Для развальцовки латунных уплотнительных колец в канавках корпусов задвижек $D_y$ 200, 250, 300, 350, 400 мм на станках токарно-карусельной группы, а в корпусах задвижек $D_y$ 200 и 250 мм и дополнительно на станках сверлильной группы | Условный проход $D_y$, мм:<br>ПТЗ-1/200 ..... 200<br>ПТЗ-1/250 ..... 250<br>ПТЗ-1/300 ..... 300<br>ПТЗ-1/350 ..... 350<br>ПТЗ-1/400 ..... 400<br>Частота вращения корпуса (оправки с конусом), об/мин ..... 50<br>Механическая подача вертикального суппорта станка (шпинделя), мм/об ..... 1 ... 1,4<br>Осевая сила на конусе раскатки, Н ..... 11 000 ... 21 000<br>Габаритные размеры (диаметр × высота), мм:<br>ПТЗ-1/200 ..... 230×443<br>ПТЗ-1/250 ..... 282×443<br>ПТЗ-1/300 ..... 340×443<br>ПТЗ-1/350 ..... 388×443<br>ПТЗ-1/400 ..... 440×443<br>Масса, кг:<br>ПТЗ-1/200 ..... 21,8<br>ПТЗ-1/250 ..... 29,1<br>ПТЗ-1/300 ..... 35,59<br>ПТЗ-1/350 ..... 37,9<br>ПТЗ-1/400 ..... 59,55 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| 5.5. Приспособления раскаточные. Раскатки торцовые ПТЗ-3/50; ПТЗ-3/80; ПТЗ-3/100; ПТЗ-3/125; ПТЗ-3/150 | Для развальцовки латунных уплотнительных колец в канавках дисков и клиньев задвижек на станках токарной и сверлильной групп | Условный проход – диск, клин задвижки $D_y$, мм:<br>ПТЗ-3/50 ..... 50<br>ПТЗ-3/80 ..... 80<br>ПТЗ-3/100 ..... 100<br>ПТЗ-3/125 ..... 125<br>ПТЗ-3/150 ..... 150<br>Частота вращения диска, клина на планшайбе станка, об/мин ..... 50<br>Габаритные размеры (диаметр × высота), мм:<br>ПТЗ-3/50 ..... 110×357<br>ПТЗ-3/80 ..... 140×357<br>ПТЗ-3/100 ..... 170×357<br>ПТЗ-3/125 ..... 195×359<br>ПТЗ-3/150 ..... 220×359<br>Масса, кг:<br>ПТЗ-3/50 ..... 7,05<br>ПТЗ-3/80 ..... 8,5<br>ПТЗ-3/100 ..... 11,42<br>ПТЗ-3/125 ..... 15,7<br>ПТЗ-3/150 ..... 19,6 |
| 5.6. Приспособления раскаточные. Раскатки торцовые ПТЗ-3/200; ПТЗ-3/250 | Для развальцовки латунных уплотнительных колец в канавках дисков и клиньев задвижек на станках токарно-карусельной группы | Условный проход – диск, клин задвижки $D_y$, мм:<br>ПТЗ-3/200 ..... 200<br>ПТЗ-3/250 ..... 250<br>Частота вращения диска, клина на планшайбе станка, об/мин .... 50<br>Механическая подача вертикального суппорта станка, мм/об ..... 1 ... 1,4<br>Полная сила на роликах раскатки, Н ..... 22 000<br>Габаритные размеры (диаметр × высота), мм:<br>ПТЗ-3/200 ..... 253×407<br>ПТЗ-3/250 ..... 308×407<br>Масса, кг:<br>ПТЗ-3/200 ..... 28<br>ПТЗ-3/250 ..... 30 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

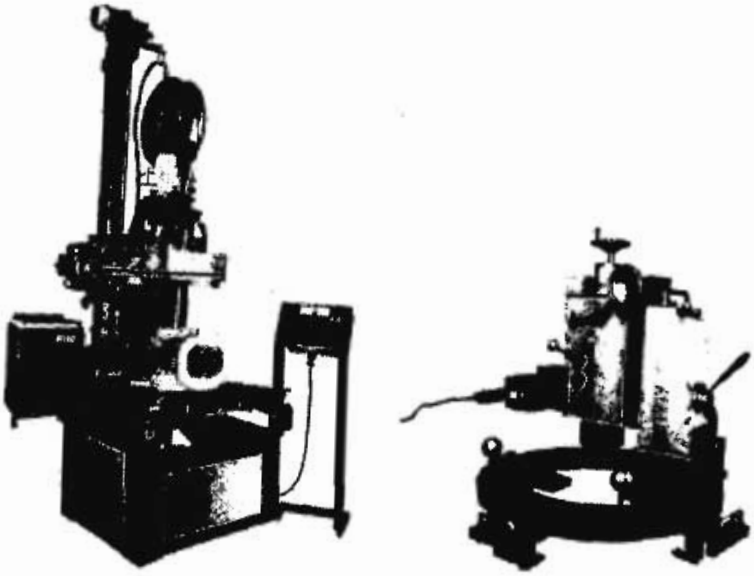
| Наименование | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| 5.7. Стол с регулируемым наклоном СР-3М | Для установки необходимого угла наклона уплотнительных поверхностей корпусов и клиньев задвижек $D_y$ 50 ... 200 при обработке и точением.<br>Для станка токарного 16К40.<br>Условия эксплуатации соответствуют требованиям ГОСТ 12.2.003 | Количество положений высокоточной фиксации | 5 |
| | | Углы высокоточной фиксации, ° | 0, 5, 10 |
| | | Диапазон наклона стола, ° | ±12,5 |
| | | Точность установки и отсчета: | |
| | | плавной настройки | 0°1′ |
| | | дискретной настройки положений высокоточной фиксации | ± 20″ |
| | | Перемещение стола в плоскости наклона, мм | $0^{+40}_{-80}$ |
| | | Наибольший описанный диаметр, мм | 900 |
| | | Размер рабочей плиты, мм | 500×500 |
| | | Габаритные размеры, мм | 500×500×368 |
| | | Масса, кг | 250 |
| 5.8. Стол с регулируемым наклоном СР-4 | Для установки необходимого угла наклона уплотнительных поверхностей корпусов и клиньев задвижек $D_y$ 50 ... 400 при обработке их точением.<br>Для станков токарно-карусельных, горизонтально-расточных.<br>Условия эксплуатации соответствуют требованиям ГОСТ 12.2.003 | Количество положений высокоточной фиксации | 4 |
| | | Углы высокоточной фиксации, ° | 5, 10 |
| | | Точность установки и отсчета: | |
| | | всего диапазона наклона | 0°1′ |
| | | положений высокоточной фиксации | ±20″ |
| | | Диапазон наклона стола, ° | ±12 |
| | | Наибольший описанный диаметр, мм | 1040 |
| | | Габаритные размеры, мм | 800×720×300 |
| | | Масса, кг | 637 |

*Продолжение табл. 2.2.4*

| Наименование | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| 5.9. Стол с регулируемым наклоном СР-5А | Для установки необходимого угла наклона уплотнительных поверхностей корпусов и клиньев задвижек муфтовых и фланцевых с условным проходом $D_y$ 15 ... 50 при обработке их точением.<br>Станки применения: токарно-винторезный станок модели 1К62.<br>Условия эксплуатации соответствуют требованиям ГОСТ 12.2.003 | Количество положений высокоточной фиксации<br>Углы высокоточной фиксации, °<br>Диапазоны наклона стола, °<br>Точность установки и отсчета:<br>плавной настройки<br>положений высокоточной фиксации<br>Перемещение стола в плоскости наклона, мм<br>Наибольший описанный диаметр, мм<br>Размер рабочей плиты, мм<br>Габаритные размеры, мм<br>Масса, кг | 5<br>0, 5, 10<br>± 12,5<br><br>0°1′<br>± 20″<br>0 ± 20<br>340<br>220×220<br>275×260×125<br>26 |
| 5.10. Стол с регулируемым наклоном СР-5Б | Для установки необходимого угла наклона уплотнительных поверхностей корпусов и клиньев задвижек муфтовых и фланцевых с диаметром условного прохода $D_y$ 15 ... 50 при обработке их точением.<br>Для станка специализированного фрезерного консольного мод. ВМ-127М.<br>Условия эксплуатации соответствуют требованиям ГОСТ 12.2.003 | Количество положений высокоточной фиксации<br>Углы высокоточной фиксации, °<br>Диапазоны наклона стола, °<br>Точность установки и отсчета:<br>плавной настройки<br>положений высокоточной фиксации<br>Перемещение стола в плоскости наклона, мм<br>Наибольший описанный диаметр, мм<br>Размер рабочей плиты, мм<br>Габаритные размеры, мм<br>Масса, кг | 5<br>0, 5, 10<br>± 12,5<br><br>0°1′<br>± 20″<br>0 ± 20<br>340<br>220×220<br>275×260×125<br>26 |

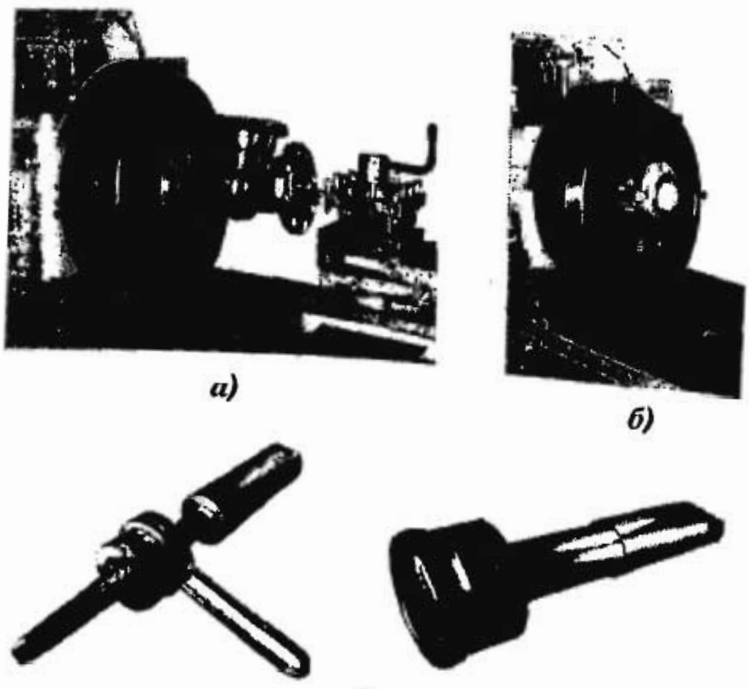
*Окончание табл. 2.2.4*

| *Наименование* | *Назначение* | *Технические характеристики* |
|---|---|---|
| 5.11. Рабочее место разборки и сборки РМ-2 | Для разборки и сборки трубопроводной арматуры $D_y$ 10 ... 150 мм | Рабочее место разборки и сборки содержит слесарный стол с призмой, оснащенной двумя Г-образными прихватами для закрепления разбираемых или собираемых изделий трубопроводной арматуры, слесарные тиски для закрепления изделий $D_y$ 10 ... 40 мм и разнообразных слесарных работ, настольный сверлильный или сверлильно-фрезерный станок, оснащенный машинными тисками для работ режущим инструментом, вертикальный стенд для слесарных инструментов, используемых при разборке-сборке<br><br>Ящики слесарного стола перемещаются на подшипниках и роликах в телескопических направляющих<br><br>В каждом ящике имеются пеналы со сдвижной крышкой для размещения в них различных инструментов и принадлежностей, деталей арматуры<br><br>Ящики каждой из 2-х тумб слесарного стола закрываются дверками<br><br>Количество ящиков, шт. ..... 8 (по 4 в тумбе)<br><br>Габаритные размеры, мм:<br><br>слесарного стола ..... 2208×850×900<br><br>рабочего места ..... 208×50×790<br><br>Масса, кг ..... 580 |



*а)* *б)*

**Рис. 2.2.9. Станок наплавочный СН-1 (*а*) и станок токарно-шлифовальный СПК-1 (*б*)**



*а)* *б)* *в)*

**Рис. 2.2.10. Универсальная технологическая оснастка УТ-1 (*а*) и УТ-2 (*б*), инструмент раскаточный (*в*)**



Рис. 2.2.11. Станок притирочный

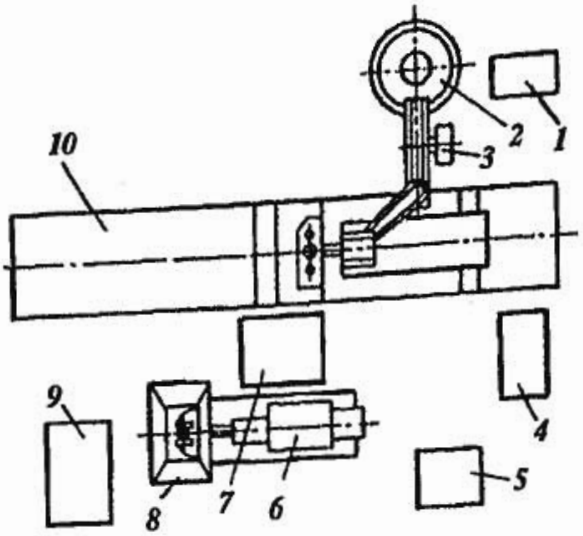



Рис. 2.2.12. РТК для литья под давлением деталей арматуры

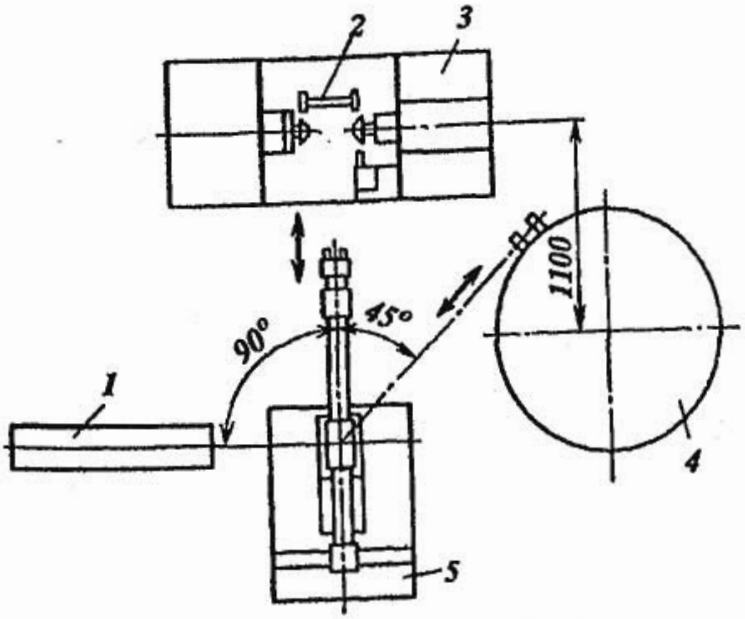



Рис. 2.2.13. РТК для механической обработки резанием шпинделей и штоков арматуры

**Сборочное оборудование и приспособления.** Важным фактором, обусловливающим эффективность и точность сборочных процессов, является использование всевозможных сборочных приспособлений. Проектирование и изготовление специальных приспособлений при освоении процессов сборки новой арматуры является ответственной задачей технологической подготовки производства в сборочных цехах арматурных заводов.

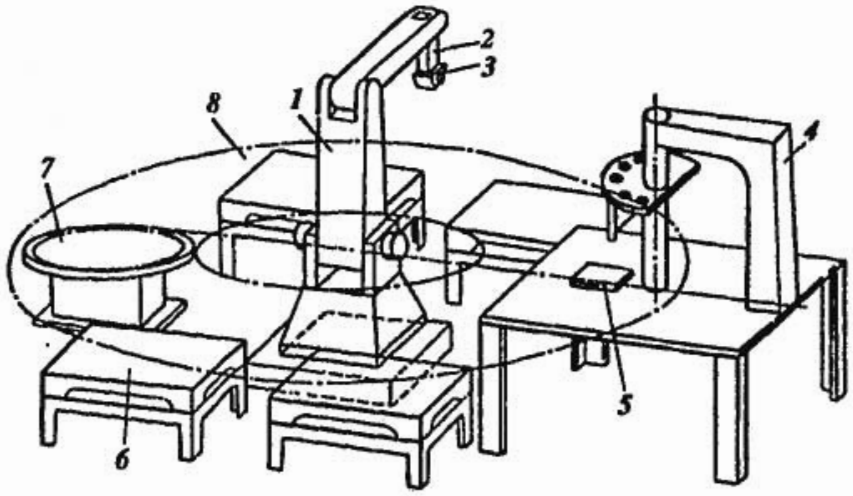



**Рис. 2.2.14. РТК для сборки арматуры**

Всю совокупность нестандартной оснастки для сборочных работ можно разделить на следующие укрупненные группы сборочных устройств: слесарно-сборочные и сборочные приспособления; однопозиционные полуавтоматические и автоматические установки; установки для регулировки, испытания и контроля. В указанные группы не входят различные уникальные сборочные контрольные устройства, которые также используются в сборочных цехах арматурных заводов [16, 23].

Конечной целью применения приспособления на данной сборочной операции является сокращение стоимости этой операции и облегчение условий труда для исполнителя, при соблюдении требуемого качества и точности. Кроме того, необходимо обеспечить правильное соотношение между себестоимостью приспособления и его эффективностью.

Сборочные приспособления являются изделиями вспомогательного производства, предназначенными для изготовления изделий основного производства. Разработка приспособлений выполняется конструкторами арматурного завода.

По назначению слесарно-сборочные приспособления разделяют на следующие виды:

- установочно-зажимные, запрессовочные и разборочные;
- захватывающие, зажимные и опорные;
- пригоночные и доводочные;
- ударные, разметочные, маркировочные;
- балансировочные и пр.

Перечисленные виды приспособлений, в свою очередь, подразделяются на ряд разновидностей, а именно: приспособления первого вида – на зажимные, фиксирующие, запрессовочные, разборочные и пр.; приспособления второго вида – на отвертки, ключи, тиски и пр.; приспособления третьего вида – на притирочные, шабровочные, опиловочные, полировальные и другие разновидности.

Сборочные приспособления могут быть разделены по типу осуществляемых с их помощью соединений, например: приспособления для сборки резьбовых соединений, для запрессовки и снятия тугопосаженных деталей арматуры и т.д. Такое деление подчеркивает особенности сборки данного узла и помогает ориентироваться в требованиях, предъявляемых к проектированию соответствующих приспособлений.

По характеру применения сборочные приспособления могут быть разделены на универсальные и специальные. Первые могут быть использованы на любой операции, которая соответствует функциям, выполняемым данным приспособлением или инструментом. Примером такого универсального приспособления являются тиски, которые могут широко применяться при сборке для закрепления деталей и узлов, запрессовки, распрессовки и пр.

Универсальные сборочные приспособления в настоящее время широко применяются на сборке арматуры в мелкосерийном и индивидуальном производстве. В крупносерийном производстве и особенно в массовом они имеют небольшое распространение.

Специальные приспособления проектируют для выполнения определенной операции с определенным объектом сборки и потому могут быть использованы лишь на том узле арматуры и на той операции, для которых они предназначены. Приспособления для сборки могут быть ручными, механическими и автоматическими.

По степени автоматизации сборочных операций сборочные устройства делятся на простые с ручным управлением, полуавтоматы, автоматы и сборочные линии (рис. 2.2.15).

**Точность технологического оборудования, оснастки и технологических систем.** При обработке деталей арматуры кроме необходимого для формирования поверхности движения инструмента происходят относительные смещения заготовки и инструмента (см. рис. 2.2.1). В результате отдельная обработанная поверхность будет иметь размер, форму и расположение, отличные от заданных (см. п. 2.1).

Смещение отсчитывают от определенной базы – так называемой поверхности отсчета – в установленном направлении. Обычно систему отсчета связывают с номинальной обрабатываемой поверхностью. Для удобства за поверхность отсчета можно принять и другую поверхность.

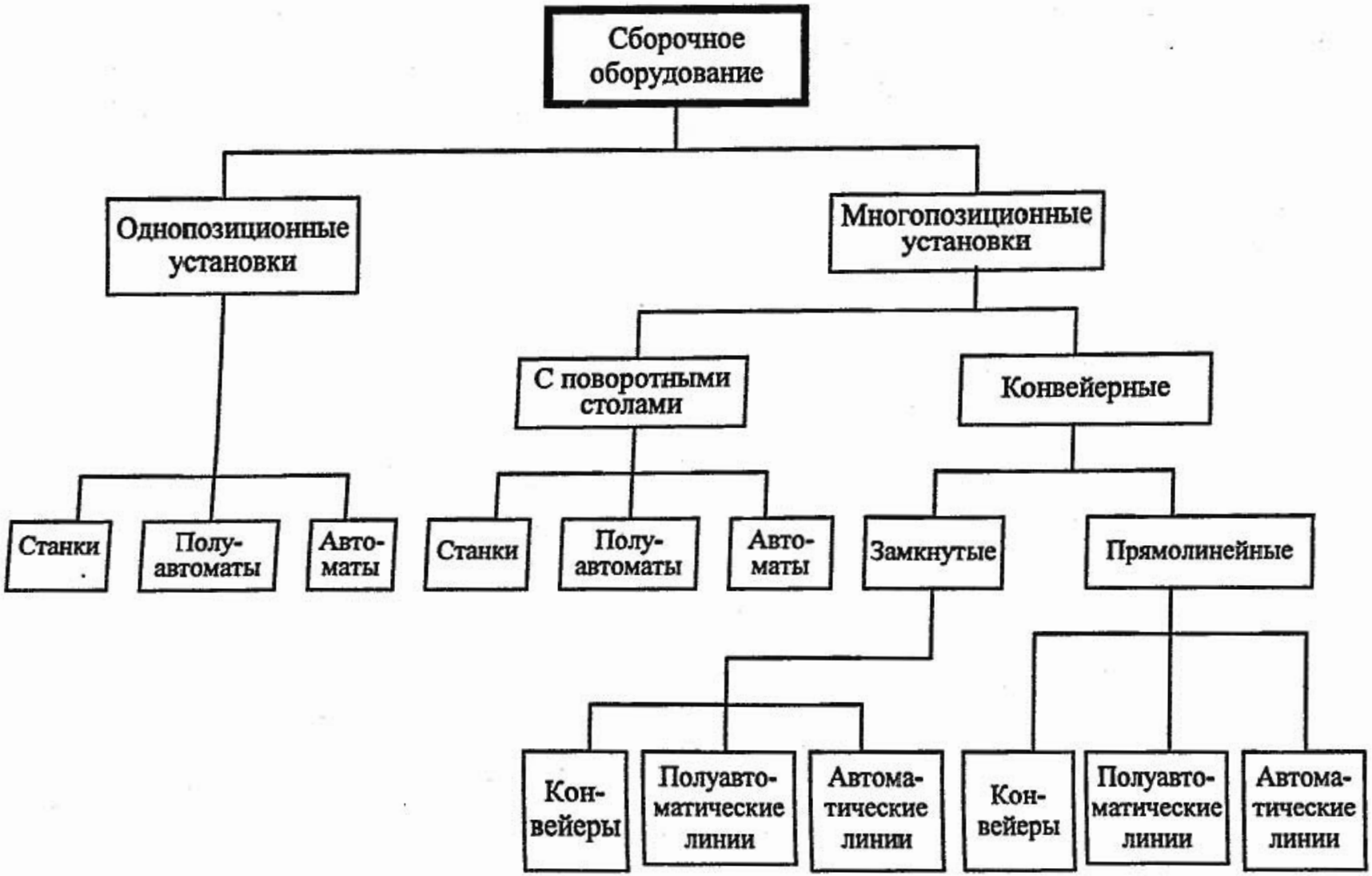



**Рис. 2.2.15. Классификация сборочного оборудования арматурных предприятий**

Появление дополнительных смещений элементов технологической системы ОЗПИ связано с действием на систему различных тепловых, силовых и иных факторов. Элементарные погрешности обработки характеризуют смещения одного или нескольких элементов системы ОЗПИ под влиянием одного или нескольких факторов.

Представление об элементарных погрешностях является условным и обосновано главным образом удобством их расчета. В некоторых случаях можно определять отдельно погрешности, влияющие на точность обработки. Например, смещения, связанные деформациями в сопряжениях деталей, могут быть отнесены к $\Delta_y$ или $\Delta\varepsilon_y$, но расчет этих смещений ведут по единой методике. Погрешность измерения в общем случае учитывают в составе погрешности настройки $\Delta_н$. Иногда погрешность измерения сильно влияет на общую, и поэтому она также рассматривается отдельно.

На суммарную погрешность обработки могут влиять остаточные напряжения от предшествующей обработки или характерные для заданной операции факторы, например, скорость и продолжительность съема при доводочных операциях – притирке уплотнительных поверхностей.

В табл. 2.2.5 приведены стандартизированные значения показателей точности универсальных станков токарной и шлифовальной групп [24].

## 2.3. ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ АРМАТУРЫ

Трубопроводная арматура отличается большим разнообразием конструкций изделий, сборочных единиц и деталей [5, 7–9].

Целесообразно рассмотреть особенности типовых технологических процессов:

1) изготовления корпусных и других деталей запорной, регулирующей, предохранительной и защитной арматуры методами литья, ковки; наплавки и механической обработки уплотнительных поверхностей седел, а также магистральных и соединительных фланцев;

2) изготовления шпинделей и штоков, притирки пробок, клиньев и золотников и формообразования ответных фланцев;

3) изготовления уплотнений из полимерных материалов;

4) узловой и основной сборки арматуры различных классов.

### 2.3.1. Технология и точность изготовления корпусных деталей и обработки уплотнительных поверхностей

Большое количество корпусных деталей арматуры получают с использованием литья. Рассмотрим особенности технологии, требования

Таблица 2.2.5

Станки токарные и токарно-винторезные

| Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм | До 250 | 250 ... 400 | 400 ... 800 | 800 ... 1600 | 1600 ... 3200 | 3200 ... 6300 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Длина измерения, мм | 100 | 200 | 300 | 300 | 500 | 500 (1000)** |
| Отклонение диаметра, мкм, для станков класса точности: | | | | | | |
| Н | 6 (10)* | 8 (20) | 10 (30) | 16 (40) | 25(65) | 40 (80) |
| П | 4 (7) | 6 (12) | 7 (20) | 10 (25) | – | – |
| В | 2,5 (5) | 3 (8) | 5 (12) | – | – | – |
| Неплоскостность торцовой поверхности, мкм, для станков класса точности: | | | | | | |
| Н | 10 | 16 | 20 | 25 | 40 | 80 |
| П | 6 | 10 | 16 | 20 | – | – |
| В | 4 | 5 | 10 | – | – | – |

* Для поперечного (любого) сечения.

** На длине 500 мм при контроле диаметра, на длине 1000 мм – неплоскостности.

*Продолжение табл. 2.2.5*

Станки токарно-револьверные патронные и прутковые с вертикальной, горизонтальной и наклонной осями вращения револьверной головки классов точности Н и П

| Наибольший диаметр, мм | | Допускаемые отклонения, мкм | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| прутка | изделия, устанавливаемого над станиной | диаметра в сечении | | от прямолинейности торцовой поверхности | |
| | | Н | П | Н | П |
| До 12 | До 200 | 8 (12)* | 5 (8) | 10 | 6 |
| 12 ... 32 | 200 ... 320 | 10 (16) | 6 (10) | 12 | 8 |
| 32 ... 80 | 320 ... 500 | 12 (20) | 8 (12) | 16 | 10 |
| 80 ... 200 | 500 ... 800 | 16 (25) | 10 (16) | 20 | 12 |

* Для поперечного (любого) сечения.

Примечания: 1. Заготовки определенных размеров устанавливают в патроне или в цанге.

2. Отклонения диаметров определяют наибольшей разностью диаметров нескольких (не менее 3) поперечных сечений в пределах длины образца.

3. Прямолинейность торцовой поверхности проверяют с помощью линейки и концевых мер или щупа, а также индикатора (индикатор перемещают от центра до периферии, отклонение при этом равно половине разности показаний индикатора). Допускается только вогнутость.

*Продолжение табл. 2.2.5*

| Станки токарно-карусельные | | | | Токарные фасонно-отрезные многошпиндельные автоматы класса точности Н | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Наибольший диаметр обрабатываемой детали | Отклонение диаметра в сечении, мкм | | Неплоскостность торцовой поверхности образца в радиальных направлениях** | Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Допустимые отклонения, мкм, в партии заготовок | | | | |
| | поперечном | продольном | | | длины при длине заготовки, мм | | | диаметра | |
| | | | | | До 50 | 50 … 100 | Св. 100 | обточенных широким резцом с поперечного суппорта | в поперечном сечении |
| До 1600 | 16 (10)* | 30 (20) | 40 (25) | До 40 | 200 | 300 | 400 | 80 | 16 |
| 1600 … 2500 | 20 (12) | 40 (25) | 50 (30) | 40 … 65 | 250 | 400 | 500 | 100 | 20 |
| 2500 … 4000 | 25 (16) | 50 (30) | 60 (40) | | | | | | |
| 4000 … 6300 | 30 (20) | 50 (30) | 80 (50) | | | | | | |
| 6300 … 10 000 | 40 (25) | 50 (30) | 100 (60) | | | | | | |
| Св. 10000 | 50 (30) | 50 (30) | 100 (60) | | | | | | |

*Для станков класса точности Н (П).

** Выпуклость не допускается.

*Продолжение табл. 2.2.5*

| Станки бесцентрово-токарные | | Станки координатно-расточные и координатно-шлифовальные | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм | Отклонения диаметров валиков, мкм | Отклонение межосевого расстояния | | | |
| | | Наибольшее координатное перемещение стола, мм | Допускаемое отклонение для станков класса точности, мкм | | |
| | | | B | A | C |
| | | До 160 | 8 | 4 | 3 |
| До 80 | 100 | 160 ... 250 | 10 | 5 | 3 |
| 80 ... 160 | 120 | 250 ... 400 | 12 | 6 | 4 |
| 160 ... 250 | 150 | 400 ... 630 | 16 | 8 | 5 |
| Св. 250 | 200 | 630 ... 1000 | 25 | 12 | 8 |
| Примечание. Условия обработки $D_{заг} \approx D_{max}$. | | 1000 ... 2500 | 32 | 16 | 10 |

*Продолжение табл. 2.2.5*

| Плоскошлифовальные станки | | | |
|---|---|---|---|
| Станки | Характеристика станка | Допускаемые отклонения, мкм | |
| | | Неплоскостность обрабатываемых поверхностей | Непараллельность верхней обработанной поверхности основанию |
| Плоскошлифовальные с крестовым суппортом и горизонтальным шпинделем | До 125 | 3 (2)* | |
| | 125 ... 200 | 4 (2,5) | |
| | Св. 200 | 5 (3) | |
| Продольно-шлифовальные | До 250 | 5 (2)** | 6 (2,5)** |
| | 250 ... 400 | 6 (2,5) | 8 (3) |
| | 400 ... 630 | 8 (3) | 10 (4) |
| | 630 ... 1000 | 10 (4) | 12 (5) |
| | 1000 ... 1600 | 12 (5) | 16 (6) |
| | 1600 ... 2500 | 16 (6) | 20 (8) |
| | 2500 ... 4000 | 20 | 25 |
| | 4000 ... 6300 | 25 | 30 |
| | 6300 ... 8000 | 30 | 40 |

* Для станков класса точности В (А).

** Для станков класса точности П (А).

Примечания: 1. Характеристикой для плоскошлифовальных станков служит наибольшая ширина устанавливаемой детали, для продольно-шлифовальных – наибольшая длина детали.

2. Неперпендикулярность верхней и боковой поверхностей составляет для плоскошлифовальных станков классов В(А) соответственно: 2 (1,5) мкм; для продольно-шлифовальных станков классов П и А соответственно 20 и 8 мкм на длине 300 мм.

*Продолжение табл. 2.2.5*

**Плоскошлифовальные станки с круглым столом и с горизонтальным и вертикальным шпинделем**

**Допускаемое отклонение по параллельности верхней обработанной поверхности основанию, плоскостности обрабатываемых поверхностей, мкм**

| Станки с горизонтальным шпинделем | Длина измерения, мм | Станки с вертикальным шпинделем | Длина измерения, мм |
|---|---|---|---|
| 3 (2)* | До 200 | 8 (5)** | До 400 |
| 5 (3) | 200 ... 400 | 11 (7) | 400 ... 800 |
| 7 (4) | 400 ... 800 | 16 (10) | 800 ... 1600 |
| 10 (6) | Св. 800 | 20 (–) | Св. 1600 |

* Для станков класса точности В (А).

** Для станков класса точности П (В).

**Отрезные станки**

| Станки | Допускаемая неперпендикулярность, мкм, плоскости пропила к образующей цилиндрической поверхности заготовки на длине 100 мм |
|---|---|
| Ножовочные (диаметр заготовки до 320 мм) | 200 |
| Отрезные круглопильные (диаметр пилы до 2000 мм) | 150 |

*Окончание табл. 2.2.5*

| Станки шлифовально-притирочные (хонинговальные) и притирочные вертикальные | | |
|---|---|---|
| Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия, мм | Отклонения диаметра в сечениях, мкм | |
| | поперечном | продольном |
| До 32 | 2,5 (1,6) | 4 (2,5) |
| 32 ... 50 | 3 (2) | 5 (3) |
| 50 ... 80 | 4 (2,5) | 6 (4) |
| 80 ... 125 | 5 (3) | 8 (5) |
| 125 ... 200 | 6 | 10 |
| 200 ... 320 | 8 | 12 |
| 320 ... 500 | 10 | 16 |
| 500 ... 800 | 12 | 20 |

Примечания: 1. Значения отклонений относятся к станкам класса Н (П).

2. Испытания проводят на образцах-втулках из чугуна или закаленной стали с диаметром отверстия $d \geq 0{,}5D$ и длиной $L = 1{,}6D$, где $D$ – наибольший диаметр обрабатываемого отверстия.

3. Погрешности отверстий исходных заготовок должны быть не грубее значений, указанных в таблице, для станков класса Н – в 4 раза, класса П – в 2,2 раза.

к технологичности конструкции, точности заготовок и обработки деталей этой группы.

***Технология и точность изготовления корпусных деталей арматуры, получаемых литьем.*** Литейное производство является основным заготовительным производством арматурного предприятия. По сравнению с другими способами изготовления корпусных деталей арматуры (ковка, сварка) оно обладает возможностью получения заготовок практически любой конфигурации с минимальными припусками на обработку резанием, что способствует снижению металлоемкости и трудоемкости деталей в изготовлении. Литьем изготовляют и другие детали арматуры: клинья задвижек, пробки кранов, тарелки клапанов, бугели, крышки, маховики, фланцы и др.

Отливки деталей арматуры классифицируют по массе, сложности конфигурации, назначению и требованиям к их точности.

В зависимости от массы чугунные и стальные отливки подразделяют на мелкие (до 100 кг), средние (100 ...1000 кг) и крупные (1000 ... 5000 кг), а отливки из цветных сплавов на девять групп (табл. 2.3.1) [28].

Таблица 2.3.1

| Группа | Масса отливки, кг, из материала | |
|---|---|---|
| | бронза, латунь, цинковые сплавы | алюминиевые сплавы |
| 1 | До 0,25 | До 0,2 |
| 2 | 0,25 ... 1,0 | 0,2 ... 0,4 |
| 3 | 1 ... 4 | 0,4 ... 0,8 |
| 4 | 4 ... 10 | 0,8 ... 1,6 |
| 5 | 10 ... 20 | 1,6 ... 3,2 |
| 6 | 20 ... 50 | 3,2 ... 6,3 |
| 7 | 50 ... 200 | 6,3 ... 12,5 |
| 8 | 200 ... 500 | 12,5 ... 25 |
| 9 | Св. 500 | Св. 25 |

По сложности конфигурации отливки подразделяют на следующие группы:

1. Преимущественно плоские общего назначения: наружные поверхности с наличием невысоких ребер, буртов, бобышек, фланцев и отверстий. Например, крышки, рукоятки, маховики без спиц, диски, втулки и др.

2. Преимущественно открытой коробчатой формы: наружные поверхности прямолинейные и криволинейные с ребрами, буртами, бобышками, отверстиями и углублениями, внутренние – с прямолинейными поверхностями, со свободным широким выходом наружу. Например, колпаки, маховики со спицами и др.

3. Открытой коробчатой или цилиндрической формы ответственного назначения, служащие для получения блоков, шпинделей, ребристых цилиндров, тройников и др.

4. Закрытой и частично открытой коробчатой или цилиндрической формы ответственного назначения, служащие для производства корпусов и др.

5. Закрытой коробчатой и цилиндрической формы особо ответственного назначения, а также комбинированные, служащие для производства фасонных стальных цилиндров крупных деталей и др.

По назначению отливки подразделяют на три группы (табл. 2.3.2).

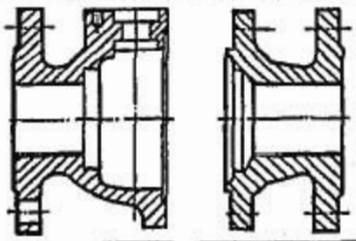
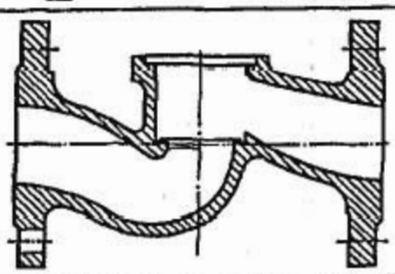
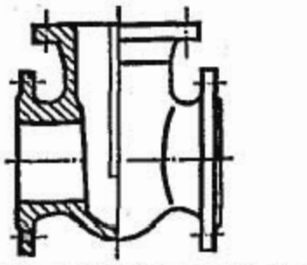
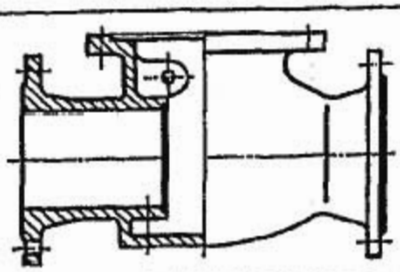
Таблица 2.3.2

| Группа | Назначение | Характеристика |
|---|---|---|
| 1 | Неответственное | Отливки деталей, не испытываемых на прочность. Конфигурация и размеры отливок определяются конструктивными и технологическими параметрами |
| 2 | Ответственное | Отливки деталей, испытываемых на прочность и работающих при статических нагрузках |
| 3 | Особо ответственное | Отливки деталей, испытываемых на прочность и эксплуатируемых в условиях динамических и знакопеременных нагрузок |

В табл. 2.3.3 представлены отдельные корпусные детали арматуры, аттестованные по классификационным характеристикам. По сложности и назначению отливки корпусных деталей относятся к наиболее ответственным.

Выбор литейного сплава при конструировании корпусных деталей зависит прежде всего от характера нагрузок, которым она подвергается в процессе эксплуатации, ее конфигурации, определяющей технологию изготовления, условий кристаллизации жидкого металла, физических, механических, литейных свойств сплавов, а также его стоимости.

Таблица 2.3.3

| Группа сложности | Представители | Требования к точности |
|---|---|---|
| 3 |  | Литья – IT 12–17, $Rz = 20 \ldots 320$ мкм; уплотнений седел – отклонение формы до 0,6 мкм, волнистость до 0,5 мкм, $Ra \leq 0{,}4$ мкм; других уплотнений – $Ra = 0{,}63 \ldots 1{,}0$ мкм |
| 4 |  | |
| |  | |
| |  | |

Применяемые в литейном производстве сплавы можно разделить на пять групп: 1) чугуны и стали; 2) бронзы и латуни; 3) сплавы алюминия; 4) магниевые сплавы; 5) сплавы на основе титана, хрома, молибдена и других металлов [28].

К наиболее распространенным сплавам для изготовления отливок деталей арматуры относятся сплавы групп 1 и 2. Однако применение остальных сплавов имеет важное значение для химической и других отраслей промышленности. Наиболее полные сведения о физических, механических, литейных свойствах сплавов, технологии их изготовления, подготовке к заливке можно найти в специальной литературе.

При выборе способа литья необходимо учитывать влияние особенностей формирования структуры металла отливки, технологических, физико-механических, литейных свойств сплава на конструкцию литой заготовки. Характеристики и области применения различных способов литья приведены в табл. 2.3.4.

Таблица 2.3.4

| Способ литья | Область применения | Характеристика |
|---|---|---|
| В песчаные формы | От опытного до крупносерийного производства отливок массой от 0,2 кг до десятков тонн | Универсальный способ литья деталей практически из любых сплавов. Большой расход формовочных материалов, необходимость больших производственных площадей и высококвалифицированных рабочих |
| Под давлением | В массовом и крупносерийном производствах сложных по конфигурации отливок массой до 50 кг | Высокопроизводительный способ, хорошо автоматизируется и механизируется. Отливки изготовляют из цветных сплавов и стали очень точными, с высоким качеством поверхности. Большая трудоемкость при изготовлении пресс-форм |
| В кокиль | В массовом и крупносерийном производствах разнообразных несложных по конфигурации отливок массой до 5000 кг | Способ литья деталей из чугуна, стали и цветных сплавов. Отливки имеют мелкозернистую структуру, повышенные механические характеристики, минимальные припуски на механическую обработку |

*Окончание табл. 2.3.4*

| Способ литья | Область применения | Характеристика |
|---|---|---|
| По выплавляемым моделям | В крупносерийном и поточном массовом производствах отливок массой до 100 кг | Позволяет получить отливки из любых сплавов, в том числе из жаропрочных недеформируемых, с минимальными припусками на механическую обработку (0,2 ... 0,7 мм) и высоким качеством поверхности. Дает возможность снизить трудоемкость изготовления деталей, уменьшить отходы дорогостоящих и дефицитных металлов, а также объединить отдельные детали в целые неразъемные литые узлы |

Технико-экономические показатели процесса литья зависят от типа производства, массы отливок и их конструктивных особенностей (габаритных размеров, конфигурации, точности размеров, шероховатости поверхности и др.), а также уровня механизации и автоматизации литейного производства.

При обеспечении технологичности конструкции отливки необходимо, прежде всего, учитывать выбранный способ литья, исходные механические и эксплуатационные свойства материала (стойкость к абразивному изнашиванию, агрессивным средам, жаропрочность и др.), влияющие на уровень производственных и эксплуатационных затрат. Отливки должны иметь очень близкую к очертаниям готовых деталей конфигурацию, высокую размерную точность, обусловливающую минимальные припуски на механическую обработку, и малую шероховатость поверхности.

Конструкция корпусов должна отвечать следующим основным технологическим требованиям:

– иметь внешнее очертание без резких углов, поворотов, высоких ребер и выступов, а также минимальное число внутренних полостей;

– обеспечивать направленное затвердевание металла и достаточную сопротивляемость усадочным и термическим напряжениям;

– отливки следует изготовлять по возможности небольшой массы; последующая механическая обработка должна быть минимальной. Необходимо предусматривать технологические уклоны, обеспечивающие легкое извлечение модели из формы или стержня из них. Стенки должны

быть оптимальной толщины, удовлетворяющей условиям заливки металла в соответствии с выбранным способом литья;

– обеспечивать технологичность моделей, а также возможность изготовления и применения простой и дешевой оснастки.

Изготовление металлических отливок в разовых песчаных формах – наиболее распространенный и универсальный способ получения заготовок в арматуростроении, отличающийся возможностью получения отливок корпусных деталей из различных сплавов, разнообразной конфигурации и массы, а также высокой степенью механизации процессов изготовления разовых форм и стержней.

Конструкция отливок, изготовляемых в песчаных формах, должна иметь минимальное число поверхностей разъема модели или формы, исключать отъемные части и по возможности стержни. Необходимо стремиться к использованию одной плоскости разъема. Возможность ее создания определяется по правилу световых теней, согласно которому теневые участки при воображаемом освещении детали параллельными лучами в направлении, перпендикулярном к плоскости разъема формы или стержневого ящика, должны отсутствовать.

Наличие большого числа стержней приводит к увеличению трудоёмкости, а следовательно, и себестоимости отливки в изготовлении, появлению брака вследствие перекоса и искажения размеров внутренних полостей в результате неточностей при установке стержня. Для облегчения формовки и уменьшения числа стержней вертикальные ребра жесткости и полки для упора и крепления других деталей располагают перпендикулярно к плоскости разъема формы, горизонтальные – в плоскости разъема.

Для удаления модели из формы без разрушения последней необходимо предусмотреть технологические уклоны. Правильный выбор угла и направления уклона позволяет устанавливать рациональную толщину стенок отливки, обеспечивающую минимальный расход и направленное затвердевание металла.

Угол уклона местных невысоких утолщений стенок (бобышек, приливов, платиков, планок) рекомендуется увеличивать до 30 … 50°.

Минимальные толщины стенок отливок из различных сплавов, получаемых в песчаных формах, приведены в табл. 2.3.5.

Качественная отливка получается при плавных переходах от тонких сечений к сечениям большей толщины и правильных сопряжениях стенок. В правильно сконструированной детали отношение толщин стенок

Таблица 2.3.5

| Материал | Масса отливки, кг | Максимальная длина стенки, мм | Минимальная толщина стенки, мм |
|---|---|---|---|
| Сталь | До 100 | До 200 | 8,0 ... 10,0 |
| | 100 ... 1000 | 200 ... 800 | 12,0 ... 14,0 |
| | Св. 1000 | Св. 800 | 20,0 ... 22,0 |
| Чугун серый | До 100 | До 200 | 3,0 ... 4,0 |
| | 100 ... 1000 | 200 ... 800 | 6,0 ... 8,0 |
| | Св. 1000 | Св. 800 | 10,0 ... 20,0 |
| Чугун ковкий | До 100 | До 100 | 2,5 ... 3,5 |
| | 100 ... 300 | 100 ... 200 | 4,0 ... 5,5 |
| | Св. 300 | Св. 200 | 6,0 ... 8,0 |
| Бронзы и латуни специальные | До 0,25 | До 50 | 6,0 ... 7,0 |
| | 0,25 ... 4,00 | 50 ... 100 | 8,0 ... 10,0 |
| Сплавы алюминиевые | До 2,0 | До 200 | 3,0 ... 5,0 |
| | 2,0 ... 10,0 | 200 ... 500 | 6,0 ... 8,0 |

при переходе от одного сечения к другому $s : s_1 \le 4$. При соотношении $s : s_1 \le 2$ переходы от одного сечения к другому выполняются радиусом скруглений $R$:

- для отливок из чугуна и алюминиевых сплавов $R = 0{,}3(s - s_1)$;
- для отливок из стали и медных сплавов $R = 0{,}4(s - s_1)$.

Такие же радиусы принимают и для деталей, не испытывающих при эксплуатации ударных нагрузок, но имеющих соотношение толщин стенок $s : s_1 > 2$.

Если на деталь действуют ударные нагрузки, то при $s : s_1 > 2$ переходы выполняют в виде клинового сопряжения (рис. 2.3.1, *а*). Длину участка перехода от одной толщины к другой принимают:

- для отливок из чугуна и алюминиевых сплавов $l > 4\,(s - s_1)$;
- для отливок из стали и медных сплавов $l > 5\,(s - s_1)$.

При переходе от толстого сечения к тонкому при $s : s_1 > 4$ (рис. 2.3.1, *б*) длину участка перехода принимают:

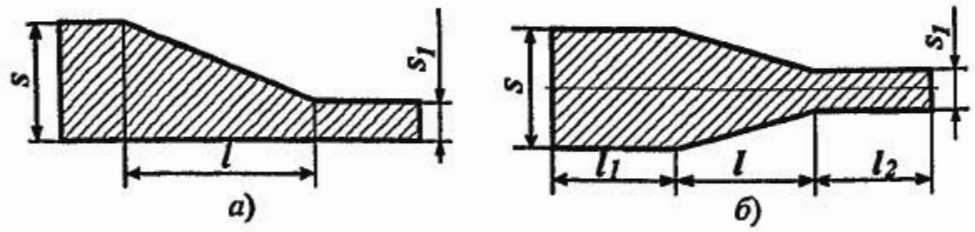



**Рис. 2.3.1. Схемы выполнения односторонних (*а*) и двусторонних (*б*) клиновых сопряжений**

– для отливок из чугуна и цветных сплавов $l \geq 3\left(\frac{sl_1}{s+l_1} - \frac{s_1 l_2}{s_1+l_2}\right)$;

– для стальных отливок $l \geq 4\left(\frac{sl_1}{s+l_1} - \frac{s_1 l_2}{s_1+l_2}\right)$.

При соотношении толщин стенок $s : s_1 > 2$ радиус скругления при одностороннем сопряжении допускается принимать $r = s$ (рис. 2.3.2, *а*), а при двустороннем $r = 0{,}5s$ (рис. 2.3.2, *б*). Во избежание образования трещин и надрывов на острых кромках отверстий и окон отливок предусматривают специальные технологические приливы.

При литье по газифицированным моделям жидкий металл заливается через литниковую систему на заформованную в наполнитель пенополистироловую модель, которая под действием его теплоты газифицируется, освобождая полость формы. Главной особенностью этого процесса является использование не извлекаемой перед заливкой разовой пенополистироловой модели, отсутствие стержней и плоскости разъема формы. Все это расширяет технологические возможности процесса литья в песчаные формы, способствует повышению точности и качества отливок, позволяет конструктору придавать отливке конфигурацию, которая наиболее полно отвечает условиям работы изделия.

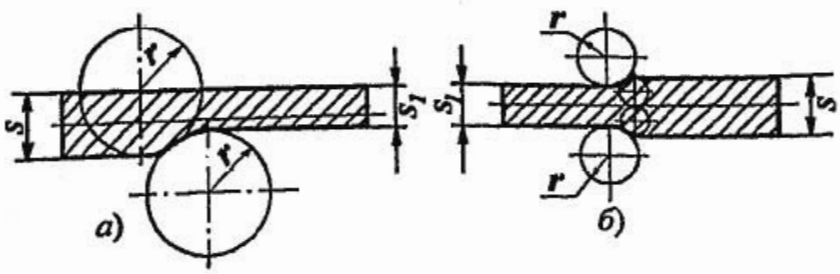



**Рис. 2.3.2. Схемы выполнения односторонних (*а*) и двусторонних (*б*) сопряжений при соотношении толщин сопрягаемых стенок $s : s_1 > 2$**

К технологичности конструкции отливок, изготовляемых по газифицируемым моделям, предъявляют дополнительно следующие специальные требования:

– конфигурация отливки должна предусматривать такую конструкцию литниково-питающей системы, которая обеспечивает сифонный подвод металла, исключает образование застойных зон, способствует созданию сплошного фронта течения расплава для последовательного и направленного заполнения формы и вывода из нее продуктов разложения модели;

– при выборе толщины стенок отливок необходимо учитывать механические свойства материала модели и его плотность;

– расположение и конструктивное оформление выступающих частей, поднутрений, усиливающих ребер и других элементов отливки должны предусматривать возможность уплотнения смеси вокруг соответствующих элементов модели при формовке;

– при наличии в детали изолированных каналов и полостей в ее конструкции необходимо выполнять технологические отверстия, обеспечивающие заполнение модели формовочной смесью и удаление смеси после охлаждения отливки.

Технологичность конструкции деталей, получаемых специальными способами литья, рассмотрена в работе [28].

С учетом размерной точности отливки из черных и цветных металлов и сплавов подразделяются на 16 классов, для которых по ГОСТ 22645 установлены допускаемые отклонения по размерам и массе, а также припуски на механическую обработку.

В табл. 2.3.6 приведены значения квалитетов точности размеров и высотного параметра шероховатости *Rz* поверхности заготовок, получаемых литьем.

***Технология и точность изготовления корпусных деталей арматуры, получаемых ковкой.*** При оценке целесообразности изготовления заготовок корпусных деталей, получаемых ковкой, используют данные, приведенные в табл. 2.3.7, где указано минимальное экономически оптимальное количество заготовок.

Ковкой получают заготовки корпусных деталей в основном энергетической арматуры, работающей при высоких давлениях, температуре и скорости рабочей среды. Заготовки изготовляют горячей объемной штамповкой, внутренние поверхности получают, как правило, способами резания с использованием осевого инструмента.

Таблица 2.3.6

| Способ литья | Материал | Масса заготовки, кг | Производство | Квалитет точности IT | *Rz*, мкм |
|---|---|---|---|---|---|
| В песчаные формы | Алюминиевые сплавы | До 100 | Массовое | 12 ... 14 | 20 ... 320 |
| | | | Серийное | 14 ... 45 | 40 ... 320 |
| | | | Единичное | 15 ... 17 | 80 ... 320 |
| | | Св. 100 до 1000 | Массовое | 14 ... 15 | 40 ... 320 |
| | | | Серийное | 15 ... 17 | 80 ... 320 |
| | | | Единичное | 17 | 80 ... 320 |
| | Чугун и сталь | До 100 | Массовое | 13 ... 15 | 20 ... 320 |
| | | | Серийное | 14 ... 17 | 40 ... 320 |
| | | | Единичное | 15 ... 17 | 80 ... 320 |
| | | Св. 100 до 1000 | Массовое | 14 ... 16 | 40 ... 320 |
| | | | Серийное | 16 ... 17 | 80 ... 320 |
| | | | Единичное | 17 | 80 ... 320 |
| | | Св. 1000 | Серийное | 16 | 80 ... 320 |
| | | | Единичное | 17 | 160 ... 320 |

*Продолжение табл. 2.3.6*

| Способ литья | Материал | Масса заготовки, кг | Производство | Квалитет точности IT | *Rz*, мкм |
|---|---|---|---|---|---|
| Штамповка жидкого сплава | Алюминиевые сплавы | До 10 | Массовое | 13 ... 14 | 10 ... 160 |
| | | | Серийное | 14 ... 15 | 20 ... 320 |
| | | Св. 10 | Массовое | 13 ... 14 | 20 ... 320 |
| | | | Серийное | 14 ... 15 | 40 ... 320 |
| | Чугун и сталь | До 10 | Массовое | 13 ... 14 | 20 ... 320 |
| | | | Серийное | 14 ... 15 | 40 ... 320 |
| Под давлением | Алюминиевые сплавы | До 1 | Массовое | 11 ... 14 | 3,2 ... 20 |
| | | | Серийное | 13 ... 15 | 10 ... 80 |
| | | Св. 1 до 10 | Массовое | 13 ... 14 | 10 ... 40 |
| | | | Серийное | 13 ... 15 | 10 ... 80 |
| | Сталь | До 1 | Массовое | 12 ... 14 | 10 ... 80 |
| | | | Серийное | 13 ... 14 | 10 ... 80 |
| В кокиль | Алюминиевые сплавы | До 100 | Массовое | 11 ... 14 | 10 ... 160 |
| | | | Серийное | 12 ... 14 | 20 ... 320 |
| | | | Единичное | 14 ... 16 | 40 ... 320 |
| | | Св. 100 до 1000 | Массовое | 13 ... 14 | 20 ... 320 |
| | | | Серийное | 14 ... 16 | 40 ... 320 |
| | | | Единичное | 16 ... 17 | 80 ... 320 |

*Окончание табл. 2.3.6*

| Способ литья | Материал | Масса заготовки, кг | Производство | Квалитет точности IT | *Rz*, мкм |
|---|---|---|---|---|---|
| В кокиль | Чугун и сталь | До 100 | Массовое | 13 ... 14 | 40 ... 320 |
| | | | Серийное | 14 ... 15 | 80 ... 320 |
| | | | Единичное | 15 ... 17 | 160 ... 320 |
| | | Св. 100 до 1000 | Массовое | 14 ... 15 | 40 ... 320 |
| | | | Серийное | 15 ... 16 | 80 ... 320 |
| | | | Единичное | 16 | 160 ... 320 |
| В оболочковые формы | Чугун и сталь | До 10 | Массовое | 13 ... 14 | 10 ... 160 |
| | | | Серийное | 14 ... 15 | 20 ... 320 |
| | | Св. 10 до 100 | Массовое | 13 ... 15 | 20 ... 320 |
| | | | Серийное | 14 ... 16 | 40 ... 320 |
| | Алюминиевые сплавы | До 10 | Массовое | 11 ... 14 | 6,3 ... 80 |
| | | | Серийное | 13 ... 15 | 10 ... 160 |
| По выплавляемым моделям | Сталь | До 1 | Массовое | 11 ... 14 | 6,3 ... 80 |
| | | | Серийное | 13 ... 14 | 10 ... 160 |
| | | Св. 1 до 10 | Массовое | 13 ... 15 | 10 ... 160 |
| | | | Серийное | 14 ... 16 | 20 ... 320 |

Таблица 2.3.7

| Группа сложности | Количество заготовок из материала, шт. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Сталь | | | Алюминиевые сплавы | Титановые сплавы |
| | углеродистая | конструкционная | коррозионно-стойкая | | |
| I | 400 | 350 | 300 | 280 | 37 |
| II | 290 | 250 | 210 | 190 | 32 |
| III | 200 | 170 | 145 | 135 | 27 |
| IV | 98 | 90 | 86 | 84 | 17 |

Точность размеров и шероховатость поверхности заготовок, получаемых ковкой, приведены в табл. 2.3.8.

Таблица 2.3.8

| Вид обработки | *Ra*, мкм | Квалитет точности IT |
|---|---|---|
| Горячая ковка в штампах | 12,5 ... 100 | 14 – 17 |
| Горячая вырубка и пробивка | 12,5 ... 100 | 14 – 16 |
| Горячая объемная штамповка без колибровки | 12,5 ... 50 | 9 – 11 |
| Холодная штамповка: | 0,8 ... 3,2 | |
| вытяжка полых деталей простых форм (корпуса, стаканы) | | По диаметру 9 – 11<br>По высоте 8 – 12 |
| глубокая вытяжка полых деталей простых форм | | 11 |
| Холодная штамповка: | | |
| контурные размеры при вырубке плоских деталей | Зона среза 3,2 ... 6,3 | 11 – 13 |
| то же, но при пробивке | Зона скалывания 25 ... 100 | 8 – 11 |
| то же, но при зачистке | 0,8 ... 3,2 | 8, 9 |
| то же, но при зачистке и калибровке | | 6, 7 |

**Наплавка уплотнительных и других поверхностей** должна проводиться на основе разработанного технологического процесса с учетом марки основного и наплавляемого металлов, технических требований к детали и условий эксплуатации арматуры. В технологических картах должны быть указаны последовательность операций и режимы их выполнения, марки и сечения электродов, флюсы, сила тока, температура сопутствующего подогрева, режим термообработки, методы контроля, применяемые оборудование и оснастка [8].

Уплотнительные кольца можно наплавлять сплавами повышенной стойкости электродами ЦН-2, ЦН-6, ЦН-6М, ЦН-6Л, ЦН-12, ЦН-12М с подогревом детали или без него (табл. 2.3.9). На детали из сталей перлитного класса первоначально направляют подслой высотой не менее 3 мм. При использовании электродов ЦН-6, ЦН-6М, ЦН-6Л предварительную наплавку подслоя можно не производить.

Наплавку производят также на поверхности таких деталей, как шпиндели, штоки, гильзы, плунжеры и другие, для повышения их износостойкости.

Детали из углеродистых и низколегированных сталей наплавляют хромистыми сплавами типа 12Х13 и 20Х13. Применяют также порошковые проволоки, обеспечивающие равномерное содержании хрома (13 ... 14 %) в наплавленном слое. Сплав ЦН-13 применяют для наплавки деталей, работающих в коррозионных и агрессивных средах при повышенной рабочей температуре.

Поверхности, подлежащие наплавке, подготавливают механической обработкой. На подготовленной к наплавке поверхности не допускается наличие окалины, загрязнения, глубоких рисок, заусенцев, газовых пор, шлаковых включений и других пороков металла. Канавки и выточки под наплавку не должны иметь острых углов и резких переходов (переходы выполняют радиусом 3 ... 5 мм).

Таблица 2.3.9

| Условный диаметр прохода $D_y$, мм | Температура подогрева детали, °С, при наплавке электродами | | |
|---|---|---|---|
| | ЦН-6, ЦН-6М, ЦН-6Л | ЦН-12, ЦН-12М | Стеллит ВЗК |
| ≤ 65 | Без подогрева | – | – |
| 65 ... 150 | ≥ 200 | 500 | 650 ... 800 |
| > 150 | ≥ 300 | – | – |

Примечание. Детали с массой не более 2 кг допускается наплавлять без подогрева.

На каждую наплавляемую деталь разрабатывают технологическую документацию с эскизами, в которых указывают заготовку детали под наплавку со всеми размерами, гарантирующими получение высоты наплавки в соответствии с размерами по чертежу (с учетом припуска на механическую обработку по высоте и ширине кольца). Наплавку производят в нижнем положении на вращающемся столе или специальном приспособлении (см. рис. 2.2.9, *а*). На однотипные детали разрабатывают типовую технологию.

Наплавка электродами ЦН-2, ЦН-6, ЦН-6М, ЦН-12, ЦН-12М должна производиться от источника питания постоянного тока на обратной полярности. Рекомендуемая сила тока приведена в табл. 2.3.10.

Для получения заданной твердости наплавленного металла высота наплавки после окончательной механической обработки должна быть не менее 5 мм. Наплавка должна производиться не менее чем в три слоя. После наложения каждого слоя наплавки тщательно удаляют шлак.

Наплавленные детали из коррозионно-стойкой стали необходимо термически обработать сразу после наплавки (при использовании электродов ЦН-2) либо после охлаждения (детали, наплавленные электродами ЦН-6, ЦН-6М, ЦН-6Л, ЦН-12 и ЦН-12М, охлаждают в ящике с песком). Термообработка производится при температуре 850 ... 870 °С в течение 2 ч. Однотипные детали комплектуют в партии: а) золотники, штоки и другие мелкие детали $D_y \leq 100$ мм; б) то же, $D_y > 100$ мм; в) корпуса арматуры $D_y \leq 100$ мм; г) то же, $D_y > 100$ мм.

Для уплотнительных колец применяют порошковую плазменную наплавку. При контроле проводят осмотр состояния наплавленной поверхности и проверяют ее размеры. В случае необходимости допускается повторная наплавка.

Таблица 2.3.10

| Диаметр электрода, мм | Сварочный ток, А, для электродов | |
|---|---|---|
| | ЦН-2 | ЦН-6Л, ЦН-6М, ЦН-12, ЦН-6, ЦН-12М |
| 3 | – | 80 ... 100 |
| 4 | 100 ... 140 | 110 ... 140 |
| 5 | 160 ... 200 | 160 ... 190 |
| 6 | 200 ... 240 | – |
| 7 | 240 ... 280 | – |

Дефекты в наплавленном и основном металлах (в зоне термического влияния) выявляются визуальным осмотром после предварительной и окончательной механических обработок, а также методом цветной дефектоскопии (трещины, поры, шлаковые включения и подобные, не обнаруживаемые внешним осмотром). Трещины всех типов в наплавленном слое не допускаются. На плоских наплавленных уплотнительных поверхностях арматуры $D_y > 200$ мм после окончательной механической обработки не допускаются поры, шлаковые включения и другие дефекты. Допускается наличие отдельных раковин или пор размером не более 1 мм, не влияющих на герметичность запорного органа. Количество таких дефектов не должно превышать:

| $D_y$, мм ..... | 200 ... 500 | 500 ... 800 | Св. 800 |
|---|---|---|---|
| Количество дефектов ..... | 5 | 10 | 15 |

Расстояние между дефектами не должно быть менее 20 мм. На боковых нерабочих поверхностях плоских уплотнений допускаются раковины или поры размером не более 1 мм, расположенные на расстоянии не менее 20 мм друг от друга. На конусных и ножевых уплотнениях по уплотнительному пояску дефекты не допускаются.

Твердость наплавленного металла в доступных местах проверяют непосредственно на обработанных поверхностях, а в недоступных – с применением образца-свидетеля, марка металла которого, форма разделки, размеры и конфигурация наплавки должны полностью соответствовать требованиям чертежа на контролируемую партию деталей. Один образец-свидетель изготовляют на партию однотипных деталей не более 50 шт., наплавленных одним сварщиком, материалами одной и той же партии, по технологическому процессу наплавки, аналогичному процессу наплавки на контролируемую деталь. Твердость наплавленных поверхностей указана в табл. 2.3.11.

Таблица 2.3.11

| Марка электрода | Твердость HRC наплавленного слоя |
|---|---|
| ЦН-6 | 27 ... 33 |
| ЦН-6М | 27 ... 37 |
| ЦН-12 | 40 ... 50 |
| ЦН-12М | 38 ... 50 |

Уплотнительные поверхности должны наплавляться аттестованными сварщиками, прошедшими подготовку по наплавке износостойкими материалами и имеющими удостоверение о допуске к выполнению наплавочных работ.

Для наплавки уплотнительных колец применяются и такие методы, как плазменная наплавка в аргоне с вдуванием в зону дуги порошка из хромоникелевых сплавов. Используется также наплавка в вакууме током высокой частоты.

**Технология и точность обработки уплотнительных поверхностей корпусных деталей.** Обработка уплотнительных и посадочных поверхностей седел, магистральных и соединительных фланцев корпусных деталей арматуры ведется на универсальных токарно-винторезных, токарно-револьверных и токарно-карусельных станках (см. п. 2.2). Вместо дорогостоящих токарно-карусельных станков часто используют специальные станки накладного типа (рис. 2.3.3).

При обработке уплотнительной поверхности седла (посадочного гнезда под седло) корпуса клапанов базирование заготовки осуществляется, как правило, на цилиндрические поверхности магистральных фланцев. При чистовой обработке точением формообразование уплотнительной поверхности седла, уплотнительной и посадочных поверхностей соединительного фланца должно осуществляться с одного установа для уменьшения отклонений взаимного расположения (эксцентриситета и углового смещения осей) поверхностей (см. п. 1.3).

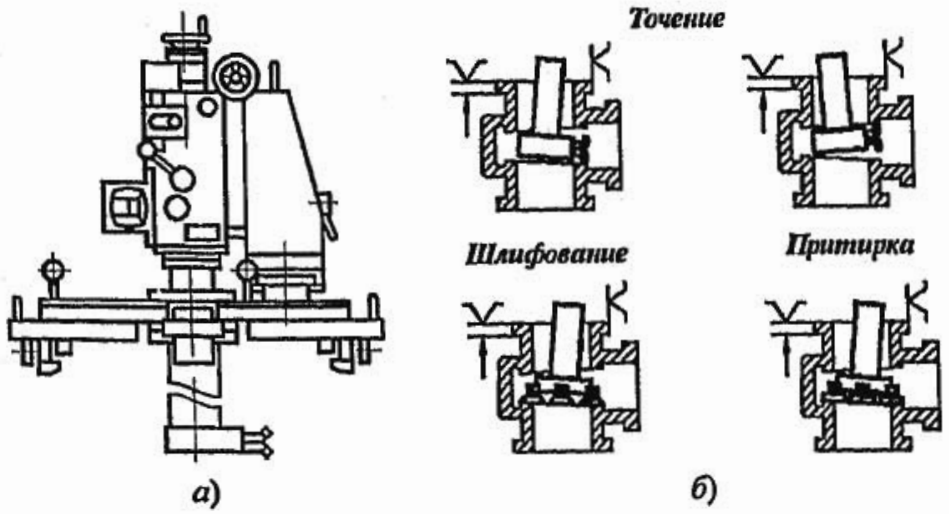



**Рис. 2.3.3. Станок специальный СПК-1 для механической обработки:**
*а* – общий вид; *б* – схемы обработки

| Обработка | *Rz*, мкм | Толщина дефектного поверхностного слоя, мкм | Квалитет точности обработки | Технологические допуски, мкм, на размеры до базовой поверхности | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | До 80 | 80 ... 180 | 180 ... 200 | 200 ... 500 | До 80 | 80 ... 180 | 180 ... 200 | 200 ... 500 |
| | | | | При размерах (длина × ширина), мм, обрабатываемой плоскости | | | | | | | |
| | | | | До 160 × 160 | | | | Св. 160 × 160 до 400 × 400 | | | |
| Торцовое точение и подрезка: | | | | | | | | | | | |
| черновое | 40 ... 100 | 100 ... 50 | 12 | 400 | 530 | 600 | 760 | 400 | 530 | 600 | 760 |
| | | | 11 | 200 | 260 | 300 | 380 | – | – | – | – |
| чистовое или однократное | 63 ... 80 | 50 ... 20 | 12 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | 11 | – | – | – | – | 200 | 260 | 300 | 380 |
| | | | 16 | 120 | 160 | 185 | 250 | 120 | 160 | 185 | 250 |
| | | | 9 | 60 | 80 | 90 | 120 | – | – | – | – |
| тонкое | 16 ... 10 | 30 ... 10 | 10 | 120 | 160 | 185 | 250 | 120 | 160 | 185 | 250 |
| | | | 9 | – | – | – | – | 60 | 80 | 90 | 120 |
| | | | 8 | 25 | 40 | 47 | 62 | 25 | 40 | 47 | 62 |
| Шлифование: | | | | | | | | | | | |
| предварительное | 6,3 ... 10 | 20 | 10 | 120 | 160 | 185 | 250 | 120 | 160 | 185 | 250 |
| | | | 9 | 60 | 80 | 90 | 120 | 60 | 80 | 90 | 120 |
| | | | 8 | 25 | 40 | 47 | 62 | 25 | 40 | 47 | 62 |
| чистовое или однократное | 1,6 ... 6,3 | 1,5 ... 5 | 9 | 60 | 80 | 90 | 120 | 60 | 80 | 90 | 120 |
| | | | 8 | 25 | 40 | 47 | 62 | 25 | 40 | 47 | 62 |
| | | | 7 | 20 | 27 | 30 | 40 | 20 | 27 | 30 | 40 |
| тонкое | 8 ... 10 | 5 | 8 | 25 | 40 | 47 | 62 | 25 | 40 | 47 | 62 |
| | | | 7 | 20 | 27 | 30 | 40 | 20 | 27 | 30 | 40 |
| | 0,4 ... 3,2 | | 6 | 13 | 18 | 20 | 25 | 13 | 18 | 20 | 25 |
| Притирка | 0,4 ... 3,2 | 5 | 6 | 13 | 18 | 20 | 25 | 13 | 18 | 20 | 25 |

Таблица 2.3.12

| Степень точности формы и взаимного положения плоскости | Предельное отклонение формы (А) и расположения (Б) плоскостей, мкм | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | А | Б | А | Б | А | Б | А | Б |
| | При размере (длина × ширина), мм, обрабатываемой плоскости | | | | | | | |
| | До 60 × 60 | | Св. 60 × 60 до 160 × 160 | | Св. 160 × 160 до 400 × 400 | | Св. 400 × 400 до 1000 × 1000 | |
| 11 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 250 | 250 | 400 |
| 10 | 40 | 60 | 60 | 100 | 100 | 160 | 160 | 250 |
| 11 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 250 | 250 | 400 |
| 10 | 40 | 60 | 60 | 100 | 100 | 160 | 160 | 250 |
| 9 | 25 | 40 | 40 | 60 | 60 | 100 | 100 | 160 |
| 8 | 16 | 25 | – | – | – | – | – | – |
| 8 | 16 | 25 | 25 | 40 | 40 | 60 | 60 | 100 |
| 7 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 49 | 40 | 60 |
| 6 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 40 |
| 8 | 16 | 25 | 25 | 40 | 40 | 60 | 60 | 100 |
| 7 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 40 | 40 | 60 |
| 6 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 40 |
| 7 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 40 | 40 | 60 |
| 6 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 40 |
| 5 | 4 | 6 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | 25 |
| 6 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | 25 | 25 | 40 |
| 5 | 4 | 6 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | 25 |
| 4 | 2,5 | 4 | 4 | 6 | 6 | 10 | 10 | 16 |
| 3 | 1,6 | 2,5 | 2,5 | 4 | 4 | 6 | 6 | 10 |
| 4 | 2,5 | 4 | 4 | 6 | 6 | 10 | 10 | 16 |
| 3 | 1,6 | 2,5 | 2,5 | 4 | 4 | 6 | 6 | 10 |
| 2 | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 2,5 | 2,5 | 4 | 4 | 6 |

При обработке уплотнительных поверхностей седел (посадочных гнезд под седла) корпуса задвижек, кранов базирование заготовки производится преимущественно на привалочную поверхность магистрального фланца. Чистовая обработка точением уплотнительных поверхностей обоих седел должна проводиться с одного установа для исключения переноса погрешности от непараллельности привалочных поверхностей магистральных фланцев в погрешности взаимного расположения седел корпуса.

Расчеты погрешностей базирования корпусных деталей даны в специальной литературе [23, 24].

Обработка уплотнительных и ответственных посадочных поверхностей магистральных и соединительных фланцев корпусных деталей предусматривает:

- торцевое черновое точение;
- торцевое чистовое точение.

Обработка уплотнительных поверхностей седел корпусов требует дополнительно (см. рис. 2.3.3):

- шлифование предварительное;
- шлифование чистовое;
- притирку.

Для реализации шлифования и притирки используют накладные станки, сочетающие операции точения, шлифования и притирки, и специальную оснастку к универсальным станкам токарной и сверлильной групп.

Технологическая точность торцовой обработки резанием корпусных деталей арматуры приведена в табл. 2.3.12 [24].

### 2.3.2. Технология и точность изготовления деталей типа валов и фланцев и обработки уплотнительных поверхностей запорно-регулирующих элементов

Значительную часть деталей арматуры изготовляют из проката (табл. 2.3.13), а также литых и кованных заготовок (табл. 2.3.14).

**Технология и точность изготовления шпинделей и штоков арматуры.** Производительность механической обработки резанием во многом определяется маркой материала, размерами и конфигурацией заготовки, а также характером производства. В единичном и мелкосерийном производствах заготовки валов с небольшим числом ступеней и незначительной разницей диаметров получают отрезкой от горячекатаных или

холоднотянутых нормальных прутков и подвергают механической обработке. Заготовки валов массой более 15 кг целесообразно получать свободной ковкой (без штампов) для уменьшения расхода материала. Ее выгодно применять, когда расходы, связанные с ней, компенсируются экономией металла и снижением стоимости механической обработки резанием.

Таблица 2.3.13

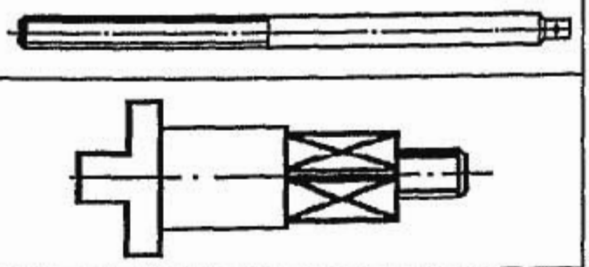
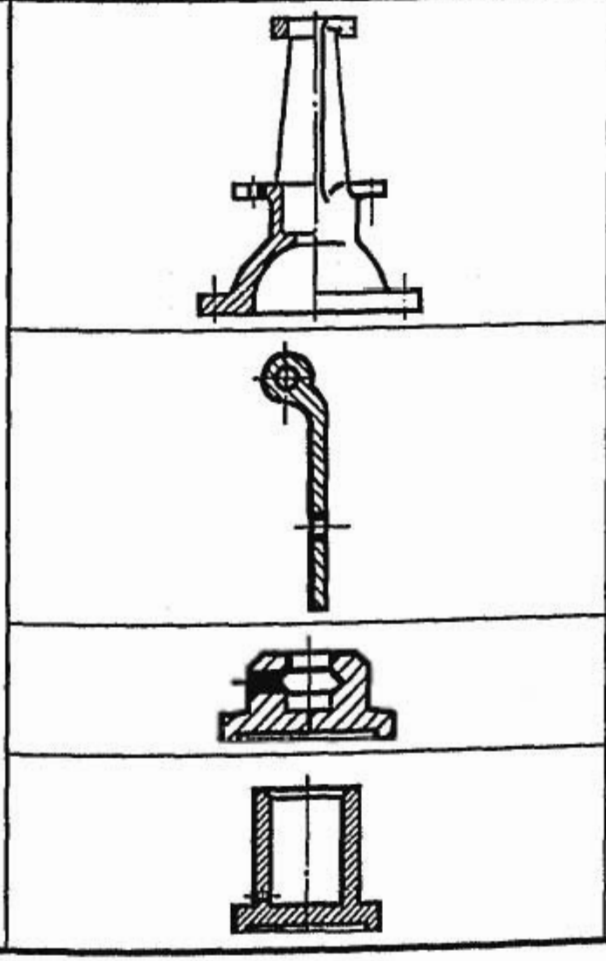
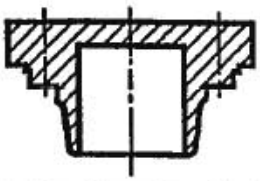
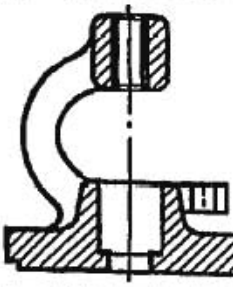
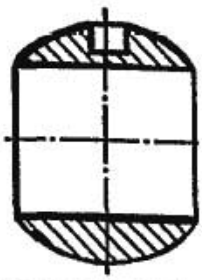
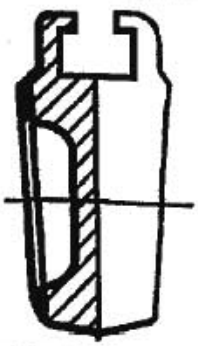
| Группа сложности | Представители | Требования к точности |
|---|---|---|
| 1 |  | Проката – IT 8–9, $Ra > 1{,}6$ мкм; уплотнений затвора – отклонение формы 0,05 … 0,6 мкм, волнистость 0,03 … 0,5 мкм, $Ra \leq 0{,}4$ мкм; других уплотнений – $Ra > 0{,}63$ мкм |
| 2 |  | |

Таблица 2.3.14

| Группа сложности | Представители | Требования к точности |
|---|---|---|
| 1 |   | заготовки – IT 12–17 $Rz$ = 20 … 320 мкм; уплотнений затвора – отклонение формы 0,05 … 0,6 мкм, волнистость 0,03 … 0,5 мкм, $Ra \leq 0,4$ мкм; других уплотнений – $Ra > 0,63$ мкм |
| 2 |     | |

В производстве с достаточно большим объемом выпуска, а также при изготовлении валов сложной конфигурации со ступенями, значительно различающимися по диаметру, заготовки целесообразно получать методом пластического деформирования (ковка, штамповка, обжатие на ротационно-ковочных машинах). Эти методы обеспечивают получение заготовок, близких по форме и размерам к готовой детали, что повышает производительность механической обработки и коэффициент использования металла [10].

В среднесерийном производстве заготовки валов получают из проката, разрезая его с последующей механической обработкой или ковкой в недорогих подкладных или групповых переналаживаемых штампах. Широко используют ротационную ковку на ковочных машинах с программным управлением. При выборе того или иного метода получения заготовки следует сравнить себестоимость и коэффициент использования материала $K_{и.м}$. Если, например, $K_{и.м}$ штамповки больше, чем $K_{и.м}$ проката на 0,15, то более экономичной является заготовка, полученная штамповкой.

В крупносерийном и массовом производствах заготовки валов, как правило, получают разрезкой (рубкой) проката и последующей ковкой в дорогостоящих штампах, обеспечивающих минимальные припуски на обработку (1,5 ... 2 мм) и максимальное приближение конфигурации заготовки к конфигурации готового вала. Используют также поперечно-винтовую прокатку. В указанных производствах $K_{и.м} = 0,7 \ldots 0,95$.

При механической обработке резанием валов на станках с ЧПУ использование заготовок с низкой точностью недопустимо. В этом случае припуски и допуски заготовок должны быть на 10 ... 30 % меньше, чем при обработке на станках с ручным управлением. Ужесточение требований по свойствам материала и точности заготовок, обрабатываемых на станках с ЧПУ, обусловлено необходимостью уменьшить нагрузку на дорогостоящий станок, стремлением сократить количество стружки, создать наиболее благоприятные условия для работы режущего инструмента.

В ряде случаев целесообразно применять комплексные заготовки (рис. 2.3.4). Из комплексной заготовки можно изготовить несколько различных деталей, близких по форме и размерам [12].

Заготовки валов перед обработкой должны подвергаться правке и термической обработке для улучшения обрабатываемости и снятия остаточных напряжений.

При разработке технологического процесса механической обработки вала целесообразно использовать типовые процессы, созданные на основе классификации валов.

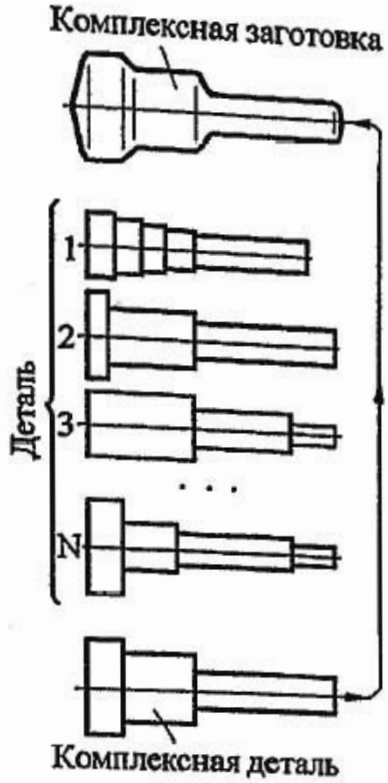



**Рис. 2.3.4. Схема образования комплексной заготовки ступенчатого вала с односторонним расположением ступеней**

Основными базами большинства валов являются поверхности опорных шеек. Однако их использование в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей затруднительно, особенно при условии сохранения единства баз (последнее важно при автоматизации технологического процесса). Поэтому при выполнении большинства основных операций изготовления ступенчатых валов в качестве технологических баз используют поверхности центровых отверстий и левый торец установленного на станке вала. От этого торца удобно обеспечивать точность линейных (осевых) размеров, так как система упоров, ограничивающих продольное перемещение суппорта с резцами, связана с положением буртика шпинделя. Применение плавающего переднего центра исключает погрешность установки заготовки вала при выдерживании длин ступеней от левого торца.

При одностороннем расположении ступеней и длине вала до 120 мм обработку выполняют из прутка на револьверных станках или автоматах, осуществив до отрезки детали все черновые и чистовые переходы.

Полученные из прутка или штампованные заготовки ступенчатых валов длиной более 120 мм обрабатывают в центрах по следующему маршруту: 1) поочередная или одновременная обработка торцов заготовки; 2) сверление в торцах заготовки центровых отверстий; 3) предварительное обтачивание заготовки; 4) чистовое обтачивание; 5) предварительное шлифование шеек; 6) фрезерование шпоночных пазов и шлицев; 7) сверление отверстий (если предусмотрены чертежом); 8) нарезание резьбы; 9) термическая обработка; 10) окончательное шлифование шеек; 11) контроль. В маршрут обработки нежестких валов включают дополнительные операции точения и шлифования шейки под люнет.

Технологически достижимая точность наружной обработки резанием шпинделей и валов арматуры представлена в табл. 2.3.15 [24].

Таблица 2.3.15

| Обработка | *Rz*, мкм | Толщина дефектного поверхностного слоя, мкм | Квалитет точности размера | Технологические допуски, мкм, на размер обработки при номинальных диаметрах, мм | | | | | | Степень точности формы | Предельные отклонения формы, мкм, при номинальных диаметрах, мм | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10 ... 18 | 18 ... 30 | 30 ... 50 | 50 ... 80 | 80 ... 120 | 120 ... 150 | | 6 ... 18 | 18 ... 50 | 50 ... 120 | 120 ... 260 |
| Обтачивание: | | | | | | | | | | | | | | |
| черновое | 40 ... 100 | 120 ... 60 | 14 | - | - | 620 | 740 | 870 | 1000 | – | 40 | 60 | 80 | 100 |
| | | | 13 | 240 | 280 | 340 | 400 | 460 | 530 | 10 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| получистовое или однократное | 10 ... 80 | 50 ... 20 | 13 | 240 | 280 | 340 | 400 | 460 | 530 | | | | | |
| | | | 11 | 120 | 140 | 170 | 200 | 230 | 260 | 9 | 20 | 25 | 30 | 40 |
| чистовое | 6,3 ... 40 | 30 ... 20 | 10 | 70 | 84 | 100 | 120 | 140 | 160 | 8 | 12 | 16 | 20 | 25 |
| | | | 9 | 35 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| тонкое алмазное | 1,6 ... 6,3 | 10 ... 5 | 9 | 35 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | | | | | |
| | | | 8 | 18 | 21 | 25 | 30 | 35 | 40 | 6 | 5 | 6 | 8 | 10 |
| Шлифование: | | | | | | | | | | | | | | |
| предварительное | 3,2 ... 10 | 20 | 9 | 35 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| чистовое | 1,6 ... 6,3 | 15 ... 5 | 8 | 18 | 24 | 25 | 30 | 35 | 40 | 6 | 5 | 6 | 8 | 10 |
| | | | 7 | 12 | 14 | 17 | 20 | 23 | 27 | | | | | |
| тонкое | 0,4 ... 3,2 | 5 | 7 | 12 | 14 | 17 | 20 | 23 | 27 | 6 | 5 | 6 | 8 | 10 |
| | | | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 18 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Притирка | 0,4 ... 3,2 | 5 ... 3 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 18 | | | | | |
| | | | - | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 4 | 2 | 2,5 | 3 | 4 |

**Технология и точность изготовления запорно-регулирующих элементов арматуры.** При выборе варианта механической многопереходной обработки запорно-регулирующих деталей затворов: тарелок, дисков, пробок, клиньев в первую очередь преследуется цель удалить слой металла (припуска) с уплотнительных поверхностей и достичь заданной точности за наименьшее число переходов [12].

Для того чтобы с наименьшими затратами труда определить оптимальный вариант многопереходной обработки, необходимо установить общие закономерности выбора различных вариантов, а также правила и последовательность действий при поиске наилучшего из них. Множество возможных вариантов образует область допустимых решений, в которой необходимо найти наилучшее из всех возможных для конкретных условий обработки. Так как рассматриваемой задаче предшествует выбор заготовки и типа оборудования, то в допустимых решениях есть все возможные сочетания параметров обработки в их различной последовательности с учетом точности заготовки, детали и характеристики оборудования.

При многопереходной обработке каждый предыдущий переход существенно влияет на последующий. Поэтому различные варианты выполнения последующего перехода могут рассматриваться только после того, как выбраны определенные параметры предшествующего перехода. Различные варианты многопереходной обработки следует рассматривать как отличные друг от друга по количеству и основным характеристикам наборы переходов, выполняемые в строго определенной последовательности. Каждый такой набор дает определенную точность обработки и связан с конкретными затратами. Можно определить, какие из них обеспечивают заданную точность обработки, а из последних – наиболее эффективные по трудоемкости.

Количество возможных вариантов определяется, прежде всего, технической характеристикой используемого оборудования. Универсальное оборудование имеет дискретные значения частот вращения и подач. Устройство же для настройки на глубину резания обеспечивает практически непрерывное ее регулирование. При этом, если задана стойкость инструмента, то скорость резания можно принять производной от глубины резания и подачи. Следовательно, два последних параметра и определяют многовариантный характер рассматриваемой задачи. Глубина резания на первом переходе теоретически может принимать значения от максимального, равного общему максимальному припуску на рассматриваемую поверхность, до минимального, физически допустимого процесса резания. Каждая последующая величина ее может отличаться от предыдущей на величину, которая характеризуется возможностью устойчивого

регулирования при данной конструкции настроечного устройства. Таким образом, на первом переходе глубина резания выражается величиной $(t_{max} - jt)$, где $j = 0, 1, 2 \ldots, p$.

Каждая из указанных глубин резания может образовывать новый вариант первого перехода в сочетании с различными величинами подач, принимающими значения от $S_{max}$ до $S_{min}$. В результате образуется определенное множество вариантов выполнения первого перехода, неравноценных как по получаемой точности обработки, так и по затратам.

Вариант выполнения первого перехода влияет на количество вариантов последующих переходов, в первую очередь за счет глубины резания. Так как характеристика настроечного устройства остается неизменной, то количество вариантов на последующих переходах будет тем больше, чем больше часть припуска, оставшаяся неиспользованной после первого перехода. Количество вариантов второго перехода, соответствующих одному какому-либо варианту первого перехода, будет определяться числом сочетаний возможных глубин резания с различными величинами подач. При выполнении второго перехода по различным вариантам получаются различные по точности и затратам результаты. Таким образом, один вариант первого перехода в сочетании с различными вариантами выполнения второго перехода дает определенный набор неравнозначных вариантов двухпереходной обработки. Аналогично определяются возможные варианты по третьему, четвертому и другим переходам, соответствующие одному варианту выполнения многопереходной обработки.

Сравнивая результаты приведенного анализа с некоторыми положениями теории графов, приходим к выводу, что теоретически возможно описание вариантов многопереходной обработки графом, вершина которого соответствует определенному показателю обработки (точность, затраты и т.д.), а ребра, соединяющие две вершины, – определенным параметрам перехода. Цепи, выходящие из вершины графа, соответствующей определенному показателю заготовки арматуры, имеют последнее ребро, рассматриваемое как последний переход. Сами цепи описывают варианты многопереходной обработки. Поэтому формально различные варианты переходов и их последовательностей могут быть представлены ребрами и цепями графа.

Построение дерева осуществляется следующим образом (рис. 2.3.5) [12]. Ребро, соответствующее первому переходу, выполняемому с максимальными глубиной резания и подачей, соединяет вершину графа (колебания заданной глубины резания вследствие погрешностей заготовки) с вершиной, отражающей достигнутую точность. Следующие ребра и вершины получаются в результате сочетания максимальной глубины резания с по-

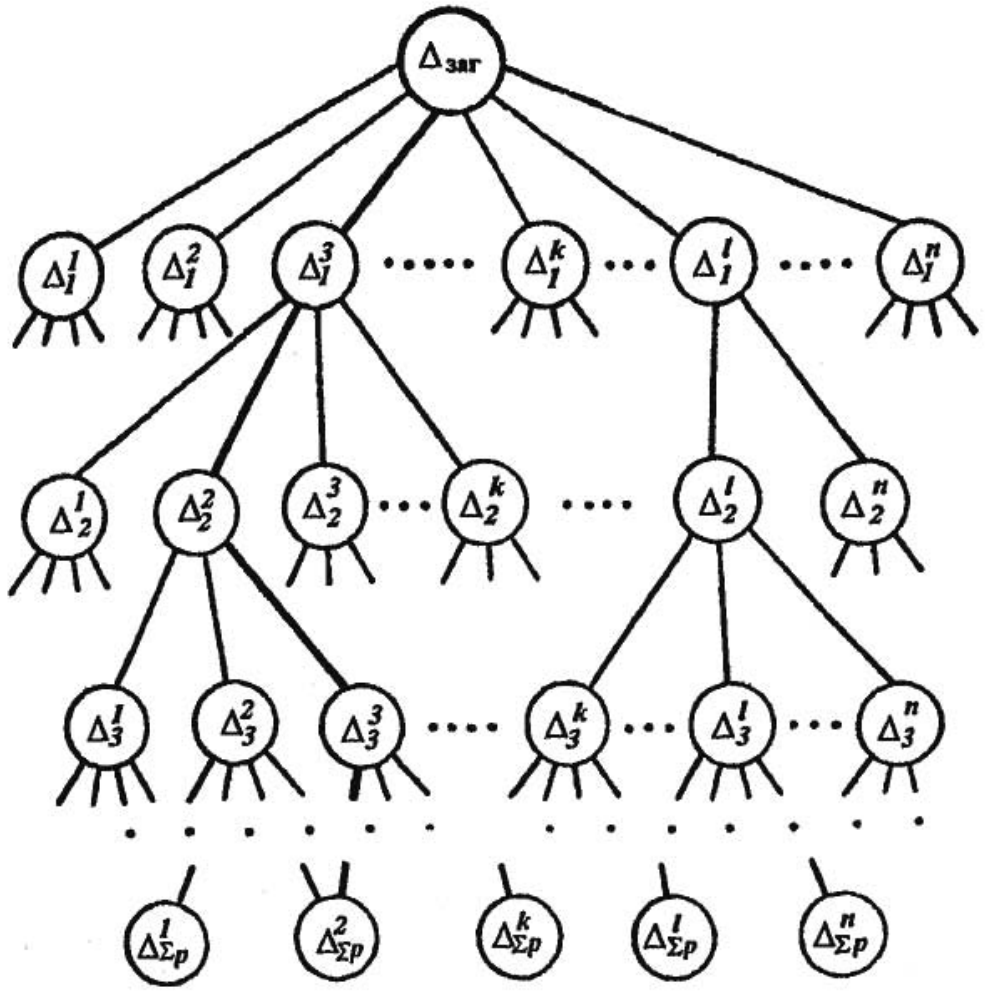



**Рис. 2.3.5. Граф вариантов обработки уплотнительной поверхности детали затвора арматуры**

дачей, максимально близкой к $S_{max}$. Вершины, соединяемые ребрами непосредственно с вершиной графа, обозначены через $\Delta_1$. Полученные ребра графа формально описывают варианты однопереходной обработки детали арматуры. Их количество определяется числом сочетаний глубины резания $t_{max}$ с рассматриваемыми значениями подач.

При уменьшении глубины резания первого перехода появляется необходимость в последующей обработке оставшейся части припуска, т.е. цепи графа, соответствующие вариантам такой обработки, должны состоять из двух ребер. Если ребро, исходящее из корня дерева, построено для случая $(t_{max} - t; S_{max})$, то число ребер, соединяющих вершины $\Delta_1$ и $\Delta_2$, будет равно числу сочетаний глубины резания $t$ с подачами ряда $S_{max}, \ldots, S_{min}$. Цепь, началом которой является ребро $(t_{max} - t; S_{min})$, заканчивается ребром $(t; S_{min})$.

Следовательно, число ребер, соединяющих вершины $\Delta_1$ и $\Delta_2$, зависит от подачи $S$ ребра, соединяющего вершину графа с вершиной $\Delta_1$. Это ограничение числа возможных вариантов основано на технологической предпосылке, согласно которой подача на последующем переходе не должна превосходить подачу на рассматриваемом переходе. Число ребер, соединяющих вершину графа с вершинами $\Delta_1$, равно числу рассматриваемых подач. Уменьшение заданной глубины резания первого перехода на $2t$ дает возможность обрабатывать как за два, так и за три перехода. Количество ребер значительно возрастает, подсчитываются они как и в первых двух случаях.

Цепи в данном случае могут быть определены следующим образом. Когда цепь состоит из любого ребра, соединяющего вершину графа с вершиной $\Delta_1$, и конечного ребра, соединяющего вершины $\Delta_1$ и $\Delta_2$. Они соответствуют вариантам обработки с глубиной резания $2t$, равной оставшейся части припуска, в сочетании с определенными подачами. Так же как и раньше, число ребер определяется из условия, что подача при последующей обработке не может быть больше, чем на предыдущей.

Если же второе ребро цепи соответствует не всей оставшейся части припуска, а меньшей на величину $t$, то появляется необходимость в третьем ребре цепи. Количество третьих ребер определяется описанным выше способом.

Аналогично строится граф при выполнении первого перехода с глубинами резания $(t_{max} - 3t)$, $(t_{max} - 4t)$ и т.д. При этом количество ребер в цепях растет при уменьшении глубины резания первого перехода. Поэтому граф будет включать много нереальных цепей.

Для того чтобы каждая ветвь отражала вариант многопереходной обработки, представляющей практический интерес, необходимо установить определенные технологические правила, которым она должна удовлетворять. Рационально начинать построение графа с минимального числа переходов, постепенно увеличивая их. В этом случае и расчеты должны проводиться в такой же последовательности, что значительно уменьшит их объем. Аналогичному правилу надо следовать и при выборе последовательности рассмотрения различных значений подач. На завершающем переходе на подачу $S_k$ накладываются ограничения, обусловленные заданным параметром шероховатости $Rz$ уплотнительной поверхности запорно-регулирующего элемента [12]

$$S_k \le \frac{Rz\, R^{0,53}\, \varphi_1^{0,04}}{98 - 0{,}5\,\nu}$$

при скорости резания v

$$10 < v \le 193 - \frac{243S}{R^{0,52}}$$

и

$$S_k \le \sqrt{R^2 - (R - Rz)^2}$$

при

$$v > 193 - \frac{243S}{R^{0,52}},$$

где $R$ – радиус при вершине резца; $\varphi_1$ – вспомогательный угол в плане резца.

Поэтому из всего ряда подач, имеющихся на станке при построении графа дерева, достаточно принять ограниченное число, например пять-шесть, из которых одно-два будут меньше $S_k$, а остальные (предназначенные для первых переходов) – больше.

В общем случае каждая глубина резания $t$ может сочетаться с любым значением подачи из ряда $S_{max}$, ..., $S_k$, ..., $S_{min}$, но нецелесообразно использовать на последующем переходе подачу большую, чем на предшествующем. Поэтому при построении графа количество ребер, исходящих из одной вершины, будет зависеть от величины подачи, соответствующей предшествующему ребру. Варианты последних переходов $p$ устанавливают с учетом условия $S_p \le S_k$. Но и в этом случае не все возможные сочетания глубины резания и подачи должны приниматься во внимание при построении графа.

Сочетания глубины резания с подачей образуются последовательно от $S_{max}$ до $S_{min}$. Граф строят с учетом сочетаний максимальных глубины резания и подачи с учетом ограничений. Ряд технологических правил регламентирует порядок изменения глубины резания при построении графа. Наиболее важное из них – это правило, устанавливающее связь между технической характеристикой настроечного устройства и изменениями глубины резания в различных вариантах переходов.

При построении ребер одной цепи должно выполняться условие закономерного уменьшения первичных погрешностей обработки. Поэтому $t_i \ge t_{i-1}$, где $t_i$ – глубина резания, соответствующая рассматриваемому ребру; $t_{i-1}$ – глубина резания, относящаяся к предшествующему ребру той же цепи.

Из построения графа следует, что количество цепей увеличивается пропорционально тому, насколько глубина резания на рассматриваемом

переходе отличается от наибольшей, приемлемой для него. Из практики известно, что при обработке наибольшее число переходов (например, для станков токарной группы) не превышает четырех, так как дальнейшее их увеличение приводит к значительному росту штучного времени за счет вспомогательного. Поэтому с учетом принятых ограничений уже на первом переходе глубина резания не должна быть меньше определенной. В общем случае наименьшая глубина резания, рассматриваемая на переходе

$$t_{n\min} = \frac{t_{\max} - \sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{факт}\,i}}{p_{\text{доп}} - n},$$

где $t_{\max}$ – максимальная глубина резания при снятии всего припуска за один переход; $n$ – порядковый номер рассматриваемого перехода; $\sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{факт}\,i}$ – суммарный припуск, снятый на предшествующих переходах; $p_{\text{доп}}$ – допустимое количество переходов, принимаемых для данного расчета.

При построении графа принимают во внимание заданные глубины резания на каждом переходе, которые могут существенно отличаться от фактических из-за упругих отжатий технологической системы ОЗПИ, износа инструмента и т.д. Таким образом, граф, построенный по изложенной методике, формально описывает возможные варианты обработки детали арматуры из определенной заготовки на заранее выбранном оборудовании. Каждому ребру произвольной цепи $i$, построенному для конкретного заданного значения глубины резания $t_l$ и подачи $S_j$, будут соответствовать определенные $t_{\text{факт}\,l}$ и $C_l$ (затраты при выполнении данного $i$-го перехода).

Задача оптимизации параметров многопереходной обработки формально может быть сформулирована следующим образом. Среди определенного множества цепей графа, построенного для конкретного случая обработки, отыскать удовлетворяющую ограничениям и дающую минимальное значение целевой функции:

$$\left.\begin{aligned} N_{\text{рез}} &\le N_{\text{эп}}\eta; \\ P_z &\le [P_{\text{ин}}]; \\ [T] &\ge T_{\text{эк}}; \\ P_x &\le [P_{\text{ст}}]. \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} &Rz_k\, Ra_k \le [Rz][Ra];\\ &\Delta\Phi_k \le [\Delta\Phi];\\ &n_{\min} < n_i < n_{\max};\\ &S_{\min} < S_j < S_{\max}. \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} &\sum_1^p t_{\text{факт.min}_i} \le L_{\text{заг.min}} - L_{\text{дет.min}};\\ &\sum_1^p t_{\text{факт.max}_i} \le L_{\text{заг.max}} - H_{\text{дет.max}}; \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} &\sum_1^p t_{\text{факт.min}_i} \le L_{\text{заг.min}} - L_{\text{дет.max}};\\ &\sum_1^p t_{\text{факт.max}_i} \le L_{\text{заг.max}} - L_{\text{дет.min}}; \end{aligned}\right\}$$

$$C = \sum_{i=1}^{p} C_{\text{пер}\,i} \to \min,$$

где $P_x$, $P_z$ – составляющие силы резания; $L_{\text{заг}}$, $L_{\text{дет}}$ – соответственно длина заготовки и детали.

Условия по мощности привода станка $N_{\text{эп}}$ с учетом КПД η и мощности на резание $N_{\text{рез}}$ по прочности режущей части инструмента и по стойкости инструмента $[P_{\text{ин}}]$, по силе, допускаемой механизмом подачи станка $[P_{\text{ст}}]$, используют только на черновых переходах. На последнем переходе необходимо обеспечить: допуск на размер $[T]$, с учетом его изменения при эксплуатации $T_{\text{эк}}$, высоту микронеровностей по $[Rz]$ или $[Ra]$ поверхности и погрешность формы обрабатываемой поверхности $[\Delta\Phi]$. Режимы обработки: частота вращения $n_i$ и подача $S_j$ приведены по диапазонам в паспортных данных станка.

Оптимальное решение находят путем определения экстремального значения целевой функции $C$ для всего подмножества ребер, исходящих из каждой вершины (см. рис. 2.3.5).

Технологически достижимая точность размеров, формы, волнистости и шероховатости уплотнений запорно-регулирующих элементов арматуры приведена в табл. 2.3.16 [1].

Таблица 2.3.16

| Вид обработки | Параметр шероховатости *Rz*, мкм | Степень точности формы | Квалитет точности IT | Высота волнистости, мкм, при номинальном диаметре, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | До 6 | 6 ... 18 | 18 ... 50 | 50 ... 120 | 120 ... 260 | 260 ... 500 |
| Обтачивание: | | | | | | | | | |
| черновое | 40 ... 160 | 10 | 14 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 |
| | | 9 | 13 | 12 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| получистовое | 10 ... 80 | 8 | 11 | 8 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |
| | | 7 | 10 | 5 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| чистовое | 6 ... 40 | 6 | 9 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| тонкое | 2 ... 6 | 5 | 8 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| Шлифование: | | | | | | | | | |
| предварительное | 4 ... 10 | 6 | 8 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| чистовое | 2 ... 6 | 5 | 7 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| тонкое | 0,4 ... 3,2 | 4 | 6 | 1,2 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 |
| Притирка: | | | | | | | | | |
| черновая | 0,8 ... 3,2 | 3 | 6 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 |
| чистовая | 0,2 ... 1,6 | 2 | 5 | 0,5 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 |
| тонкая | 0,05 ... 0,8 | 1 | 5 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 |

**Технология притирки уплотнительных поверхностей.** В число обязательных операций по обработке высокоточных деталей арматуры (запорно-регулирующих элементов и корпусов) входит притирка уплотнительных поверхностей. Ее обязательно выполняют и при проведении среднего и капитального ремонта каждого изделия [5]. Степень герметичности запорного органа зависит от качества притирки, поэтому она должна выполняться тщательно с соблюдением необходимых методов обработки и контроля качества [8, 9, 23, 25].

В соответствии с технологическим процессом уплотнительные поверхности можно притирать после их очистки, протачивания и шлифования. Операцию шлифования выполняют, как правило, на затворе (клине, тарелке, диске, пробке) и при наличии соответствующего оборудования.

После механической обработки поверхностей, подлежащих притирке, шероховатость не должна быть выше $Rz = 20$ мкм. Притирка заключается в обработке металлической поверхности абразивными зернами, свободно расположенными между взаимно движущимися поверхностями. Одна из поверхностей является ведущей (притир), ее изготовляют из более мягкого материала, чем материал обрабатываемой уплотнительной поверхности. В поверхность притира вдавливают (шаржируются) зерна абразива и ведут по обрабатываемой поверхности.

Существуют два метода притирки – с помощью притира и взаимная притирка двух поверхностей, когда две детали арматуры взаимно перемещаются друг относительно друга. Использование притира более рационально. Перед притиркой ведущую поверхность тщательно очищают бензином и шаржируют, т.е. наносят равномерным слоем разведенную притирочную пасту. В процессе притирки пасту периодически возобновляют, так как абразивы постепенно разрушаются, а смазка окисляется.

Для получения требуемой шероховатости уплотнений необходимо применять соответствующие притирочные пасты и соблюдать определенный режим притирки. Притирочная паста представляет собой относительно густую жидкость, насыщенную абразивами. В состав жидкости входят смазывающие вещества и поверхностно-активные добавки. Наиболее часто используют машинное масло (индустриальное) с добавкой олеиновой кислоты или состав из машинного масла с керосином в отношении 2:1 или 1:1 с добавкой олеиновой или стеариновой кислоты. В жидкость замешивают порошок абразива до образования сметанообразной смеси густотой, соответствующей техническому вазелину при 20 °С, примерно 1 часть притирочного порошка и 2 части жидкости.

Абразивные порошки, твердость которых выше твердости закаленной стали, считаются твердыми (порошки синтетических алмазов, карбида бора, карбида кремния, электрокорунда, наждака и др.). Порошки, твердость которых ниже твердости закаленной стали, считаются мягкими (порошки окиси хрома, железа, алюминия, олова и др.).

Для притирки широко применяются пасты ГОИ. Бывает три сорта паст ГОИ: грубая, средняя и тонкая. Грубая паста (светло-зеленая) содержит абразивы размером 40 ... 17 мкм и служит для предварительной притирки после механической обработки. Средняя паста (зеленая) с абразивами 16 ... 8 мкм дает поверхность более тщательно притертую, чем грубая. Тонкая паста (черная с зеленоватым оттенком) имеет абразивы менее 8 мкм и применяется для окончательной притирки или доводки и придания поверхности уплотнения зеркального блеска.

Наиболее часто для притирки применяют корунд, электрокорунд нормальный и белый, карбиды кремния и бора.

По размерам зерен шлифпорошки и микропорошки делятся на три группы: для грубой доводки и получения поверхности с $Ra = 1{,}25$ мкм применяют шлифпорошки зернистостью 5 ... 3 мкм, для предварительной притирки с получением поверхности с $Ra = 0{,}63$ мкм – микропорошки М28 ... М14 и для окончательной доводки с получением поверхности с $Ra = 0{,}16$ мкм используют микропорошки М10 ... М5.

Для разных материалов применяют различные пасты:

– электрокорунд белый М10 ... М14 с олеиновой кислотой;

– электрокорунд белый зернистостью 5 мкм с олеиновой кислотой;

– электрокорунд белый зернистостью М3 с машинным маслом и олеиновой кислотой.

Алмазные пасты условно делятся на четыре группы: крупная (красная), средняя (голубая), мелкая (зеленая) и тонкая (желтая). Зернистость алмазных паст от 60/40 мкм до 1 мкм. Пасты выпускаются различных концентраций: нормальной (Н) с концентрацией алмазного порошка 2 %, повышенной (П) – 5 % и высокой (В) – 10 %.

Используются также притирочные пасты из эльбора (кубический нитрид бора) различной зернистости. По концентрации пасты из эльбора подразделяются на следующие: В – высокая, С – средняя, Н – низкая, П – повышенная. По консистенции они бывают: Т – твердая, Г – густая, М – мазеобразная, Ж – жидкая. Концентрация пасты выбирается в зависимости от твердости обрабатываемого материала и зернистости порошка.

Чем выше зернистость порошка и твердость материала, тем выше принимается концентрация.

Наиболее эффективно применение алмазных и эльборовых паст при притирке твердых материалов: твердых сплавов, закаленных сталей, керамики. Для притирки этих материалов рекомендуются эльборовые пасты следующего состава, % [8, 9]:

| Состав № 1 | | Состав № 2 | |
|---|---|---|---|
| Стеарин | 33 | Стеарин | 60 |
| Порошок из эльбора | 8 | Порошок из эльбора | 4 |
| Костное масло | 14 | Костное масло | 1,5 |
| Олеиновая кислота | 27 | Технический вазелин | 34 |
| Растительный жир | 18 | Керосин | 0,5 |

Кольцевые уплотнительные поверхности арматуры притирают возвратно-вращательным движением притира с периодическим его подъемом. При механической притирке на станках окружную скорость притира, в целях исключения нагрева и возможного коробления детали, ограничивают значениями 8 ... 12 м/мин для стали, при ручной – 2 м/мин. Возвратно-вращательное движение при притирке, например кранов, происходит при угле качания 45 ... 240° в зависимости от станка, при этом окружная скорость обычно не превышает 7 м/мин.

Контактное давление оказывает влияние на шероховатость поверхности, с его увеличением (до известного предела) процесс притирки происходит более интенсивно. Однако чрезмерно большие давления приводят к повышению шероховатости вплоть до появления задира. Обычно контактное давление 0,16 ... 0,5 МПа при предварительной притирке и 0,05 ... 0,12 МПа – при чистовой. При ручной притирке контактное давление обычно находится в пределах 0,05 ... 0,15 МПа, причем бóльшие значения применяются при предварительной притирке, меньшие – при окончательной.

Притирка считается законченной, если $Ra \leq 0{,}16$ мкм, а взаимное прилегание поверхностей будет в пределах допуска на отклонения формы.

Плоские поверхности проверяют, накладывая на притертую поверхность плоскую повéрочную плиту, смазанную тонким слоем краски (лазури). После двух-трех поворотов на 1/4 оборота в разные стороны на плоскости уплотнительного кольца должен остаться равномерный слой краски. Качество проверки зависит от толщины слоя краски (чем он тоньше, тем точнее контроль).

Более тонкой является проверка по радиальным штрихам, наносимым карандашом на контактной притираемой поверхности уплотнительного кольца. Насухо вытертую контрольную плиту накладывают на уплотнительное кольцо и поворачивают на 1/4 оборота в разные стороны два-три раза. Если его поверхность не имеет значительных погрешностей, все карандашные штрихи стираются.

Проверку можно выполнить и следующим образом. Уплотнительные кольца смазывают тонким слоем масла и под легким нажимом затвор поворачивают на угол не более 10° в разные стороны 10 ... 15 раз. В тех местах, где имеются выступающие поверхности, образуются блестящие блики, создаваемые взаимным трением металлов.

Ширина контакта уплотнительных поверхностей деталей затвора задвижек при проверке по краске должна составлять 80 % от номинала. Допускается уменьшение ширины контакта до 60 % от номинала на одном-двух участках окружности протяженностью не более ширины контакта. Контактирование должно быть по замкнутому контуру. Ширина контакта уплотнительных поверхностей деталей запорного органа должна быть не менее 2 мм. Для более качественного контроля отклонений формы и шероховатости уплотнительных поверхностей используют кругломеры и профилометры [5, 23].

Параметр шероховатости уплотнительных поверхностей деталей запорного органа должен быть $Ra \leq 0{,}16$ мкм для плоских поверхностей и $Ra \leq 0{,}63$ мкм для конусных по ГОСТ 2789.

Притирка узких уплотнительных поверхностей производится с использованием соответствующих притиров. Притираемая поверхность и поверхность притира перед началом обработки и при каждой смене абразивного материала должны быть тщательно очищены бензином или керосином.

В случае механических повреждений уплотнительных поверхностей перед чистовой производят предварительную притирку с применением микропорошка карбида кремния зеленого М20, при этом притирочную пасту наносят на притираемую поверхность в трех-четырех местах и разравнивают притиром по всей поверхности. Для восстановления изношенного притира используют эталонный притир.

Движение притира может осуществляться следующими способами: вручную с использованием механизированного инструмента – электро- или пневмодрели, с применением универсальных сверлильных (настольных, вертикальных, радиальных и т.д.) станков или на специальных притирочных (одношпиндельных или многошпиндельных) станках (см. п. 2.2). Применение специальных станков позволяет ускорить притирку в два-

три раза благодаря тому, что создается стабильный заранее выбранный рациональный режим движения притира с использованием возвратно-вращательного и вибрационного движения.

Основным материалом притира служит перлитный чугун, не содержащий твердых включений и пор, не имеющий рыхлостей и раковин, внедрений зерен цементита, с содержанием основной структуры – перлита 90 ... 95 %. Свободный графит должен быть распределен равномерно в виде отдельных мелких гнезд и тонких пластинок без значительных завихрений и переплетений. Обычно применяется чугун следующего химического состава, %: 2,8 ... 3,1 C (в том числе связанного углерода 0,6 ... 0,8); 1,8 ... 2,0 Si; 0,5 ... 0,7 Mn; не более 0,12 S; 0,3 ... 0,1 P. Твердость чугуна при использовании паст ГОИ следует иметь 200 ... 220 НВ, а при применении абразивных паст – 150 ... 170 НВ.

Применяют также ферритно-перлитный чугун марки СЧ15 твердостью 163 ... 190 НВ. В качестве рабочей используют нижнюю, более плотную, сторону отливки. Может быть использован и чугун следующего химического состава, %: 3,0 ... 3,5 C; 3 ... 4 Si; 0,6 ... 0,7 Mn; не более 0,1 S; не более 0,8 P.

Притиры на золотник (диск) и седло необходимо обрабатывать на тех же станках, что и сами золотник и седло. Взаимное прилегание притиров проверяют на краску. Притир должен применяться только с одним видом притирочной пасты определенной зернистости, регулярно контролироваться по неплоскостности. Плоскостность точных плоских притиров проверяют с помощью интерференционных стекол, а также кругломеров.

Притиры не должны иметь остаточных напряжений во избежание деформации в процессе работы, поэтому их подвергают искусственному старению при температуре 450 ... 500 °С. Заготовки притиров после предварительной (черновой) механической обработки загружают в печь, нагретую до температуры не выше 100 °С. Затем заготовки нагревают до 450 ± 20 °С со скоростью не более 60° в час. Выдержка назначается из расчета 1 ч на каждые 25 мм толщины в наибольшем сечении. Охлаждение производится со скоростью до 40° в час, а выгрузка из печи – при температуре не выше 80 °С.

Для доводки плоских уплотнительных поверхностей применяются такие процессы, как обкатывание и виброобкатывание шариками, выглаживание поверхности алмазными и твердосплавными выглаживателями, а для конусных уплотнительных поверхностей седел клапанов с малыми условными проходами – обжатие конусным пуансоном. После обработки пластическим деформированием поверхность имеет низкую шероховатость, повышенную твердость и износостойкость [25, 30].

Если дефекты уплотнительных колец не могут быть ликвидированы притиркой, предварительно производится протачивание и шлифование уплотнительных поверхностей.

**Технология и точность изготовления фланцев.** Остановимся на описании типовых процессов изготовления фланцев более подробно, учитывая специфику технологий получения заготовок.

В качестве заготовок для изготовления фланцев используют поковки, штамповки, профильный прокат, бандажные и сварные заготовки. При выборе способа получения заготовки для фланца необходимо учитывать материал и габаритные размеры фланца, размеры сечения обода, коэффициент использования металла, трудоемкость изготовления и другие факторы. В табл. 2.3.17 приведены рекомендации по областям применения каждого из указанных способов [20].

О целесообразности применения заготовок каждого вида решают, исходя из конкретные условий производства.

Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах имеет ряд преимуществ перед штамповкой на молотах: повышается производительность труда и точность исполнения размеров поковки, увеличивается коэффициент использования металла в результате уменьшения штамповочных уклонов, уменьшается расход электроэнергии и улучшаются условия труда. Гибку с последующей сваркой выгодно применять, когда сечение обода фланца относительно небольшое и материал фланца обладает хорошей свариваемостью.

В табл. 2.3.18 приведены сравнительные технико-экономические показатели изготовления заготовок фланцев ковкой в подкладном кольце и гибкой из профильного проката с последующей сваркой встык.

Таблица 2.3.17

| Наименование способа | $D_y$, мм | Тип производства |
|---|---|---|
| Штамповка на молотах свободной ковки | 10 … 250 | Серийный |
| Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах | 10 … 150 | Серийный, массовый |
| Гибка профильного проката | > 250 | Серийный |
| Из бандажных заготовок | 400 … 2000 | Массовый |
| Из сварных секторов | > 400 | Единичный |

Таблица 2.3.18

| Показатели | Способ изготовления фланцев | |
|---|---|---|
| | Гибка профиля с последующей сваркой | Ковка в подкладочном кольце |
| Масса, кг: | | |
| заготовки | 18,8 | 69,0 |
| поковки | – | 41,0 |
| фланца | 13,5 | 15,4 |
| Коэффициент использования металла | 0,8 | 0,2 … 0,25 |
| Трудозатраты, человеко-час: | | |
| на поковку | 0,2 | 1,2 |
| на токарную обработку | 0,25 | 3,25 |
| Выпуск фланцев на единицу производственного оборудования за одну смену, шт. | 70 | 12 |

При получении заготовок ковкой с последующей прокаткой на кольцепрокатном стане отмечается большая степень деформации материала фланца во всех направлениях, отсутствие сварного шва, сравнительно высокий коэффициент использования металла, что позволяет рекомендовать этот способ при серийном изготовлении крупногабаритных фланцев. Получение заготовок сваркой из отдельных секторов применяют, как правило, для фланцев больших размеров, изготовляемых из проката толщиной более 40 мм или из марок сталей, на которые отсутствует стандартный профильный прокат.

Фланцы чаще всего штампуют в открытых штампах, на зеркале которых размещают площадку для осадки заготовок площадью более 30 % всей площади зеркала штампа. Заготовки фланцев $D_y$ 200 … 250 мм осаживают на ковочном молоте, а остальные операции выполняют на штамповочном молоте. Выбирая размеры штампа, необходимо учитывать усадку при остывании (15 %). Для предотвращения застревания фланца в штампе боковые стенки ручьев изготовляют с уклоном 3 … 10°.

На кривошипных прессах в комбинированных штампах за один ход пресса прошивают отверстия и обрезают заусенцы (рис. 2.3.6). Одновременно фланцы с $D_y$ до 100 мм правят по плоскости. Фланцы большего диаметра правят на молоте в чистовом ручье штампа.

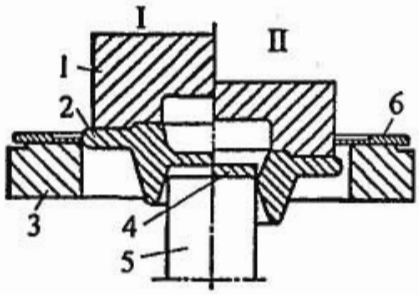



**Рис. 2.3.6. Комбинированный штамп для прошивки отверстия и обрезки заусенцев (I – начальное положение штампа; II – положение штампа после обрезки и прошивки):**
*1* – обрезной пуансон; *2* – поковка; *3* – обрезная матрица; *4* – выдра; *5* – прошивной пуансон; *6* – заусенец

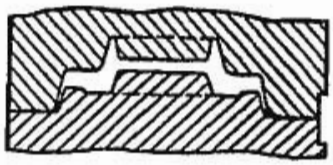


**Рис. 2.3.7. Штамп для безоблойной штамповки фланцев**

В связи с тем что стойкость штампов, имеющих сравнительно малые размеры выступов, низкая, воротниковые фланцы штампуют без прошивки отверстия. В некоторых случаях для увеличения срока службы штампов выступы выполняют сменными и по мере износа их заменяют.

Конструкция штампов для безоблойной штамповки (рис. 2.3.7) предусматривает возможность заполнения штампа металлом прежде, чем он достигнет выхода в облойную канавку. Значительное влияние на заполнение формы штампа оказывает форма исходной заготовки, которая должна приближаться к окончательной форме поковки. Указанное достигается предварительной штамповкой в черновых ручьях.

В ряде случаев при изготовлении фланцев на кривошипных горизонтально-ковочных прессах применяют совмещенную штамповку фланцев различных размеров (рис. 2.3.8), что позволяет сократить расход металла и увеличить выпуск готовой продукции с единицы технологического оборудования.

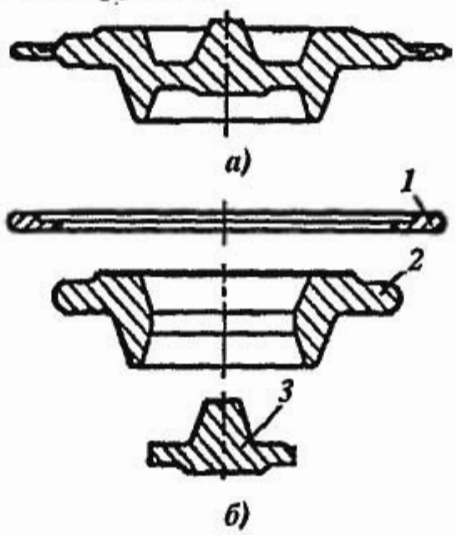



**Рис. 2.3.8. Совмещенная штамповка фланцев:**
*а* – совмещенная заготовка; *б* – поковки: *1* – заусенец; *2* – основная поковка; *3* – дополнительная поковка

Технологический процесс изготовления заготовок по методу гибки заключается в разрезке полосы или профиля на мерные заготовки, гибке в кольцо и стыковой сварке.

На рис. 2.3.9 показана фланцегибочная машина, предназначенная для гибки в горячем состоянии колец и полуколец для фланцев больших диамет-

ров и толщин. В табл. 2.3.19 дана техническая характеристика фланцегибочной машины.

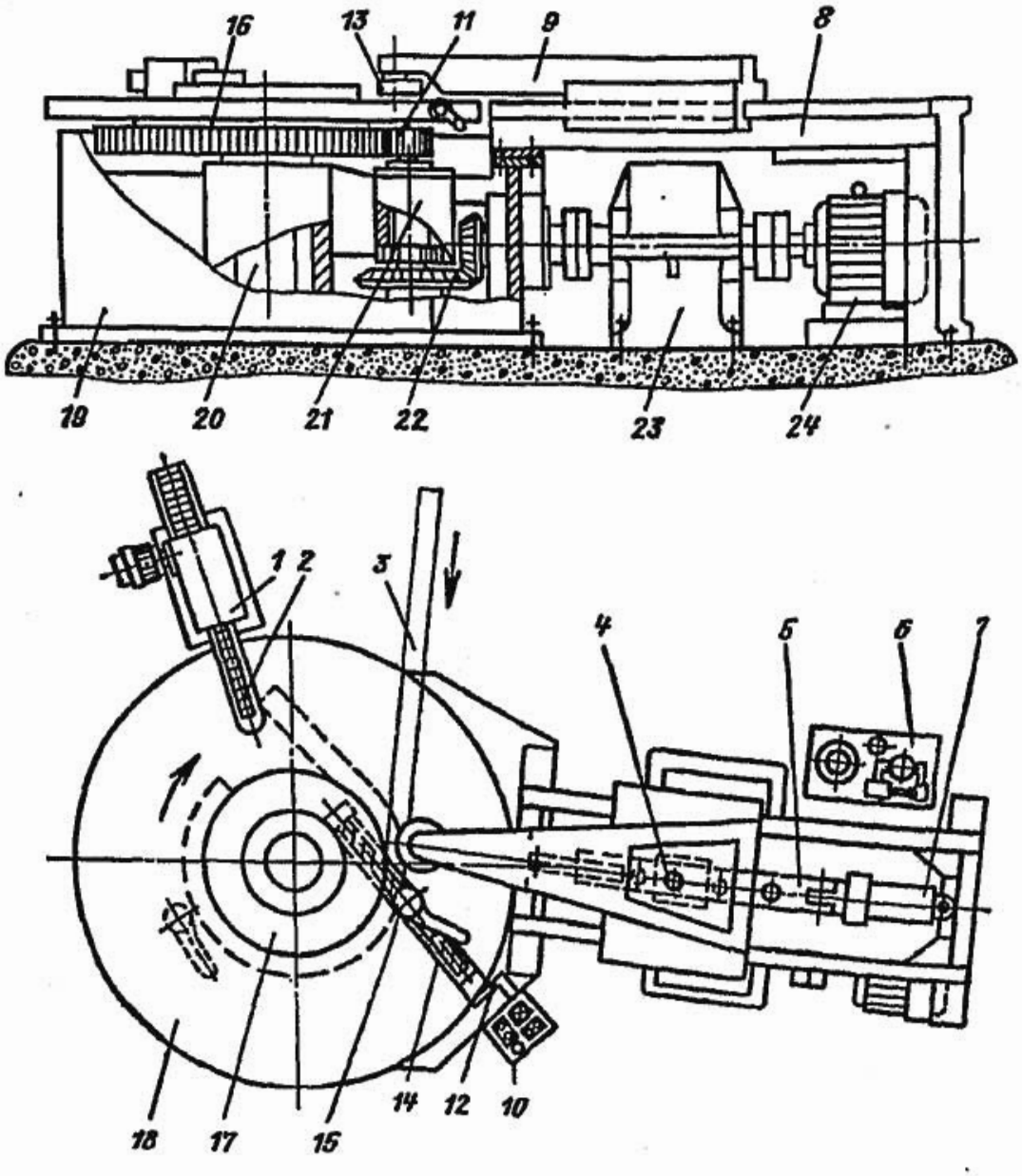



**Рис. 2.3.9. Фланцегибочная машина:**
*1* – электромеханический привод; *2* – выдвижной упор; *3* – полоса; *4* – валик; *5* – штанга; *6* – гидропривод; *7* – гидроцилиндр; *8* – рама; *9* – консоль; *10* – пульт управления; *11* – шестерня; *12* – рукоятка; *13* – гибочный ролик; *14* – винт; *15* – зажимной эксцентрик; *16* – зубчатое колесо; *17* – сменный шаблон; *18* – поворотный стол; *19* – станина; *20* – ось; *21* – вал; *22* – коническая передача; *23* – редуктор; *24* – электродвигатель

Таблица 2.3.19

| Параметры | Значения |
|---|---|
| Диаметр изгибаемой полосы, мм | 600 ... 1600 |
| Частота вращения стола, об/мин | 2 |
| Сила прижатия ролика при рабочем давлении в гидроцилиндре машины 10 МН/м$^2$, МН | 0,2 |
| Наибольшее поперечное сечение заготовки из стали Ст3сп при 850 °С, мм | 120×70 |
| Мощность электродвигателя, кВт | 28 |
| Габаритные размеры, мм | 4750×2400×1170 |

Конец полосы *3* заводят между эксцентриком *15* и шаблоном *17*. При вращении стола по часовой стрелке происходит самозатягивание эксцентрика и изгибание полосы по шаблону. Для получения полного кольца необходимо эксцентрик отвести от изогнутой полосы, что становится возможным при вращении стола против часовой стрелки. Отжимают эксцентрик упором *2*. При гибке полосы ручка эксцентрика доходит до упора, а эксцентрик поворачивается, и полоса освобождается от зажима. Стол *18* поворачивается, эксцентрик зажимает полосу в положении, показанном на рисунке штриховой линией. Зажав полосу эксцентриком, ее окончательно обкатывают гибочным роликом и снимают заготовку.

В качестве исходного материала для изготовления цельнокатаных фланцев могут служить слитки или кованые цилиндрические заготовки, которые разрезают чаще всего на мощных многорезцовых станках, оставляя по оси разрезаемых заготовок шейку диаметром 50 ... 60 мм. Надрезанные таким образом слитки поступают на специальный пресс (слиткоколоматель), на котором мерные заготовки отделяют друг от друга. При производстве фланцев из высоколегированных сталей экономически выгоден анодно-искровой способ разрезки кованых заготовок.

Наиболее ответственными технологическими операциями при производстве цельнокатаных фланцев являются осадка, прошивка, раскатка на оправке и прокатка на стане. При этом на поверхности заготовок, в особенности из малопластичных высоколегированных сталей, часто появляются дефекты в виде разрывов и трещин, которые при последующей обработке давлением приводят к неисправимому браку фланцев. Промежуточные заготовки с подобными дефектами перед их дальнейшей обработкой передают на зачистку или обдирку.

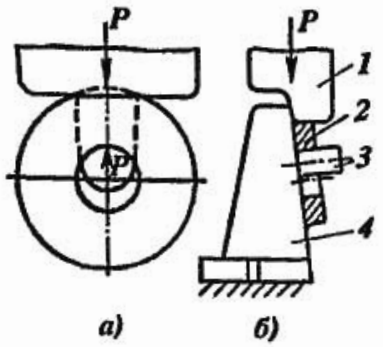



**Рис. 2.3.10. Схемы раскатки кольцевой заготовки на скобе с двумя веерными плечами (*а*) и на роговой оправке (*б*):**
*1* – верхний боек; *2* – заготовка; *3* – рог; *4* – нижний боек

Раскатку на оправке (рис. 2.3.10) применяют для увеличения внутреннего и наружного диаметров прошитой заготовки в результате уменьшения начальной толщины кольца. При раскатке на роговой оправке можно получить профиль поперечного сечения обода кольцевой заготовки, приближенный к конечному профилю фланца. Внутренний диаметр кольцевой заготовки после раскатки должен быть наименьшим, но достаточным для надевания ее на нажимной валок кольцепрокатного стана.

Заготовки диаметром 120 ... 420 мм раскатывают на специализированных машинах.

На рис. 2.3.11 приведена схема поточной линии изготовления фланцев раскаткой.

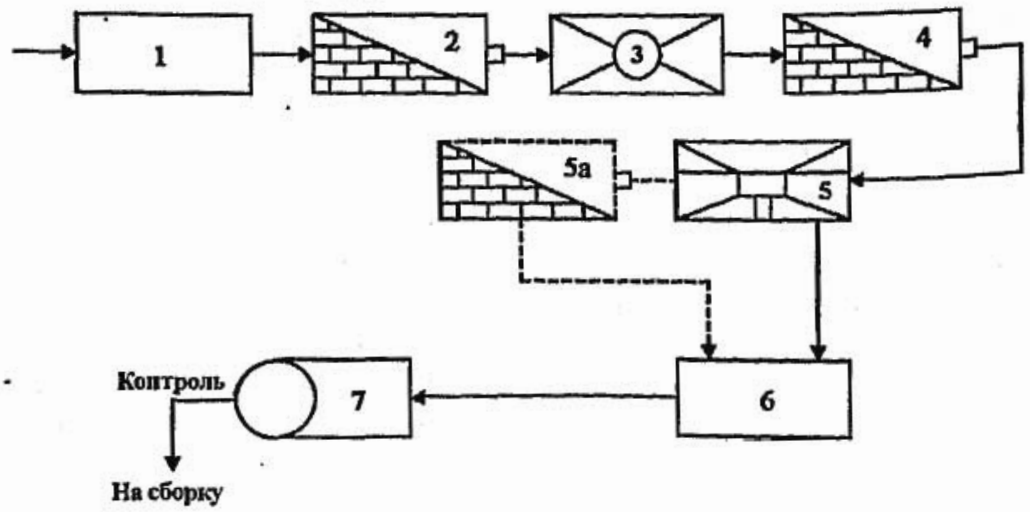



**Рис. 2.3.11. Схема поточной линии изготовления фланцев методом раскатки:**
*1* – участок разметки и резки заготовок на дисковой пиле; *2* – камерная печь для нагрева заготовок; *3* – пневматический молоток; *4* – камерная печь для нагрева заготовок перед раскаткой; *5* – раскаточная машина типа РМ 500; *5а* – печь для отжига заготовок из коррозионно-стойкой стали; *6* – токарно-карусельный станок; *7* – вертикально-сверлильный станок

Силу пресса, необходимую для раскатки гладких кольцевых заготовок на оправке, можно определить по формуле

$$P = qF_k,$$

где $q$ – нормальное давление на контактной поверхности; $F_k$ – горизонтальная проекция контактной площади, $F_k = l_{ср} B_0$, $B_0$ – ширина раскатываемого кольца; $l_{ср}$ – средняя длина горизонтальной проекции очага деформации.

Длина $l_{ср}$ при раскатке кольцевых заготовок на оправке зависит от геометрических размеров раскатываемого кольца, формы и размеров рабочей поверхности бойка, диаметра оправки и степени обжатия. При раскатке кольцевых заготовок на оправке плоским бойком:

$$l_{ср} = 2\sqrt{\frac{2h}{\frac{1}{R_н} + \frac{1}{KR_{вн}}}},$$

где $R_н$ и $R_{вн}$ – соответственно наружный и внутренний радиусы кольцевой заготовки; $h$ – величина обжатия; $K$ – коэффициент, зависящий от отношения $R_{вн}/r_о$ [20]; $r_о$ – радиус оправки.

Прокатку фланцев (рис. 2.3.12) осуществляют также на специальном кольцепрокатном стане. Кольцепрокатный стан имеет два консольных валка *1*, *2* и два упорных ролика *5*. Валок *1* внешнего касания (нажимной) является приводным и передает силу от гидравлического плунжера на прокатываемую кольцевую заготовку. Валок *2* внутреннего касания (ведомый) получает вращение от гидропривода *4*. Под действием валка *1* заготовка *3* входит в профильный калибр ведущего валка и за счет сил трения начинает вращаться вместе с нажимным валком. Фла-

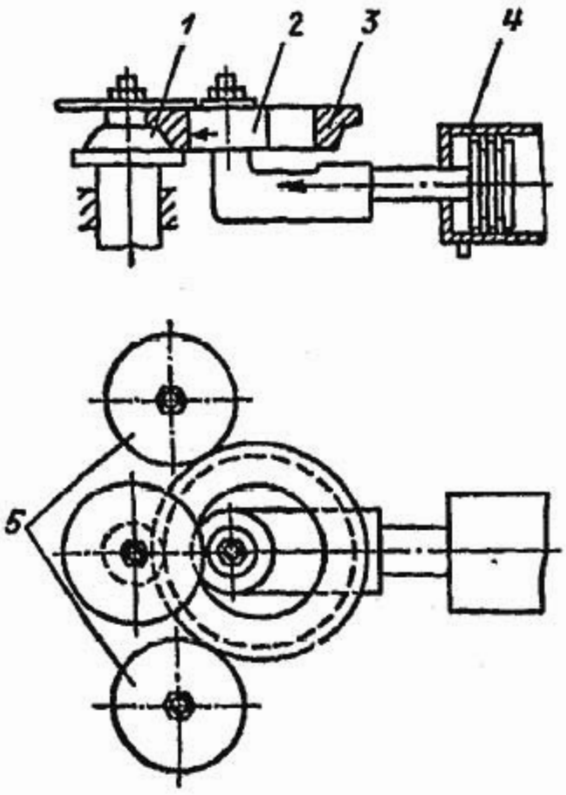



**Рис. 2.3.12. Схема прокатки фланца на кольцепрокатном стане:**
*1*, *2* – консольные валки; *3* – заготовка; *4* – гидропривод; *5* – упорные ролики

Таблица 2.3.20

| Обработка | *Rz*, мкм | Толщина дефектного поверхностного слоя, мкм | Квалитет точности размера | Технологические допуски, мкм, на размер обработки при номинальных диаметрах отверстий, мм | | | | | | | | | Степень точности формы | Предельные отклонения формы, мкм, при номинальных диаметрах отверстий, мм | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10 ... 18 | 18 ... 30 | 30 ... 50 | 50 ... 80 | 80 ... 120 | 120 ... 150 | 150 ... 260 | 260 ... 360 | 360 ... 500 | | 6 ... 18 | 18 ... 50 | 50 ... 120 | 120 ... 260 | 260 ... 500 |
| Растачивание: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| черновое | 20 ... 80 | 50 ... 30 | 12 | 240 | 280 | 340 | 400 | 460 | 530 | 600 | 680 | 760 | 9 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | | | 11 | 120 | 140 | 170 | 200 | 230 | 260 | 300 | 340 | 380 | 8 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |
| чистовое | 6,3 ... 20 | 25 ... 15 | 10 | 70 | 84 | 100 | 120 | 140 | 160 | 185 | 215 | 250 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| | | | 9 | 35 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 | | | | | | |
| тонкое, алмазное | 0,8 ... 6,3 | 10 ... 4 | 8 | 27 | 33 | 39 | 46 | 54 | 63 | 73 | 84 | 95 | 6 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| | | | 7 | 9 | 23 | 27 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | | | | | | |
| | | | 6 | 11 | 13 | 15 | 18 | 21 | - | - | - | - | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| Шлифование: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| предварительное | 6,3 ... 10 | 20 | 9 | 35 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| чистовое | 1,6 ... 6,3 | 20 ... 5 | 8 | 27 | 33 | 39 | 46 | 54 | 63 | 73 | 84 | 95 | 6 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| | | | 7 | 19 | 23 | 27 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | | | | | | |

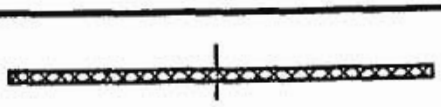
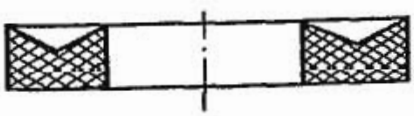
нец на стане прокатывают до окончательных размеров за несколько оборотов кольцевой заготовки. С каждым оборотом кольца диаметр фланца увеличивается, поэтому число оборотов ограничивается заданным диаметром фланца.

В табл. 2.3.20 даны справочные данные [24] по точности применительно к механической обработке отверстий деталей типа фланцев $D_y$ до 500 мм.

### 2.3.3. Технология и точность изготовления деталей из полимеров и нанесения полимерных покрытий на уплотнительные поверхности герметизаторов

Особую группу деталей арматуры изготовляют из полимерных материалов, большинство из которых выполняют функции герметизаторов (табл. 2.3.21).

Таблица 2.3.21

| Детали | Представители | Требования к точности |
|---|---|---|
| Затвора |    | Заготовки – $Ra > 12{,}5$ мкм; детали – отклонение расположения от 0,15 мм, отклонение формы от 0,1 мм, $Ra \geq 0{,}63$ мкм |
| Сальника |   | |

**Требования к точности изготовления полимерных герметизаторов.** Для изделий, получаемых формованием (литье под давлением и прессование), требования отражают в межоперационных чертежах на заготовки и технологических эскизах изделий. При формовании изделий технологический допуск $T_т$ на линейные (диаметральные) размеры выбирают по следующей методике [15]:

1. Пользуясь нормативной документацией на марку материала детали устанавливают наибольшее $MS_{max}$ и наименьшее $MS_{min}$ значение усадки и определяют отклонение величины усадки $\Delta_{MS}$ по формуле:

$$\Delta_{MS} = MS_{max} - MS_{min}.$$

2. По значению $\Delta_{MS}$ с помощью номограммы (рис. 2.3.13) устанавливают группу точности (от ГП–III до ГП–VIII). При этом помимо колебания усадки следует также учитывать марку пластмассы, степень точности изготовления (нормальная или повышенная), сложность конфигурации изделия (простая или сложная), метод переработки (литье под давлением термопластов и реактопластов или прессование), а также гнездность литьевой формы или пресс-формы (одногнездная или многогнездная).

Конфигурация изделий считается простой для:

а) круглых деталей типа прокладок диаметром до 30 мм, с отношением толщины к диаметру не более 1:10, с разнотолщинностью не более 2,5:1 при литье под давлением и литьевом прессовании и 2:1 – при прямом прессовании;

б) цилиндрических деталей типа втулок, асимметричных деталей типа колпаков и кожухов, у которых отношение диаметра к высоте не более 1:2, с наибольшим размером до 50 мм и толщиной стенки не более 5 мм.

3. Зная, какому конструктивному элементу соответствует размер (отверстие, вал и пр.) и его расположение относительно формообразующих элементов литьевой формы или пресс-формы, устанавливают категорию точности этого размера. Категория точности размеров обозначается: а – нормальной точности; б – пониженной точности; в – низкой точности.

4. В соответствии с группой точности ГП по известным номинальному значению и категории точности выбирают технологический допуск для данного размера (табл. 2.3.22–2.3.24). Для выбора допусков на размеры категории "в" (низкой точности) используют специальную номограмму, помещенную под каждой таблицей, так как на точность этих размеров влияет тип наполнителя материала детали и метод переработки литьевого материала или пресс-материала в изделие.

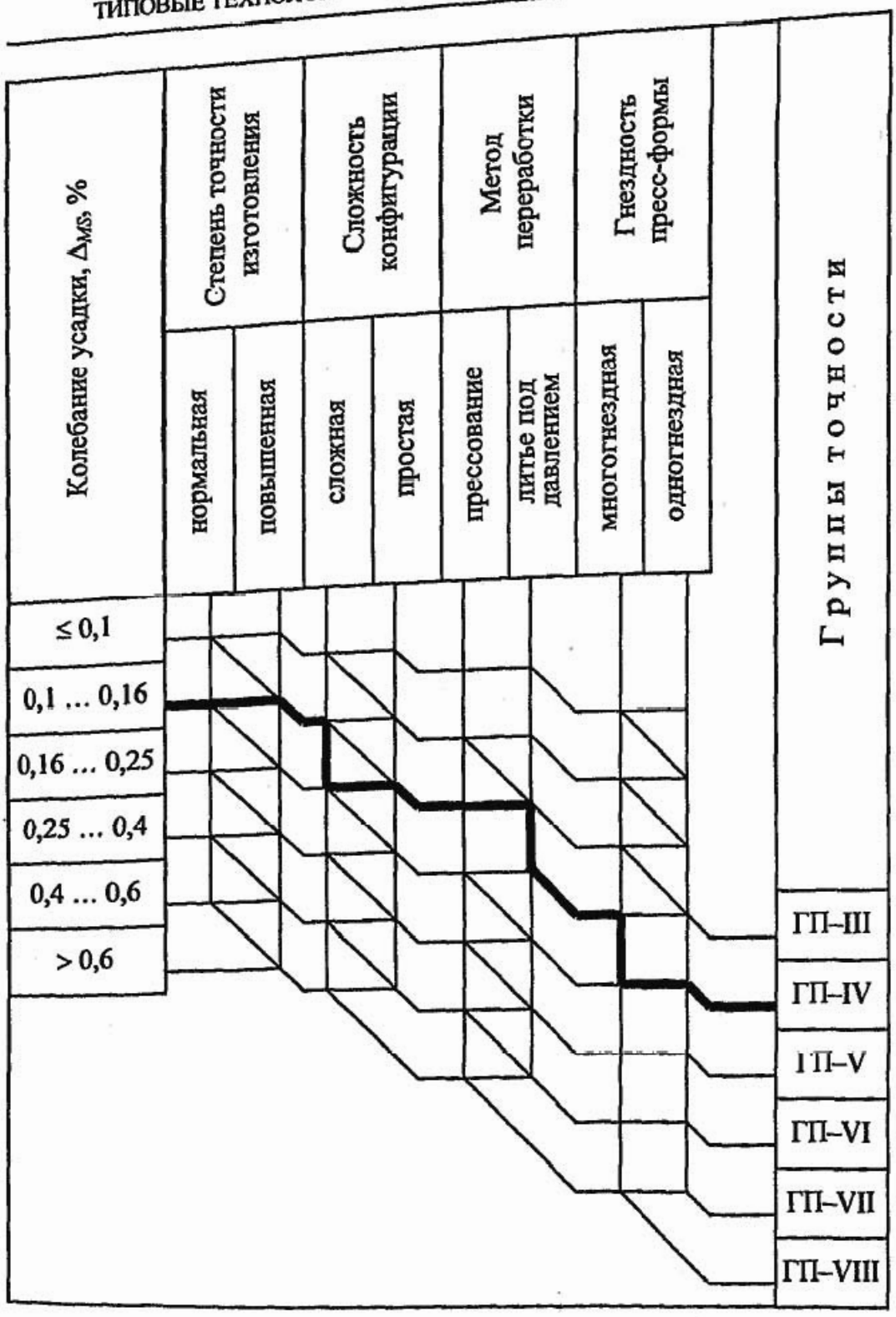



**Рис. 2.3.13. Номограмма для выбора групп и рядов точности размеров полимерных деталей арматуры**

Таблица 2.3.22

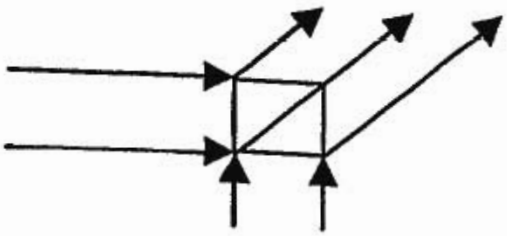
| Группа точности | Номинальные размеры, мм | Допуски, мм, при категории точности размеров | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | а | б | в | | |
| ГП–III | 1 … 3 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,11 |
| | 3 … 6 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,09 | 0,12 |
| | 6 … 10 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,10 | 0,13 |
| | 10 … 18 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,11 | 0,14 |
| | 18 … 30 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,13 | 0,16 |
| | 30 … 50 | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,18 |
| | 50 … 80 | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 0,19 | 0,22 |
| | 80 … 120 | 0,20 | 0,22 | 0,22 | 0,25 | 0,28 |
| | 120 … 180 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,32 |
| | 180 … 260 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| | 260 … 360 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| | 360 … 500 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| ГП–IV | 1 … 3 | 0,03 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 0,18 |
| | 3 … 6 | 0,06 | 0,10 | 0,10 | 0,14 | 0,20 |
| | 6 … 10 | 0,08 | 0,11 | 0,11 | 0,16 | 0,21 |
| | 10 … 18 | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,18 | 0,22 |
| | 18 … 30 | 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,21 | 0,25 |
| | 30 … 50 | 0,16 | 0,20 | 0,20 | 0,24 | 0,28 |
| | 50 … 80 | 0,22 | 0,25 | 0,25 | 0,30 | 0,36 |
| | 80 … 120 | 0,32 | 0,36 | 0,36 | 0,40 | 0,45 |
| | 120 … 180 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,50 |
| | 180 … 260 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| | 260 … 360 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| | 360 … 500 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Метод переработки | Литьевое прессование и литье под давлением |  | | | | |
| | Прямое прессование | | | | | |
| Наполнитель | | Порошкообразный и без наполнителя | | Волокнистый | | |

Таблица 2.3.23

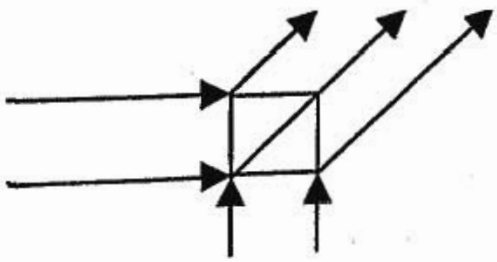
| Группа точности | Номинальные размеры, мм | Допуски, мм, при категории точности размеров | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | а | б | в | | |
| ГП–V | 1 … 3 | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,20 | 0,28 |
| | 3 … 6 | 0,10 | 0,16 | 0,16 | 0,22 | 0,32 |
| | 6 … 10 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,25 | 0,34 |
| | 10 … 18 | 0,16 | 0,20 | 0,20 | 0,28 | 0,36 |
| | 18 … 30 | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 0,34 | 0,40 |
| | 30 … 50 | 0,25 | 0,32 | 0,32 | 0,38 | 0,45 |
| | 50 … 80 | 0,36 | 0,40 | 0,40 | 0,48 | 0,55 |
| | 80 … 120 | 0,50 | 0,55 | 0,55 | 0,60 | 0,70 |
| | 120 … 180 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,80 |
| | 180 … 260 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 260 … 360 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| | 360 … 500 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 |
| ГП–VI | 1 … 3 | 0,12 | 0,20 | 0,20 | 0,32 | 0,45 |
| | 3 … 6 | 0,16 | 0,25 | 0,25 | 0,36 | 0,50 |
| | 6 … 10 | 0,20 | 0,28 | 0,28 | 0,40 | 0,52 |
| | 10 … 18 | 0,25 | 0,32 | 0,32 | 0,45 | 0,55 |
| | 18 … 30 | 0,32 | 0,40 | 0,40 | 0,52 | 0,60 |
| | 30 … 50 | 0,40 | 0,50 | 0,50 | 0,58 | 0,70 |
| | 50 … 80 | 0,55 | 0,60 | 0,60 | 0,75 | 0,90 |
| | 80 … 120 | 0,80 | 0,90 | 0,90 | 1,00 | 1,10 |
| | 120 … 180 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,20 |
| | 180 … 260 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 |
| | 260 … 360 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| | 360 … 500 | 2,80 | 2,80 | 2,80 | 2,80 | 2,80 |
| Метод переработки | Литьевое прессование и литье под давлением |  | | | | |
| | Прямое прессование | | | | | |
| Наполнитель | | Порошкообразный и без наполнителя | | Волокнистый | | |

Таблица 2.3.24

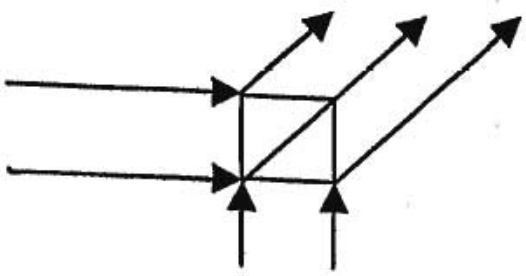
| Группа точности | Номинальные размеры, мм | Допуски, мм, при категории точности размеров | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | а | б | в | | |
| ГП–VII | 1 ... 3 | 0,19 | 0,32 | 0,32 | 0,50 | 0,70 |
| | 3 ... 6 | 0,25 | 0,40 | 0,40 | 0,55 | 0,80 |
| | 6 ... 10 | 0,32 | 0,45 | 0,45 | 0,60 | 0,85 |
| | 10 ... 18 | 0,40 | 0,50 | 0,50 | 0,70 | 0,90 |
| | 18 ... 30 | 0,50 | 0,60 | 0,60 | 0,85 | 1,00 |
| | 30 ... 50 | 0,60 | 0,80 | 0,80 | 0,95 | 1,20 |
| | 50 ... 80 | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,15 | 1,40 |
| | 80 ... 120 | 1,20 | 1,40 | 1,40 | 1,60 | 1,80 |
| | 120 ... 180 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 2,00 |
| | 180 ... 260 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 |
| | 260 ... 360 | 3,20 | 3,20 | 3,20 | 3,20 | 3,20 |
| | 360 ... 500 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 | 4,50 |
| ГП–VIII | 1 ... 3 | 0,30 | 0,50 | 0,50 | 0,80 | 0,80 |
| | 3 ... 6 | 0,40 | 0,60 | 0,60 | 0,90 | 0,90 |
| | 6 ... 10 | 0,50 | 0,70 | 0,70 | 1,00 | 1,00 |
| | 10 ... 18 | 0,60 | 0,80 | 0,80 | 1,10 | 1,10 |
| | 18 ... 30 | 0,80 | 1,00 | 1,00 | 1,30 | 1,30 |
| | 30 ... 50 | 1,00 | 1,20 | 1,20 | 1,50 | 1,50 |
| | 50 ... 80 | 1,40 | 1,60 | 1,60 | 1,90 | 1,90 |
| | 80 ... 120 | 2,00 | 2,20 | 2,20 | 2,50 | 2,50 |
| | 120 ... 180 | 2,80 | 2,80 | 2,80 | 2,80 | 2,80 |
| | 180 ... 260 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| | 260 ... 360 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| | 360 ... 500 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| Методы переработки | Литьевое прессование и литье под давлением |  | | | | |
| | Прямое прессование | | | | | |
| Наполнитель | | Порошкообразный и без наполнителя | | Волокнистый | | |

Таблица 2.3.25

| Значение радиуса, мм | Технологический допуск (±) на угловой размер для групп | | | Значение радиуса, мм | Технологический допуск (±) на угловой размер для групп | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 |
| До 10 | 0°20′ | 0°45′ | 2°30′ | 30 ... 70 | 0°10′ | 0°20′ | 1° |
| 10 ... 30 | 0°15′ | 0°30′ | 1°30′ | 70 ... 120 | 0°5′ | 0°10′ | 0°45′ |

Технологические допуски на угловые размеры конструкционных элементов деталей из пластмасс подразделяются на три группы (табл. 2.3.25).

Первая группа допусков распространяется только на отверстия, формируемые одной частью формы; вторая группа – на отверстия и другие элементы деталей, формируемые двумя или более частями формы; третья группа – в основном на несопрягаемые размеры деталей неответственного назначения, к точности которых не предъявляются повышенные требования.

Допустимые значения отклонений расположения и формы изделий из полимеров приведены в табл. 2.3.26.

Полимерные герметизаторы требуют дополнительной механической обработки изделий [7].

**Технология изготовления металлополимерных деталей затворов** [17]. Применение трубопроводной арматуры, имеющей тонкослойные полимерные покрытия, является перспективным направлением. Работоспособность деталей затворов, уплотнительные поверхности которых покрыты полимером, определяется его способностью деформироваться, износо-, термо- и химической стойкостью, стойкостью к старению и, главное, адгезионной прочностью.

Адгезионная прочность разных полимеров различна. Полиамиды характеризуются значительной механической прочностью, высокой стойкостью к износу, ударным и вибрационным нагрузкам, низким коэффициентом трения, высокой стойкостью в маслах, жирах и щелочах, нерастворимостью в алифатических и хлориновых углеводородах. Сочетание тонкой полимерной пленки и металлического основания герметизатора позволяет создать новый уплотнительный материал, лишенный недостатков и полиамида, и металла.

Таблица 2.3.26

| Номинальные размеры, мм | Отклонение от плоскостности, мм | Непараллельность оси, мм | Смещение оси, мм |
|---|---|---|---|
| 1 ... 3 | 0,16/0,10 | 0,11/0,05 | 0,21/0,15 |
| 3 ... 6 | 0,17/0,11 | 0,12/0,06 | 0,22/0,16 |
| 6 ... 10 | 0,19/0,12 | 0,14/0,07 | 0,24/0,17 |
| 10 ... 18 | 0,22/0,14 | 0,17/0,09 | 0,27/0,19 |
| 18 ... 30 | 0,27/0,16 | 0,22/0,11 | 0,32/0,21 |
| 30 ... 50 | 0,35/0,22 | 0,30/0,17 | 0,40/0,27 |
| 50 ... 80 | 0,48/0,30 | 0,43/0,25 | 0,53/0,35 |
| 80 ... 120 | 0,65/0,40 | 0,51/0,35 | 0,61/0,45 |
| 120 ... 180 | 0,90/0,55 | 0,76/0,50 | 0,86/0,60 |
| 180 ... 260 | 1,25/0,76 | 1,20/0,71 | 1,30/0,81 |
| 260 ... 360 | 1,70/1,03 | 1,65/0,98 | 1,75/1,08 |
| 360 ... 500 | 2,30/1,39 | 2,25/1,34 | 2,35/1,44 |

Примечания: 1. В числителе приведены значения погрешности при нормальной, в знаменателе – при повышенной точности.

2. Нормальная точность изготовления достижима при обычных условиях изготовления деталей из пластмасс; она соответствует обычной трудоемкости и себестоимости изготовления пластмассовых деталей; повышенная степень точности может быть достигнута при высоком качестве и контроле пресс-материала, стабилизации параметров технологического процесса, осуществлении соответствующих организационно-технических мероприятий.

Процесс нанесения полиамидов на металлические детали заключается в нагреве покрываемой поверхности до температуры, превышающей температуру плавления полимера, и соприкосновении этой поверхности с полимерным порошком. Есть несколько способов такого соприкосновения, однако наиболее работоспособны покрытия, полученные вибрационным способом.

При сообщении сыпучим материалам вертикальных колебаний в зависимости от режима вибрирования (частоты и ускорения колебаний) они уплотняются или разрыхляются. Материал уплотняется вследствие

уменьшения сил трения между его частицами и действия на них сил тяжести до тех пор, пока не уравновесится действие этих сил. Максимальное ускорение частиц материала в вибрирующем сосуде должно быть несколько больше ускорения силы тяжести. Для материалов с небольшим внутренним трением это ускорение может быть меньшим, чем для материалов с бóльшим внутренним трением. Плотность материала, подвергаемого вибрации, увеличивается при возрастании амплитуды и частоты колебаний до известного предела. Чем выше частота колебаний, тем при меньших амплитудах достигается максимальное уплотнение. Дальнейшее увеличение частоты колебаний и амплитуды уменьшает степень уплотнения, затем приводит к псевдоожижению сыпучего материала.

При изготовлении металлополимерных затворов арматуры ширина уплотнительной поверхности с нанесенным полимерным покрытием должна быть меньше ответной металлической поверхности как минимум на 2 мм, чтобы при формовании и эксплуатации не случался местный отпечаток на полимерном покрытии.

Перед нанесением покрытия производят дефектовку, механическую обработку, очистку и обезжиривание, химическую обработку (для наилучшей адгезионной прочности).

При дефектовке отбраковывают детали, на уплотнительных поверхностях которых есть трещины, сколы или другие значительные повреждения, которые нельзя исправить механической обработкой.

После механической обработки уплотнительная поверхность должна быть такой, чтобы покрытие надежно закреплялось по периметру и исключалось уменьшение его толщины или разрушение во время усадки при охлаждении. Для этого покрываемая уплотнительная поверхность затвора должна быть достаточно шероховатой, без острых углов и резких переходов с радиусом закругления не меньше 2 ... 3 мм. На бронзовой и алюминиевой поверхности рекомендуется производить крестовую накатку квадратного профиля 2×2 мм глубиной 0,3 мм, так как адгезия полимера с поверхностью этих сплавов в 2–3 раза слабее, чем со стальной. Накатку производят прокаткой между валками, прессованием, обкаткой роликами и др.

Поверхность очищают крацеванием, дробеструйной и гидроабразивной обработкой. Крацевание – самый простой способ. Используют при этом ручной электро- и пневмоинструмент. Крацевочные щетки изготовляют из тонкой (0,2 ... 0,4 мм) гофрированной или прямой стальной проволоки.

Недостаточная очистка деталей от жировых загрязнений – одна из основных причин брака. Поверхность обезжиривают в бензине, ацетоне, дихлорэтане, трихлорэтилене, четыреххлористом углероде и в других органических растворителях с последующими очисткой волосяной щеткой и протиркой хлопчатобумажной тканью. Промывают детали последовательно в двух ваннах, причем в последней должен быть чистый растворитель. Обезжиренные детали просушивают до удаления следов растворителя. При работе с растворителями необходимо тщательно соблюдать правила техники безопасности, так как все они токсичны, а некоторые огнеопасны.

Химическое обезжиривание производят в щелочных растворах, содержащих легкогидролизующиеся соли щелочных металлов и эмульгаторов. С повышением концентрации щелочи интенсивнее смыливаются жиры, однако при большой концентрации на металле могут образовываться окисные пленки и, кроме того, хуже растворяются образующие мыла.

Рекомендуемые составы растворов для обезжиривания черных металлов, меди, алюминия и их сплавов приведены в табл. 2.3.27.

Обезжиривание считается хорошим, если капля воды на поверхности металла растекается сплошной пленкой без образования четкого выпуклого мениска. Более качественное и быстрое обезжиривание достигается в специальных моечных машинах с подачей горячей (60 ... 70 °С) щелочной струи под давлением 0,3 ... 0,5 МПа на обрабатываемую поверхность, находящуюся на расстоянии 150 ... 200 мм от сопла.

Таблица 2.3.27

| Компонент | Содержание компонентов раствора, г/л, для металлов | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | черных | | | меди и ее сплавов | | алюминия и его сплавов | |
| Едкий натр или едкое кали | 80 | 115 | 20 | – | – | – | 3 ... 5 |
| | 100 | 150 | 30 | | | | |
| Фосфорно-кислый трехзамещенный натрий | 30 | – | 70 | 30 ... 35 | 80 ... 100 | 20 ... 25 | 2 ... 4 |
| Углекислый натрий | – | 30 ... 50 | – | 20 ... 25 | – | 20 ... 25 | 40 ... 50 |
| Жидкое стекло | – | 3 ... 5 | 5 ... 8 | 5 ... 10 | 10 ... 15 | – | 20 ... 30 |

Электрохимическое обезжиривание производят в менее концентрированных растворах. Детали из черных металлов обезжиривают на катоде, а за 1 ... 2 мин до окончания переключают на анод. Медь, бронзу, алюминий и их сплавы обезжиривают на катоде. Данные о составах электролитов для электрохимического обезжиривания различных металлов и сплавов приведены в табл. 2.3.28.

*Режимы обезжиривания*

| | Черные металлы | Медь и ее сплавы | Алюминий и его сплавы |
|---|---|---|---|
| Плотность тока, А/дм$^2$ ..... | 5 ... 10 | 3 ... 8 | 3 ... 5 |
| Температура электролита, °С ..... | 70 ... 80 | 70 ... 80 | 70 ... 80 |
| Продолжительность обезжиривания, мин ..... | 5 ... 10 | 5 ... 10 | 0,5 ... 1 |

Фосфатирование и травление с пассивированием покрываемой поверхности необходимы для получения высококачественных покрытий. Образовавшийся при такой химической обработке подслой защищает поверхность металла от окисления при нагреве детали, что способствует улучшению адгезии полимера к металлу. Фосфатируют обычно в горячих (95 ... 100 °С) и холодных (18 ... 20 °С) растворах. Целесообразнее фосфатирование в холодных растворах.

Приведенные в табл. 2.3.29 составы обеспечивают ускоренное фосфатирование. В растворе № 1 детали фосфатируют 5 ... 7 мин при 50 ... 70 °С, в растворе № 2 – 4 ... 5 мин при 55 ... 80 °С.

Таблица 2.3.28

| Компонент | Содержание компонентов электролита, г/л, для металлов | | |
|---|---|---|---|
| | черных | меди и ее сплавов | алюминия и его сплавов |
| Каустическая сода или едкое кали | 40 ... 50 | 30 ... 40 | – |
| Углекислый натрий | 60 ... 70 | 30 ... 40 | – |
| Фосфорно-кислый трехзамещенный натрий | 10 ... 15 | 50 ... 60 | 30 ... 40 |
| Жидкое стекло | 3 ... 5 | 8 ... 10 | 3 ... 5 |

Таблица 2.3.29

| Компонент | Содержание компонентов, г/л, в растворе | |
|---|---|---|
| | № 1 | № 2 |
| Монофосфат цинка | 50 ... 60 | 37 |
| Азотно-кислый натрий | 50 ... 60 | 70 |
| Фтористый натрий | 4 ... 5 | – |
| Окись цинка | 8 | – |
| Углекислая медь | – | 0,05 |

Фосфатированные детали тщательно промывают холодной проточной водой, нейтрализуют 5 %-ным раствором кальцинированной соды, вновь промывают проточной водой и сушат при температуре 105 ... 115 °С. Полимерное покрытие наносят не позднее 2–3 суток после фосфатирования (при относительной влажности воздуха 50 ... 70 %). Хранить детали с фосфатным слоем допускается лишь в герметичной таре.

Перед покрытием уплотнительные поверхности нагревают до температуры, при которой наносимая пластмасса будет достаточно текучей и будет обеспечена хорошая адгезия после остывания (рис. 2.3.14). Эта температура несколько выше температуры плавления пластмассы; определяют ее опытным путем с учетом промежутка времени между нагревом и нанесением покрытия, во время которого деталь охлаждается (переноска и установка детали в устройство для нанесения покрытия). Нагревают детали различными методами (в электропечах, установках ТВЧ, инфракрасными лучами и др.). Нельзя нагревать открытым пламенем, так как на поверхности детали осаждаются продукты сгорания, которые в значительной степени ухудшают адгезию полимера. Детали в форме колец целесообразно нагревать в индукционной установке с питанием от сети промышленной частоты.

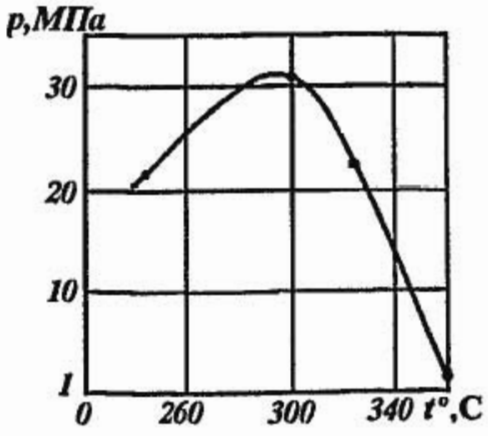



**Рис. 2.3.14. Влияние температуры нагрева детали на адгезионную прочность соединения поликапроамидного покрытия со сталью**

Толщина наносимого полимера зависит в основном от продолжительности соприкосновения порошка с нагретой поверхностью детали при условии, что она достаточно теплоемка. Иначе необходимы дополнительный подогрев для оплавления налипшего порошка или же искусственное увеличение теплоемкости детали присоединением к ней перед нагревом дополнительной массы металла. Например, при нанесении полимера на внутреннюю поверхность тонкостенного седла его закрепляют в толстостенной обойме.

Полиамидные порошки получают механическим дроблением при глубоком охлаждении или способами, когда в качестве растворителей применяют ледяную уксусную или муравьиную кислоту, этиленгликоль и др. В этом случае гранулы или крошку полимерной смолы засыпают в сосуд, заливают уксусной кислотой из расчета 150 г смолы на 1 л кислоты. Сосуд помещают на песчаную баню и нагревают до 115 °С. После полного растворения смолы нагрев прекращают и раствор охлаждают для осаждения порошка, который после полного охлаждения отделяют от маточного раствора через бумажный фильтр воронки Бюхнера, тщательно промывают холодной проточной водой, нейтрализуют 2 %-ным раствором аммиака до полного удаления кислоты (проверка синей лакмусовой бумагой) и вновь промывают водой для удаления аммиака. Промытый осадок просушивают на фильтровальной бумаге в шкафу при температуре 70 °С. Отфильтрованный раствор используют для растворения новой порции смолы.

Порошки не фракционируют, если размер частиц не превышает 250 мкм; чтобы предотвратить попадание более крупных частиц и различных твердых включений, порошок просеивают через сита. Если влажность порошка превышает 0,2 %, его сушат в шкафах или вакуум-сушилках при температуре 60 ... 70 °С и хранят в герметичной таре. Не покрываемые полимером поверхности детали изолируют фольгой, которую закрепляют проволокой; отдельные участки детали можно предохранить антиадгезионными пленками из кремнийорганического лака или гидрофобизирующей жидкости.

Детали с нанесенным полимером опускают в охлаждающую среду.

После проверки качества покрытия его формуют ответной уплотнительной поверхностью с расплавлением поверхностного слоя, которое может быть достигнуто: 1) за счет нагрева детали с ответными уплотнительными поверхностями; 2) использованием тепла, запасенного в покрываемой детали при предыдущем нагреве; 3) нагревом детали с нанесенным покрытием; 4) нагревом обеих деталей вместе. Температура полимера при формовании должна быть выше температуры его плавления.

При формовании поликапроамидных покрытий температура детали с ответными уплотнительными поверхностями должна быть 275 … 285 °С. При этом весьма важно фиксировать прилагаемую нагрузку; для поликапроамидного покрытия, например, на уплотнительных поверхностях она должна быть 0,2 … 1,0 МПа.

Адгезия полимера к формующей уплотнительной поверхности предотвращается нанесением теплостойкого полифенилметилсилоксанового масла как на формующую уплотнительную поверхность, так и на полимерный слой. Формование заканчивается при затвердении покрытия и, как правило, не превышает 1 … 2 мин.

Полученное уплотнение проверяют сначала визуально, отбраковывая уплотнительные поверхности с неотформованными участками или отслоениями. Затем собранный металлополимерный затвор проверяют на герметичность по методике и техническим требованиям для арматуры, в которой его применяют.

Для технологического процесса изготовления металлополимерных затворов арматуры не требуется новое оборудование или инструмент. Применяют серийно выпускаемое оборудование с использованием некоторых простейших приспособлений.

Для нанесения покрытия используют поворотный вибростенд (рис. 2.3.15, *а*), который состоит из вибратора *3* с блоком питания *9*. Вибратор жестко прикреплен к баку *5* с полимерным порошком *6*. Бак закрывается

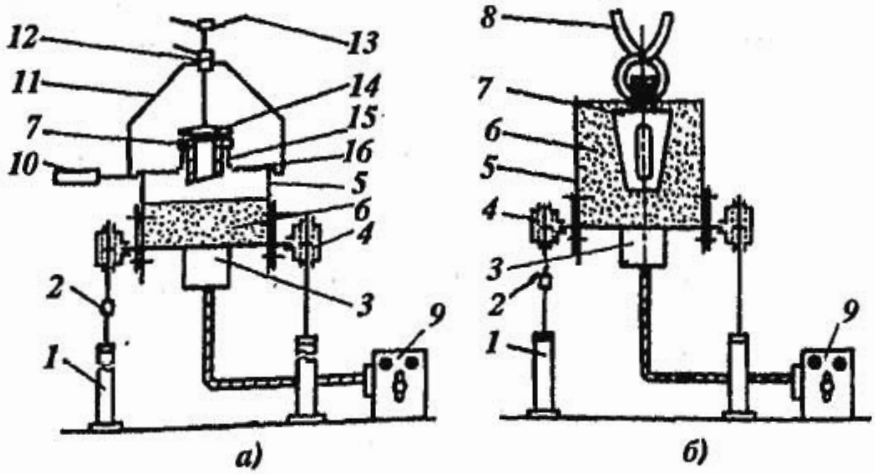



**Рис. 2.3.15. Схемы вибростендов для нанесения покрытия на поверхности:**
*а* – внутренние; *б* – наружные; *1* – стойка; *2* – держатель; *3* – вибратор; *4* – подшипники; *5* – бак; *6* – полимерный порошок; *7* – деталь; *8* – щипцы; *9* – блок питания; *10* – рукоятка; *11* – хомут; *12* – контргайка; *13* – винт; *14* – заглушка; *15* – переходник; *16* – сменные кольца

сменными кольцами *16*, служащими для изменения диаметра отверстия бака. На сменные кольца установлен переходник *15*, на который монтируют деталь *7* для нанесения на ее поверхность полимера. Выходное отверстие из бака закрывается заглушкой *14*, перемещаемой винтом *13* и фиксируемой в необходимом положении контргайкой *12*. Заглушка и винт установлены в откидывающемся хомуте *11*, который фиксируют на баке защелкой, управляемой рукояткой *10*. Для гашения вибрации бака оси его подпружинены подшипниками *4*, расположенными на стойке *1*. Держатель *2* удерживает бак во время работы перевернутым.

В бак насыпают столько порошка, чтобы поверхность, на которую надо нанести полимер, была полностью покрыта. Предварительно нагретую деталь после установки хомута *11* в рабочее положение плотно прижимают к баку винтом *13*, заглушкой *14* и фиксируют контргайкой *12*. После закрепления детали включают вибратор. Примеры закрепления различных деталей на баке поворотного вибростенда показаны на рис. 2.3.16, а последовательность операций нанесения покрытий – на рис. 2.3.17. Продолжительность вибрации, т.е. время нахождения бака в перевернутом положении, определяют в зависимости от требуемой толщины слоя

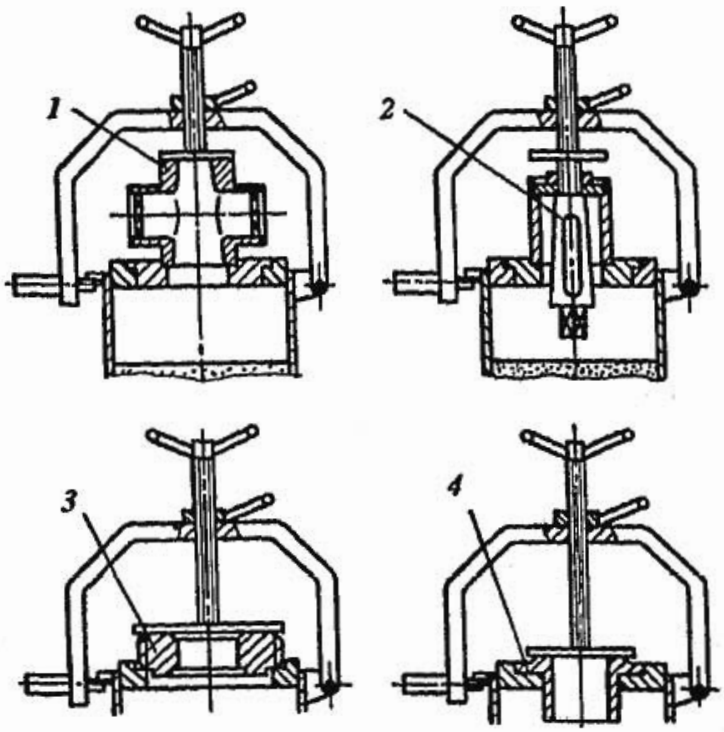



**Рис. 2.3.16. Схемы закрепления на баке поворотного вибростенда:**
*1* – корпуса крана; *2* – пробки крана; *3* – седла клапана;
*4* – корпуса замерного люка резервуара

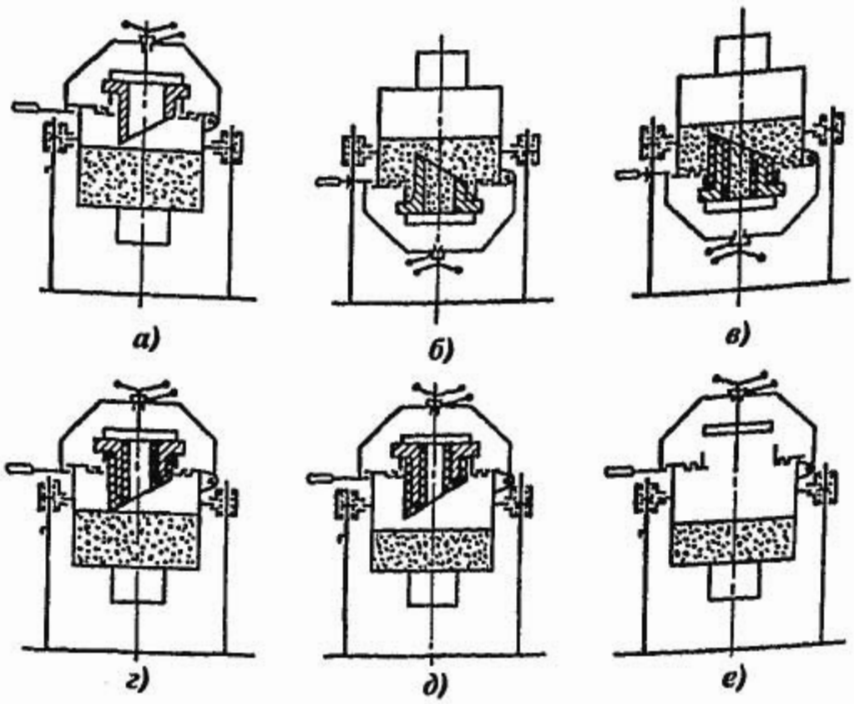



**Рис. 2.3.17. Последовательность операций при нанесении полимерного покрытия на поворотном вибростенде:**
*а* – включение вибратора после закрепления детали; *б* – переворачивание бака; *в* – вибрирование; *г* – возвращение бака в первоначальное положение и стряхивание нерасплавившегося полимера; *д* – выключение вибратора; *е* – снятие детали

порошка; обычно она составляет 30 ... 50 с. После возвращения бака в первоначальное положение вибрирование продолжается 3 ... 5 с, и с уплотнительных поверхностей стряхивается нерасплавившийся полимер.

Полимерные покрытия на наружные поверхности наносят на вибростенде, показанном на рис. 2.3.15, *б*. Бак стенда сверху открыт. Деталь *7*, на уплотнительные поверхности которой наносят полимерный слой, удерживается специальными щипцами *8*. Последовательность операций при нанесении покрытия: включение вибратора, погружение детали в псевдоожиженный порошок, вибрирование, извлечение покрытой детали из порошка, выключение вибратора.

Стенд для формования полимерного покрытия состоит из рабочего стола, на котором закрепляют деталь затвора с покрытой полимером уплотнительной поверхностью, и стойки с рычагом. После установки детали с ответной уплотнительной поверхностью, по которой формуется покрытая полимером уплотнительная поверхность, нажимной палец рычага с помощью специальной рукоятки соприкасается с формующей деталью и прижимает ее с расчетной силой, определяемой положением груза на рычаге.

### 2.3.4. Технология и точность узловой и основной сборки арматуры

Технологический процесс сборки арматуры включает совокупность операций установки, соединения, герметизации и других, в результате выполнения которых отдельные элементы конструкции, входящие в сборочную единицу, занимают относительно друг друга требуемое положение и соединяются способами, указанными в технической документации на изделие.

**Виды и схемы сборки арматуры.** Классификация видов сборки осуществляется по методу фасетной классификации, при котором виды сборки делятся на группы по различным признакам. На рис. 2.3.18 приведена классификация видов сборки арматуры по следующим основным признакам: объект сборки, стадия сборки, организация производства, последовательность сборки, подвижность объекта сборки, механизация и автоматизация сборки.

По степени расчлененности собираемой арматуры различают *дифференцированную* и *недифференцированную* схемы сборки [28]. Дифференцированная схема сборки соответствует приводной и отдельным исполнениям специальной и общепромышленной арматуры. Она предусматривает членение арматуры на комплекты, комплексы, сборочные единицы (узлы), подузлы и детали (рис. 2.3.19, *а*). Сборку выполняют поагрегатно: свободный доступ позволяет применять механизированные и автоматизированные средства технологического оснащения. При недифференцированной схеме сборки (рис. 2.3.19, *б*) комплектом является непосредственно арматура. Комплект собирают непосредственно из деталей и незначительного числа сборочных единиц. Из-за стесненных условий и ограниченного доступа к зонам работ преобладает ручной труд. Однако для сборки большинства арматуры используют недифференцированную схему.

По последовательности сборки при одной и той же схеме членения арматуры технологический процесс сборки может быть организован с различной последовательностью выполнения отдельных этапов сборки: последовательно, параллельно, комбинированно. При последовательной схеме все этапы сборки выполняют один за другим (рис. 2.3.20). При последовательно-параллельной схеме некоторые этапы выполняют параллельно, что позволяет значительно сократить цикл сборки: до 50 % для клапанов (рис. 2.3.21, 2.3.22) и до 70 % для кранов (рис. 2.3.23) и задвижек (рис. 2.3.24).




**Рис. 2.3.18. Виды сборки узлов и арматуры в целом**

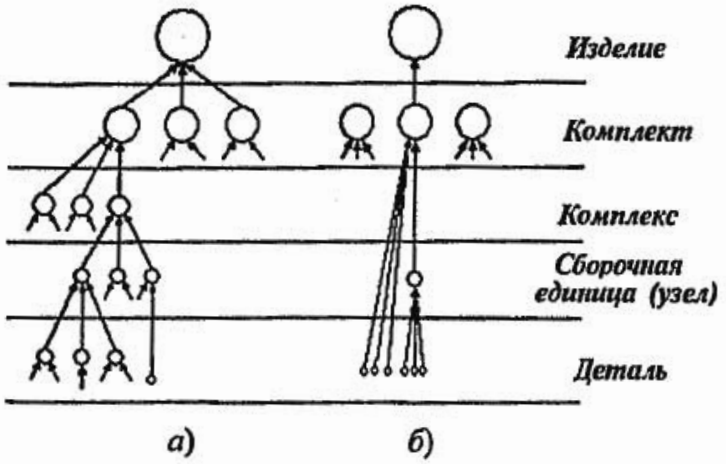



**Рис. 2.3.19. Схемы сборки арматуры:**
*а* – дифференциальная;
*б* – недифференциальная

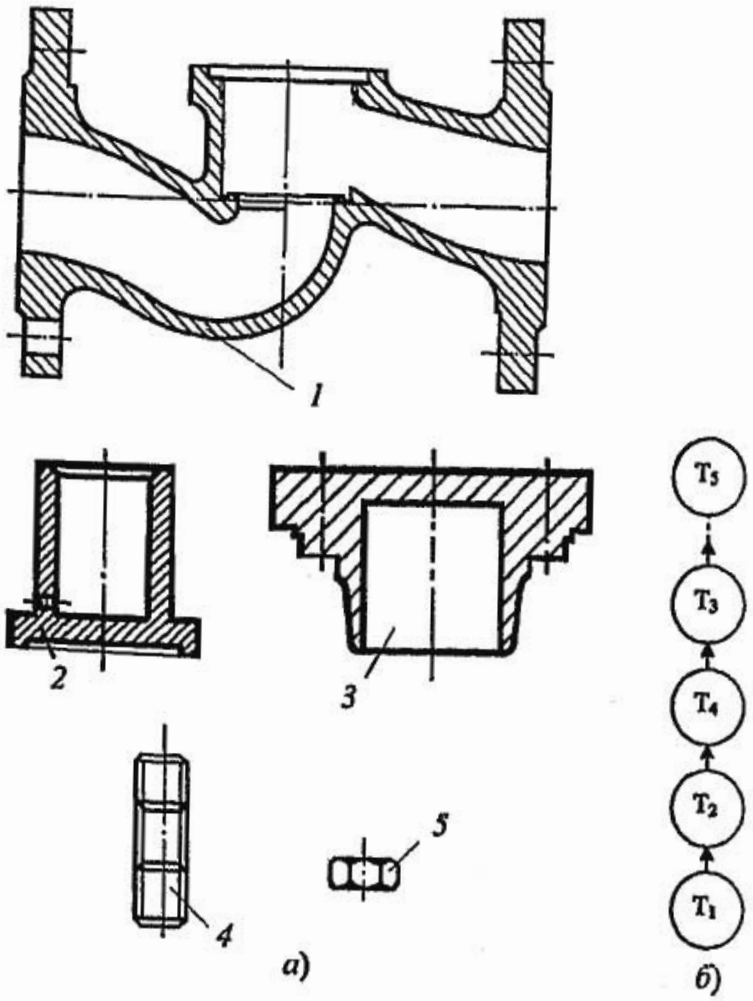



**Рис. 2.3.20. Основные детали *1* … *5* (*а*) обратного подъемного клапана и схема сборки (*б*):**
$T_1$ … $T_5$ – цикл сборки с использованием деталей *1* … *5*

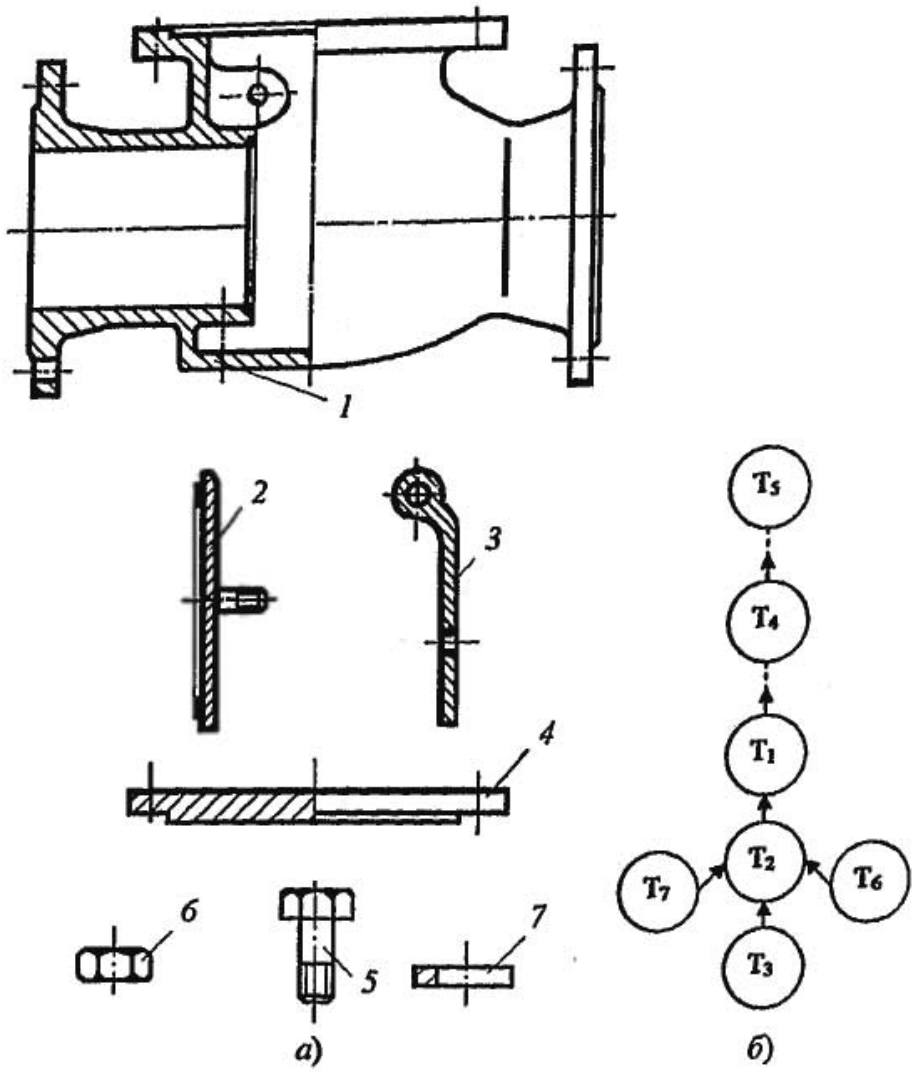



**Рис. 2.3.21. Основные детали *1* … *7* (*а*) обратного поворотного клапана и схема сборки (*б*):**
$T_1$ … $T_7$ – цикл сборки с использованием деталей *1* … *7*

**Типовые процессы и точность сборки арматуры.** Составными частями процесса сборки в арматуростроении являются разнообразные физически разнородные процессы, что приводит к использованию большого количества различных технологических операций и средств их оснащения. В их число входят операции:

– установки элементов сборочной единицы в требуемое положение относительно друг друга;

– соединения установленных элементов болтами, штифтами и т.п.;

– связанные с обеспечением точности взаимного расположения и взаимозаменяемости элементов:

– связанные с обеспечением внешней и внутренней герметичности арматуры в целом.

Особую группу составляют операции контроля, назначаемые как для контроля качества узловой сборки изделия, так и контроля качества изделия при испытаниях (см. гл. 3) и монтаже (см. гл. 4) арматуры.

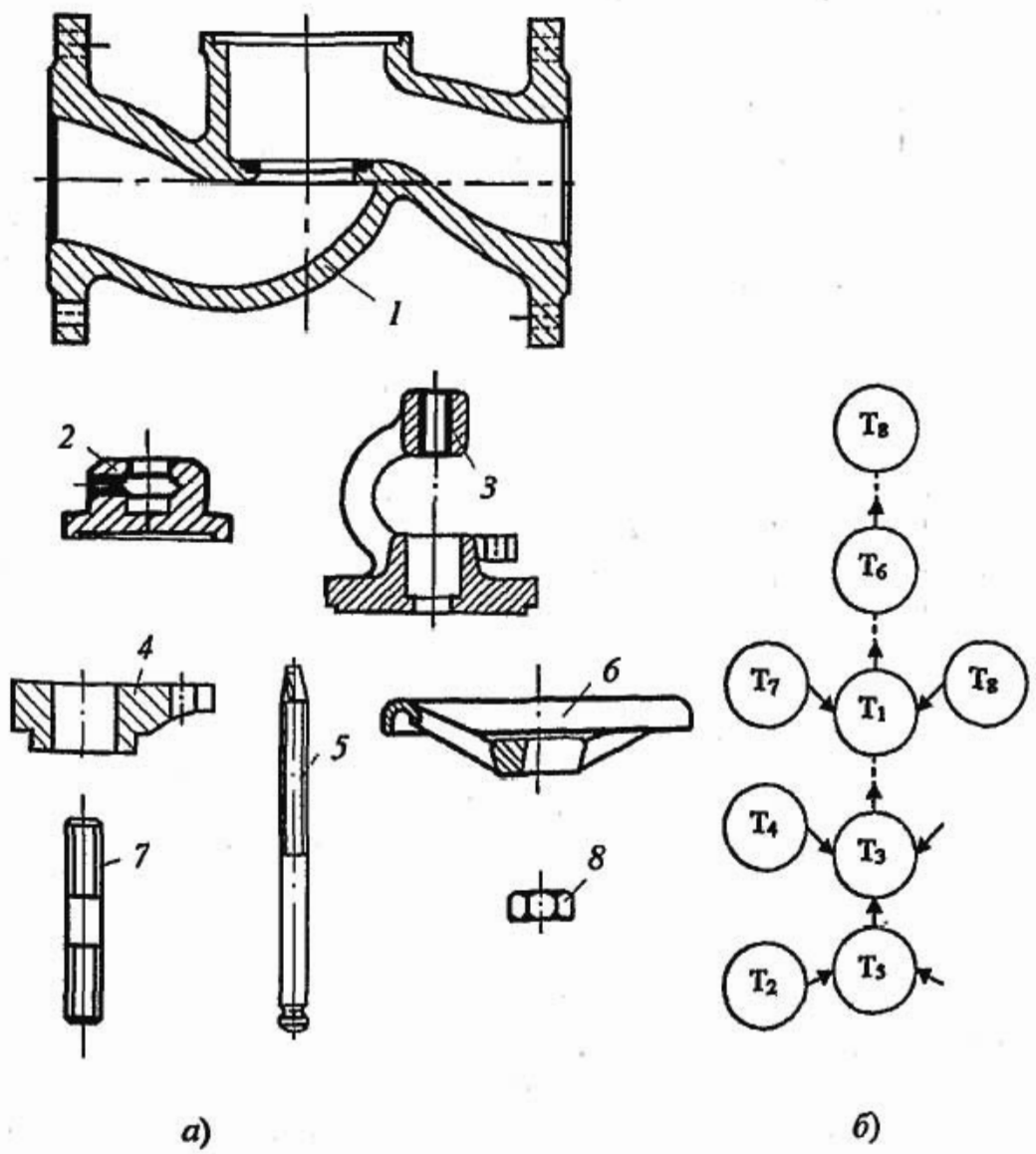



**Рис. 2.3.22. Основные детали *1* … *8* (*а*) запорного клапана и схема сборки (*б*):**
$T_1$ … $T_8$ – цикл сборки с использованием деталей *1* … *8*

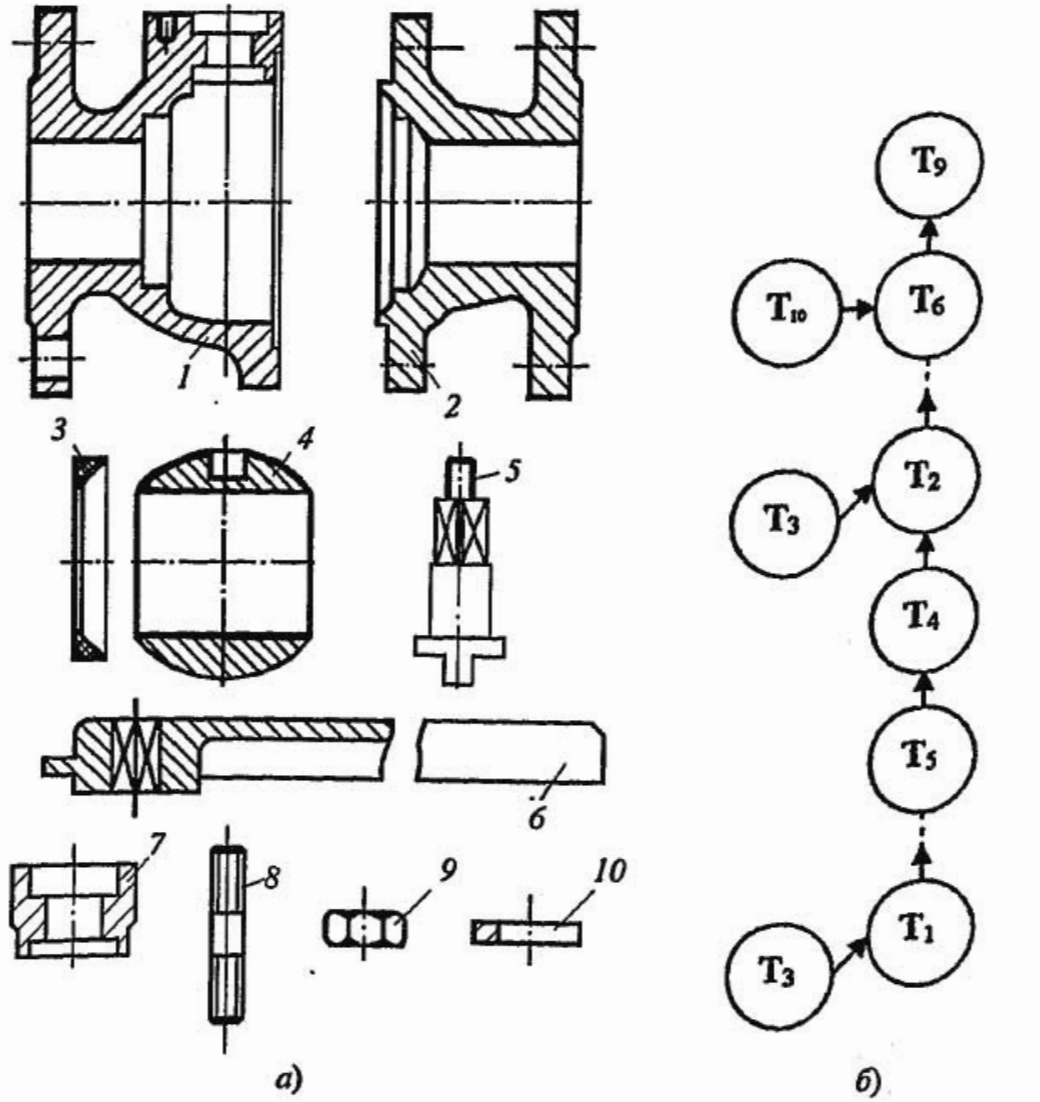



**Рис. 2.3.23. Основные детали *1 ... 10* (*а*) шарового крана и схема сборки (*б*):** $T_1$ ... $T_{10}$ – цикл сборки с использованием деталей *1 ... 10*

Операции установки элементов конструкции сборочной единицы в требуемое положение включают основанные на различных физических принципах процессы перемещения и ориентации собираемых элементов. При этом особая осторожность должна соблюдаться при сборке деталей, имеющих высокоточные уплотнительные поверхности: седел, запорных элементов, шпинделей, штоков. При сборке с пригонкой не исключены операции механической обработки сопрягаемых поверхностей деталей арматуры.

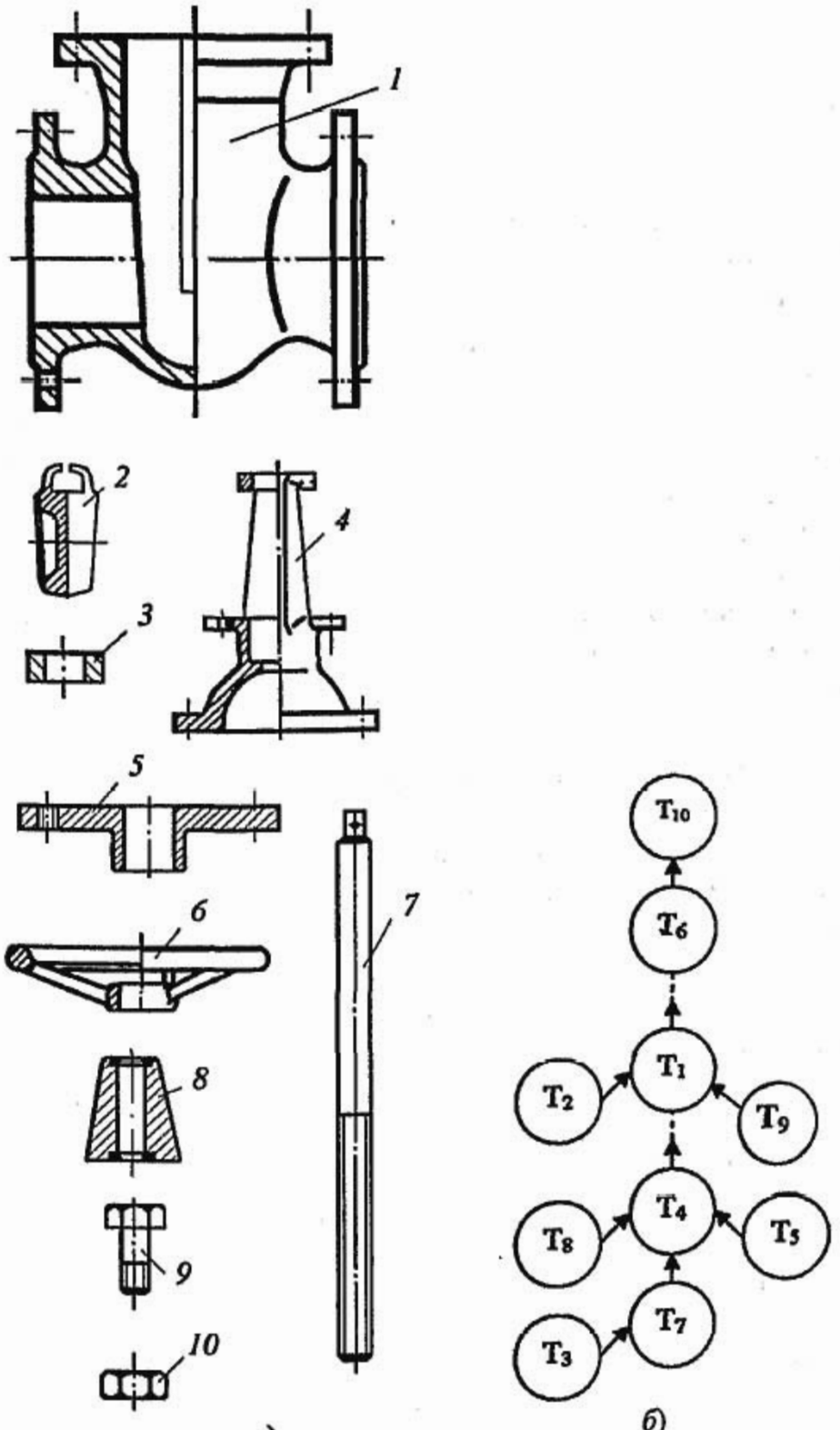



**Рис. 2.3.24. Основные детали *1* … *10* (*а*) клиновой задвижки и схема сборки (*б*):**
$T_1$ … $T_{10}$ – цикл сборки с использованием деталей *1* … *10*

Операции соединения установленных или устанавливаемых элементов конструкции арматуры классифицируют по следующим признакам: целостность соединения, подвижность составных частей, форма поверхностей, метод образования соединения (рис. 2.3.25). Как видим, состав операций выполнения соединения определяется его видом и отличается большим разнообразием, реализуемым в конкретном технологическом процессе сборки.

В соответствии с общностью видов типовые технологические процессы разделяют на три группы [28]. К первой группе относятся технологические процессы выполнения резьбовых соединений, широко используемых в конструкциях арматуры различных классов. Для этих процессов характерно наличие следующих этапов: образование отверстий под соединительные элементы, получение требуемого качества отверстий по точности, установка соединительных элементов (болтов, шпилек), свинчивание крепежных деталей с обеспечением требуемой герметичности соединения. При выполнении этих операций на конструкцию арматуры и соединительные элементы оказывается только механическое воздействие, поэтому внутренние напряжения и деформации элементов арматуры должны быть сведены к минимуму выбором рационального состава оборудования и оснастки, оптимальных режимов и последовательности выполнения технологических операций.

Ко второй группе относятся технологические процессы выполнения сварных соединений и к третьей – клееных. Особенности выполнения этих технологических процессов описаны в книге [5] и в гл. 4 настоящей книги. Для соединений герметизаторов с запорным элементом и корпусом арматуры используют различные методы: резьбовые, прессовые, фальцованные, завальцованные, сварные, паянные, термоусаженные.

Точность сборки (рис. 2.3.26) определяет процесс сборки арматуры по методам достижения точности замыкающего звена. Для арматуры наиболее важными замыкающими звеньями являются эксцентриситет и угловое смещение осей уплотнительных поверхностей деталей затворов запорной, регулирующей, предохранительной и защитной целевой арматуры. Оценка точности методов и размерный анализ арматуры различных классов приведены в гл. 1.

Состав операций, связанных с обеспечением точности взаимного расположения и взаимозаменяемости, определяют степенью взаимозаменяемости элементов конструкции арматуры. Исходя из характера взаимозаменяемости, элементы обладают полной и неполной взаимозаменяемостью; требуют пригонки, регулирования, применения компенсаторов.

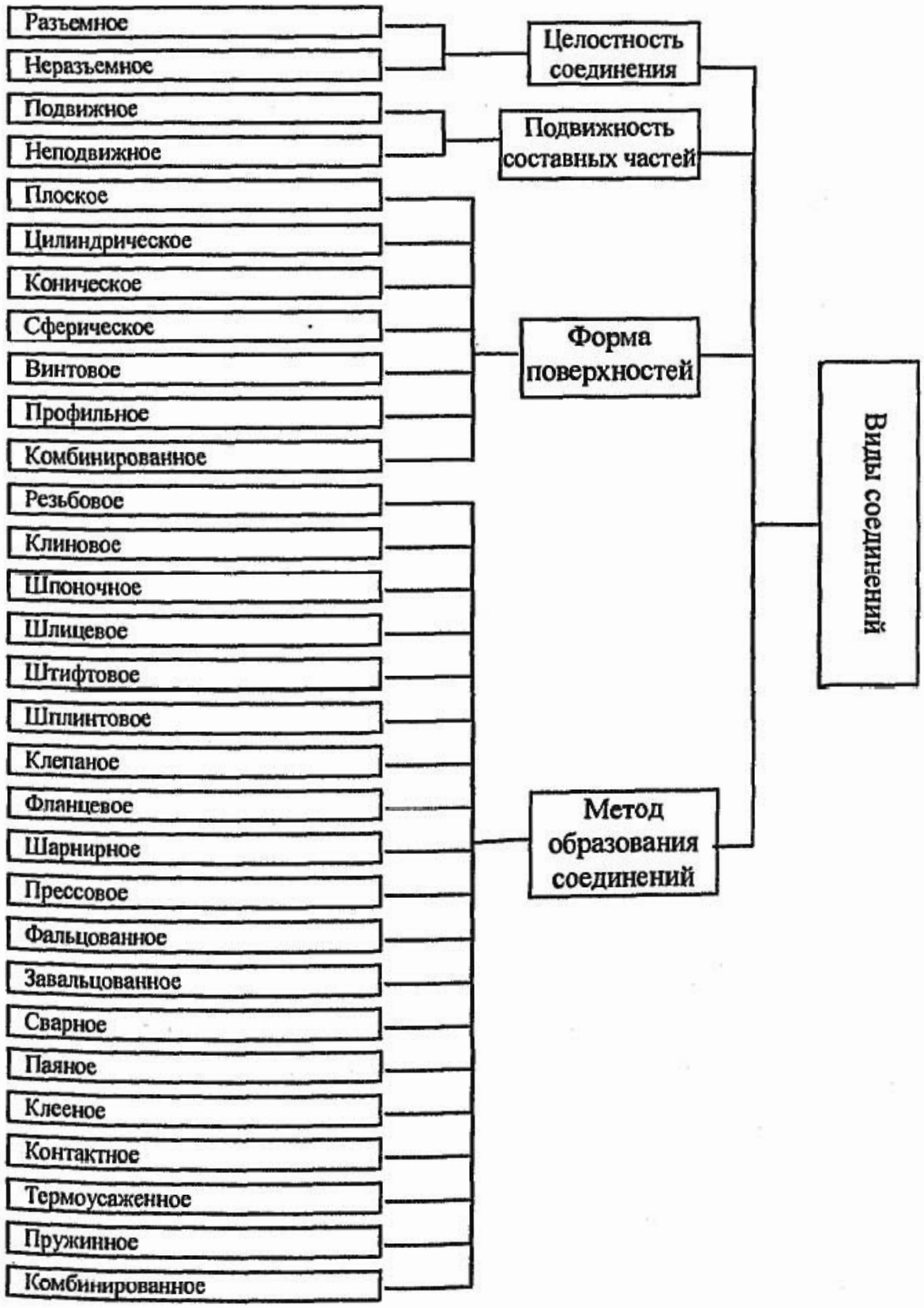



**Рис. 2.3.25. Виды соединений элементов арматуры**




**Рис. 2.3.26. Виды сборки по признаку точности узлов и арматуры в целом**

Оценка точности собираемых изделий и взаимозаменяемость элементов этих изделий при применении типовых технологических процессов сборки осуществляется путем расчета сборочных размерных цепей (см. гл. 1).

Операции обеспечения требуемой герметичности изделия отражаются в описании процесса сборки конкретной арматуры.

**Сборка арматуры.** Последовательность сборки, например предохранительного клапана, следующая (рис. 2.3.27).

*1.* Ввернуть седло *2* в корпус *1*. Эта операция весьма ответственна, поскольку при ее неправильном выполнении можно деформировать седло и клапан будет негерметичным. Сила при завинчивании должна быть статической, и не более оговоренной в документации на изделие. Также нужно следить за тем, чтобы ключом не повредить уплотнительную поверхность седла.

*2.* Проверить герметичность соединения корпус–седло. После установки седла проход в нем глушат через горловину корпуса резиновой заглушкой; во входной патрубок корпуса подают воздух под давлением 0,4 ... 0,5 МПа, а в выходной патрубок заливают воду, так, чтобы ее уровень не доходил до заглушенного прохода клапана. После проверки воду выливают, давление сбрасывают и корпус просушивают.

*3.* Навинтить на резьбовую часть седла (до упора) нижнее регулировочное кольцо.

*4.* Установить в горловину корпуса направляющую гильзу *7* с навинченным на нее верхним регулировочным кольцом *4*. Отверстия на боковой поверхности гильзы должны быть обращены в сторону выходного патрубка клапана. При установке нельзя допускать ее перекоса. Чтобы проверить отсутствие перекосов, которые способны нарушить работу клапана, дальнейшая контрольная сборка ведется без опор *9* и *10* и пружины *17*.

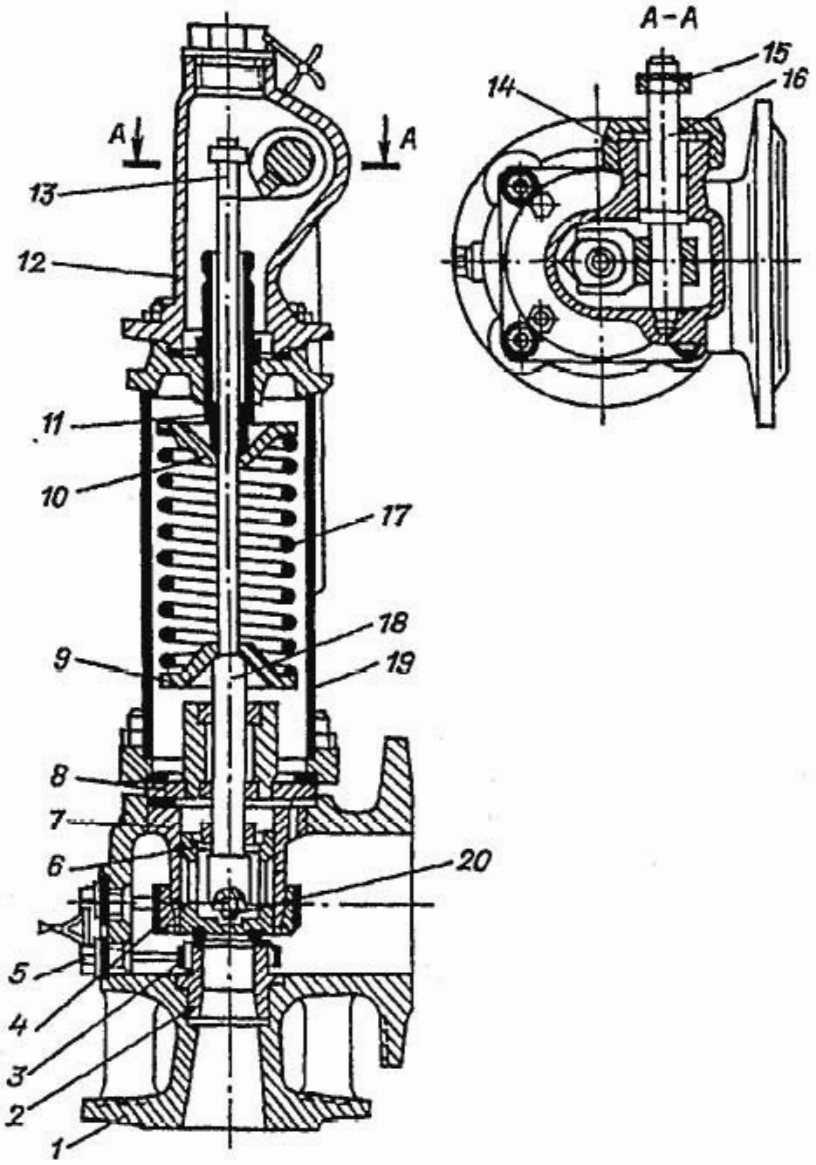



**Рис. 2.3.27. Типовая конструкция клапана СППК4Р:**
*1* – корпус; *2* – седло; *3*, *4* – нижнее и верхнее регулировочные кольца; *5* – стопорные болты; *6* – золотник; *7* – направляющая гильза; *8* – промежуточный диск; *9*, *10* – нижняя и верхняя опоры; *11* – регулировочный винт; *12* – крышка; *13* – кривошип; *14* – сальниковая гайка; *15* – рычаг; *16* – валик; *17* – пружина; *18* – шток; *19* – стакан; *20* – опора

*5*. На торец гильзы установить прокладку, затем промежуточный диск и вторую прокладку.

*6*. На шпильки корпуса надеть фланец защитного цилиндра и четыре гайки равномерно затянуть. Во избежание перекоса цилиндра при затяги-

вании гаек измеряют зазор между верхним фланцем корпуса и фланцем защитного цилиндра.

*7.* В защитный цилиндр ввинтить регулировочный винт (на выход) и проверить свободу перемещения штока *18*, который не должен прижиматься к регулировочному винту при любом его положении. Подтягивая гайки крепления фланца защитного цилиндра, добиваются такого его положения, при котором шток перемещается под действием собственного веса.

*8.* Гайки маркировать совместно со шпилькой и отметить их положение относительно фланца.

*9.* Цилиндр снять, регулировочный винт из него вывинтить, на шток надеть нижнюю опору *9*, пружину *17*, верхнюю опору *10*.

*10.* Установить защитный цилиндр, который крепят теми же гайками, каждую из которых навинчивают на свою шпильку и равномерно затягивают до того положения, которое они занимали во время предыдущей контрольной сборки. После установки защитного цилиндра в него ввинчивают регулировочный винт, установке которого шток препятствовать не должен. При вращении винта, до того как он начнет сжимать пружину, шток вращаться вместе с ним не должен. С момента поджатия пружины шток (вместе с пружиной и опорами) может вращаться. Колпак *12* на клапане монтируют после его настройки на стенде. Ввиду отсутствия данных о требуемом положении регулировочных колец в зависимости от физических свойств рабочей среды и значений рабочего давления, его определяют опытным путем при настройке клапанов на воздухе или пару (если клапан предназначен для работы на пару).

*11.* Нижнее регулировочное кольцо *5* установить так, чтобы зазор между его торцом и торцом золотника *2* составлял 0,2 ... 0,3 мм. Выполняют это следующим образом. Пружина клапана должна быть произвольно поджата. Регулировочное кольцо доводят до упора в золотник, после чего поворачивают в обратную сторону на заданное число зубцов, имеющихся на его поверхности для того, чтобы гайка отошла от седла на нужное расстояние. Перемещение кольца при его повороте на один зубец обычно дается в паспорте изделия.

*12.* Верхнее регулировочное кольцо *4* на втулке *3* установить на одном уровне с торцом золотника. При работе клапанов на жидкости нижнее регулировочное кольцо устанавливают в нижнем положении и в дальнейшем его расположение не меняется, а верхнее, – как это оговорено выше. Для фиксации колец в указанном положении на свое место устанавливают стопорные болты, при этом следует проследить, чтобы они попадали в паз на наружной поверхности колец *4* и *5*, а не на выступ. Попадание стопорных болтов на выступ приведет к порче изделия. Под головки болтов должны быть установлены прокладки.

# Глава 3

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ АРМАТУРЫ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

## 3.1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАЗРАБОТКИ ПРОЦЕССОВ И ВЫБОРА СРЕДСТВ ИСПЫТАНИЙ АРМАТУРЫ

*Испытания* – это процесс определения качественных и количественных свойств арматуры, цель которого – создание нового объекта, оценка его качества или улучшение качества объекта. Понятие испытания связано со стандартизованными понятиями: измерение и технический контроль.

*Измерение* – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств (ГОСТ 16263). При этом измерение может быть как частью промежуточного преобразования в процессе контроля, так и окончательным этапом получения информации при испытании. Испытание же является этапом получения первичной информации в процессе контроля.

*Технический контроль* – это проверка соответствия объекта, от которого зависит качество продукции, установленным техническим требованиям. Технический контроль, осуществляемый с обязательным применением средств измерения, называют *измерительным контролем*.

**Разработка процесса испытаний арматуры.** Испытания, наравне с эксплуатацией, позволяют оперировать действительными значениями показателей качества, по которым ведется суждение об объекте [23].

Для трубопроводной арматуры испытания важны, так как качество ее работы определяет не только эффективность эксплуатации технологических систем, но в первую очередь безопасность их эксплуатации. В этой связи закономерно рассмотрение трубопроводной арматуры в аспекте задач, объединенных на основе достижения высокой достоверности при суждении о качестве и расширения информативности испытаний для выработки управляющих воздействий на объект на этапах формирования его качества.

Повышение достоверности результатов испытаний связано с реализацией комплекса мероприятий, затрагивающих решение таких задач, как выявление всей совокупности управляющих и возмущающих воздейст-

вий на трубопроводную арматуру, являющихся следствием действия более крупной эксплуатационной системы; разработка испытательных систем, обладающих обоснованным уровнем подобия по отношению к эксплуатационной системе; моделирование объекта испытаний как центрального элемента испытательной системы; воспроизведение всей совокупности управляющих и возмущающих воздействий за счет создания технических средств испытаний, объединяющих стендовое оборудование и вспомогательные технические средства.

Расширение информативности испытаний связано с выявлением параметров, способных характеризовать объект испытаний на каждой стадии жизненного цикла, начиная со стадии формирования эксплуатационных требований и заканчивая эксплуатацией; с разработкой информационно-измерительных систем, ориентированных на получение первичной измерительной информации по входным параметрам с последующей передачей ее по каналам связи для анализа и выработки управляющих воздействий.

Для каждой стадии формирования качества управляющие воздействия характеризуются методологической индивидуальностью, но направлены они на единые параметры объекта испытаний. При формировании эксплуатационных требований управляющие воздействия связаны с установлением оптимальных уровней входных параметров, которые зависят от заданных значений показателей качества изделия. Управление осуществляется за счет выбора рациональных конструктивных форм, сочетаний материалов, соотношений номинальных размеров.

На этапе изготовления управляющие воздействия направлены на достижение установленного уровня входных параметров за счет выбора оптимальных методов обработки, рациональных схем базирования, использования соответствующего оборудования и инструмента.

Для этапа контроля и испытаний управляющие воздействия связаны с достоверностью измерения выходных параметров технологического процесса изготовления, трансформируемых после сборки арматуры во входные параметры объекта испытаний, а также с прогнозом достижения предельного состояния объекта на основе динамики изменения его входных параметров.

При эксплуатации управляющие воздействия направлены на сохранение входных параметров или наиболее рациональное их изменение во времени с учетом заданных периодов эксплуатации арматуры.

**Выбор средств испытаний арматуры.** Правила выбора средств технологического оснащения испытаний арматуры обязательны для применения при:

– разработке и совершенствовании технологических процессов испытания изделий (в части обеспечения их средствами испытаний);

– решении задач организации и управления процессом технологической подготовки производства (в части применения правил, норм, методов и средств, обеспечивающих выбор, проектирование, изготовление, комплектацию и эксплуатацию средств испытаний);

– разработке документации по организации на вновь вводимых и совершенствовании на действующих предприятиях технологической подготовки производства на всех стадиях (в части создания информационных массивов нормативной, конструкторской и технологической документации на средства испытаний, а также правил, норм и методов по их использованию в технологической подготовке производства);

– решении задач проектирования и изготовления средств технологического оснащения (в части применения рациональных методов проектирования и изготовления средств испытаний на базе использования типовых конструктивных решений, типовых и стандартных технологических процессов, прогрессивных форм организации труда и средств вычислительной техники).

Выбор средств испытаний арматуры должен быть основан на обеспечении заданных показателей процесса испытаний (точности и воспроизводимости результатов испытаний, достоверности) и анализе затрат на проведение испытаний в установленный промежуток времени при заданном качестве изделия. Анализ затрат должен предусматривать:

а) сравнение вариантов средств испытаний, отвечающих одинаковым требованиям и обеспечивающих решение одинаковых задач в конкретных производственных условиях;

б) выбор вариантов, основывающийся на использовании следующей информации:

– технических требований к объекту испытаний;

– количества и сроков изготовления изделий;

– картотеки применяемости средств испытаний;

– государственных стандартов и стандартов предприятий на средства испытаний;

– каталогов и паспортов средств испытаний;

в) учет требований техники безопасности.

Средства испытаний выбирают при разработке процессов испытаний. Выбранные средства испытаний согласовывают с заинтересованными службами арматурного предприятия и, при необходимости, с заказчиком.

При выборе средств испытаний арматуры должны учитываться:

– максимальное использование стандартных и покупных средств испытаний;

– применение принципа кооперирования при проектировании и изготовлении средств испытаний;

– минимальная стоимость затрат на приобретение или изготовление средств испытаний и их эксплуатацию.

Средства испытаний должны обеспечивать:

– воспроизведение нагрузок, соответствующих эксплуатационным;

– стабильность нагружения и заданную точность испытаний;

– простоту и удобство обслуживания;

– надежность работы в заданных пределах времени;

– возможность переналадки при изменении объектов производства (в случае индивидуального и мелкосерийного производства арматуры).

Для обеспечения единства и требуемой точности испытаний должны применяться стандартизованные средства измерений с нормированными метрологическими характеристиками по ГОСТ 23222, прошедшие государственные испытания по ГОСТ 8.001, ГОСТ 8.383 или нестандартизованные средства измерений, прошедшие метрологическую аттестацию по ГОСТ 8.326, а также аттестованное испытательное оборудование.

Средства испытаний выбирают по результатам сравнительной оценки экономической эффективности вариантов испытаний.

Основные этапы выбора средств испытаний арматуры, задачи, решаемые на каждом этапе, и основные исходные данные, применяемые для решения задач, приведены в табл. 3.1.1.

Необходимость каждого этапа определяется службой, осуществляющей технологическую подготовку арматурного производства. Допускается выбирать несколько эквивалентных средств испытаний. Допускаемая замена должна быть оговорена конкретно с указанием в ведомости оснастки или маршрутной карте по ГОСТ 3.1105. Вид документа определяют предприятия-разработчики с учетом конкретных производственных условий.

**Система испытаний трубопроводной арматуры (СИТА)** [23] построена в соответствии с основными положениями системы государственных испытаний продукции и развивает эти положения применительно к специфическим условиям проектирования, производства и эксплуатации арматуры.

Организационную основу СИТА образуют головные организации по государственным испытаниям, испытательные организации, являющиеся

Таблица 3.1.1

| Этапы выбора | Решаемые задачи | Используемая документация |
|---|---|---|
| Анализ характеристик объектов испытаний арматуры | Выбор типовых представителей объектов испытаний<br>Выбор контролируемых параметров | Классификаторы изделий<br>Конструкторская документация на объект испытаний |
| Определение типа производства (массовое, серийное, единичное и т.д.) | Расчет производственных мощностей | Плановое задание |
| Выбор методов испытаний | Разработка методики и программы испытаний | Конструкторская документация на изделие |
| Выбор стандартных средств испытаний | Составление ведомости средств испытаний | ГОСТ 3.1105<br>Каталоги на средства испытаний |
| Анализ учета применяемости стандартных средств | Выбор вариантов средств испытаний | Картотека применяемости |
| Расчет экономической эффективности средств испытаний | Выбор оптимального варианта | Каталоги на средства испытаний |
| Определение окончательного состава необходимых средств испытаний | Составление документации на приобретение средств испытаний | – |
| Выбор стандартных средств испытаний | Составление технического задания на разработку нестандартных средств испытаний | – |

ведомственными, региональными или базовыми испытательными центрами, и подразделения предприятий, производящих и потребляющих трубопроводную арматуру.

Технической основой СИТА служат средства испытаний, включающие испытательное оборудование, средства измерений и другие технические средства, позволяющие производить испытания в полном объеме.

Нормативно-методической основой СИТА является комплекс стандартов, регламентирующих организационные, методические, технические и метрологические вопросы проведения испытаний. На рис. 3.1.1 представлена блок-схема систематизации испытаний трубопроводной арматуры и отражающая особенности испытаний арматуры как обособленного объекта.

## 3.2. ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СТЕНДЫ И ОСНАСТКА

Среди средств испытаний промышленной трубопроводной арматуры, используемых при ее проектировании и отладке, изготовлении и сертификации, эксплуатации и ремонте, выделяют:

– средства испытаний на прочность и плотность материалов и сварных швов деталей и изделий арматуры;

– средства испытаний на герметичность соединений сборочных единиц и изделий арматуры;

– средства испытаний при исследованиях работоспособности узлов арматуры целевого назначения.

Рассмотрим основные представители испытательного оборудования для каждой группы.

**Средства испытаний материалов и сварных швов деталей и изделий арматуры.** Средства испытаний этой группы подразделяют на средства испытаний: на прочность деталей, узлов, изделий; на гидравлическую плотность материала корпусных деталей, сварных швов и соединений [7, 23].

Испытания на прочность деталей, узлов, изделий – это обеспечение целостности объекта испытаний при действии докритических и критических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации арматуры в технологических системах. Задачей испытаний является экспериментальная проверка целостности объекта, подвергающегося действию силовых факторов, возникающих как при эксплуатации, так и при моделировании эксплуатационных условий работы трубопроводной арматуры. Количественный уровень силовых факторов при моделировании процесса эксплуатации устанавливается с превышением над нормативным режимом эксплуатации на регламентированную величину.

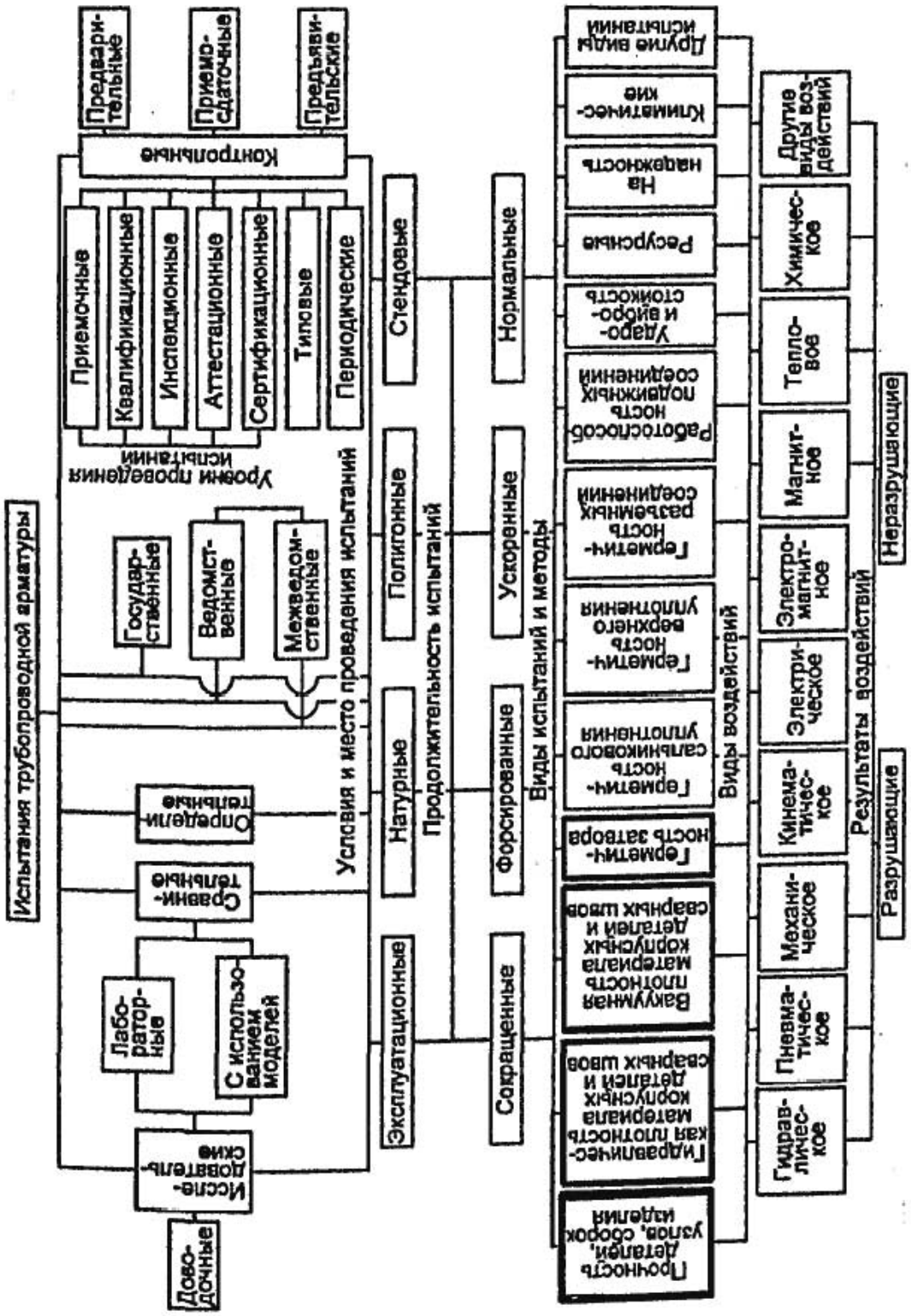



**Рис. 3.1.1. Блок-схема систематизации испытаний трубопроводной арматуры**

Существуют два взаимно дополняющих метода испытаний.

***Первый метод*** заключается в испытаниях материала деталей и сварных швов. Основными критериями здесь являются пределы текучести, прочности, выносливости, стойкость к межкристаллитной коррозии. Испытания проводят с применением образцов по методикам, регламентированным ГОСТ 6996 и ГОСТ 6032.

При контроле физических параметров основного металла и сварных швов применяют разрушающий и неразрушающий методы контроля.

Разрушающие испытания проводят обычно на образцах-свидетелях и на моделях. Согласно ГОСТ 6996 металл основной и сварного шва механически испытывают на статическое растяжение, ударный изгиб, стойкость против механического старения, статический изгиб, ударный разрыв. Механические испытания дополняют металлографическими исследованиями металла.

Металлографические исследования выполняют на шлифах, подготовляемых на исследуемой поверхности изделия или контрольного соединения. Для микроисследования выбирают шлифы с параметром шероховатости поверхности $Rz = 0{,}05$ мкм и менее с применением стационарных металлографических микроскопов (МИМ-7, МИМ-8). Для контроля микроструктуры сварного соединения непосредственно на изделиях применяют переносные микроскопы. Взамен контроля микроструктуры переносными микроскопами применяют метод определения микроструктуры металла по оттискам, снятым с исследуемой поверхности изделия, труднодоступной для установки микроскопа. Макроисследования проводят на шлифах при рассмотрении их через оптические устройства с увеличением до 20 раз.

При неразрушающих испытаниях, осуществляемых обычно на самих изделиях, оценивают те или иные физические свойства, лишь косвенно характеризующие качество арматуры. Физические методы контроля параметров или дефектов часто называют дефектоскопией.

Согласно ГОСТ 18353 методы неразрушающего контроля в зависимости от физических явлений, положенных в основу, подразделяют на десять основных видов, из них в арматуростроении достаточно широко применяют только пять: радиационный, акустический, магнитный, капиллярный и течеисканием.

*Радиационный метод* (рентгеноконтроль, гамма- и бета-дефектоскопия) [20] является самым распространенным методом, особенно при проверке литых и кованых заготовок, сварных соединений. Методы основаны на законе ослабления интенсивности проникающих излучений при прохождении через объект контроля в зависимости от плотности просвечиваемого материала.

Интенсивность лучей на выходе регистрируется фотопленкой (радиография), флуорографическим экраном, электронно-оптическими преобразователями, телевизионными и другими устройствами дефектоскопии.

*Ультразвуковой эхометод* основан на явлении отражения ультразвуковых колебаний от границы раздела двух сред (объект контроля – окружающая среда; материал объекта контроля – несплошность, дефект). Возбуждаемые в объекте контроля колебания поступают в датчик, преобразуются в электрические сигналы и регистрируются электронными приборами. Ультразвуковой широко используется для дефектоскопии, толщинометрии, структурного анализа.

*Магнитный метод* основан на использовании явления изменения приложенного магнитного поля или остаточной намагниченности в местах наличия поверхностных или подповерхностных дефектов (трещины, флокены, включения и др.). Индикаторами полей рассеяния служат магнитный порошок, магнитолюминесцентный порошок (ферромагнитные материалы), а также феррозондовые датчики (полюсоискатели). Последние позволяют выявлять локальные магнитные полюсы и их направления в намагниченных ферромагнитных материалах, а также степень намагничиваемости в относительных единицах. Выявляются также и магнитные включения в немагнитных материалах.

*Электромагнитный метод (индукционный)* основан на возбуждении у объекта контроля вихревых токов и на определении воздействия этих токов на измерительную катушку. Метод предназначен для испытания свойств магнитных и немагнитных металлов.

*Капиллярные методы контроля* (люминесцентный и цветной) основаны на обнаружении поверхностных трещин на объектах при помощи смачивающей жидкости с люминесцирующим веществом или краски, попадающей в полость дефектов. Под действием ультрафиолетовых лучей дефекты становятся видимыми из-за свечения оставшегося в полостях (после промывки и сушки) вещества. Метод красок весьма чувствителен, но дорог и токсичен, и его следует применять при выборочном контроле арматуры.

*Методы контроля течеисканием* основаны на выявлении способности изделия сохранять герметичность в рабочих условиях. Степень герметичности измеряют утечкой жидкости или газа в единицу времени. Выбор метода контроля течеисканием зависит от класса герметичности затвора запорной арматуры (см. п. 3.3).

В настоящее время при контроле физических параметров применяют все методы, однако ни один из них не универсален. Поэтому важен не только правильный выбор метода контроля, но и комбинирование ряда методов, сочетание неразрушающих и разрушающих испытаний.

Сведения о применении методов и средств неразрушающего контроля материала основного и сварных швов приведены в табл. 3.2.1.

Распространенными средствами рентгеноконтроля на арматурных предприятиях являются рентгеноаппараты: РУП-60-20-1, РУП-120-5-1, РУП-150/300-10, РУП-400-5-1, ИРА-2Д, РТИ-1.

Рентгеноаппарат РУП-150/300-10 является важной составной частью рентгеносцинтилляционного дефектоскопа ИМ-1-114, предназначенного для дефектоскопического контроля изделий и деталей из стали, цветных сплавов, пластмасс сканированием их узким пучком рентгеновского излучения.

Импульсный рентгеновский аппарат ИРА-2Д целесообразно использовать в стационарных и монтажных условиях для просвечивания сварных, литых, кованых и других изделий, в том числе в труднодоступных местах при их дефектоскопическом контроле. В аппарате ИРА-2Д изображение передается телевизионной системой для его воспроизведения на экране кинескопа.

Рентгенотелевизионный интроскоп РТИ-1 используют для дистанционного визуального обнаружения, фоторегистрации и фиксации местоположения внутренних дефектов в сварных соединениях, отливках, кованых заготовках корпусных деталей арматуры.

Для просвечивания деталей, неразъемных соединений и дефектоскопии поверхности применяют гамма-бета-дефектоскопы. Различают три группы установок для просвечивания.

1. Для металлов большой толщины: гамма-сцинтилляционный дефектоскоп ГДС-2 для дефектоскопии литых изделий и сварных швов (со снятым усилением шва) сканированием их узким пучком гамма-излучения и автоматической записью результатов контроля; бетатрон ПМБ-6С для просвечивания сварных, литых и других изделий тормозным излучением при их дефектоскопическом контроле в стационарных и монтажных условиях; Микротрон-Д для дефектоскопии крупногабаритных изделий и материалов с помощью тормозного излучения.

2. Для металлов толщиной 20 ... 80 мм: гамма-дефектоскоп РИД-21М для радиографического контроля качества сварных, литых, кованых изделий в цеховых, лабораторных и монтажных условиях; гамма-дефектоскоп "Нева" для радиографического контроля качества сварных швов в цеховых условиях.

3. Для металлов толщиной до 20 мм, например, дефектоскоп "Газпром" для радиографического контроля качества сварных соединений трубопроводов, арматуры просвечиванием через две стенки в производственных и монтажных условиях.

Таблица 3.2.1

| Контрольно-измерительные средства для | | | Дефекты | Метод контроля |
|---|---|---|---|---|
| металлов | | неметаллов | | |
| магнитных | немагнитных | | | |
| РУП-120-5-1<br>РУП-150/300-10<br>РУП-400-5-1<br>ИРА-2Д<br>РИНА-2Д<br>РТИ-1, ИМ-1-115 | РУП-60-20-1<br>РУП-120-5-1<br>РУП-150/300-10<br>РТИ-1, ИМ-1-114 | РУП-150/300-10<br>РУП-60-20-1<br>ИМ-1-114 | Глубинные | Радиационный |
| ГДС-2, ПМБ-6С, Микротрон-Д, РИД-21М, Гамма-дефектоскоп "Нева", Гамма-дефектоскоп "Газпром" | ГДС-2, ПМБ-6С, Микротрон-Д, РИД-21М, Гамма-дефектоскоп "Нева", Гамма-дефектоскоп "Газпром" | ПМБ-6С | | |
| УДМ-3, ДУК-66, ДУК-13ИМ, УД-5 СПЛАВ-5 | УДМ-1м, УДМ-3, ДУК-13ИМ, УД-5 СПЛАВ-5 | УДМ-3 | Глубинные | Ультразвуковой |
| ДУК-66, ИД-4 | ИД-4 | ФП-1 | Поверхностные | |
| ИМ-1-160, КНУ-2-7, УМДЭ-10000, УДМ-9000 | – | – | Глубинные | Магниевый |
| Д4С-1 | – | – | Поверхностные | Электромагнитный |
| ДЧС-1, ИД-7, ЭМИД-8, ППД-1, ППД-3, МКЛ | ДЧС-1, ЭМИД-8, МКЛ | – | Глубинные | |

Радиационные методы получили распространение в приборах для измерения толщин гальванических покрытий (ТПП-3, БМП-69), контроля толщины наружного плакирующего слоя (ИТП-1), контроля равномерности распределения материала по длине изделий (КВТ-Г), измерения объемной плотности теплозащитных покрытий на поверхности изделий (ТОП-1).

Недостатком рентгенографии является малая производительность контроля.

Применение гамма-дефектоскопов рекомендуется в случаях контроля большой толщины объекта, где невозможно применять рентгеноконтроль, при просвечивании сложных деталей или в труднодоступных местах, при контроле в полевых условиях. Методика контроля сварных соединений просвечиванием проникающими излучениями регламентирована ГОСТ 7512.

Просвечивание проводят для определения следующих дефектов в шве сварного соединения: трещин, непроваров, шлаковых включений, газовых пор, подрезов, разностенности стыкуемых элементов, смещения кромок, прожогов. Этим методом контроля не могут быть выявлены непровары в виде плотного слипания и несплавления металла без шлаковой прослойки. Просвечивание не гарантирует выявления трещин, если они расположены перпендикулярно лучам.

Вид контроля (просвечивание на экран или изготовление снимков на рентгеновской пленке), вид и величина допускаемых на рентгеновской пленке дефектов, их комбинация и объем контроля устанавливаются техническими условиями.

Перед контролем просвечиванием проникающими излучениями шов очищают от шлака, брызг, окалины и других загрязнений и подвергают внешнему осмотру. Длину участка просвечивания устанавливают из расчета обеспечения выявления дефектов. Согласно ГОСТ 7512 чувствительность контроля следует определять для каждого снимка применением эталона чувствительности, который помещают на поверхность металла.

Направление центрального луча при контроле должно соответствовать:

– для стыковых сварных соединений схемам, показанным на рис. 3.2.1, *а*, *б*; допускается контроль с направлением центрального луча по скосам кромок (рис. 3.2.1, *в*) в случаях, особо оговоренных техническими условиями;

– для нахлесточных соединений – под углом 45° к плоскости сварной конструкции (рис. 3.2.2, *а*) – допускается контроль с направлением центрального луча перпендикулярно плоскости шва сварного соединения (рис. 3.2.2, *б*);

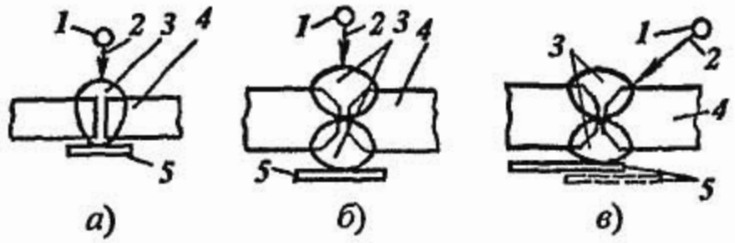



**Рис. 3.2.1. Направление центрального луча при контроле стыковых сварных соединений:**
*а, б* – преимущественное; *в* – допускаемое; *1* – источник излучения; *2* – центральный луч; *3* – сварной шов; *4* – основной металл; *5* – кассета с пленкой

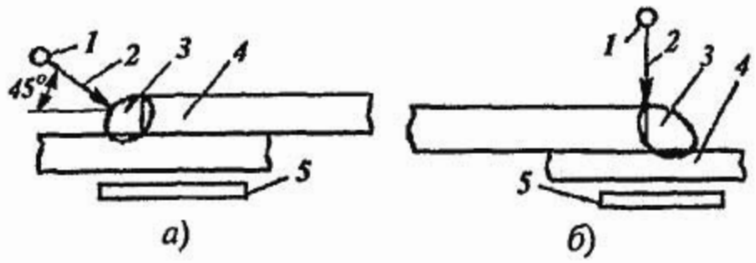



**Рис. 3.2.2. Направление центрального луча при контроле нахлесточных сварных соединений:**
*а* – преимущественное; *б* – допускаемое
(обозначение позиций такое же, как и на рис. 3.2.1)

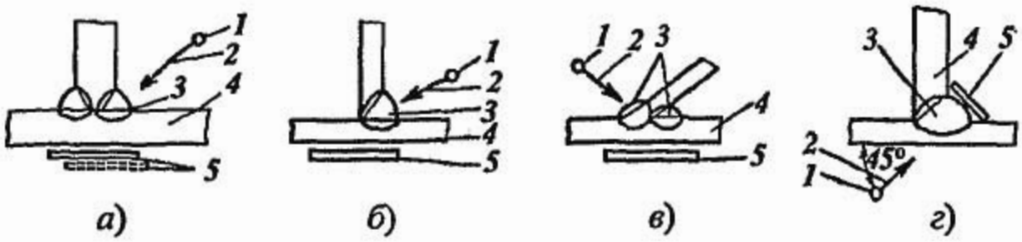



**Рис. 3.2.3. Направление центрального луча при контроле тавровых сварных соединений:**
*а, б, в* – преимущественное; *г* – допускаемое
(обозначение позиций такое же, как и на рис. 3.2.1)

– для тавровых соединений – под углом 45° (рис. 3.2.3, *а–в*), допускается контроль швов тавровых соединений с расположением кассеты на шве (рис. 3.2.3, *г*);

– для угловых сварных соединений – по биссектрисе угла между свариваемыми элементами (рис. 3.2.4);

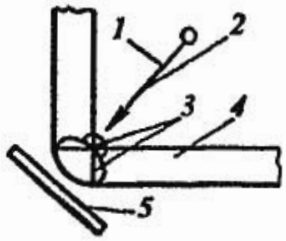



**Рис. 3.2.4. Направление центрального луча при контроле угловых сварных соединений** (обозначение позиций такое же, как и на рис. 3.2.1)

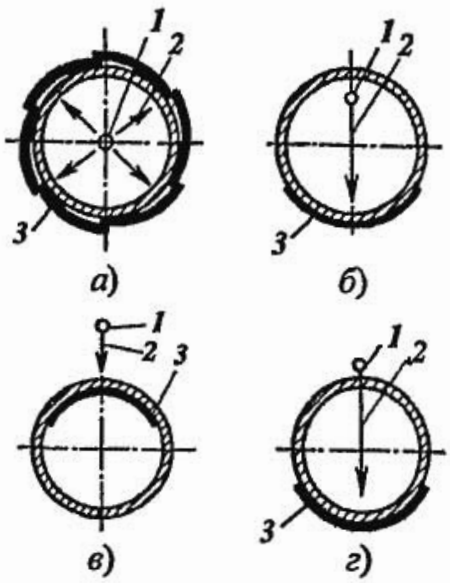



**Рис. 3.2.5. Направление центрального луча при контроле кольцевых швов свариых соединений:** *а* – преимущественная схема просвечивания; *б, в, г* – допускаемые

– для кольцевых швов сварных соединений – расположение источника излучения *1* (с центральным лучом *2*) по оси изделия с наложением кассет *3* по всему периметру шва по наружной стороне для одновременного контроля по схеме, показанной на рис. 3.2.5, *а*; допускается контролировать участок шва сварного соединения помещением источника излучения внутри изделия (рис. 3.2.5, *б*) или снаружи изделия (рис. 3.2.5, *в, г*).

К числу универсальных ультразвуковых дефектоскопов относятся импульсные (УДМ-1М, УДМ-3, ДУК-66, ДУК-13ИМ) и иммерсионные (СПЛАВ-5, ИД-4). Назначение дефектоскопов следующее: УДМ-1М – для обнаружения и определения координат дефектов, нарушающих сплошность (раковин, расслоений, пор), для измерения глубины залегания дефектов и толщины изделий; УДМ-3 – для выявления внутренних дефектов и определения координат их расположения в металлических и неметаллических изделиях, сварных соединениях; ДУК-66 – для обнаружения внутренних поверхностных дефектов (расслоений, трещин, раковин), для определения места их расположения, а также для измерения толщин изделия при одностороннем доступе к нему; ДУК-13ИМ – для контроля сварных соединений в труднодоступных местах и крупногабаритных аппаратах; УД-5 – для дефектоскопии трубчатых деталей из различных металлов и сплавов на наличие дефектов (рисок, трещин раковин, расслоений); ИД-4 – для ручного и автоматического контроля изделий в целях обнаружения дефектов типа расслоений; СПЛАВ-5 – для автоматизированного ультразвукового контроля листовых, литых и кованых заготовок в целях выявления в них дефектов (расслоений, включений и др.).

В соответствии с ГОСТ 14782 для ультразвукового контроля сварных швов применяют импульсные дефектоскопы, позволяющие измерять координаты расположения отражающей поверхности. В комплект прибора входят эталоны для измерения основных параметров контроля и приспособления для ограничения пределов перемещения искателей и уточнения координат. При дефектоскопии швов сварных соединений применяют эхоимпульсный, теневой или эхотеневой методы. Схемы включения искателей и соответствующие этим схемам изображения развертки на экране дефектоскопа приведены на рис. 3.2.6–3.2.8.

При эхоимпульсном методе применяют совмещенную, раздельную и раздельно-совмещенную схемы включения искателей. Раздельную и раздельно-совмещенную схемы применяют в том случае, если контроль по совмещенной схеме не обеспечивает достаточную надежность и достоверность (рис. 3.2.6).

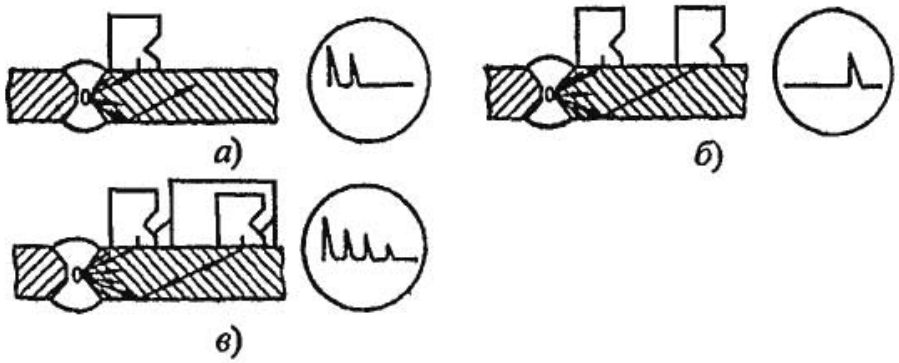



**Рис. 3.2.6. Схемы включения искателя при ультразвуковом контроле эхоимпульсным методом и изображение развертки на экране дефектоскопа:** *а* – совмещенная схема; *б* – раздельная схема; *в* – раздельно-совмещенная схема

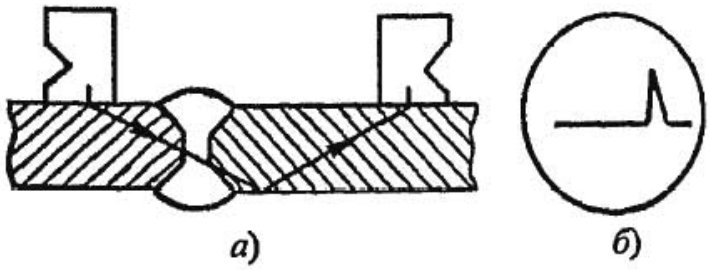



**Рис. 3.2.7. Схема ультразвукового контроля теневым методом:**
*а* – схема включения искателей;
*б* – изображение развертки на экране дефектоскопа

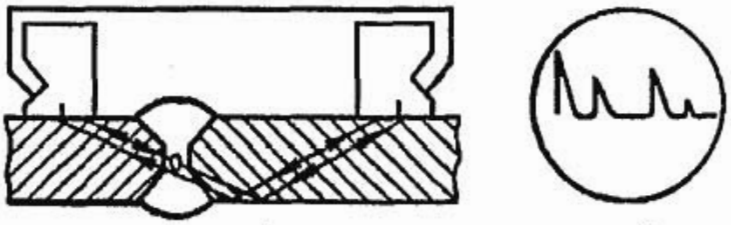



**Рис. 3.2.8. Схема ультразвукового контроля эхотеневым методом:**
*а* – раздельно-совмещенная схема включения искателей;
*б* – изображение развертки на экране дефектоскопа

Дефектоскопию сварных швов теневым методом (рис. 2.3.7) проводят по раздельной схеме включения искателей. Для эхотеневого метода применяют раздельно-совмещенную схему включения искателей (рис. 3.2.8).

Сварные соединения контролируют прямым, однократно, двукратно и многократно отраженным лучом. Для того, чтобы при контроле проверить качество всего наплавленного металла, руководствуются следующими схемами: для стыковых соединений, показанными на рис. 3.2.9; для тавровых соединений – на рис. 3.2.10; для нахлесточных соединений – на рис. 3.2.11. Результаты контроля качества сварных швов ультразвуковой дефектоскопии фиксируют в журнале или в заключении, либо на схеме шва сварного соединения.

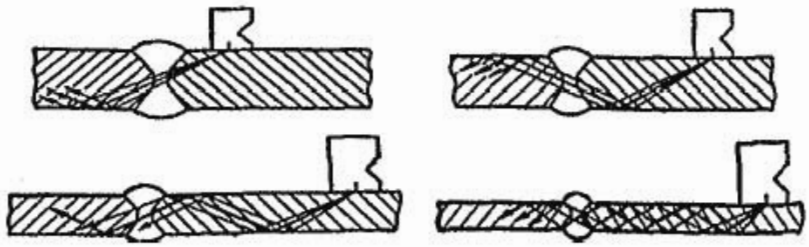


**Рис. 3.2.9. Варианты схем дефектоскопии наплавленного металла швов стыковых соединений**

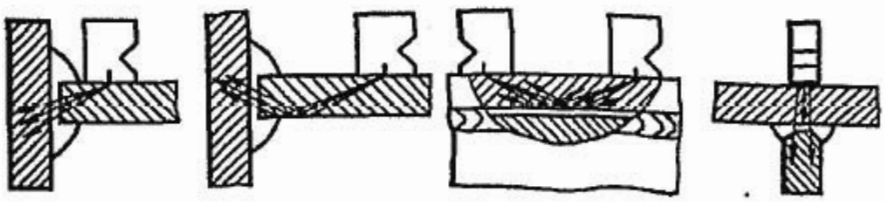


**Рис. 3.2.10. Варианты схем дефектоскопии наплавленного металла швов тавровых соединенний**

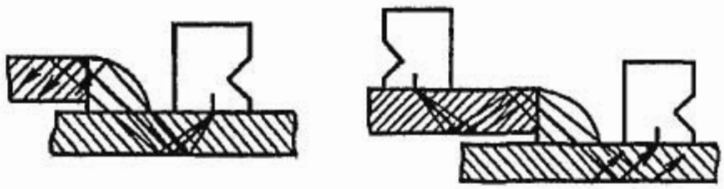


**Рис. 3.2.11. Варианты схем дефектоскопии наплавленного металла швов нахлесточных соединений**

Средства контроля, основанные на магнитном и электромагнитном методах, имеют множество типов, моделей, марок, типоразмеров. К числу приборов дефектоскопии относят:

– для контроля степени размагниченности деталей и выявления ферромагнитных включений в немагнитных материалах феррозондовый полюсоискатель ФП-1;

– для контроля твердости и качества термообработки стальных деталей прибор ИМ-1-160;

– для контроля крепежа конденсаторный магнитный дефектоскоп КНУ-2-7;

– для контроля качества сварных швов стационарные дефектоскопы УДМ-9000, УДМЭ-10000, а также переносные дефектоскопы ДМП-2, 77ПМД-3М;

– индукционный двухчастотный структуроскоп ДЧС-1, предназначенный для контроля твердости, термообработки и качества поверхностно-упрочненных слоев ферромагнитных металлов;

– индукционный дефектоскоп ИД-7 для контроля трубчатых деталей на сплошность слоя;

– электромагнитный индуктивный дефектоскоп ЭМИД-8 для изделий из магнитных и немагнитных металлов. Контроль ведут по измерению разности электропроводности изделий (методом сравнения с эталоном); прибором можно контролировать: химический состав (марки материала), структуру металла (твердость), нарушения сплошности (дефекты);

– индукционные статические дефектоскопы ППД-1 и ППД-3, предназначенные для выявления усталостных трещин в деталях сплошной формы;

– прибор МКЛ для контроля фазового состава коррозионностойких сталей литых деталей;

– для люминесцентного контроля применяют дефектоскопы малый ЛД-4 и большой ЛДА-3, выявляющие трещины шириной около 0,01 мм у немагнитных материалов.

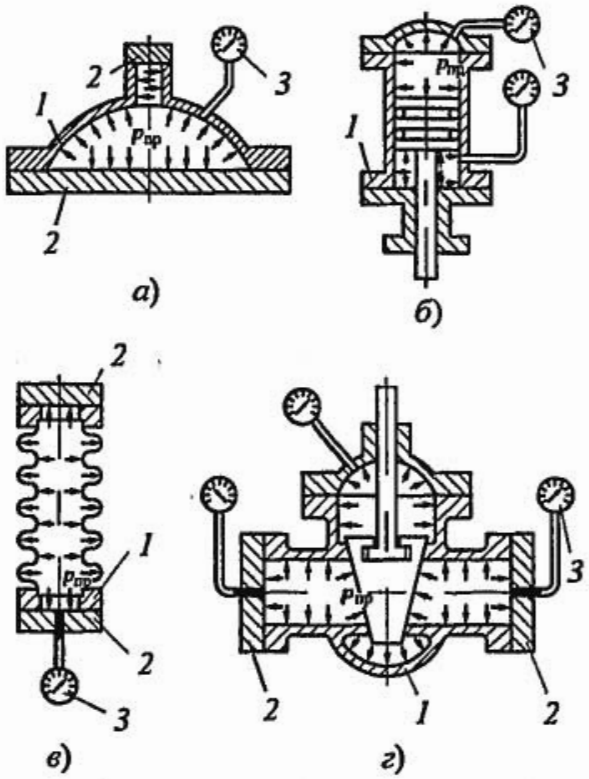



**Рис. 3.2.12. Схемы испытаний на прочность детали (*а*), узлов (*б*, *в*) и изделия (*г*) арматуры:**
*1* – испытуемый объект; *2* – заглушка; *3* – манометр

***Второй метод*** состоит в экспериментальной оценке прочности конструкций, узлов, деталей. Основной вид воздействия – гидравлический. Процесс ведется при нормальной температуре (20 ± ± 5 °С). В качестве рабочей среды используется жидкость, чаще всего техническая вода и в особых случаях керосин. Испытаниям подвергаются все элементы изделия, воспринимающие действие избыточного давления рабочей среды. Принципиальные схемы действующих при испытаниях нагрузок даны на рис. 3.2.12 [23].

Перед началом испытаний внутренние полости объектов герметизируют заглушками и заполняют рабочей средой. Для обеспечения безопасности одновременно из полостей полностью удаляют воздух. Затем давление $p$ доводят до критического уровня. В качестве критического уровня принято пробное давление $p = p_{пр}$, регламентированное ГОСТ 356 для различных материалов, конструкций и эксплуатационных условий. Под избыточным давлением объект испытаний находится заданное время, после чего его обследуют и оценивают с позиции целостности конструкции. Одновременно ведется контроль изменения давления рабочей среды относительно момента начала испытаний. Объект испытаний считается годным, если не обнаружены разрушения конструкции, остаточные деформации, влияющие на регламентированные размеры, и давление рабочей среды на момент начала испытаний равно давлению среды на момент освидетельствования.

Цель испытаний на гидравлическую плотность материала корпусных деталей и сварных швов – обеспечение гидравлической плотности при действии жидких и газообразных сред, находящихся под избыточным давлением докритического и критического значений, возникающим внутри трубопровода при эксплуатации технологических систем, агрегатов и установок [7–9, 24].

Задачей испытаний является экспериментальная проверка гидравлической плотности при действии избыточного давления ($p_{пр}$) жидких и газообразных сред.

При испытаниях гидравлическую плотность материала оценивают качественно или количественно. При качественной оценке испытания сводятся к обнаружению и устранению мест сквозного проникновения среды через дефекты материала. При количественной оценке решается та же задача, но на основе установления количества среды, прошедший через сквозные дефекты материала корпусных деталей. В качестве критерия принимается изменение давления $\Delta p$ за промежуток времени с учетом объема заполняемых средой полостей объекта испытаний. Размерность критерия $10^{-3}$ ... $10^{-6}$ л·мкм/с.

Основные виды воздействия – гидравлическое и пневматическое. В качестве рабочих сред наиболее широко используются в соответствии с требованиями нормативной документации техническая вода, керосин, воздух, газовые смеси с фреоном и гелием. Испытаниям подвергаются все элементы изделия, непосредственно воспринимающие давление среды. Схемы испытаний не имеют принципиальных отличий от схем, представленных на рис. 3.2.12.

Эти испытания проводятся только после завершения испытаний на прочность. Если нормативной и технической документацией допускается проведение испытаний на гидравлическую плотность материала водой или керосином, то чаще всего они совмещаются с испытаниями на прочность. В этом случае при обследовании объекта испытаний ставится задача обнаружения мест проникновения рабочей среды через структуру материала. Осуществляется это визуально с одновременным контролем $\Delta p$ среды. Обнаруженные места утечек исправляют заваркой и затем испытания повторяют.

Когда в качестве рабочей среды при испытаниях используется воздух, местные неплотности в основном материале и в материале сварных швов обнаруживают визуально по воздушным пузырькам при полном погружении объекта испытаний в емкость с водой. Одновременно осуществляют контроль $\Delta p$. В отдельных случаях, чаще всего при контроле сварных швов, допускается обмыливание мест возможной неплотности материала. Все эти методы позволяют оценить гидравлическую плотность материала потоком среды, прошедшей через сквозные дефекты, значением до $10^{-2}$ л·мкм/с.

Для особо ответственных изделий плотность материала (в соответствии с техническими регламентами на конкретную арматуру) проверяют при

испытаниях с использованием газовоздушных смесей с фреоном – чувствительность $10^{-3}$ л·мкм/с и гелием – чувствительность до $10^{-7}$ л·мкм/с.

Объект испытаний считается годным, если не обнаружены места проникновения среды через структуру материала и за регламентированное время изменение давления $\Delta p$ по приборам (чувствительные манометры) не зафиксировано.

Цель испытаний на вакуумную плотность корпусных деталей, сварных швов и изделий – обеспечение вакуума регламентированного уровня во внутренних полостях трубопроводной арматуры и связанных с нею трубопроводов и емкостей во время эксплуатации технологических систем, агрегатов и установок. Задачей испытаний является экспериментальная проверка способности объекта сохранять во внутренних полостях и объемах вакуум регламентированного значения.

Вид воздействий пневматический. В качестве рабочих сред используются атмосферный воздух и газовоздушные смеси с фреоном или гелием.

Для каждого отдельного объекта или технологического процесса должна быть установлена предельно допустимая вакуумная плотность, определяемая величиной допустимого натекания. Натекание измеряется в мм рт. ст. · л/с. Натекание в 1 мм рт. ст. · л/с означает, что в объеме, равном 1 л, откаченному до высокого вакуума ($10^{-8}$ ... $10^{-10}$ мм рт. ст.), давление в течение 1 с возрастает на 1 мм рт. ст., что равно 133 Па или соответствует проникновению $3{,}27 \cdot 10^{19}$ молекул.

При испытаниях на вакуумную плотность наиболее широкое применение получили два основных метода. *Первый метод* основан на создании во внутренних полостях и объемах объекта испытаний избыточного давления газовоздушной среды, характер силового воздействия соответствует схемам рис. 3.2.12. При этом полагают подобие условий проникновения испытательной среды через неплотности как в эксплуатационных условиях, так и при испытаниях. Однако анализ силового воздействия на объект при испытаниях и эксплуатации свидетельствует об их существенных отличиях, что ставит под сомнение принятые условия подобия и достоверность оценки результатов испытаний. Во многих случаях это подтверждается и практикой, особенно для арматуры, имеющей пониженную жесткость конструкции.

Для изделий с невысокими требованиями по вакуумной плотности в основном используют пузырьковый метод. В этом случае ведут обмыливание мест возможной неплотности или погружение изделий в емкость с водой. Места течи обнаруживают визуально. Таким методом могут обнаруживаться течи с натеканием до $10^{-2}$ мм рт. ст. · л/с. Повышение избы-

точного давления приводит к квадратичному росту чувствительности визуального метода и может обеспечить обнаружение течи с натеканием до $10^{-5}$ мм рт. ст. · л/с [24].

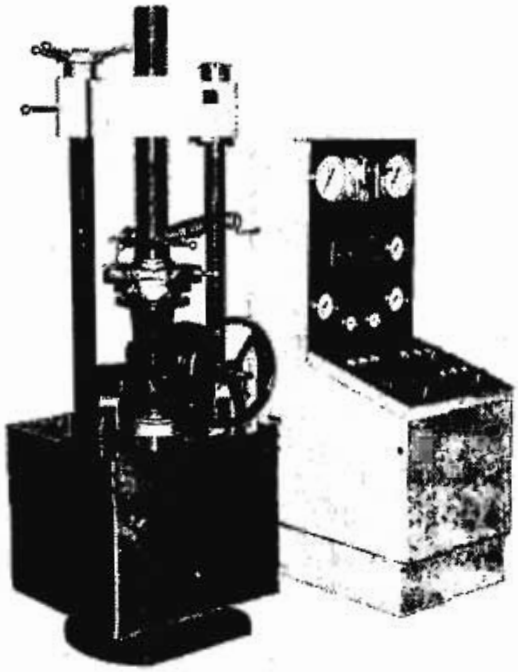
Большая точность обнаружения течи обеспечивается при использовании течеискателей. Во время испытаний производят местный отсос газовоздушной смеси с поверхности контролируемого объекта через сопло специального щупа. Галогенные течеискатели позволяют обнаружить течи, вакуумный эквивалент которых соответствует $10^{-6}$ мм рт. ст. · л/с; масс-спектрометрические с гелиевой газовоздушной смесью обеспечивают чувствительность порядка $10^{-9}$ мм рт. ст. · л/с.

*Второй способ* испытаний основывается на создании во внутренних полостях трубопроводной арматуры пониженного давления, что соответствует реальным условиям эксплуатации. Вакуумная плотность объекта испытания оценивается в зависимости от внутреннего объема $V$ по увеличению $\Delta p$ за регламентированный промежуток времени. Этот способ предусматривает использование высокочувствительных вакуумных манометров и может обеспечивать обнаружение течи до $10^{-5}$ мм рт. ст. · л/с. Чаще всего его применяют при испытаниях арматуры, работающей в технологических системах низкого и среднего вакуума.

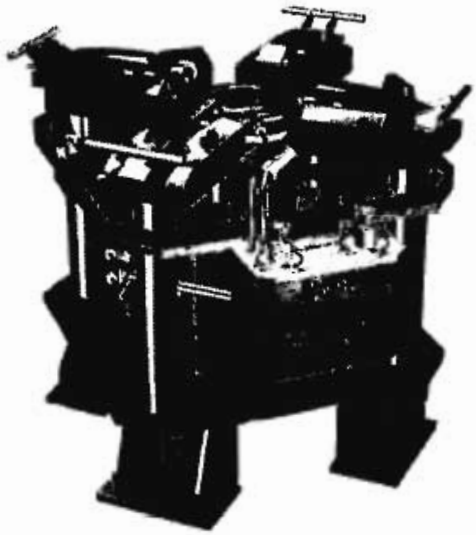
Для трубопроводной арматуры, работающей в системах с высоким вакуумом, применяется *третий способ* испытаний. Он основан на создании во внутренней полости объекта испытаний пониженного давления с последующим обдувом пробным газом. В качестве пробного газа используют гелий. В процессе испытаний осуществляется постоянный отсос из внутренних полостей объекта газовой смеси, проходящей через систему масс-спектрометрического течеискателя. При наличии неплотностей основного материала, сварных швов или соединений пробный газ при внешнем обдуве проникает во внутреннюю полость и при отсосе попадает в масс-спектрометр, где и регистрируется. Этот способ позволяет обнаружить течи, вакуумный эквивалент которых составляет $5 \cdot 10^{-11}$ мм рт. ст. · л/с.

**Средства испытаний на герметичность соединений арматуры.** Цель данных испытаний – обеспечение внешней и внутренней герметичности регламентированной нормами в подвижных и неподвижных соединениях арматуры при действии докритических и критических нагрузок, возникающих при эксплуатации арматуры.

Для проведения испытаний используют специальные стенды, станции, насосы. Отдельное испытательное оборудование, выпускаемое НПО "ГАКС-АРМСЕРВИС" представлено на рис. 3.2.13, а в табл. 3.2.2 приведены назначение и технические характеристики оборудования.



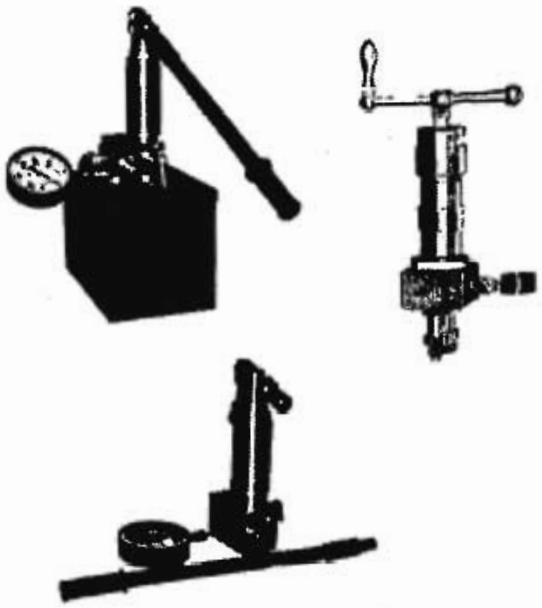
*а)*



*б)*



*в)*



*г)*

**Рис. 3.2.13. Специальное испытательное оборудование:**
*а* – стенд испытательный ИСУ-1; *б* – стенд испытательный ИСУ-8;
*в* – стенд испытательный ИС-10-300; *г* – насосы переносные ручные НРГ

Таблица 3.2.2

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| *Стенд для гидравлических и пневматических испытаний трубопроводной арматуры ИСУ-1-Б* $D_y$ 50 … 200 мм, $p_y$=1,6; 4; 16 МПа | *Для проведения испытаний:*<br>- на прочность;<br>- на плотность материалов;<br>- герметичности затвора;<br>- герметичности сальника;<br>- герметичности прокладочных соединений | *Испытательная среда – вода техническая, сжатый воздух*<br>Применяемые испытательные давления:<br>при заполнении испытываемых изделий водой, МПа ….. 0,1 … 0,5<br>при гидроиспытаниях на прочность и плотность материалов …….. $p_{пр}$<br>при гидроиспытаниях на герметичность затвора, сальниковой набивки, прокладочных соединений водой …….. $p_y$<br>при пневмоиспытаниях, МПа …….. 0,6<br>Энергоноситель управляющих систем стенда, пульта его управления и насосной станции – сжатый воздух под давлением, МПа …. 0,63 … 1,0<br>Применяемые методы контроля при испытаниях:<br>герметичности затвора – капельный, со сменными насадками;<br>прочности, плотности материалов, герметичности сальника и прокладочных соединений – визуальный;<br>герметичности затвора при пневмоиспытаниях – пузырьковый, со сменными насадками;<br>Гидропривод:<br>развиваемая сила, Н, max …… 610 000<br>ход поршня, мм, max …… 55<br>давление управляющей среды, МПа, max …… 24<br>рабочая среда …… масло И20А или АМГ-10<br>Габаритные размеры с площадкой обслуживания, мм …… 2400×1900×1900<br>Масса, кг …… 1700 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Стенд для пневмогидравлических испытаний арматуры ИСУ-1-Б-М1 | Для проведения испытаний:<br>- на прочность;<br>- на плотность материалов;<br>- герметичности затвора;<br>- герметичности сальника;<br>- герметичности прокладочных соединений | Испытательная среда – вода техническая, сжатый воздух<br>Применяемые испытательные давления:<br>при заполнении испытываемых изделий водой, МПа ..... 0,1 ... 0,5<br>при гидроиспытаниях на прочность и плотность материалов ..... $p_{пр}$<br>при гидроиспытаниях на герметичность затвора, сальниковой набивки, прокладочных соединений водой ..... $p_у$<br>при пневмоиспытаниях, МПа ..... 0,6<br>Энергоноситель управляющих систем стенда, пульта его управления и насосной станции – сжатый воздух под давлением, МПа ..... 0,63 ... 1,0<br>Применяемые методы контроля при испытаниях:<br>герметичности затвора – капельный, со сменными насадками;<br>прочности, плотности материалов, герметичности сальника и прокладочных соединений – визуальный;<br>герметичности затвора при пневмоиспытаниях – пузырьковый, со сменными насадками;<br>Гидропривод:<br>развиваемая сила, Н, max ..... 610 000<br>ход каждого поршня, мм, max ..... 55<br>давление управляющей среды, МПа, max ..... 24<br>рабочая среда ..... масло И20А<br>Габаритные размеры, мм:<br>стенда ..... 755×795×1900<br>стенда с площадкой обслуживания ..... 2400×1900×1900<br>Масса, кг ..... 850 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Стенд для гидравлических и пневматических испытаний трубопроводной арматуры ИСУ-1-Д | Для проведения испытаний:<br>- на прочность;<br>- на плотность материалов;<br>- герметичности затвора;<br>- герметичности сальника;<br>- герметичности прокладочных соединений<br>Испытания проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 5762 и ГОСТ 5761 | Испытательные среды – вода техническая, сжатый воздух<br>Применяемые испытательные давления:<br>при заполнении испытываемых изделий водой, МПа ..... 0,3 ... 0,5<br>при испытаниях на прочность и плотность материалов ..... $p_{пр}$<br>при испытаниях на герметичность затвора, сальниковой набивки, прокладочных соединений водой ..... $p_y$<br>с дополнительными испытаниями сжатым воздухом под давлением, МПа .. 0,6<br>Энергоноситель управляющих систем и насосной станции – сжатый воздух под давлением, МПа ..... 0,4<br>Применяемые методы контроля при испытаниях:<br>герметичности затвора при испытании водой – капельный, со сменными насадками;<br>прочности, плотности материалов, герметичности сальника, прокладочных соединений – визуальный;<br>герметичности затвора при испытании воздухом – пузырьковый, со сменными насадками;<br>Гидропривод:<br>развиваемая сила, Н, max ..... 90 000<br>ход поршня, мм, max ..... 100<br>давление в гидроцилиндре, МПа, max ..... 24<br>рабочая среда ..... масло И20А<br>настраиваемые давления масла, вырабатываемые масляным агрегатом насосной станции согласно применяемости по $D_y$ и $p_y$ испытываемых изделий<br>Габаритные размеры, мм:<br>стенда ..... 1250×1530×(2160 ... 2630)<br>стенда с насосной станцией на общей площадке обслуживания ..... 3100×2200×2240<br>Масса, кг:<br>стенда ..... 2400<br>стенда с насосной станцией на общей площадке обслуживания ..... 3200 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Стенд испытательный ИСУ-3 для настройки (тарирования) предохранительных клапанов на давление срабатывания и для испытания их на герметичность затвора | Для проведения настройки (тарирования) предохранительных клапанов на давление срабатывания и испытания на герметичность<br><br>Настройка клапанов производится сжатым воздухом, испытание на герметичность сжатым воздухом и технической водой | Рабочая среда – техническая вода, сжатый воздух<br><br>Применяемые испытательные давления, МПа:<br><br>для залива воды в выходной патрубок при испытании на герметичность давление не ограничено;<br><br>при настройке клапанов сжатым воздухом, не более:<br><br>$D_y$ 50 ... 150 мм ..... 16,0<br><br>$D_y$ 200 мм ..... 6,5<br><br>$D_y$ 250, 300 мм ..... 4,0<br><br>при пневмоиспытании клапана на герметичность затвора сжатым воздухом ..... $p_p$ (рабочее давление)<br><br>Применяемые методы контроля при испытаниях:<br><br>герметичности затвора – визуальный;<br><br>настройки давления срабатывания клапана – акустический (хлопок) и манометрический (момент закрытия)<br><br>Габаритные размеры, мм ..... 1300×900×1900<br><br>Масса всего комплекса, кг ..... 315 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Стенд для гидравлических и пневматических испытаний трубопроводной арматуры ИСУ-4-А | Для проведения испытаний:<br>- на прочность;<br>- на плотность материалов;<br>- герметичности затвора;<br>- герметичности сальника;<br>- герметичности прокладочных соединиений | Испытательная среда – вода техническая, сжатый воздух<br>Применяемые испытательные давления, МПа:<br>при заполнении испытываемых изделий водой ..... 0,3 ... 0,5<br>при гидроиспытаниях на прочность и плотность материалов ..... $p_{пр}$<br>при гидроиспытаниях на герметичность затвора, сальниковой набивки, прокладочных соединений водой ..... $p_y$<br>при пневмоиспытаниях ..... 0,6<br>Энергоноситель управляющих систем насосной станции – сжатый воздух под давлением, МПа ..... 0,63 ... 1,0<br>Применяемые методы контроля при испытаниях:<br>герметичности затвора – капельный, со сменными насадками;<br>прочности, плотности материалов, герметичности сальниковой набивки и прокладочных соединений – визуальный;<br>герметичности затвора при пневмоиспытаниях – пузырьковый, со сменными насадками<br>Габаритные размеры, мм ..... 730×810×1470<br>Масса всего комплекта с ПНС, кг ..... 660 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| Станция насосная пневмоуправляемая ПНС-1 | Для стендовых испытаний трубопроводной арматуры, содержит насосный агрегат (мультипликатор) с пневматическим управлением и регулированием, а также системы управления и контроля процессом испытаний | Давление технической воды, подаваемой к насосной станции, МПа ..... | 0,3 ... 0,5 |
| | | Класс очистки воды по ГОСТ 17216 ..... | 12 |
| | | Энергоноситель – сжатый воздух под давлением, МПа ..... | 0,4 ... 1 |
| | | Класс очистки воздуха по ГОСТ 17433 ..... | 12 |
| | | Диапазон регулирования и поддержания выходного давления, МПа ..... | 1 ... 24 |
| | | I диапазон, МПа ..... | 1 ... 5 |
| | | II диапазон, МПа ..... | 4 ... 24 |
| | | Регулирование в пределах поддиапазонов плавное бесступенчатое, производится пневморедукторами, маховички которых выведены на лицевую панель управления | |
| | | Переключение диапазонов производится пневмотумблером на лицевой панели управления | |
| | | Предупреждение: до переключения диапазона следует понизить давление воздуха пневморедуктором до 0,05 МПа, во избежание неожиданного резкого броска давления на выходе насосной станции | |
| | | Производительность работающего мультипликатора, л/мин ..... | 4,2 |
| | | Производительность заполнения испытываемых объемов, обеспечиваемая системами станции, л/ч (при давлении подведенной воды 0,3 МПа) ..... | 700 |
| | | Ход поршня мультипликатора, мм ..... | 100 |
| | | Рабочий объем гидроцилиндра, $см^3$ ..... | 80 |
| | | Габаритные размеры насосной станции, мм ..... | 856×450×260 |
| | | Масса, кг ..... | 260 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Станция насосная пневмоуправляемая ПНС-5 | Содержит два насосных агрегата с иезависимым регулированием и работающих на различных средах:<br>- первый повышает давление подводимой к нему технической воды для использования в испытательных стендах при испытаниях трубопроводной арматуры;<br>- второй вырабатывает иеобходимые давления минерального масла от собственной емкости и служит для обеспечения работы поршневых гидроприводов испытательных стендов | Давление технической воды, подаваемой к насосной станции, МПа ..... 0,1 ... 0,5<br>Энергоноситель – сжатый воздух давлением, МПа ..... 0,4 ... 1,0<br>Диапазон регулирования и поддержания выходного давления, МПа ..... 0,1 ... 24<br>I диапазои, МПа ..... 1 ... 5<br>II диапазон, МПа ..... 4 ... 24<br>Регулирование в пределах диапазонов плавное бесступенчатое, производится пневморедукторами, маховички которых выведены на лицевую панель управления<br>Переключение диапазонов производится пневмотумблерами на лицевой панели управления<br>Предупреждение: до переключения диапазона следует поиизить давление воздуха пиевморедуктором до 0,05 МПа во избежание неожиданного резкого броска давления на выходе насосной станции<br>Производительность работающего мультипликатора, л/ч ..... 200<br>Производительность заполнения испытываемых объемов водой, обеспечиваемая системами станции, л/ч ..... 700<br>Ход поршня мультипликатора, мм ..... 100<br>Рабочий объем гидроцилиндра, $см^3$ ..... 80<br>Габаритные размеры насосной станции, мм ..... 1060×560×1550<br>Масса, кг ..... 450<br>Объем масла в емкости станции, л ..... 20 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Станция насосная ПНС-5М1 | Содержит два насосных агрегата с независимым регулированием и работающих на различных средах:<br>- один повышает давление подводимой к нему технической воды для использования в испытательных стендах при испытаниях трубопроводной арматуры;<br>- другой вырабатывает необходимые давления минерального масла от собственной емкости и служит для обеспечения работы поршневых гидроприводов испытательных стендов | Давление технической воды, подаваемой к насосной станции, МПа ..... 0,1 ... 0,5<br>Энергоноситель – сжатый воздух давлением, МПа ..... 0,4 ... 1,0<br>Диапазон регулирования и поддержания выходного давления, МПа ..... 0,1 ... 24<br>I диапазон, МПа ..... 0,1 ... 2,8<br>II диапазон, МПа ..... 2,8 ... 24<br>Регулирование в пределах диапазонов плавное бесступенчатое, производится пневморедукторами, маховички которых выведены на лицевую панель управления<br>Переключение диапазонов производится пневмотумблерами на лицевой панели управления<br>Предупреждение: до переключения диапазона следует понизить давление воздуха пневморедуктором до 0,05 МПа, во избежание неожиданного резкого броска давления на выходе насосной станции<br>Производительность работающего мультипликатора, л/мин ..... 25 ... 30<br>Ход поршня мультипликатора, мм ..... 80<br>Рабочий объем гидроцилиндра, $см^3$ ..... 250<br>Габаритные размеры насосной станции, мм ..... 1063×606×1583<br>Масса, кг ..... 500<br>Объем масла в емкости станции, л ..... 20<br>Применяемое масло ..... И20А |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Станция насосная ПНС-6 | Для создания и автоматического поддержания давления воды при проведении испытаний трубопроводной арматуры | Станция имеет два автономных канала<br>Источник энергии – сжатый воздух из сети предприятия под давлением, МПа 0,4 ... 1,0<br>Рабочие среды, подаваемые в станцию на месте эксплуатации:<br>вода техническая, под давлением, МПа ..... 0,1 ... 5,0<br>Класс очистки воды по ГОСТ 17216 ..... 10<br>сжатый воздух под давлением, МПа ..... 0,4 ... 1,0<br>Класс очистки воздуха по ГОСТ 17433 ..... 6<br>Регулирование и поддержание выходного давления воды осуществляется в двух диапазонах, МПа:<br>I диапазон ..... 1,0 ... 2,4<br>II диапазон ..... 2,8 ... 24,0<br>Регулирование в пределах диапазона плавное ..... бесступенчатое<br>Давление воздуха, подаваемое потребителю для обеспечения пневмоиспытаний станцией, не регулируется и соответствует давлению, поданному сети предприятия<br>Максимальная подача воды, л/мин ..... 30<br>Габаритные размеры станции, мм ..... 1063×800×1583<br>Масса станции, кг ..... 400 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Насос ручной гидравлический НРГ-1 | Для создания высоких давлений гидравлических сред, применяемых преимущественно в испытательных целях, в первую очередь для трубопроводной арматуры | Используемые гидравлические среды:<br>вода пресная;<br>водные эмульсии с присадками;<br>масла индустриальные общего назначения;<br>масла авиационные, турбинные, дизельные<br>Входное давление гидравлических сред рекомендуемое, МПа ..... 0,15 ... 0,5<br>Насос может работать самовсасыванием из емкости<br>Выходное давление гидравлических сред, МПа, не менее ..... 6<br>Ход поршня, мм ..... 150<br>Рабочий объем гидроцилиндра, $см^3$ ..... 240<br>Габаритные размеры, мм ..... 540×340<br>Масса, кг ..... 10 |
| Насос ручной гидравлический НРГ-2 | Для создания высоких давлений гидравлических сред, применяемых преимущественно в испытательных целях | Используемые гидравлические среды:<br>вода пресная;<br>водные эмульсии с присадками;<br>масла индустриальные общего назначения;<br>масла авиационные, турбинные, дизельные<br>Входное давление гидравлических сред рекомендуемое, МПа ..... 0,15 ... 0,5<br>Насос может работать самовсасыванием из емкости<br>Выходное давление гидравлических сред, МПа, не менее ..... 27<br>Ход поршня, мм ..... 35<br>Рабочий объем гидроцилиндра, $см^3$ ..... 13<br>Габаритные размеры, мм ..... 540×340<br>Масса, кг ..... 18 |

*Продолжение табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| Насос ручной НРГ-3С | Для создания необходимых давлений воды при проведении гидравлических испытаний трубопроводной арматуры или трубопроводов, соответственно в испытательных стендах или в трубопроводных сетях. Может быть использован при испытаниях иных технологических агрегатов с расчетным увеличением объема от испытательного давления | Используемая гидравлическая среда – вода пресная техническая | |
| | | Класс чистоты по ГОСТ 17216 | 12 |
| | | Допускается использование насоса с режимом всасывания воды из емкости, при этом целесообразно снабдить всасывающий трубопровод приемным клапаном и сетчатым фильтром, который может быть поставлен по соответствующему заказу в комплекте насоса | |
| | | Температура рабочей жидкости при эксплуатации, °С | 5 … 50 |
| | | Производительность, измеренная на технической воде, при непродолжительном цикле, л/ч, не менее | 50 |
| | | Рабочий ход поршня или скалки, мм | 40 |
| | | Отклонение от горизонтали рукоятки управления, °: | |
| | | вверх | 27 |
| | | вниз | 15 |
| | | Сила на приводной рукоятке при создании давлений, кг: | |
| | | 1,2 … 1,4 МПа (работа большим поршнем), не более | 350 |
| | | 24,0 МПа (работа малого поршня – скалки), не более | 350 |
| | | Диаметр поршня, мм: | |
| | | большого | 63 |
| | | малого (скалки) | 16 |
| | | Настройка давления переключением автоматического клапана, МПа: | |
| | | рекомендуемое | 1,2 … 1,4 |
| | | возможное | 0,6 … 1,4 |
| | | Габаритные размеры, мм | 180×137×373 |
| | | Масса, кг | 21 |

*Окончание табл. 3.2.2*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Насос ручной НРГ-3-20 | Для создания необходимых давлений воды при проведении гидравлических испытаний трубопроводной арматуры или трубопроводов, соответственно в испытательных или в трубопроводных сетях | Используемые гидравлические среды:<br>вода пресная техническая очищенная;<br>класс очистки воды по ГОСТ 17216 ..... 12<br>индустриальные масла общего назначения;<br>турбинные масла<br>Температура рабочих жидкостей при эксплуатации, °С ..... 5 ... 50<br>Производительность, измеренная на технической воде, при непродолжительном цикле, л/ч, не менее ..... 500<br>Рабочий объем собственной емкости, л ..... 20<br>Рабочий ход поршня или скалки, мм ..... 40<br>Отклонение от горизонтали рукоятки управления, °:<br>вверх ..... 27<br>вниз ..... 15<br>Сила на приводной рукоятке при создании давлений, кг:<br>1,2 ... 1,4 МПа (работа большим поршнем), не более ..... 350<br>24,0 МПа (работа малого поршня – скалки), не более ..... 350<br>Диаметр поршня, мм:<br>большого ..... 63<br>малого (скалки) ..... 16<br>Настройка давления переключением автоматического клапана, МПа:<br>рекомендуемое ..... 1,2 ... 1,4<br>возможное ..... 0,6 ... 1,4<br>Габаритные размеры, мм ..... 400×250×653<br>Масса, кг ..... 28,7 |

**Средства испытаний при исследованиях работоспособности узлов арматуры целевого назначения.** Цель испытаний – экспериментальная оценка уровней показателей функционирования специальной арматуры целевого назначения при моделировании условий эксплуатации.

Методики исследований и средства обеспечения разнообразны в связи с широкими диапазонами условий эксплуатации. Рассмотрим испытательное оборудование для экспериментальной оценки: жесткости деталей и узлов; герметичности затворов при высокой температуре среды; уровней качества при коррозионно-механическом воздействии среды.

Функциональная схема ***установки для испытаний на жесткость*** узлов затворов задвижек представлена на рис. 3.2.14 (на установке может испытываться и другая арматура) [23]. Установка состоит из пяти блоков: промышленного образца задвижки с закрепленными индикаторами и датчиками сопротивления, установочного стенда с устройством закрепления корпуса задвижки, грузового гидроаккумулятора, тензостанции УТ-4 и тарировочного устройства.

Под действием давления среды заглушка *16* перемещается до привалочной поверхности входного магистрального фланца и перемещает изделие до откидных упоров *15*, обеспечивая гидравлическую плотность соединения магистральный фланец–заглушка. Второй, входной магистральный фланец задвижки находится в свободном состоянии. Такое крепление в процессе исследований жесткости системы корпус–запорный орган позволяет исключить влияние монтажных нагрузок.

Для создания и поддержания в процессе нагружения узла затвора постоянного давления (6,4; 9 МПа) среды служит грузовой гидроаккумулятор. В качестве среды для испытаний используется вода при температуре 20 ... 25 °С.

В корпусе *4* грузового гидроаккумулятора, выполненного из трубы, установлен плунжер *6*, к верхней части которого прикреплена траверса *17*, на тягах *5* которой подвешен диск *21* с грузом *3*. Уплотнение плунжера обеспечивается набором манжет из пластмасс.

Жидкость насосом подается через клапан *2* по трубопроводу *1* в корпус гидроаккумулятора. Клапан *19* при этом закрыт. Плунжер вместе с траверсой и грузом поднимаются вверх, и в корпусе аккумулируется требуемое давление жидкости, затем клапан *2* закрывают и открывают клапан *19*. Жидкость по трубопроводу *20* через обратный клапан *18* поступает к испытываемому изделию. По мере расхода жидкости плунжер опускается, и когда он займет нижнее положение, цикл повторяется.

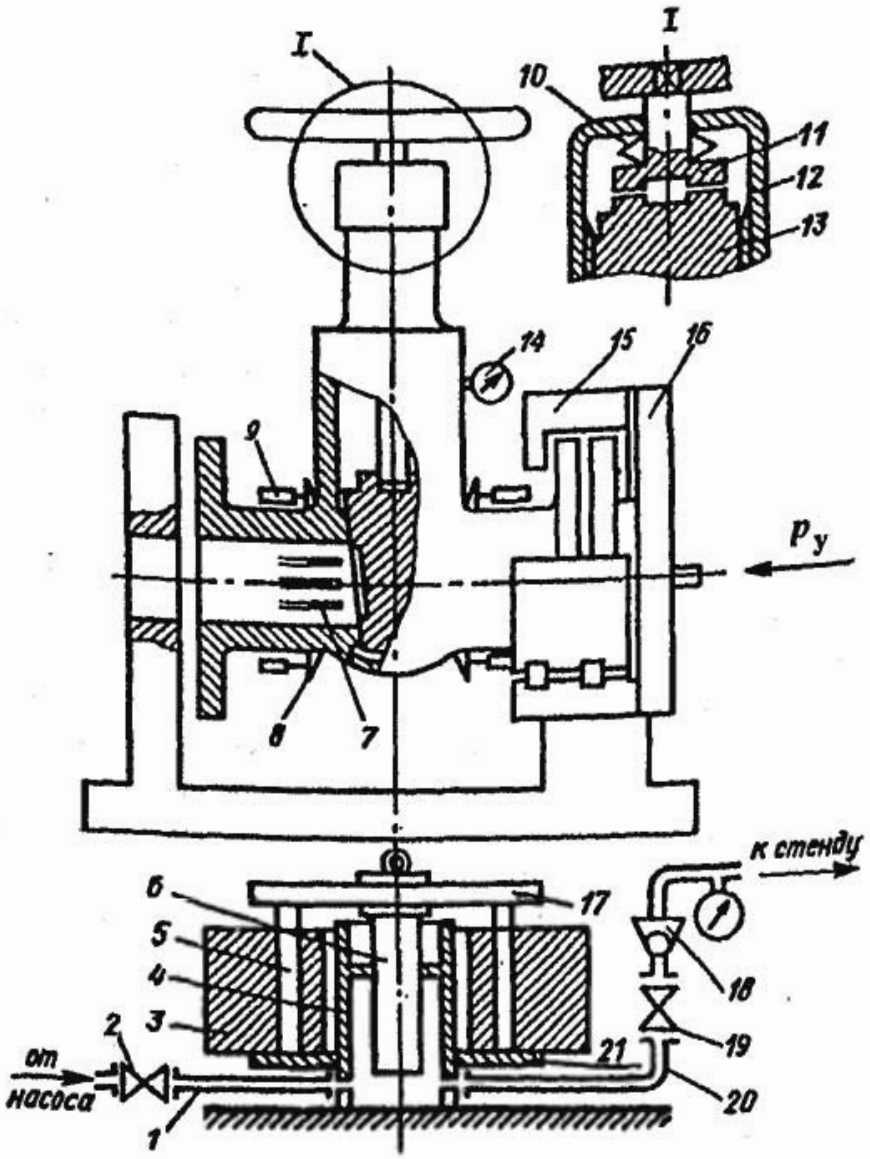



**Рис. 3.2.14. Схема испытаний узла затвора задвижек на жесткость**

Для дополнительного контроля давления во внутренней полости задвижки на корпусе установлен манометр *14*.

Для обеспечения стабильности крутящего момента, передаваемого на шпиндель задвижки, предусмотрено тарировочное устройство, позволяющее передавать три фиксированных крутящих момента: $M_{кр1} = 200$ Н · м; $M_{кр2} = 340$ Н · м; $M_{кр3} = 400$ Н · м.

На одном торце корпуса *13* тарировочного устройства выполнено посадочное отверстие, обеспечивающее соединение со шпинделем за-

движки. Другой торец выполнен в виде зубчатого торцового зацепления, который соединен с аналогично выполненным торцом хвостовика *11*. Сверху на фланец хвостовика устанавливается набор тарельчатых пружин *10*, который крышкой *12* прижимается к фланцу хвостовика. При достижении заданного крутящего момента торец хвостовика проскальзывает по зубчатой поверхности корпуса, преодолевая при этом сопротивление тарельчатых пружин. В процессе работы периодически (один раз в десять дней) необходимо проводить контрольные замеры крутящих моментов, передаваемых тарировочным устройством.

Жесткость оценивают при нормальных угловых размерах элементов клинового соединения и в зависимости от направления отклонений угла клина. С этой целью определяют профиль уплотнительной поверхности корпуса и распределение контактных давлений по периметру уплотнения. Изучение профиля позволяет выявить неплоскостность и изменение угловых размеров, а распределение контактных давлений – градиент давлений, который взаимосвязан с профилем. Такой подход позволяет разработать единое аналитическое решение, которое определяет величину утечки среды через щель в уплотнении в зависимости от факторов точности [5, 23].

Определение профиля уплотнительной поверхности корпуса проводят при двух видах нагружения узла затвора: предварительное запирание и при воздействии на поверхность клина распределенной нагрузки. Профиль уплотнительной поверхности изображают графически, по оси ординат откладывают перемещение фиксированных точек, а по оси абсцисс – длину окружности (развертку) уплотнительного кольца. Начало развертки принимают от верхней зоны клиновой поверхности. Нижняя зона уплотнительной поверхности при этом характеризуется значением угла $\pi$. Боковые зоны соответственно равны $^1/_2\pi$ и $^3/_2\pi$.

Для измерения перемещений фиксированных точек на наружной поверхности выходного патрубка корпуса задвижки применяют упоры *8*, закрепленные на корпусе. Упоры располагают в восьми равноотстоящих точках. Индикаторы *9* устанавливают в специальных державках, которые в свою очередь закрепляют на жестких кронштейнах, приваренных к корпусу задвижки по вертикальной плоскости симметрии клиновой уплотнительной поверхности.

На входном патрубке аналогичным образом устанавливают четыре контрольных индикатора, которые обеспечивают измерение перемещений входного патрубка в точках, находящихся на вертикальной и гори-

зонтальной осях магистрального прохода. Перемещения фиксированных точек оценивают непосредственно как разность показаний индикаторов до приложения нагрузки (исходное состояние) и после, т.е. $\Delta l_i = (n_i - n_0)u$, где $\Delta l_i$ – перемещение уплотнительной поверхности в фиксированной точке; $n_i$ – показание индикатора после приложения нагрузки; $n_0$ – показание индикатора до приложения нагрузки; $u$ – цена деления. Точность измерения перемещения ±1,5 мкм.

Изменение параметров точности определяют по профилю уплотнительной поверхности: погрешность углов по разности перемещения точек 0, $\pi$, $2\pi$, а неплоскостность как совокупность перемещений всех точек.

Характер распределения нагрузки по периметру уплотнительного кольца корпуса оценивают, анализируя напряженное состояние восьми равноотстоящих точек, находящихся на равном расстоянии от поверхности уплотнения. Для этого во внутренней полости выходного патрубка наклеивают в восьми точках тензорезисторы 7. Расположение точек по периметру определяют положением точек замера перемещений патрубка.

Данные о деформации внутренних слоев патрубка оценивают по сигналам с тензорезисторов, соединенных с тензопреобразователем одновременно по четырем точкам, расположенным под углом $\pi/4$. Оценку деформации следующих четырех точек производят при повторном нагружении. Указанное дифференцирование замеров объясняется сложностью расшифровки осциллограмм при одновременном фиксировании всех восьми точек.

Перед измерением осуществляют градуировку тензопреобразователей по консольной балке равного сопротивления, изготовленной из стали 25Л.

По результатам измерения строят графические зависимости, по которым устанавливают изменение профиля уплотнительной поверхности корпуса от приложенной нагрузки [23].

***Другая установка позволяет определить запас конструктивно-эксплуатационной точности*** при воздействии полного комплекса эксплуатационных нагрузок, влияющих на герметичность затвора (рис. 3.2.15) [23].

Экспериментальная установка состоит из испытательного стенда *I* и систем: подачи давления среды *II*, управления приводом *III*, управления давлением среды и измерения утечек *IV*, обеспечивающей циклическую наработку *V*, измерения утечек среды через затвор арматуры *VI*, измерения параметров межконтактного пространства в затворе *VII*.

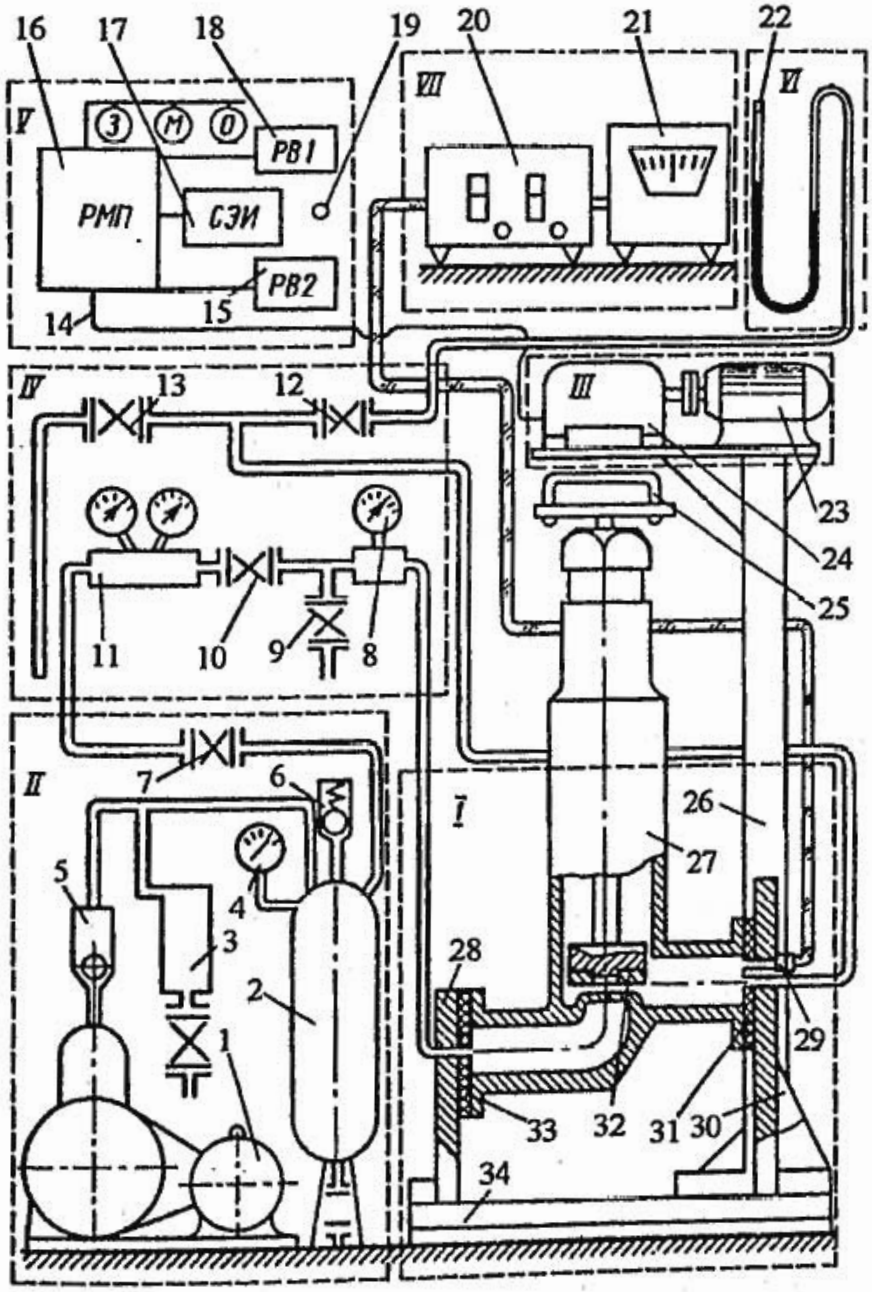



**Рис. 3.2.15. Схема стенда для испытаний узла затвора клапанов на жесткость, циклическую наработку и герметичность**

Испытательный стенд состоит из станины *34* с размещенной на ней и жестко закрепленной опорной стойкой *28*, на которую через резиновую прокладку *33* крепится запорный клапан *27* и вторая опорная стойка *30*, которая может перемещаться вдоль станины (в зависимости от строительной длины испытываемой арматуры). После настройки на необходимую строительную длину арматуры правая стойка также жестко закреп-

ляется на станине. Второй магистральный патрубок исследуемого клапана *27* герметизируют резиновой прокладкой *31* и стяжными винтами, прижимающими правый магистральный патрубок арматуры к опорной стойке *30.* Применяя такую технологию крепления и герметизации испытуемого запорного клапана, моделируют монтажный фактор, т.е. создают необходимые силовые нагрузки, имеющие место при монтаже и эксплуатации арматуры.

В опорных стойках испытательного стенда имеются отверстия, через которые с помощью трубопровода внутренние полости клапана соединяются с системой *IV* управления давлением среды и измерения утечек.

Система подачи давления среды в испытуемое изделие состоит из компрессора с электродвигателем *1* типа КВДГ, оснащенного обратным клапаном *5* и масло- и влагоотделителем *3.*

Система подачи давления включает в себя также ресивер *2,* снабженный манометром давления *4* и предохранительным клапаном *6.* Для пуска и прекращения подачи среды в экспериментальную установку система *II* оборудована запорным клапаном *7.*

Кроме опорных стоек с размещенным на них испытуемым клапаном, на станине стенда жестко закреплена стойка *26* с расположенной на ее верхнем конце системой управления приводом.

Система управления приводом предназначена для осуществления циклического нагружения и состоит из электродвигателя *23,* соединенного через кулачковую муфту с червячным редуктором *24,* выходной вал которого соединен с маховиком ручного управления запорным испытуемым клапаном через поводковую муфту *25.*

В редукторе предусмотрена регулируемая муфта ограничения крутящего момента привода, с помощью которой систему настраивают на необходимый крутящий момент, при достижении которого в положениях "закрыто" или "открыто" срабатывает переключатель направления вращения электродвигателя. Количество оборотов выходного вала редуктора, необходимых для закрывания и открывания затвора испытуемого клапана, достигают регулированием положения концевых выключателей, расположенных в редукторе электропривода. Электродвигатель, переключатель направления вращения двигателя и концевые выключатели соединены с электрической системой управления электроприводом электрическим кабелем *14.*

Управление испытательным стендом осуществляют с пульта управления с расположенными в нем системой *IV* управления давлением среды и измерения утечек и электрической системой *V,* обеспечивающей циклическую наработку. Система управления давлением среды и измерения

утечек предназначена для дистанционного управления пневматикой испытательного стенда *I* и состоит из пневматического редуктора *11*, регулирующего давление среды, подаваемой во внутреннюю полость изделия, запорного клапана подачи давления среды *10* и клапана сброса давления среды *9* из внутренней полости арматуры по окончании исследований. Манометром давления *8* измеряют давление среды, поданной в испытуемый клапан. Запорный клапан *12* служит для соединения правой полости испытуемой арматуры с системой *VI* измерения утечек, а запорный клапан *13* – для сброса давления утечек в атмосферу.

Электрическая система *V* управления электроприводом состоит из реверсивного магнитного пускателя *16*, счетчика электрических импульсов *17*, реле времени *15* и *18* и переключателя режима работы *19*. Реверсивный магнитный пускатель *16* предназначен для периодического подключения асинхронного электродвигателя *23* к электрической сети напряжением 380 В. Счетчик электрических импульсов подсчитывает время работы установки, количество циклов срабатывания затвора испытуемой арматуры, а реле времени *15* и *18* осуществляют выдержку во времени затвора под нагрузкой в положениях "закрыто" и "открыто". Сигнальные лампы *З*, *М* и *О* ("закрытие", достижение крутящего момента на шпинделе и "открытие") показывают режим работы привода. Переключателем *19* осуществляют переключения режима работы установки с ручного на автоматический.

Система *VI* измерения утечек предназначена для количественного определения утечки среды через затвор и состоит из дифманометра *22*, клапана *13* измерения утечек, клапана *12* сброса утечек среды в атмосферу и соединительного трубопровода.

Система *VII* измерения параметров межконтактного пространства в затворе предназначена для определения изменения геометрических параметров последнего [6, 23]. Измерительная система включает емкостной датчик *32*, выполненный в форме запорного клапана; разъем *29*, предназначенный для соединения датчика с коммутационным устройством *20* и измерительным блоком *21*. Коммутатор *20* и измерительный блок *21* совместно образуют прибор, в дальнейшем именуемый вторичным преобразователем, а емкостной датчик (клапан) – первичным емкостным преобразователем. Первичный емкостной преобразователь выполнен в форме золотника клапана, в торцовой поверхности которого (контактирующей с уплотнительной поверхностью седла) имеется 24 паза с размещенными в них изолированно от корпуса клапана и измеряемой уплотнительной поверхности седла электродами. Электроды датчика последовательно соединяются коммутатором с измерительным блоком.

Установка работает следующим образом.

Запорный клапан устанавливают на испытательный стенд, герметизируют магистральные патрубки и соединяют маховик управления клапана с поводковой муфтой *25* электропривода. Компрессором нагнетают необходимое давление воздуха в рессивер *2*. Открывают запорный клапан *7* и подают давление в пульт управления. При помощи редуктора *11* добиваются необходимого для проведения испытаний давления среды. Устанавливают переключатель *19* в положение "ручное управление" и включением электропривода закрывают затвор запорного клапана, предварительно отрегулировав на необходимый крутящий момент муфту ограничения.

После этого открывают запорный клапан *13* и соединяют правую полость испытуемого клапана с атмосферой. Затем открывают клапан *12* и тем самым соединяют внутреннюю полость испытуемой арматуры с прибором измерения утечек *22*, а последний – с атмосферой.

Количественное измерение утечки среды через затвор запорного клапана (испытуемого изделия) осуществляют дифманометром *22*.

Для этого закрывают запорный клапан *12* и фиксируют по секундомеру время его закрытия. Утечка среды поступает по трубопроводу в дифманометр *22* и вытесняет рабочую жидкость из левого колена в правый. По достижении необходимого уровня рабочей жидкости в правом колене дифманометра клапан *12* открывают и определяют время накопления утечек. Количество среды, протекающей через затвор арматуры за единицу времени определяют по формуле $Q = n / t$, где $n$ – количество делений, отражающих разницу в уровнях жидкости по шкале дифманометра, $см^3$; $t$ – время накопления утечек, мин.

После измерения утечек клапан *13* закрывают и измеряют параметры зазора между уплотнительными поверхностями затвора. Для этого включают вторичный преобразователь в сеть с переменным напряжением 220 В. Коммутатор *20* при этом последовательно соединяет электроды первичного емкостного преобразователя с показывающим прибором *21* (шкала градуирована в микрометрах) при этом фиксируют высоту щели по каждому электроду.

Изменение высоты межконтактного пространства от воздействия внутреннего равномерно распределенного давления среды определяют сравнением результатов измерения щели при воздействии давления и без него. Для снятия давления среды закрывают клапан *10*, а клапан *9* открывают.

При циклическом нагружении затворов испытуемого клапана его правую полость соединяют с атмосферой, а в левую подают среду под

давлением, соответствующим рабочему. Переключатель *19* устанавливают в положение "автоматическая работа" и включают электропривод.

Электродвигатель привода *23* вращает (через червячный редуктор и соединительные муфты) шпиндель испытуемого клапана в сторону его открытия, пока не сработает концевой выключатель открытия, после чего загорается сигнальная лампа "открыто" и включается реле времени, рассчитанное на определенное время выдержки в положении "открыто" (2/3 с). Затем магнитный пускатель переключает направление вращения электродвигателя привода, начинается процесс закрытия испытуемого клапана, пока не сработает концевой выключатель ограничения крутящего момента. Затем загорается сигнальная лампа *M*, включается счетчик электрических импульсов и реле времени, определяющее время выдержки затвора в положении "закрыто", после чего реле времени подает сигнал на реверсивный магнитный пускатель, переключающий направление вращения электродвигателя на обратный ход, и цикл повторяется.

После наработки необходимого количества циклов срабатывания затвора электропривод отключают от сети и производят аттестацию испытуемого изделия по утечке и изменению функциональных геометрических параметров затвора.

Длительность одного цикла срабатывания затвора зависит от вида запорной арматуры и определяется количеством оборотов шпинделя, необходимым для осуществления открытия–закрытия затвора. Частота вращения приводного вала привода 40 об/мин.

Сложные условия эксплуатации и большое многообразие конструкций трубопроводной арматуры потребовали создания многочисленных конструкций испытательных стендов.

Основным недостатком действующего в настоящее время стендового оборудования является его низкая универсальность, недостаточная производительность и слабое оснащение современными средствами метрологического обеспечения испытаний. Поэтому в арматуростроении создано множество испытательных стендов, моделирующих те или иные условия эксплуатации, предназначенных для испытаний какого-то конкретного типа арматуры определенного размера [8, 23]. Но в связи с тем, что полные испытания арматуры на долговечность производятся, как правило, выборочно, экономически оправдано изготовлять стенды и установки универсальными, позволяющими моделировать полный комплекс эксплуатационных нагрузок, для испытаний различных типов арматуры различных размеров.

Исходя из изложенного, к стендовому оборудованию для установления запаса точности на эксплуатацию арматуры должны предъявляться следующие основные требования:

1) оборудование для испытаний трубопроводной арматуры на надежность должно моделировать полный комплекс эксплуатационных нагрузок, действующих на арматуру, установленную на промышленных объектах;

2) для получения информации об исходном состоянии точности уплотнительных поверхностей затвора арматуры, изменении точности от деформаций корпусных деталей арматуры, а также изменении точности уплотнительных поверхностей затвора вследствие их изнашивания в процессе эксплуатации, испытательные стенды и установки необходимо оснастить контрольно-измерительными приборами;

3) оборудование обязательно должно быть оснащено приборами или устройствами для измерения и контроля утечки среды, прошедшей через уплотнение закрытого затвора в единицу времени. Причем в зависимости от типа, класса герметичности, параметрической характеристики среды и размера арматуры следует выбирать экономически целесообразный ряд размеров. Измерительные приборы должны отвечать необходимым требованиям по чувствительности и точности измерения;

4) для сокращения временя испытаний арматуры на долговечность при циклическом нагружении затвора привод, входящий в стенд или установку, должен отвечать требованиям по производительности;

5) с целью испытаний различных типов арматуры испытательное оборудование должно быть легко переналаживаемым;

6) для снижения трудоемкости испытаний должен быть предусмотрен полуавтоматический и автоматический режимы работы стендов и установок;

7) в связи с тем, что при эксплуатационных испытаниях арматуры возможно применение испытательных сред, имеющих высокие (или низкие) температуру, давление, агрессивность и т.д., при проектировании и эксплуатации такого оборудования необходимо предусматривать все меры безопасности.

Ниже приведена функциональная схема ***высокотемпературной испытательной установки*** (рис. 3.2.16), отвечающей перечисленным выше требованиям [23].

Установка предназначена для испытаний арматуры на воздействие монтажно-эксплуатационных нагрузок.

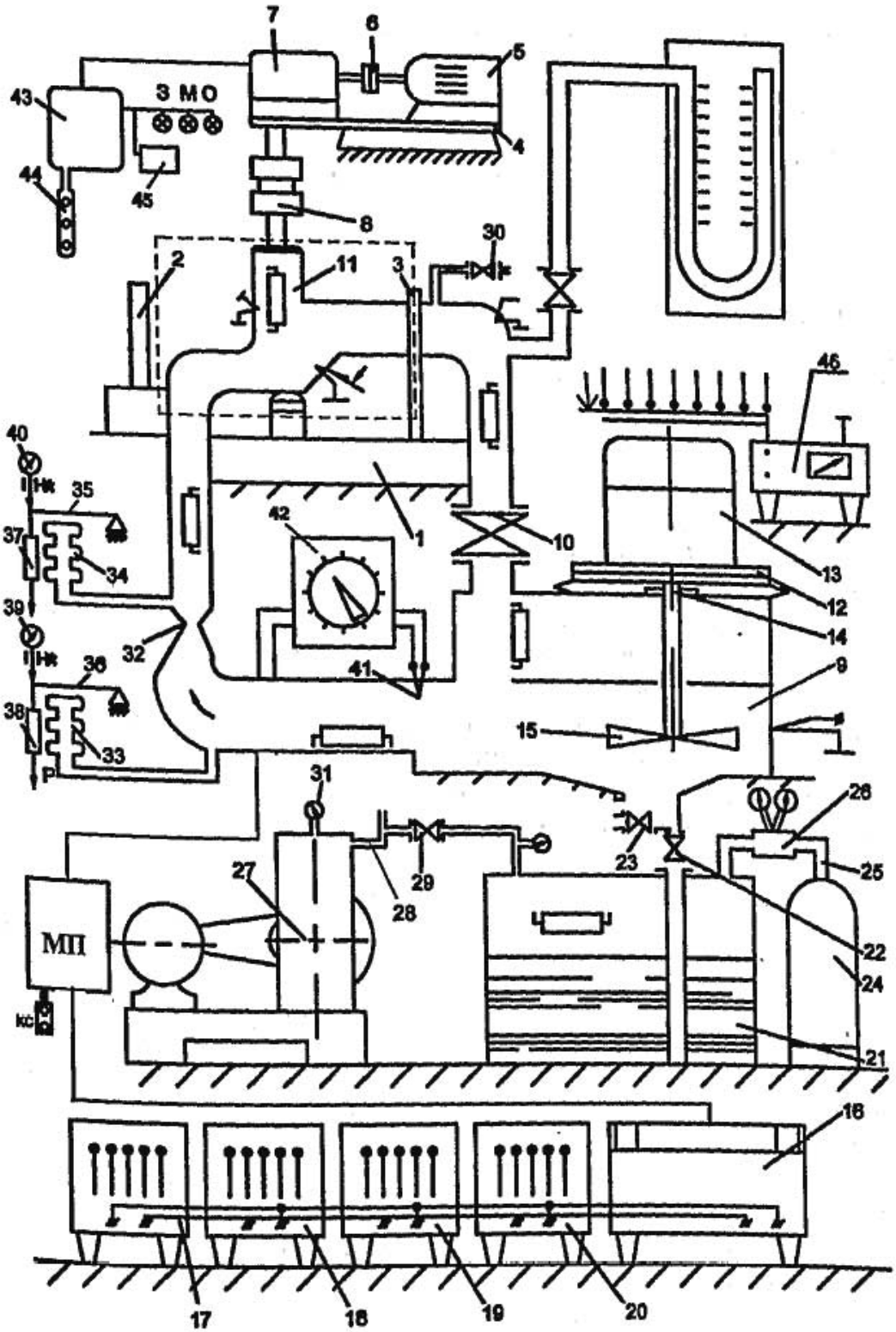



**Рис. 3.2.16. Схема стенда для испытаний арматуры на воздействие монтажно-эксплуатационных нагрузок**

Установка универсальна, на ней можно производить испытания различных типов арматуры $D_y$ 20 ... 200 мм с рабочим давлением 0,1 ... 2 МПа. В качестве рабочей среды в установке можно применять различные по химическому составу и свойствам среды, в том числе жидкие среды с температурой до 700 °С. Для приближения условий испытаний к реальным условиям эксплуатации арматуры установка позволяет моделировать монтажные нагрузки и осуществлять циклическую наработку с силой запирания, равной эксплуатационной.

Для анализа распределения температуры по корпусу испытуемой арматуры и для измерения изменения параметров точности уплотнения затвора в процессе эксплуатации установка оборудована соответствующими контрольно-измерительными приборами.

Испытательная установка состоит из узла закрепления арматуры и систем: нагружения испытуемой арматуры силой управления затвором, подачи давления рабочей среды и нагружения испытуемой арматуры внутренними равномерно распределенными нагрузками, обогрева изделия и трубопроводного контура, накопителя испытательной среды, газового подпора среды, вакуумирования внутренних полостей трубопроводных систем, измерения расхода и давления рабочей среды, автоматического контроля и поддержания рабочей температуры среды, нагружения арматуры монтажными нагрузками, измерения геометрических параметров уплотнений затвора, измерения распределения температуры по испытуемой арматуре и рабочему контуру, измерения утечек среды через затвор арматуры, а также трубопроводных и электрических цепей, обеспечивающих связь всех систем между собой.

Узел закрепления арматуры (рис. 3.2.17) состоит из станины *1* с размещенными на ней левой *2* и правой *3* опорными стойками. Левая опорная стойка жестко закреплена на станине стенда, а правая имеет возможность перемещения и последующего жесткого закрепления. Испытуемая запорная арматура *4*, выполненная с фланцами, крепится на правой опорной стойке и герметизируется прокладкой. Если арматура выполнена с патрубками под приварку, на них протачивают радиальные канавки, в которых устанавливают полукольца *5*. Предварительно на патрубки насаживают вспомогательные фланцы *6* и *7*. Затем вспомогательный фланец *6* закрепляют винтами *8* на опорной стойке *3*, надевают на левый магистральный патрубок фланец *9* и скрепляют фланцы *7* и *9* винтами *10*. Перемещают правую опорную стойку до контактирования фланца *9* с упорами *11*, расположенными на упорном фланце *12*, и жестко закрепляют стойку *3* на станине стенда. Регулируя винт, расположенный в стакане *13*, создают дополнительную опору снизу по центральной оси арматуры.

С левой стороны испытательного стенда параллельно друг другу и симметрично относительно оси стенда на опорной стойке *2* расположены два силовых винта *14*, на которых установлен упорный фланец *12*. На эти винты устанавливают хомут *15*, в котором также размещены сменные упоры. После установки арматуры на стенде к ее магистральным патрубкам приваривают трубы *16* и *17*, образующие замкнутый контур. Узел стенда, включающий упорный фланец *12*, силовые винты *14*, хомут *15* и сменные упоры *11*, предназначен для создания внешних сжимающих, растягивающих и изгибающих нагрузок на испытуемую арматуру, т.е. для моделирования при испытании монтажного фактора.

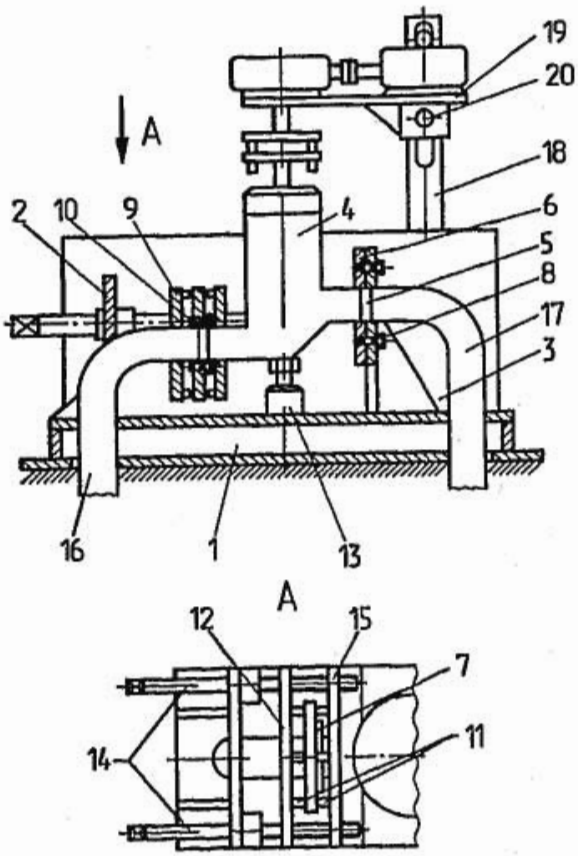



**Рис. 3.2.17. Узел закрепления арматуры на стенде (см. рис. 3.2.16)**

Система нагружения арматуры силой управления (см. рис. 3.2.16) состоит из основания *4* с размещенным на нем электродвигателем *5*, который через кулачковую муфту *6* соединен с редуктором *7*. Выходной вал редуктора связан с арматурой через пальцевую муфту *8*.

Система управления затвором (см. рис. 3.2.17) размещена на вертикально расположенной стойке *18*, в верхнем конце которой выполнен сквозной паз. После установки на необходимую высоту основание *19* закрепляется болтом *20*.

Система подачи давления рабочей среды и нагружения испытуемой арматуры внутренними равномерно распределенными нагрузками (см. рис. 3.2.16) состоит из цилиндрической герметичной емкости *9*, в верхнюю крышку которой вварен трубопровод правой ветви контура, а в нижнюю часть – трубопровод левой ветви контура. В правой ветви трубопроводного контура установлен запорный клапан *10*, служащий для перекрытия трубопровода при измерении утечек среды через затвор испытуемой арматуры *11*. Затвор клапана *10* перед установкой в контур

аттестовывают по утечке среды. На верхней крышке емкости *9* на амортизаторах *12* установлен электродвигатель *13*, предназначенный для привода центробежного насоса, размещенного в нижней части емкости. Вал электродвигателя проходит через герметичный подшипниковый узел *14*. На нижнем кольце вала закреплена крыльчатка центробежного насоса *15*.

Система обогрева изделия и трубопроводного контура состоит из источника постоянного тока, в качестве которого применен выпрямитель селеновый сварочный модели ВС-300, четырех балластных реостатов *17 – 20*, электронагревательных спиралей, намотанных на испытуемую арматуру, трубопровод и емкость *9*, показывающего прибора *46*. Все балластные реостаты подключены параллельно друг другу своими входами к выходу сварочного выпрямителя *16*, а выходы реостатов соответственно питают спирали нагрева: *17* – испытуемой арматуры; *18* – трубопроводного контура; *19* – емкости *9*; *20* – накопительной емкости. Реостаты предназначены для дискретного регулирования величины тока в нагревательных элементах, а следовательно, и температуры.

Система накопления испытательной среды представляет собой обогреваемую цилиндрическую герметичную емкость *21*, расположенную под емкостью *9*, и предназначена для слива всего объема рабочей жидкости. В верхней крышке накопительной емкости имеются вводы для подключения систем вакуумирования и газового подпора. Емкость *9* соединена с накопительной емкостью трубопроводом, перекрываемым запорным клапаном *22*. Для промывки внутренних полостей трубопроводного контура, испытуемой арматуры и рабочей емкости *9* имеется трубопровод с запорным клапаном *23*.

Система газового подпора испытательной среды, предназначенная для подачи среды из накопительной емкости в рабочую, состоит из баллона *24*, наполненного инертным газом (аргоном), трубопровода *25* с запорным клапаном и редуктора давления *26*. Для подачи среды из емкости *21* открывают клапан *22*. Газ поступает в верхнюю полость емкости *21* и вытесняет среду по трубопроводу в рабочую емкость *9*.

Система вакуумирования внутренних полостей контура и трубопроводных систем состоит из вакуумного насоса *27*, трубопровода *28* и запорных клапанов *29* и *30*. Система предназначена для обеспечения вакуума до момента начала испытаний арматуры. Для регистрации глубины вакуума в системе установлен мановакуумметр *31*.

Система измерения давления и расхода рабочей среды в трубопроводном контуре и испытуемом изделии состоит из сопла *32*, по обе стороны которого установлены сильфоны *33* и *34*. Сильфоны верхней герметично заваренной частью контактируют с шарнирно закрепленными ры-

чагами *35* и *36*. На свободных концах рычагов подвешены грузы *37* и *38*, уравновешивающие давление внутри системы. Концы рычагов *35* и *36* контактируют также с индикаторами часового типа *39* и *40*, которые регистрируют их перемещение под воздействием давления среды. О расходе среды, прошедшей по контуру через сопло, судят по разности показаний индикаторов, а о давлении среды при закрытой испытуемой арматуре – по их показаниям, которые в этом случае примерно равны.

Автоматическая система контроля и поддержания температуры среды состоит из термопары *41*, потенциометра *42*, магнитного пускателя МП, кнопочной станции КС и соединительного кабеля. После первоначального пуска сварочного выпрямителя и прогрева системы сигнал с термопары *41* поступает на потенциометр *42*, на котором предварительно задана температура нагрева. При достижении заданной рабочей температуры потенциометр отключает выпрямитель от сети, а при уменьшении – включает. Температурный режим установки записывается потенциометром в процессе всего цикла проведения испытаний.

Полуавтоматическая система нагружения арматуры силой управления включает реверсивный магнитный пускатель *43*, кнопочную станцию *44*, счетчик электрических импульсов *45*, лампочки сигнализации рабочего состояния затвора арматуры (*З* – "закрыто", *М* – "момент", *О* – "открыто"), соединительные провода, а также концевые выключатели положений "закрыто–открыто–момент" и муфту ограничения крутящего момента (на схеме не показаны). Концевые выключатели рабочего положения затвора и муфты ограничения крутящего момента на пальцевой муфте расположены в корпусе редуктора *7*.

Настройка системы осуществляется следующим образом. Вращением маховика электропривода (на схеме не показан) закрывают затвор арматуры *11* и настраивают муфту ограничения крутящего момента (значение указано в ТУ на испытываемую арматуру). Затем открывают затвор и настраивают концевой выключатель "открыто" в крайнем верхнем положении. При достижении крутящего момента в положении "закрыто" должны загораться сигнальные лампы *З* и *М*, а при открытии затвора – лампа *О*. Настройку привода производят при отключенном электродвигателе *5*. После выполнения полного цикла срабатывания затвора счетчик электрических импульсов регистрирует цикл.

При проведении исследований арматуры необходимы ***установки для испытаний с целью системной оценки показателей качества*** [6]. В практике арматуростроения процесс испытаний очень важен, так как наряду с получением достоверной информации о значении показателей качества, оценивается безопасность работы арматуры в условиях экс-

плуатации в трубопроводных системах агрегатов. Поэтому испытаниям подвергают материалы, детали и их поверхности, сборочные единицы и изделия в целом. Техническую основу испытаний составляет стандартное и специальное оборудование. Многие испытания требуют применения единого подхода как к их проведению, так и к конструированию оборудования для их осуществления. Подход должен быть определен уже на стадии формирования качества арматуры.

Стадия формирования качества запорной арматуры включает два основных этапа. Первый этап предусматривает задание уровней показателей качества клапанной арматуры по показателям безопасности, надежности, экономичности агрегатов, а второй – установление заданного уровня. Для стадии формирования качества клапанной арматуры химических агрегатов разработано 5 групп средств для оценки уровней показателей качества испытуемой арматуры (табл. 3.2.3).

Таблица 3.2.3

| Уровень иерархической структуры | Показатель | Группа оборудования | Средства испытаний |
|---|---|---|---|
| Изделие | Степень герметичности затвора $Q_{исх}$ и $Q(t)$ | 5 | Стенды для коррозионно-механических испытаний и для оценки герметичности клапанной арматуры |
| Сборочная единица (затвор) | Степень герметичности затвора по стыку и заделке полимерного герметизатора | 4 | Устройство для оценки составляющих утечки через стык и заделку герметизаторов клапанной арматуры [5] |
| Деталь (герметизатор клапанной арматуры) | Динамические параметры (косвенная оценка по внедрению или сближению герметизаторов) | 3 | Устройство для оценки внедрения |
| Поверхность герметизатора | Геометрические параметры | 2 | Средства измерения функциональных геометрических параметров [5, 23] |
| | Параметры материала | 1 | Средства испытания материалов |

Исходя из первого уровня иерархической структуры клапанной арматуры, который характеризуется показателями качества изделия в целом, формируется второй, подчиненный первому и определяющий качество функциональных и вспомогательных сборочных единиц. Затем последовательно в принятом подчинении формируются третий, четвертый и пятый уровни иерархической структуры клапанной арматуры.

Процесс установления (обеспечения для целевой арматуры) заданных показателей качества имеет обратную направленность. Он начинается с параметров материала (первая группа оборудования) и геометрических параметров поверхностей герметизаторов (вторая группа оборудования). Средства, отнесенные к первой и второй группам оборудования, как правило, относятся к стандартизованным. Третья, четвертая и пятая группы охватывают преимущественно специальное оборудование, характерное для исследуемой клапанной арматуры.

При исследованиях номинально линейной клапанной арматуры с полимерным герметизатором следует учитывать, что составляющая утечки через стык зависит от внедрения $h_{вн}$ ножевого или сферического герметизатора в полимерный [5]. Для измерения $h_{вн}$ разработано устройство, в основе которого лежит пресс Роквелла, имеющий легко регулируемую систему нагружения и высокую точность измерения перемещения индентора (±0,001 мм).

С целью раздельной оценки утечки через стык и заделку полимерного герметизатора предложена конструкция глухого полимерного вкладыша [5]. Такая конструкция позволяет сначала измерить утечку только через стык, затем в глухом запрессованном вкладыше (его перепонке) сверлят отверстие диаметром 5 мм и измеряют суммарную утечку через затвор клапанной арматуры. Разность между вторым и первым результатами измерения определяет утечку через заделку.

Стенд для оценки герметичности клапанной арматуры фиксирует утечку по изменению давления в полости, с одной стороны соединенной с исследуемой арматурой, а с другой – с микроманометром и дросселем, представляющим собой капилляр, что позволяло проводить непосредственные измерения объемной утечки, а не по натеканию среды с регистрацией времени. Данная система измерения утечки имеет меньшую погрешность измерения по сравнению со способом натекания [21].

Для исследования влияния коррозионно-механического износа металлического и полимерного герметизаторов на герметичность клапанной арматуры разработан стенд, в котором использован принцип относительности движения жидкости в замкнутом вращающемся контуре.

Стенд состоит из нескольких (по числу одновременно проводимых опытов) замкнутых контуров *1*, изготовленных из гнутых трубчатых элементов (рис. 3.2.18). Контуры монтируют на барабане *3*, который приводится во вращение электродвигателем *7* через редуктор *6*, установленными на раме *4* стенда. После монтажа исследуемой клапанной арматуры *5* в контуре *1* рабочая среда заливается в контур через клапан *2*.

Основными параметрами стенда являются: внутренний диаметр $d$ трубчатых элементов, образующих контур; диаметр контура $D$; угловая скорость вращения контура $\omega$; объем рабочей среды в контуре $V$.

Внутренний диаметр $d$ трубчатых элементов контура выбирается из условия обеспечения требований к полнопроходности исследуемой клапанной арматуры:

$$d = KD_y,$$

где $K$ – коэффициент полнопроходности клапанной арматуры.

При установлении диаметра контура $D$ основным требованием является обеспечение перетекания жидкости через клапанную арматуру. Перетекание достигается за счет перепада уровней $h$, возникающего при вращении контура. Перепад уровней зависит от линейной скорости жидкости $v_{ср}$, ее вязкости $\eta_{ср}$, гидравлического сопротивления элементов

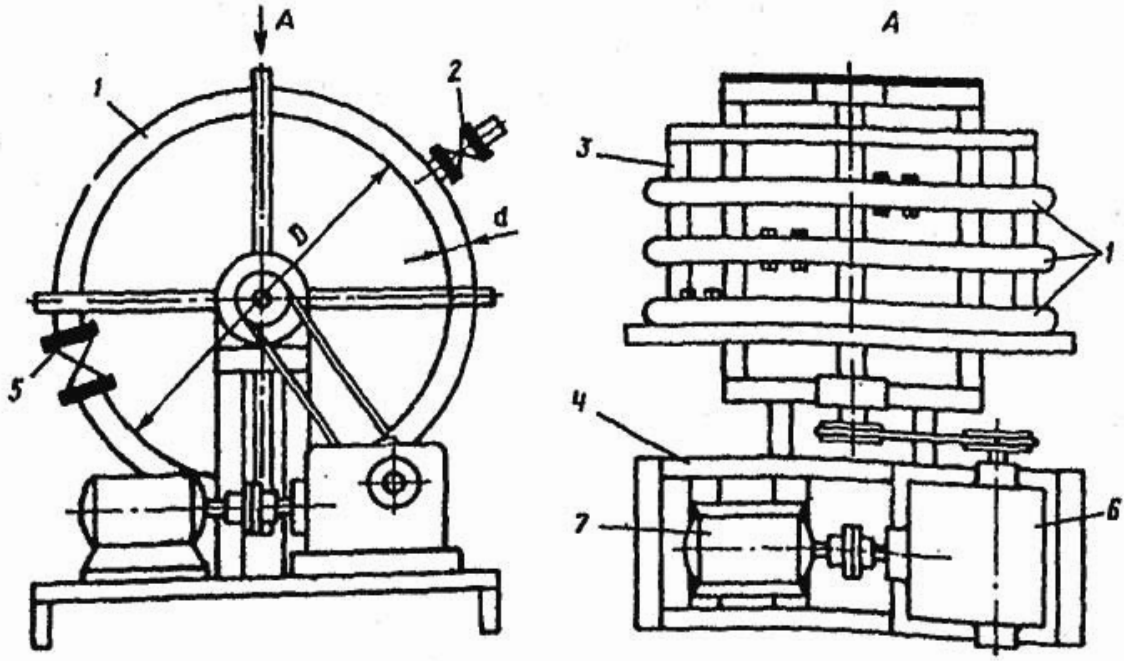



**Рис. 3.2.18. Схема стенда для коррозионно-механических испытаний**

контура $\xi_\Sigma$, включая исследуемую клапанную арматуру. Условие перетекания обеспечивается при

$$D \geq 2h,$$

где $h = f(v_{ср}, \eta_{ср}, \xi_\Sigma)$.

Угловая скорость вращения контура $\omega$ определяется как функция линейной скорости жидкости в контуре $v_{ср}$ и диаметра контура $D$. Линейную скорость жидкости в контуре принимают равной скорости жидкости в трубопроводах (не превышает 2 м/с).

Объем рабочей среды в контуре $V$ не должен превышать 1/3 объема контура.

Использование данного стенда исключает наличие в системе дорогостоящих насосов для агрессивных сред, повышает экологические показатели за счет уменьшения объема рабочей среды в 30 раз и более.

## 3.3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИСПЫТАНИЙ АРМАТУРЫ

Правила, технология и нормы испытаний специальной и общепромышленной арматуры целевого назначения определяются техническими регламентами и стандартами.

### 3.3.1. Технология и нормы испытаний запорной арматуры

Испытания на прочность деталей, узлов и изделий запорной арматуры предусматривают оценку сохранения целостности объекта испытаний при действии докритических и критических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации арматуры в технологических системах. При испытании на прочность в качестве основной среды используется техническая вода. Процесс ведется при температуре 20 ± 5 °С. Гидравлическому воздействию подвергаются все элементы изделия, воспринимающие действие избыточного давления рабочей среды.

Перед началом испытаний внутренние полости объектов герметизируют заглушками и заполняют испытательной средой. При этом для обеспечения безопасности испытаний из полостей должен быть удален воздух. Затем давление доводят до критического уровня, регламентированного ГОСТ 356. Под избыточным давлением объект находится заданное время, после чего его обследуют. Изменение давления среды в процессе испытания не допускается. Испытания на гидравлическую плотность материала корпусных деталей и сварных швов часто совмещают с испытаниями на прочность и проводят только после завершения прочностных (см. п. 3.2).

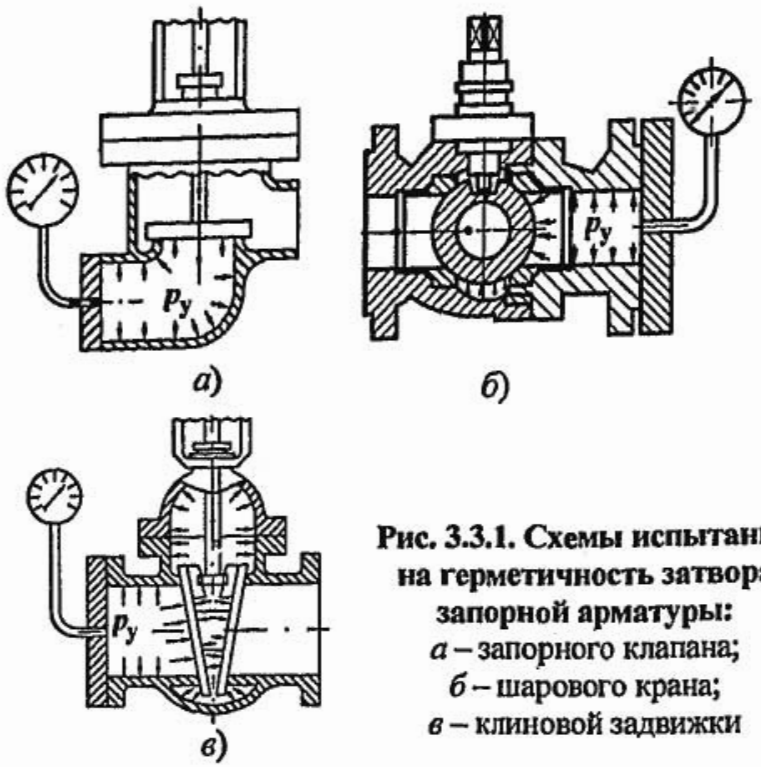



**Рис. 3.3.1. Схемы испытаний на герметичность затвора запорной арматуры:**
*а* – запорного клапана;
*б* – шарового крана;
*в* – клиновой задвижки

Испытания на герметичность затвора (рис. 3.3.1) проводят после испытаний на прочность и плотность. Испытания должны отвечать требованиям технических регламентов и стандартов.

Нормы допустимых утечек через затвор для общепромышленной запорной арматуры регламентированы ГОСТ 9544-93. В табл. 3.3.1 даны отдельные значения допустимых утечек для арматуры классов герметичности A, B, C и D при испытаниях водой.

Таблица 3.3.1

| $D_y$, мм | Максимально допустимая утечка воды, $см^3$/мин, для классов герметичности | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| 100 | Нет видимых утечек | 0,06 | 0,18 | 0,6 |
| 200 | | 0,12 | 0,36 | 1,2 |
| 400 | | 0,24 | 0,72 | 2,4 |
| 600 | | 0,36 | 1,08 | 3,6 |
| 800 | | 0,48 | 1,44 | 4,8 |
| 1000 | | 0,60 | 1,80 | 6,0 |

Для специальной арматуры нормы герметичности регламентируются специальной НТД.

Испытания ведутся при предписанных давлении, температуре среды, погрешностях оценки утечки [5].

Для испытаний общепромышленной и специальной запорной арматуры в цеховых условиях рекомендуются универсальные стенды ИСУ, изготовитель НПО "ГАКС-АРМСЕРВИС" (табл. 3.3.2).

Среди специальных испытаний запорной арматуры наиболее информативными являются испытания на надежность [23].

Цель испытаний на надежность – обеспечение безотказной работы трубопроводной арматуры при действии на нее комплекса внутренних и внешних воздействий, возникающих в трубопроводе и вне его при эксплуатации технологических систем, агрегатов и установок.

Задачей испытаний является экспериментальное определение показателей надежности арматуры при действии или моделировании комплекса внутренних и внешних воздействий.

Таблица 3.3.2

| Модель | Вид и тип трубопроводной арматуры | $D_y$, мм |
|---|---|---|
| ИСУ-1-А | Задвижки шиберные, клапаны устьевой арматуры | 50, 65, 80 ($p_p$ = 14, 21, 28, 42 МПа) |
| ИСУ-2-А | | |
| ИСУ-1-В | Общепромышленная и энергетическая арматура фланцевая, бесфланцевая (приварная) | 10 ... 400 |
| ИСУ-1-Д | | 10 ... 600 |
| ИСУ-1-И | | 10 ... 1000 |
| ИСУ-2-В | | 10 ... 400 |
| ИСУ-2-Д | | 10 ... 600 |
| ИСУ-2-И | | 10 ... 1000 |
| ИСУ-6-Б | | 10 ... 400 |
| ИСУ-6-Г | | 10 ... 600 |
| ИСУ-4-Б | Общепромышленная фланцевая арматура, бесфланцевая (приварная) | 10 ... 400 |
| ИСУ-4-Г | | 10 ... 600 |
| ИСУ-4-Д | | 10 ... 1000 |

Испытания проводят в заданных условиях. Они характеризуются основными параметрами рабочей, управляющей и окружающей сред (давлением, температурой, влажностью, расходом и т.д.). К этим параметрам при испытаниях предъявляются более высокие требования, чем указано в технических условиях или в задании на проектирование. В отдельных случаях допускается снижение параметров испытательной среды по сравнению с рабочими параметрами изделия, что вызвано ограниченными возможностями стендового оборудования.

При испытаниях могут быть использованы все виды внутренних и внешних воздействий (гидравлические, пневматические, механические, электрические, климатические и т.д.). Полнота воздействующих факторов определяется нормативно-технической документацией на конкретный тип изделия и во многом зависит от глубины знания физических процессов, происходящих в изделии и его составных элементах во время эксплуатации.

Наиболее распространенными факторами, характеризующими многообразие воздействий на трубопроводную арматуру при испытаниях, являются: давление испытательной среды, ее температура и расход через затвор, крутящий момент на приводном устройстве, напряжение (ток) привода, температура и влажность окружающей среды, частота срабатывания и относительная скорость перемещения подвижных частей арматуры, герметичность затвора. Для оценки внутреннего состояния арматуры и ее составных элементов приняты требования конструкторской документации к деталям и узлам.

Отказами при испытаниях считаются события, заключающиеся в заклинивании подвижных частей арматуры, появлении неустранимой утечки в неподвижных соединениях, потере герметичности затвора и сальника, разрыве сильфона или мембраны, разрушении резьбовых соединений, деталей, узлов, сварных швов и т.д. [5, 7].

Все отказы классифицируют на внезапные и постепенные. К внезапным отнесены отказы, характеризующиеся скачкообразным изменением одного или нескольких заданных параметров, к постепенным – отказы, вызванные старением и износом. Показатели долговечности – гамма-процентный ресурс до ремонта, назначенный полный ресурс и другие рассчитываются только по постепенным, а показатели безотказности – нижняя односторонняя доверительная граница наработки на отказ, нижняя односторонняя граница вероятности безотказной работы в течение заданного ресурса и другие – по постепенным и внезапным отказам. Исходными данными для расчета показателей надежности арматуры являются: наработка до отказа или между отказами, количество отказов, время восстановления.

При испытаниях на надежность наиболее широко применяют схемы нагружения, аналогичные схемам нагружения арматуры при испытаниях на герметичность затвора. Специальных ограничений или рекомендаций, касающихся характера нагружения объекта испытаний внешними и внутренними силами, не установлено, что, строго говоря, не может считаться нормальным. Как следствие этого, имеются отдельные частные методики, допускающие проведение испытаний без постоянного воздействия испытательной среды на трубопроводную арматуру. Среда используется только при контрольных испытаниях затвора после наработки заданного количества циклов без ее воздействия на элементы затвора. Естественно полагать, что показатели надежности, установленные при таких испытаниях, будут иметь достаточно низкую достоверность, что во многих случаях подтверждается практикой.

Нормативно-техническая документация на проведение испытаний на надежность достаточно скупо освещает такие важные вопросы, как измерение и анализ функциональных параметров арматуры и ее основных элементов, хотя именно эти параметры определяют работоспособность базовых узлов арматуры и всего изделия в целом. Решение только этих вопросов позволит вскрыть значительные резервы не только в повышении качества трубопроводной арматуры, но и определить принципиальные направления конструктивного, технологического и метрологического совершенствования производства арматуры. Чтобы реализовать эти резервы на практике при производстве трубопроводной арматуры, необходимо решить следующие задачи:

– установление всей полноты состава важнейших функциональных параметров, определяющих надежность трубопроводной арматуры и ее основных элементов на всех стадиях жизненного цикла;

– определение и нормирование для различных этапов технологического процесса и стадий жизненного цикла арматуры количественных уровней функциональных параметров с выявлением их граничных значений, за пределами которых наступает предельное состояние изделия;

– разработка методов и создание средств измерений, позволяющих оценивать значения функциональных параметров на основных этапах жизненного цикла трубопроводной арматуры.

### 3.3.2. Технология и нормы испытаний регулирующей арматуры

Финишной операцией контроля регулирующей арматуры является испытание на прочность и плотность материала деталей и сварных швов.

Технология испытаний на прочность и плотность аналогична описанной в п. 3.2.

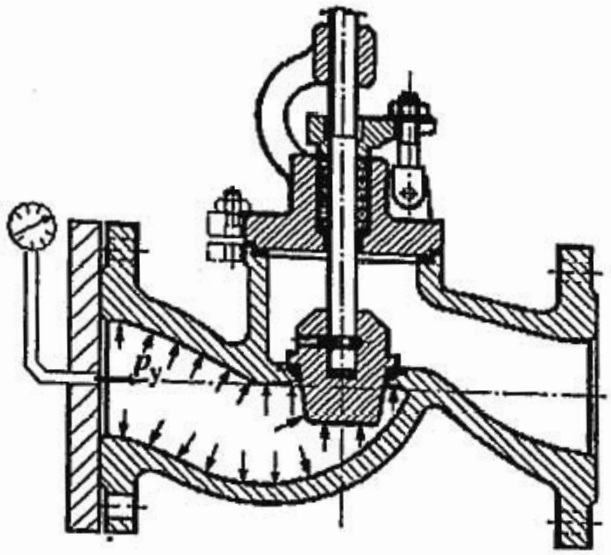



**Рис. 3.3.2. Схема испытаний на герметичность затвора запорно-регулирующего клапана**

При технических условиях, ограничивающих утечку испытательной среды, проводятся испытания на герметичность затвора (рис. 3.3.2). Нормы утечки задаются в процентах от пропускной способности затвора $K_V$ или таблично. В табл. 3.3.3 приведена допустимая массовая утечка воды $Q_м$ по ГОСТ 16324 для регулирующих клапанов 25ч5п1, 25ч5п2, 25ч7п1 и 25ч7п2.

Среди специальных испытаний запорно-регулирующей арматуры, равно как и запорной, выделяем ресурсные испытания.

Цель ресурсных испытаний – обеспечение заданной долговечности трубопроводной арматуры при действии на нее полного комплекса внутренних и внешних воздействий, возникающих в трубопроводе при эксплуатации технологических систем [23]. Задачей испытаний является экспериментальное установление показателей долговечности трубопроводной арматуры при действии или моделировании комплекса внутренних и внешних воздействий.

К ресурсным испытаниям арматуры относят такие испытания, которые оперируют отказами, связанными с накоплением износных повреждений, и испытания на надежность. Ресурсные испытания проводятся применительно к заданным условиям, под которыми нормативной документацией рекомендуется понимать условия ускорения режима испытаний. Выделяют два условия – нормальные и ускоренные. По назначению ресурсные испытания могут использоваться как определительные, оценочные, сравнительные, исследовательские, типовые и т.д.

Таблица 3.3.3

| $D_y$, мм | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 80 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q_м$, г/мин | 14 | 34 | 40 | 65 | 105 | 135 | 215 | 475 | 760 |

В качестве нормальных условий испытаний применяются режимы, заданные требованиями нормативно-технической документации. При отсутствии таковых, нормальный режим назначают в соответствии с условиями эксплуатации арматуры, характеризуемыми параметрами рабочей, управляющей и окружающей среды. Для ускоренных испытаний проводят обоснование принципа ускорения на основе анализа данных о работе конкретного типа арматуры и физической природы изнашивания. В результате определяют доминирующий вид изнашивания, контролируемый параметр, характеризующий уровень изнашивания, и метод измерения этого параметра.

В качестве основных исходных данных, определяющих принцип ускорения и методику проведения ускоренных испытаний, принят следующий типовой перечень:

1) контролируемый параметр, уровень которого характеризует степень изношенности пары трения, определяющий ресурс изделия;

2) предельное значение этого параметра, соответствующее предельной степени изношенности пары трения;

3) количественные значения параметров режима внешних воздействий, по отношению к которым определяется или контролируется ресурс;

4) значения параметров нагружения, обеспечивающих предельную степень форсирования режима испытаний при условии отсутствия влияния форсирования на вид процесса изнашивания;

5) характеристики закономерностей изменения интенсивности изнашивания во времени и от нагрузок;

6) метод измерения и максимально допустимая погрешность измерения износа.

При ускоренных испытаниях в арматуростроении приняты пять основных принципов ускорения: экстраполяции по времени, экстраполяции по нагрузке, двойная экстраполяция, "доламывание", "запросов".

Принцип экстраполяции по времени применяется для ориентировочной оценки ресурса изделий, процесс изнашивания которых глубоко изучен и формализован.

Принцип экстраполяции по нагрузке применяется при форсировании одной составляющей режима ускорения с наибольшим коэффициентом за счет повышения режима испытаний по сравнению с нормальными. При этом используют зависимости для оценки математического ожидания и дисперсии ресурса от нагрузки.

Принцип двойной экстраполяции применяется в случаях, когда на нормальном режиме за приемлемую продолжительность испытаний нельзя

накопить износ, который можно достоверно измерить. Для этого используют сочетание двух видов экстраполяции – по времени и по нагрузке.

Принцип "доламывание" используют, если известен закон суммирования износных повреждений при форсированных режимах, как на начальном, так и завершающем этапах испытаний.

Принцип "запросов" возможно применять при форсировании одновременно по нескольким составляющим режима испытаний, когда интенсивность изнашивания монотонно изменяется при накоплении износных разрушений.

Ресурс трубопроводной арматуры всех типов определяется ресурсом основных ее узлов. В настоящее время выделено пять таких узлов – ходовая резьбовая пара, ходовая гладкая пара, сальник (набивка–шток), контактная пара (пята–подпятник), затвор (седло–запорно-регулирующий орган). Оценка ресурса для каждого узла проводится на основе анализа параметров оценки накопленных износных повреждений (рис. 3.3.3).

Наибольшее распространение получила оценка ресурса по косвенным параметрам. Это вызвано возможностью осуществлять контроль за испытаниями в большинстве случаев без разборки изделий с применением простейших измерительных устройств. Главный недостаток в использовании косвенных параметров – низкая информативность, не позволяющая осуществлять обоснованную разработку управляющих воздействий совершенствования ресурса узлов арматуры.

Наиболее предпочтительными параметрами оценки накопленного износа являются функциональные геометрические и структурные параметры [5]. Они являются функциональными по отношению ко всем базовым узлам арматуры, обладают высокой информативностью, которая может быть использована для выработки высокоэффективных конструкторских, технологических и эксплуатационных направлений совершенствования арматуры.

При ресурсных испытаниях основными внутренними и внешними воздействующими факторами принимают те же, что и при испытаниях на надежность. В большинстве случаев испытания проводят на натурных образцах со схемами нагружения затвора и сальника, аналогичными испытаниям на герметичность. Моделирование ресурсных испытаний базовых узлов разработано в настоящее время недостаточно. Это в определенной степени снижает достоверность ускоренных ресурсных испытаний из-за априорного подхода к выбору принципов ускорения и параметров оценки накопленного износного повреждения.

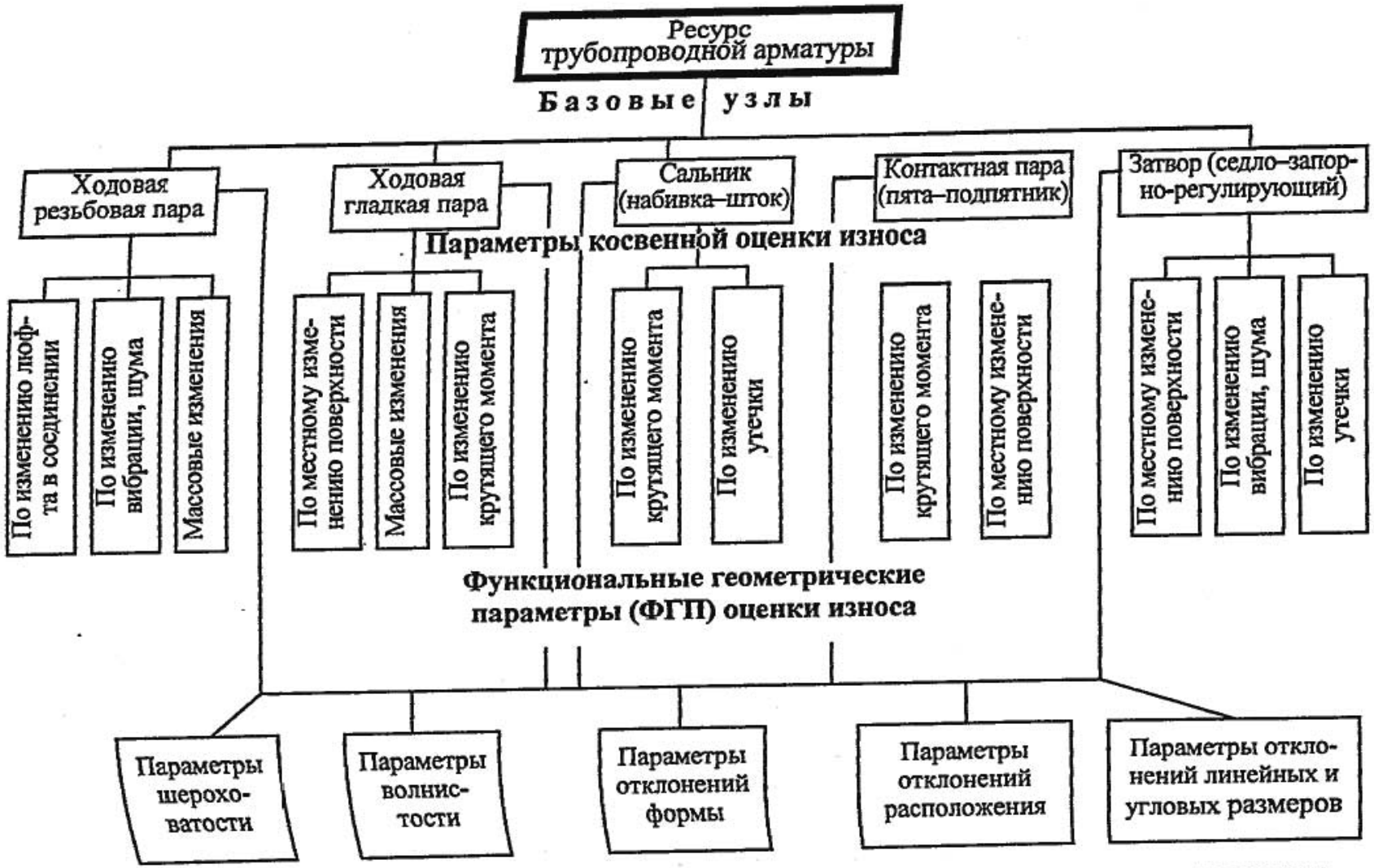



**Рис. 3.3.3. Блок-схема систематизации параметров оценки износа при ресурсных испытаниях арматуры**

Проведенный анализ основных видов и важнейших методов испытаний [23] показывает сложность общей структуры испытаний трубопроводной арматуры как функционально обособленного объекта. Всей структуре в целом и ее подсистемам не во всех случаях присуща единая логическая последовательность в осуществлении подготовительных и основных операций, что снижает достоверность информации о качестве независимо от назначения испытаний. Повышение достоверности информации, а значит и качества изделий может быть достигнуто, если структура всей системы испытаний подчинена единой логической схеме, на основе которой развиваются частные методики испытаний.

Общие тенденции развития арматуростроения (усложнения арматуры как обособленного объекта, ужесточение требований к оценке ее качества на различных этапах жизненного цикла, рост номенклатуры вновь создаваемых типов арматуры и т.д.) определяют дальнейшее увеличение объема испытаний, повышение их достоверности и особенно информативности. Возможности натурных испытаний с использованием технологических систем (подконтрольная эксплуатация) ограничиваются из-за значительных материальных и временных затрат, а также очень низкой информативности получаемых данных для совершенствования арматуры. Поэтому дальнейшее развитие в арматуростроении должно получить моделирование испытаний как в целом всего объекта, так и его базовых элементов [5].

Для объекта в целом большие преимущества имеет физическое моделирование с использованием параметров, обладающих широкой информативностью, что важно для конструктивно-технологического совершенствования арматуры. В этих условиях важная роль принадлежит двум начальным элементам логической последовательности испытаний – выбор параметров оценки качества испытаний и воспроизведение внутренних и внешних воздействий. От качества реализации этих этапов зависит эффективность решения общей задачи. Основа ее решения заключается в анализе работы трубопроводной арматуры в реальных технологических системах с целью установления качественных и количественных характеристик всех видов воздействий с последующими физическим и имитационным моделированием при испытаниях.

### 3.3.3. Технология и нормы испытаний предохранительной арматуры

Заключительными операциями изготовления предохранительной трубопроводной арматуры являются испытания на прочность и плотность материала деталей и сварных швов, на герметичность затвора (рис. 3.3.4), а также настройка клапанов.

Технология испытаний на прочность и плотность предохранительных клапанов аналогична используемой для запорной арматуры.

Технические требования на конкретное исполнение предохранительной арматуры, как правило, содержат нормы утечки испытательной среды (воды, воздуха) и требуют проведения испытаний на герметичность затвора.

В табл. 3.3.4 приведены нормы утечки воздуха при испытаниях предохранительных пружинных клапанов СППК4-16 и СППК4Р-16 на $p_y$ = 1,6 МПа и клапанов СППК4-40 и СППК4Р-40 на $p_y$ = 4 МПа.

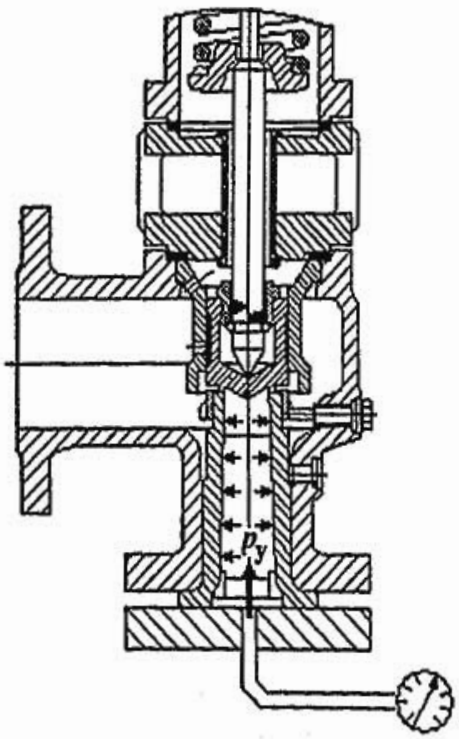



**Рис. 3.3.4. Схема испытаний на герметичиость затвора предохранительиого клапана**

Настройка предохранительных клапанов, предназначенных для работы на газообразных средах, может проводиться на воздушных стендах или на стендах с использованием азота. Клапаны, работающие на паре, должны настраиваться на паровых стендах, а работающие на жидкостях – на водяных стендах. Схема парового стенда показана на рис. 3.3.5 (стенд со сбросом пара в атмосферу или в конденсатор, в котором давление равно атмосферному) [5].

Таблица 3.3.4

| $D_y$, мм | 50 | 80, 100 | 150 |
|---|---|---|---|
| *Клапаны СППК4-16, СППК4Р-16* | | | |
| $Q$, см$^3$/мин | 5 | 10 | 15* |
| *Клапаны СППК4-40, СППК4Р-40* | | | |
| $Q$, см$^3$/мин | 10 | 25 | 40 |

* Для $D_y$ 150 и 200 мм.

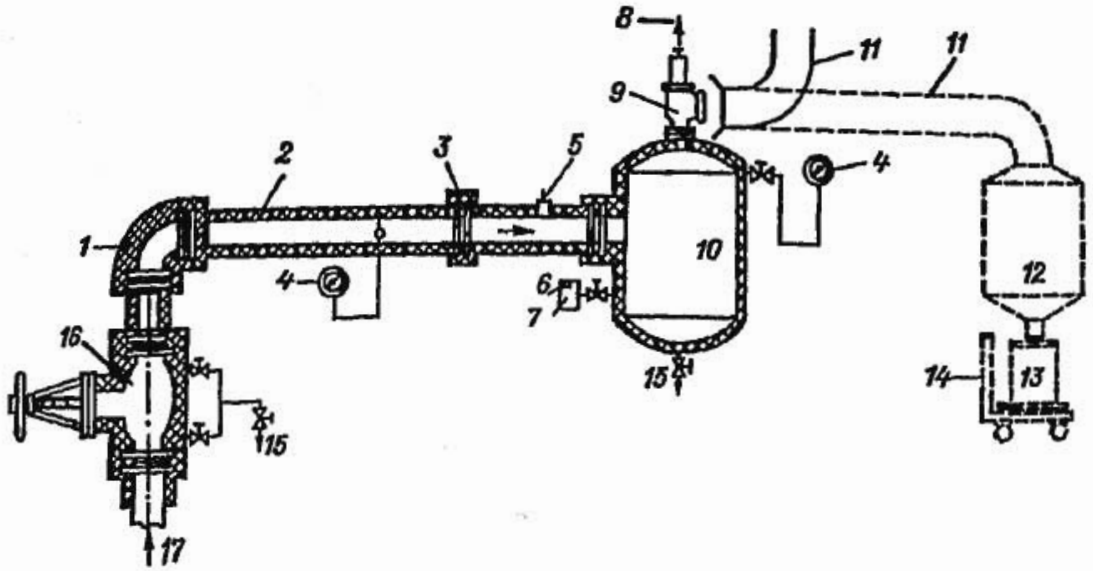



**Рис. 3.3.5. Схема парового стенда со сбросом пара в атмосферу для настройки предохранительных клапанов:**
*1* – угольник; *2*, *11* – трубопроводы; *3* – расходомерная шайба; *4* – манометры; *5*, *6* – термометры; *7* – калориметр; *8* – индикатор; *9* – испытуемый клапан; *10*, *13* – емкости; *12* – конденсатор; *14* – весы; *15* – дренажные клапаны; *16* – регулирующий клапан; *17* – трубопровод для пара

При завершении настройки составляется акт испытаний и настройки предохранительного клапана.

### 3.3.4. Технология и нормы испытаний защитной арматуры

На заводе-изготовителе защитная трубопроводная арматура подвергается испытаниям на прочность и плотность материала деталей и сварных швов, а также на герметичность затвора (рис. 3.3.6).

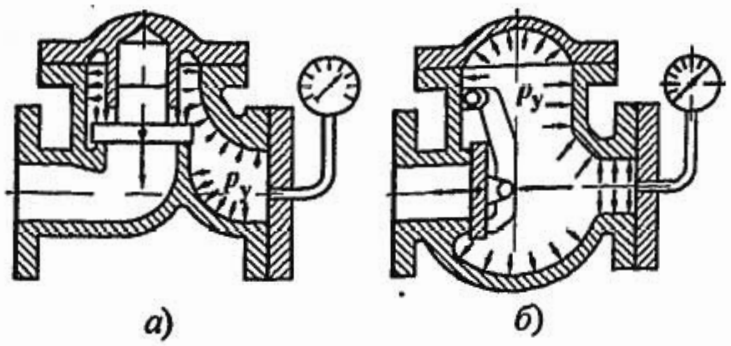



**Рис. 3.3.6. Схемы испытаний на герметичность затвора защитной арматуры:**
*а* – обратного подъемного клапана; *б* – обратного поворотного клапана

Технология испытаний на прочность и плотность обратных клапанов аналогична испытаниям запорной арматуры.

В табл. 3.3.5 приведены нормы утечки испытательных сред при закрытом запорном органе клапанов обратных подъемных 16нж10бк7 и 16нж10бк15 на $p_y$ = 1,6 МПа и допустимые утечки воды при испытаниях обратных поворотных кранов 19нж10бк и 19нж10бк1 на $p_y$ = 1,6 МПа, а в табл. 3.3.6 – клапанов 19тн12бк на $p_y$ = 2,5 МПа.

Таблица 3.3.5

| $D_y$, мм | 40; 50 | 65; 80; 100 | 150 |
|---|---|---|---|
| *Клапаны 16нж10бк7, 16нж10бк15* | | | |
| $Q$, см$^3$/мин: | | | |
| для жидких сред | 1 | 2 | 3 |
| для газообразных сред | 100 | 200 | 300 |
| *Краны 19нж10бк, 19нж10бк1* | | | |
| $Q$, см$^3$/мин | 1 | 2 | 3 |

Таблица 3.3.6

| $D_y$, мм | 50 | 80, 100 | 150 | 200, 250 | 300, 400 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q$, см$^3$/мин | 1 | 3 | 5 | 7 | 12 | 20 |

Обратные клапаны в соответствии с требованиями выборочно подвергают ресурсным испытаниям и испытаниям на надежность.

# Глава 4

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОНТАЖА АРМАТУРЫ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

## 4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОНТАЖА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Монтаж трубопроводов и арматуры, а также приемка-сдача проводятся на основании заранее разработанной и надлежащим образом утвержденной технической документации с учетом требований технических регламентов и Госгортехнадзора, правил техники безопасности и охраны труда, производственных инструкций и технических условий. В отношении трубопроводной арматуры техническая документация на монтаж должна учитывать:

- перечень обязательных подготовительных работ;
- основные правила монтажа арматуры;
- специфику монтажа арматуры различных типов;
- особенности монтажа арматуры фланцевой, под приварку, муфтовой и т.п.

**Подготовительные работы.** Известны два метода монтажа трубопроводов и арматуры: по месту, когда монтируют сравнительно мелкие блоки или монтажные единицы, и индустриальный, когда монтируют заранее заготовленные и испытанные трубопроводные блоки [3, 8, 11].

В последнем случае большой объем работ выполняется предварительно в специально оборудованных цехах или на заводах. Индустриальный метод монтажа является общепризнанным. Он позволяет значительно снизить стоимость монтажа и обеспечивает высокое качество монтажных работ.

Блоки поставляются в окончательно собранном виде с выполненными сварными швами после гидравлического испытания, промывки, очистки и пассивации внутренних поверхностей. При отправке блока на монтаж на заводе-изготовителе герметически закрывают заглушками и пломбируют концы труб. Блоки трубопроводов заводской поставки должны иметь габариты, позволяющие осуществлять перевозку их как по железной дороге, так и по железнодорожным путям монтажной площадки.

Изготовление монтажных блоков возможно не только на заводах, но и на монтажных базах или непосредственно на монтажных участках. В последнем случае блоки трубопроводов собираются на общей сбороч-

ной площадке монтажного участка, где для этой цели выделяется площадь, оборудованная подъемно-транспортными средствами, стеллажами и другим оборудованием и приспособлениями.

В состав проектной документации на изготовление и монтаж трубопроводов, как правило, входят: монтажная схема, монтажные чертежи трубопроводов, чертежи ненормализованных опор и подвесок трубопроводов и дополнительных конструкций для крепления арматуры, ведомость с характеристикой трубопроводов и арматуры по линиям: сводная и узловая спецификации.

На монтажных схемах указывают условный диаметр прохода, обозначение арматуры, ее рабочее положение, расположение маховиков, штурвалов, приводов. На рабочих чертежах показывают разбивку линии на узлы, арматуру и все детали, из которых состоят узлы со всеми размерами, необходимыми для соединения узлов, привязки к осям, высотные отметки и др. При компоновке узлов байпасы объединяются с арматурой, приборы контроля – с автоматическими системами и т.д. На схемах арматура изображается с применением условных обозначений по ГОСТ 2.785.

В настоящее время широко используется монтаж трубопроводов по макетам на ЭВМ. Он представляет собой монтируемую установку или участок с точным расположением всех аппаратов, арматуры и трубопроводов. Все линии трубопроводов на макете разбиты на съемные монтажные транспортабельные узлы. Участки трубопроводов программируются на основе заранее разработанных аксонометрических масштабных схем, на которых указываются места сварных стыков, расположение фасонных частей арматуры, приводов, манометров и т.п.

Монтаж делится на два этапа: сборку блоков и монтаж трубопроводов. До проведения первого этапа выполняют подготовительные работы: комплектуют оборудование в соответствии с монтажными схемами и производят ревизию арматуры. При комплектовании монтажных блоков проверяют количество труб, единиц арматуры, устанавливаемых на блок, фланцев, шпилек с гайками (или болтов), прокладок и т.п. Проводят внешний осмотр комплектуемых изделий, проверяют наличие заводских паспортов или сертификатов на трубы, арматуру, фланцы, шпильки и пружины, входящие в комплект трубопроводов, подведомственных инспекции Госгортехнадзора. Кроме того, по каждой детали устанавливают наличие специального клейма отдела технического контроля завода-изготовителя с указанием марки стали, из которой деталь изготовлена. В сомнительных случаях все детали, изготовленные из легированных сталей, подвергаются проверке стилоскопированием [11].

Арматура, предназначенная для монтажа, должна быть полностью укомплектована, иметь клеймение и технические паспорта. Арматура систем, не подведомственных требованиям Госгортехнадзора, не имеющая паспорта и маркировки или имеющая маркировку, не соответствующую паспортным данным, может быть использована только для монтажа на трубопроводах с давлением до 1,6 МПа после ее предварительной ревизии и испытаний на прочность, плотность и герметичность затвора.

При комплектовании и контроле крепежных деталей необходимо выдержать следующие основные требования: резьба шпилек и гаек (и болтов) должна быть без следов коррозии, задиров, рисок, сорванных ниток, заусенцев и других дефектов. Эксцентричность резьбы относительно шейки не должна превышать 0,25 мм. Кривизна оси шпильки допускается не более 0,1 % длины шпильки, а отклонение торца гайки от плоскости, перпендикулярной резьбе, допускается не более 0,2 мм. Каждая шпилька проверяется навертыванием на нее двух гаек (по одной с каждой стороны), при этом не допускается качание гаек [8].

На фланцах и заглушках не должно быть дефектов металла (раковин, трещин и пр.), уплотнительные поверхности под прокладку не должны иметь забоин, поперечных рисок и других дефектов. Все корпусные детали осматриваются. Места обнаруженных дефектов зачищают шлифовальной машинкой до металлического блеска и протравливают. После осмотра через лупу места травления нейтрализуют содовым раствором и промывают чистой водой. Для травления углеродистой или легированной стали применяется 10-процентный раствор азотной кислоты, для аустенитных сталей – реактив, имеющий состав: вода – 29 $см^3$, HCl – 20 $см^3$, $CuSO_4$ – 4 $см^3$.

В процессе монтажа арматура подвергается ревизии дважды: предварительной – перед установкой в рабочее положение и окончательной – после проведения всех промывок и продувок трубопроводов. Предварительная ревизия арматуры проводится на сборочной площадке в целях проверки качества арматуры и устранения выявленных дефектов в следующем объеме:

а) проверка наличия оформленных паспортов, сертификатов и т.п., предусмотренных соответствующей технической документацией;

б) внешний осмотр изделий на отсутствие механических и других повреждений;

в) проверка целостности пломб;

г) испытания изделий в соответствии с ТУ на поставку и требованиями чертежей в объеме, предусмотренном технологией предприятия, производящего монтаж;

д) проверка изделия на соответствие требованиям технической документации по качеству внутренних поверхностей в объеме, предусмотренном технологией предприятия, производящего монтаж.

После ревизии внутренние поверхности сборочных единиц и деталей промывают и обезжиривают в соответствии с требованиями чертежей, отверстия патрубков арматуры должны быть заглушены и опломбированы. В случае проведения ревизии визуальным осмотром промывка и обезжиривание не производятся.

При наружном осмотре арматуры проверяют сохранность заводской упаковки, наличие заглушек на присоединительных патрубках, комплектность, наличие маховиков, ручек, ответных фланцев, прокладок, гаек, шпилек и др. На поверхности корпусных деталей не допускаются дефекты в виде трещин, раковин, свищей и т.п. Шпиндель должен перемещаться плавно без рывков на протяжении всего хода, резьба без загрязнений, срывов и заусенцев. Поверхность шпинделя под сальник не должна иметь рисок, забоин, следов коррозии и т.п. Сальник затягивают равномерно без перекосов таким образом, чтобы набивка сальника не препятствовала свободному перемещению шпинделя.

Неисправная или некомплектная арматура в зависимости от характера неисправности бракуется или направляется в мастерские для исправления или доукомплектования. При наличии серьезных дефектов, характеризующих арматуру как непригодную для использования или требующую большого объема ремонтных работ, составляется акт с привлечением представителя завода-изготовителя арматуры.

Арматура, полученная в сохранной упаковке до истечения гарантийного срока ее хранения с целыми гарантийными пломбами, при наличии клеймения и технических паспортов, ревизии и испытанию подлежит только в случаях, предусмотренных технологией монтажа. Арматура, поступающая для монтажа после истечения гарантийного срока, должна быть подвергнута ревизии. В ней заменяют все неметаллические детали, срок хранения которых истек, и проводят испытания на прочность и герметичность, по результатам которых составляется акт. Ревизии и испытанию на герметичность подлежит вся арматура, поступившая в поврежденной заводской упаковке или без заглушек независимо от срока ее хранения.

Наиболее часто встречающимся дефектом, выявляемым при ее испытании перед монтажом, является недостаточная герметичность или даже отсутствие герметичности запорного органа арматуры при закрытом положении. Это может быть результатом недостаточно тщательного контроля на заводе-изготовителе, несоблюдения условий транспортирования и хранения, результатом температурных воздействий во время хранения и

транспортирования арматуры, перераспределения внутренних напряжений в процессе старения металла и его рекристаллизации. Для восстановления герметичности арматуры уплотнительные кольца притираются.

Для обеспечения сохранности арматуры и возможности ее установки без предварительной разборки и ревизии магистральные патрубки арматуры целевого назначения на заводе-изготовителе закрывают защитными заглушками и арматуру пломбируют. Это относится к общепромышленной запорной арматуре с $D_y$ свыше 400 мм, ко всей регулирующей и предохранительной арматуре и всей специальной арматуре. Арматура должна подвергаться консервационному и гарантийному пломбированию заводами-изготовителями в соответствии с требованиями регламентов.

Энергетическая арматура поставляется потребителю в собранном виде. Допускается поставка крупногабаритной арматуры со снятыми приводами, при этом в паспорте на арматуру должен быть указан заводской номер комплектующего арматуру привода. Места пломбирования и виды пломб указываются в техническом описании и инструкции по эксплуатации арматуры.

Применяются два вида пломб – консервационные и гарантийные. Первые устанавливаются на магистральных патрубках арматуры и гарантируют сохранность внутренних и привалочных поверхностей в процессе транспортирования, хранения и монтажа, отсутствие на них повреждений и загрязнений. Их разрешается снимать при монтаже арматуры без присутствия представителя предприятия-изготовителя. Эти пломбы в виде пятен синего или зеленого цвета наносят на резьбовые концы не менее двух болтов, крепящих заглушку или ответные фланцы.

Гарантийные пломбы устанавливаются на ответственных разъемах арматуры, разборка которых невозможна без повреждения пломб, и свидетельствуют о том, что потребитель не вскрывал и не регулировал арматуру. Они могут быть в виде пятен (или клейма) яркой красной или оранжевой краски, нанесенных одновременно на гайки и концы двух противоположно расположенных шпилек или болтов или на торцовые поверхности сопрягаемых деталей. Образец краски хранится на предприятии-изготовителе арматуры. Гарантийные обязательства предприятие-изготовитель выполняет только при наличии исправных гарантийных пломб.

При окончательной ревизии арматуру разбирают, проверяют состояние уплотнительных поверхностей и перемещающихся деталей, очищают от загрязнений, скопившихся в ней при промывке (окалины, сварочного грата и пр.).

**Основные правила монтажа арматуры [8].** Трубопроводная арматура, прошедшая входной контроль или ревизию и испытание и допущен-

ная к монтажу, устанавливается и закрепляется в рабочем положении, которое указано в рабочих чертежах, паспортах и технических описаниях.

Арматуру освобождают от транспортной тары или упаковки непосредственно перед установкой на трубопровод, удаляют заглушки, подготовляют рабочие места, монтажный инструмент и подъемно-транспортные средства. Проверяют, все ли меры приняты по охране труда, связанные с предстоящим выполнением работ; наличие необходимых настилов, помостов, лесов, ограждений. К монтажу арматуры допускаются только лица, имеющие соответствующую квалификацию, прошедшие производственный инструктаж и инструктаж по правилам охраны труда и пожарной безопасности.

При монтаже следует ограничивать силовое воздействие на арматуру во избежание деформации, заклинивания подвижных соединений и возникновения недопустимых напряжений. Гайки шпилек и болтов затягивают равномерно и постепенно с разных сторон фланца. Сила затяга должна быть соразмерна диаметру и материалу крепежных деталей. Обычно применяют ключи с ограничением крутящего момента или силы на рукоятке (динамометрические ключи).

При монтаже арматуры необходимо руководствоваться указаниями, имеющимися в ТУ или рабочих чертежах, а также учитывать требования заводов-изготовителей. Этими требованиями определяется правильное расположение арматуры и направление движения рабочей среды. В общих условиях действуют следующие правила:

а) направление среды, указанное стрелкой, нанесенной на корпусе арматуры, должно совпадать с направлением движения среды в трубопроводе;

б) при монтаже задвижек направление среды обычно не имеет значения. Исключение составляют задвижки, у которых в одном из дисков клина выполнено разгрузочное отверстие. В этом случае диск с отверстием должен располагаться со стороны подачи среды;

в) клиновые задвижки устанавливать на трубопроводе, как правило, при вертикальном положении шпинделя;

г) для удобства обслуживания и обеспечения дренируемости не рекомендуется устанавливать задвижки и клапаны маховиком вниз;

д) обратные клапаны на горизонтальных трубопроводах устанавливаются крышкой вверх либо, если крышки нет, ось вращения затвора должна располагаться горизонтально, а на вертикальных – затвором над седлом;

е) перед сваркой бесфланцевой арматуры с трубопроводом следует предусмотреть установку временных опор или домкратов вблизи сварных стыков для разгрузки их при сварке;

ж) перед сваркой бесфланцевую арматуру и арматуру с уплотнением из неметаллических материалов следует полностью открыть. Если сварка производилась без подкладных колец, то закрытие арматуры по окончании сварки допускается только после ее очистки изнутри;

з) во время монтажа арматура должна быть защищена (от механических повреждений, брызг электросварки, прижогов) огнезащитными тканями, нанесением изоляции на основе жидкого стекла или другими материалами, не содержащими ионов хлора более 0,03 % (массовых) и фтора, если отсутствуют специальные требования в технической документации;

и) при установке дистанционного привода к арматуре маховики для ручного управления должны открывать арматуру в направлении против часовой стрелки, а закрывать – по часовой стрелке.

Прокладочные, набивочные и другие материалы, используемые для монтажа арматуры, должны соответствовать требованиям технической документации. Размеры прокладки зависят от размеров и конструкции фланцевого соединения, материал прокладки – от свойств рабочей среды, давления и температуры. Прокладки подразделяют на неметаллические (мягкие) и металлические. К первым относятся прокладки из фторопласта, они наиболее часто имеют вид плоского кольца. Металлические прокладки [21] изготовляются плоского сечения или зубчатого (гребенчатые). Спирально навитые прокладки из металлической ленты гнутого профиля имеют повышенную упругость по сравнению со сплошными. Отдельную группу составляют комбинированные металлические прокладки с неметаллическим наполнителем, представляющие собой плоскую неметаллическую прокладку, экранированную металлический лентой [7].

Для обеспечения требуемой герметичности ответственных объектов [8] применяются фланцевые соединения с обваркой "на ус", в которых на заводе-изготовителе приваривают две металлические плоские пластины по внутреннему периметру (каждая к соответствующему фланцу), а по наружному периметру сваривают взаимно, как правило, при монтаже. Недостаток такого соединения – необходимость срезания "уса" для разъема соединения.

Набивочные материалы сальниковых соединений выбираются в зависимости от свойств рабочей среды, ее давления и температуры, а также от конструкции сальника. Обычно арматура устанавливается с набивкой, изготовленной заводом-изготовителем арматуры. В связи с тем, что влажная сальниковая набивка (увлажненная при гидравлическом испытании арматуры или в результате атмосферного воздействия) может вызвать коррозию шпинделя, рекомендуется при транспортировке и дли-

тельном хранении ответственной арматуры освобождать сальники от набивки и устанавливать ее при монтаже.

Трубопроводы должны быть покрыты тепловой изоляцией в целях поддержания заданной температуры среды, а также во избежание ожогов обслуживающего персонала при температуре стенки трубопровода свыше 60 °С, а на рабочих местах и в проходах при температуре свыше 45 °С. Теплоизоляция трубопроводов применяется и в случае необходимости обеспечения нормальных температурных условий в помещении. Конструкция теплоизолирующего покрытия должна допускать возможность ревизии арматуры и фланцевых соединений без нарушения ее целостности.

Рабочее положение арматуры должно соответствовать проектным данным установки и не противоречить данным, указанным в технической документации. Арматура должна устанавливаться в местах, удобных для обслуживания, осмотра и управления ею. При невозможности обслуживания арматуры с уровня пола или межэтажных перекрытий здания следует предусматривать специальные площадки. Высота от уровня пола или обслуживающей площадки до оси маховика запорной арматуры с ручным управлением должна быть не более 1,8 м. Арматуру, в особенности фланцевую, а также с дистанционным приводом следует располагать на таких участках трубопроводов, чтобы изгибающие и крутящие моменты, передаваемые на арматуру, были меньше допустимых значений, указанных в технической документации на нее.

Чтобы деформация трубопроводов от колебаний температуры не оказывала влияния на работу арматуры, в системе устанавливают компенсаторы, которые также облегчают демонтаж арматуры при ремонте. Арматура массой более 500 кг должна устанавливаться на горизонтальных участках трубопроводов и монтироваться на специальных опорах или подвесках.

Регулирующие клапаны устанавливают только на горизонтальных участках трубопроводов с минимальным гидравлическим сопротивлением, причем шток клапана должен располагаться вертикально узлом управления вверх. Участки труб до и после регулирующих клапанов, как правило, должны быть прямыми, так как значительные гидравлические сопротивления трубопроводов до и после клапана ухудшают качество регулирования. В случае необходимости регулирующие клапаны снабжаются обводной (байпасной) линией с соответствующими запорными устройствами.

Арматура на трубопроводе должна устанавливаться так, чтобы направление движения среды совпадало с направлением стрелки на корпусе; особо важное значение это условие имеет для обратных, предохранительных, регулирующих клапанов и регуляторов. Ручное дистанционное

управление должно быть присоединено к арматуре таким образом, чтобы маховик дистанционной колонки при закрывании арматуры вращался по часовой стрелке. Указатели положений "открыто" и "закрыто" должны совпадать с соответствующими положениями затвора арматуры. В соответствии с этим устанавливают и выключатели приводов.

При подъеме арматуры или блоков строповку производят за корпусные или другие прочные и жесткие детали, чтобы обеспечить надежное крепление и исключить опасность поломки или деформации элемента арматуры (маховика, шпинделя, привода). До пуска в эксплуатацию клапаны и задвижки должны быть закрыты, а краны – открыты для защиты уплотнительных поверхностей от загрязнения. Трубопроводы и арматура должны иметь чистые рабочие поверхности, и в зависимости от их состояния применяют различные методы механической и химической очистки, обезжиривание, промывку горячей и холодной водой и др.

По окончании монтажных работ арматура подвергается внешнему осмотру, испытанию водой, воздухом, гелием с применением гелиевых течеискателей либо люмогидравлическим методом. Для каждой категории ответственности трубопровода установлен свой комплекс испытаний и технических требований на выполнение монтажных и сварочных работ.

При испытании воздухом часто бывает достаточным давление 0,02 ... 0,03 МПа. Проверяемые места покрывают кистью мыльным раствором. Появление мыльных пузырьков указывает на пропуск воздуха в этом месте. Когда температура воздуха ниже нуля, при испытаниях могут быть использованы для обмыливания следующие растворы: этилового спирта 1 л, воды 2 л и мыла 0,2 кг (не ниже –15 °С); этиленгликоля 1,5 л, воды 1,5 л и мыла 0,2 кг (не ниже –30 °С).

Перед пуском в эксплуатацию трубопроводы вместе со смонтированной на них арматурой подвергают гидравлическому испытанию на прочность и герметичность. Испытание на прочность проводят при пробном давлении $p_{пр}$ в соответствии с Правилами Госгортехнадзора, если техническими требованиями не предусмотрены другие значения. Давление повышают и снижают постепенно, без резких скачков. При высоких давлениях 16 ... 20 МПа его изменение рекомендуется производить не быстрее 0,1 МПа в минуту. Температура при гидравлическом испытании не должна быть ниже указанной в паспортах на арматуру.

При испытаниях на прочность арматура, как правило, должна находиться в открытом положении, за исключением тех случаев, когда в технической документации на арматуру оговорена опрессовка пробным давлением при закрытом положении клапана. После испытаний на прочность проводят гидравлическое испытание на герметичность соединений,

обычно при рабочем давлении $p_р$ (если техническими требованиями не оговорены другие значения давления). Для выпуска воздуха в верхних точках врезают воздушники, а в нижних – дренажные устройства для выпуска жидкой среды (опорожнения или взятия проб). Во время испытаний необходимо обеспечить свободный доступ к арматуре и всем соединениям.

Присоединение испытываемого трубопровода к гидравлическому прессу, насосу или сети, создающим необходимое давление, осуществляют через два запорных клапана. Испытательное давление выдерживают в течение 10 мин, после чего снижают до 4/5 давления гидроиспытаний и производят осмотр.

До сдачи-приемки трубопровод и арматура подвергают промывке и продувке сжатым воздухом или инертным газом по специально разработанной схеме. После промывки и продувки арматура, установленная на спускных линиях и тупиках трубопроводов, должна быть осмотрена и очищена.

Арматуру, предназначенную для работы при вакууме, перед монтажом повторно испытывают на вакуумную плотность и герметичность при помощи гелиевого течеискателя. При выполнении этой операции должны быть предусмотрены необходимые меры и соблюдены правила, обеспечивающие качественное выполнение этого вида испытаний. Распаковка, расконсервация, очистка, обезжиривание и сушка арматуры производятся в отдельном помещении или на отдельно отгороженном участке. Внутренние поверхности арматуры перед испытанием промывают струей чистой воды и по возможности протирают салфетками до полной очистки от механических загрязнений. Изделия со сложной формой полостей очищают, пропуская перегретый пар.

После очистки проводят обезжиривание бензином или спиртом-ректификатом, после чего арматуру продувают горячим воздухом или азотом до тех пор, пока на выходе температура не превысит 100 °С. Для надежного обеспечения отсутствия влаги сушку дополняют отсосом воздуха насосами предварительного вакуума (резкое повышение вакуума указывает на отсутствие влаги на внутренних поверхностях арматуры).

Контроль гелиевыми течеискателями производится лицами, подготовленными для выполнения этих работ и прошедшими соответствующую теоретическую и практическую подготовку.

**Монтаж арматуры различных типов** [8, 9]. Основные правила монтажа распространяются на всю арматуру, но необходимо учитывать и особенности различных типов арматуры, их назначение и предъявляемые к ним требования.

***Монтаж клапанов.*** Перед монтажом с клапанов снимают транспортные заглушки, установленные на патрубках. Для обеспечения гарантированного герметичного перекрывания трубопровода устанавливают последовательно два запорных клапана. Поскольку клапаны можно устанавливать в любом рабочем положении, рекомендуется их устанавливать с разворотом. Такая компоновка позволяет сократить монтажную длину комплекта и обеспечивает возможность размещения достаточно больших маховиков, создает удобства при управлении клапанами и возможность приложения достаточной силы при закрывании или открывании арматуры.

К монтажу допускаются клапаны, прошедшие входной контроль. После завершения монтажных работ проверяется подвижность шпинделя двукратным перемещением его на всю длину хода вращением маховика. При заеданиях или чрезмерно больших усилиях на маховике должны быть проверены ходовая резьба и поверхность шпинделя под сальник на отсутствие забоин, коррозии и других дефектов. Клапаны с электроприводом проверяются на безотказную работу электропривода.

На АЭС устанавливается много запорных клапанов малого диаметра, предусмотренных Правилами Госгортехнадзора для опорожнения или продувки трубопроводов. В нижних точках каждого отключаемого задвижками участка трубопровода должны предусматриваться спускные штуцеры, снабженные запорной арматурой. Для отвода воздуха в верхних точках трубопроводов должны быть установлены воздушники. Трубопроводы или штуцеры для отвода воздуха из первого контура и его вспомогательных систем должны быть снабжены двумя клапанами – дроссельным и запорным. Допускается объединение штуцеров отвода воздуха в общий трубопровод после дроссельных клапанов с установкой на нем запорного клапана.

Все участки паропроводов, которые могут быть отключены запорными органами, для возможности прогрева и продувки их должны быть снабжены в концевых точках штуцером с клапаном, а на паропроводах, работающих при давлении свыше 2,2 МПа или входящих в первый контур (независимо от давления), – штуцером с двумя последовательно расположенными клапанами – запорным и дроссельным.

Паропроводы, рассчитанные на условное давление 20 МПа и выше, должны обеспечиваться штуцерами с последовательно расположенными запорным и регулирующим клапанами и дроссельной шайбой. В случае прогрева участка паропровода в обоих направлениях продувка должна быть предусмотрена с обоих концов участка. Устройство дренажных линий трубопровода должно предусматривать возможность контроля за их работой во время прогрева трубопровода.

Дренажные устройства используются как основные средства обеспечения безопасной работы при ремонте трубопровода. Прежде чем приступить к ремонту участка трубопровода, открывают все дренажные устройства, что обеспечивает отсутствие среды и давления в проверяемом участке. В случае недостаточно герметичного отключения участка дренажные устройства дают возможность определить поступление среды по ее стоку или по нагреву дренажного трубопровода, если среда имеет высокую температуру. На паропроводах низкого и среднего давления для отделения конденсата устанавливают водоотделители, в которых конденсат (вода) отделяется от пара и направляется в конденсатоотводчик, а затем в дренажную систему. Водоотделители представляют собой устройства с резкими поворотами в проточной части, в которых в результате действия центробежной силы, силы тяжести и ударов частиц воды о стенки из пароводной смеси выделяется вода.

На верхних точках участков трубопроводов для воды устанавливают воздушники – запорные клапаны малых диаметров прохода для выпуска воздуха и газов. Управление воздушником может осуществляться вручную – вращением маховика, с помощью электропривода или электромагнитного привода (электромагнитные клапаны).

***Монтаж задвижек.*** К монтажу допускаются только те изделия, качество которых соответствует назначению. Перед монтажом удаляются транспортные заглушки. Положение задвижек на трубопроводе должно строго соответствовать предусмотренному проектом, в котором необходимо учитывать особенности конструкции арматуры.

Корпус задвижки, особенно большого диаметра прохода для малых давлений, не обладает значительной жесткостью и деформируется под действием внешних сил и внутреннего давления [23]. Чтобы не произошло чрезмерной деформации корпуса при монтаже (без применения сварки), фланцевые задвижки монтируются в закрытом положении. Этим арматура предохраняется и от попадания загрязнений на уплотнительные кольца, и от возможности того, что клин при закрывании не дойдет до установленного положения. У задвижек на линии трубопровода устанавливают тепловые компенсаторы, а концы трубопровода, между которыми устанавливается задвижка, должны иметь опоры.

После окончания монтажа проверяют подвижность шпинделя двукратным подъемом и опусканием затвора на полный ход. Задвижки с электроприводом проверяют на управляемость с помощью электропривода и на срабатывание муфты ограничения крутящего момента. Проверяют также работу пульта управления и сигнализационных ламп.

***Монтаж регулирующих клапанов.*** После удаления транспортных заглушек проверяют соответствие типа и размер регулирующего клапана

данным проекта, его подготовленность к монтажу – подвижность штока, комплектность, наличие дополнительных блоков, которыми должен быть оснащен регулирующий клапан. Наиболее часто регулирующие клапаны устанавливают на трубопроводе узлом управления вверх, но многие конструкции допускают установку в любом рабочем положении.

Направление подачи рабочей среды должно строго соответствовать стрелке на корпусе или указаниям в технической документации, так как в противном случае могут значительно изменяться гидравлическая пропускная характеристика и пропускная способность клапанов. В случае неправильной подачи среды к регуляторам они могут потерять работоспособность. Перед монтажом с магистральных фланцев снимают транспортные заглушки и уплотнительные поверхности фланцев очищают от консервационной смазки. Внутренние полости регулирующего клапана продувают сжатым воздухом.

Регулирующую арматуру, как правило, монтируют на участках трубопроводов с установившемся режимом, т.е. не рекомендуется устанавливать ее непосредственно перед или за запорной арматурой, отводами, тройниками, распределителями, насосами, а также непосредственно перед местом потребления. В качестве запорной арматуры регулирующую использовать не рекомендуется, за исключением запорно-регулирующих клапанов. В случае необходимости герметичного отсечения системы со стороны входа следует устанавливать запорную арматуру. Если условный проход трубопровода не совпадает с условным проходом арматуры, то регулирующая арматура должна соединяться с трубопроводами коническими переходниками с максимально допустимым углом конусности, но не более 30°.

Длина прямых участков до регулирующей арматуры и после нее должна составлять не менее $5D_y$ на входе и (10 ... 15) $D_y$ на выходе из клапана. Чем меньшую долю составляет гидравлическое сопротивление трубопроводов от гидравлического сопротивления клапана, тем бóльшая точность поддержания регулируемого параметра достигается клапаном. Клапаны должны устанавливаться на местах, доступных для осмотра, технического ухода и регулировки. По окончании основных монтажных работ полностью собранный регулирующий клапан должен быть приведен в рабочее состояние и проверен на легкость и плавность хода штока.

***Монтаж предохранительных клапанов.*** Предохранительные клапаны, как правило, устанавливают вертикально, узлом подрыва вверх (за исключением случаев, специально оговоренных в технической документации), возможно ближе к защищаемому ими объекту на прямом участке трубопровода. При этом максимально допустимое расстояние от места их раз-

мещения до защищаемого объекта определяется гидродинамическим расчетом. Особенно важно это выполнять на трубопроводах длиной более 1 м.

Не допускается установка запорных органов между предохранительным клапаном и защищаемым им сосудом или трубопроводом. Допускается установка трехходового переключающего устройства между предохранительными клапанами и сосудами при условии, что в любом положении этого переключающего устройства один или оба предохранительных клапана будут соединены с сосудом, при этом каждый из предохранительных клапанов должен иметь пропускную способность, предусмотренную Правилами Госгортехнадзора.

При установке на одном трубопроводе нескольких предохранительных клапанов площадь поперечного сечения этого трубопровода должна быть не менее 1,25 суммарной площади сечения входных патрубков всех установленных на нем клапанов. Отбор рабочей среды на участках трубопровода от защищаемого объекта до предохранительного клапана не допускается.

Клапаны прямого действия с дублирующим ручным подрывом устанавливают в местах, где обеспечивается доступ к узлу ручного подрыва.

На компенсаторах объема, барабанах-сепараторах и других сосудах первого контура АЭС устанавливают только импульсно-предохранительные устройства прямого действия диаметром не менее 15 мм, снабженные электромагнитным приводом на открывание и закрывание. В остальных случаях допускается применение предохранительных клапанов прямого действия диаметром не менее 20 мм [8].

Главные предохранительные клапаны устанавливают в строгом соответствии с указаниями в технической документации. При вертикальной установке отклонение оси клапана от вертикали допускается в пределах не более 0,3 мм на 100 мм высоты клапана. Импульсные клапаны с электромагнитами устанавливают на специальных каркасах, крепящихся к фундаментам, их шток должен располагаться строго вертикально. Электромагниты устанавливаются на каркасе вертикально, при этом их оси должны находиться в одной плоскости с осью штока и рычага. Движение сердечников должно быть свободным и плавным. Не допускаются перекосы в вертикальной и горизонтальной плоскостях рычага с подвешенным грузом. Соединение сердечников магнитов с рычагом должно исключать перекосы при перемещении рычага включением магнитов. Не допускается установка электромагнитов в местах, где он может подвергаться вибрации и толчкам.

Параметры окружающего воздуха в зоне электромагнита по температуре и влажности не должны выходить за пределы, указанные в техни-

ческой документации на импульсные клапаны. В случае превышения допускаемой температуры в зоне электромагнитов предусматривают обдув, исключающий перегрев обмотки магнита.

В электрическую схему управления импульсно-предохранительными устройствами (ИПУ) входят электроконтактные манометры (ЭКМ). Импульсы на ЭКМ отбирают непосредственно с того объекта, который предохраняет главный предохранительный клапан, при этом точки взятия импульса на ЭКМ и импульсный клапан должны быть выбраны таким образом, чтобы при срабатывании главного клапана возмущение среды не сказывалось на работе ЭКМ и импульсного клапана. Температура в зоне установки ЭКМ не должна превышать 60 °С. Между трубопроводом и ЭКМ, как правило, устанавливают запорный клапан, который в процессе работы должен быть открыт и опломбирован.

Трубопроводы, соединяющие импульсный клапан с защищаемым объектом и с главным клапаном, должны быть минимальной длины и иметь минимальное гидравлическое сопротивление. Увеличение длины импульсных линий и их гидравлического сопротивления приводят к увеличению времени срабатывания ИПУ, а также повышению давления срабатывания вследствие потери давления в линии до импульсного клапана [9]. В целях уменьшения времени срабатывания ИПУ импульсные линии, а также поршневая полость главного клапана должны быть теплоизолированы, чтобы исключить процесс конденсации пара в поршневой полости главного клапана при срабатывании импульсного клапана.

Серьезное внимание следует уделять монтажу главных клапанов. При срабатывании клапана в связи со значительной массой и высокими (критическими) скоростями истечения сбрасываемой среды возникают большие реактивные силы, действующие на клапан, поэтому его корпус необходимо надежно крепить к специальной опоре, воспринимающей реактивные силы при сбросе. При монтаже главного клапана запрещается подтяжка концов трубопроводов к патрубкам клапана. Концы трубопроводов должны быть зафиксированы и отцентрированы с патрубками клапана.

Учитывая высокие требования к герметичности и незначительные контактные давления в затворах предохранительных клапанов, при сварке патрубков с трубопроводами необходимы меры, исключающие попадание окалины и сварочного грата внутрь трубопровода и клапана.

К выхлопной трубе, установленной за главным клапаном, также предъявляется целый ряд требований: надежное крепление к опоре с учетом действия реактивных сил, отсутствие внутренних напряжений в соединении выхлопной трубы с выхлопным патрубком, недопустимость

установки запорной арматуры на всей выхлопной линии, наличие устройств для удаления скапливающегося конденсата и влаги.

Рабочую среду, сбрасываемую предохранительным клапаном, отводят в безопасное место. Выхлопные трубы для сброса среды должны иметь сечение не меньше сечения соответствующего патрубка клапана и минимальное гидравлическое сопротивление. Гидравлическое сопротивление выхлопной трубы и постоянное противодавление за клапаном учитывают в расчете пропускной способности при выборе клапана.

В местах установки главных клапанов необходимо предусматривать площадки для настройки, обслуживания и ремонта.

Системы должны быть тщательно промыты и продуты после окончания монтажа, при этом золотники клапанов демонтируют. Затем устанавливают золотники, клапаны настраивают на заданные давления срабатывания, проверяют их работоспособность. Работоспособность импульсно-предохранительных устройств проверяют как в автоматическом режиме, так и от электромагнитов по сигналам от электроконтактных манометров.

Отрегулированные и настроенные предохранительные клапаны должны быть опломбированы.

***Монтаж электроприводов.*** Рабочее положение электропривода может быть различным – вертикальным или горизонтальным. Он может быть установлен непосредственно на арматуре или смонтирован отдельно и соединен передачей с арматурой, в последнем случае его устанавливают на полу, колонке или кронштейне. При дистанционном (с помощью штоков) управлении арматурой, расположенной над электроприводом, устанавливают дополнительный редуктор. Корпус электропривода надежно заземляют. Следует также учитывать, что температура при эксплуатации электроприводов не должна превышать 40 °С, а специальных приводов, рассчитанных для работы в герметичной зоне, 60 °С. Перед пуском в эксплуатацию необходимо проверить наличие смазки в редукторе и на всех трущихся поверхностях. До монтажа электроприводы должны храниться в упаковке завода-изготовителя в помещении складского типа.

## 4.2. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ МОНТАЖА АРМАТУРЫ

Средства технологического обеспечения монтажа трубопроводной арматуры многочисленны и по назначению часто совпадают с оборудованием и оснасткой для монтажа трубопроводов и резервуаров. Оборудование для монтажа арматуры и трубопроводов является, в основном, специальным и разделяется на две группы:

а) технологическое:

– средства для резки труб под сварку;

– устройства для газокислородной вырезки отверстий, прямолинейного и наклонного реза труб;

– центрирующие устройства для сборки свариваемого соединения;

– станки специального назначения,

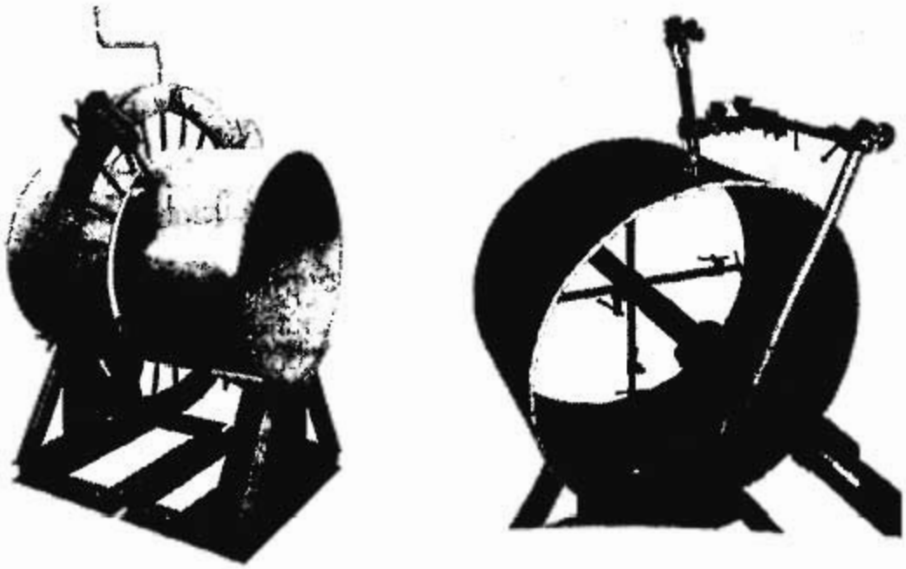
б) испытательное.

**Средства для монтажа арматуры и трубопроводов.** На рис. 4.2.1, 4.2.2 представлено отдельное технологическое монтажное оборудование, а в табл. 4.2.1 даны назначение и технические характеристики продукции НПО "ГАКС-АРМСЕРВИС".

Оснастка представлена в п. 4.3 при рассмотрении технологий монтажа арматуры фланцевой и под приварку.

**Средства испытаний арматуры на монтажные воздействия.** Анализ составляющих воздействий трубопровода на арматуру применительно к трем типам их соединений: фланцевых, под приварку и резьбовых – проведен при систематизации испытательных стендов [23].

Основными признаками систематизации приняты – способ соединения трубопроводной арматуры с трубопроводом или агрегатом, способ установки и закрепления трубопроводной арматуры в испытательном стенде, состав внешних и внутренних воздействий, воспроизводящихся на испытательном стенде. Результаты систематизации представлены в табл. 4.2.2.



*а)* *б)*

**Рис. 4.2.1. Монтажное оборудование:**
*а* – центратор; *б* – ТРЕК-2М для резки труб

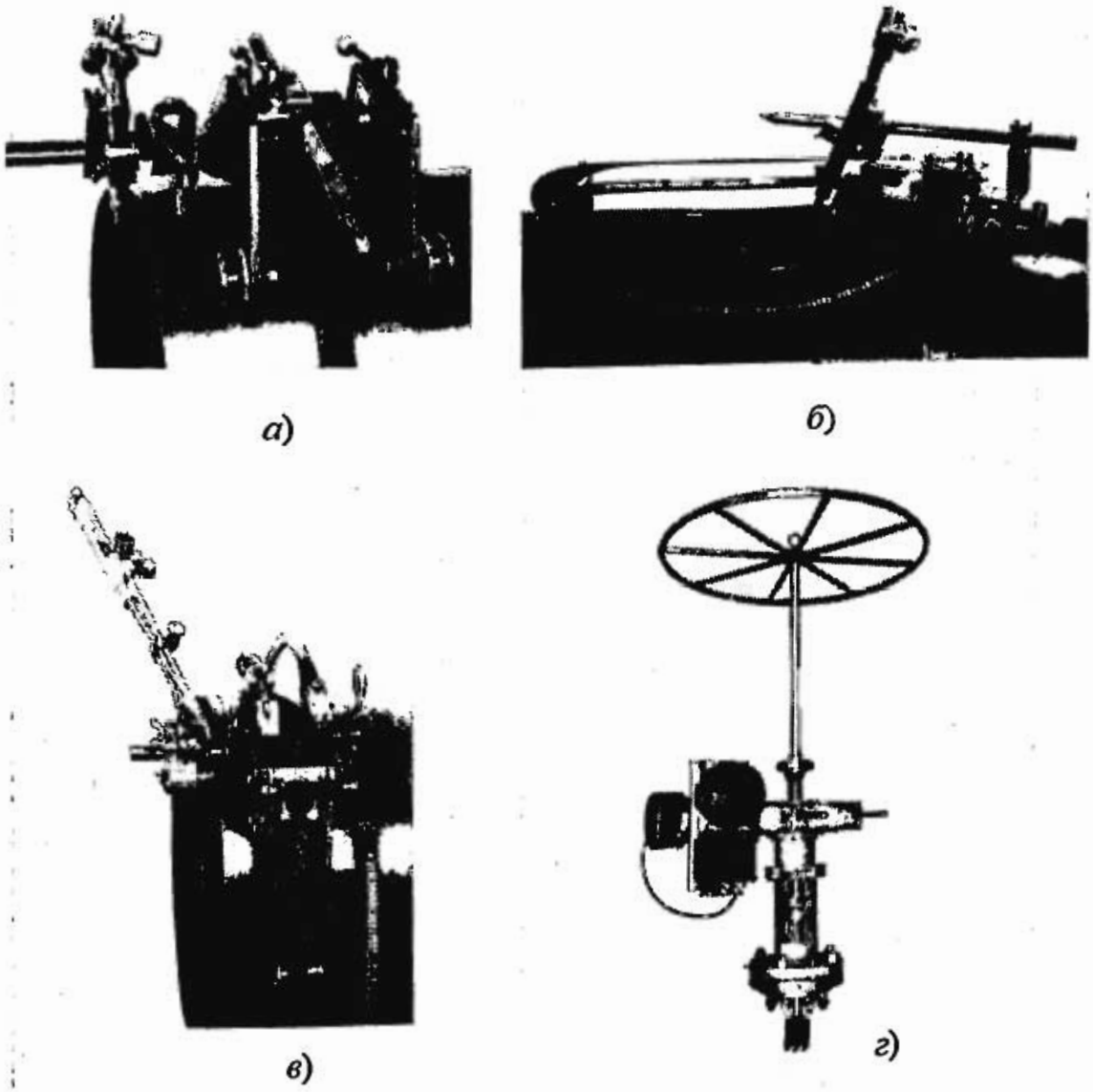



**Рис. 4.2.2. Монтажное оборудование:**
*а* – ТРЕК для резки труб; *б* – ОВАЛ для вырезки отверстий;
*в* – КРОТ для резки труб; *г* – СВ для врезки отводов

В зависимости от способа соединения трубопроводной арматуры с трубопроводом выделено три группы стендов. К первой группе относятся стенды, предназначенные для испытаний арматуры, имеющей соединительные фланцы и устанавливаемые на трубопровод с помощью крепежных болтов. Ко второй группе отнесены стенды, предназначенные для испытаний арматуры, имеющей резьбовые патрубки и соединяющиеся с трубопроводом накидными гайками. К третьей группе отнесены стенды, предназначенные для испытаний арматуры, имеющей патрубки под приварку.

Таблица 4.2.1

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики | |
|---|---|---|---|
| Переносная машина с ручным приводом для газокислородной резки труб ТРЕК | Для газокислородной резки стальных труб в полевых условиях при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов и трубопроводов на промышленных предприятиях. Выполняет резку труб со скосом под сварку | Диаметр разрезаемых труб, мм | 325 ... 1420 |
| | | Тип привода | ручной |
| | | Максимальная скорость перемещения, мм/мин | 800 |
| | | Максимальный угол скоса под сварку, ° | до 50 |
| | | Несовпадение начала и конца реза, мм | 0,5 |
| | | Тип резака | трехштуцерный РМ-3 |
| | | Количество резаков, шт. | 1 |
| | | Габаритные размеры (со штангой), мм | 645×480×270 |
| | | Масса, кг, не более | 15 |
| Устройство для газокислородной резки труб $D_y$ 720 ... 1420 мм ТРЕК-2М | Для газокислородной резки трубопроводов и катушек для них | Диаметры обрабатываемых труб, мм | 720 ... 1420 |
| | | Расстояние между трубами, мм | до 2500 |
| | | Тип привода | ручной |
| | | Максимальная скорость перемещения горелки, мм | 800 |
| | | Максимальный угол скоса под сварку, ° | до 50 |
| | | Несовпадение начала и конца реза, мм, не более | 1 |
| | | Тип резака | РМ-3 |
| | | Количество резаков, шт. | 1 |
| | | Габаритные размеры (длина × диаметр), мм | 2600×1500 |
| | | Масса, кг | 60 |

*Продолжение табл. 4.2.1*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Переносная машина с ручным гибким приводом для газокислородной резки труб КРОТ-М | Для газокислородной резки стальных труб в ограниченном пространстве в полевых условиях при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов и трубопроводов на промышленных предприятиях. Выполняет резку труб со скосом под сварку | Диаметры разрезаемых труб, мм ..... 203 ... 530<br>Расстояние между трубами или строительными конструкциями, мм ..... от 150<br>Тип привода ..... ручной, с гибким валом или рукояткой<br>Максимальная скорость перемещения, мм/мин ..... 800<br>Максимальный угол скоса под сварку, ° ..... до 50<br>Несовпадение начала и конца реза, мм, не более ..... 1<br>Тип резака ..... РМ-3<br>Количество резаков, шт. ..... 1<br>Габаритные размеры (без гибкого вала), мм ..... 300×290×220<br>Масса комплекта, кг ..... 30 |
| Переносная машина с ручным гибким приводом для газокислородной резки труб МГР-КРОТ | Для газокислородной резки стальных труб в ограниченном пространстве в полевых условиях при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов и трубопроводов на промышленных предприятиях. Выполняет резку труб со скосом под сварку | Диаметры разрезаемых труб, мм ..... 325 ... 1420<br>Расстояние между трубами или строительными конструкциями, мм ..... от 150<br>Тип привода ..... ручной<br>Максимальная скорость перемещения, мм/мин ..... 800<br>Максимальный угол скоса под сварку, ° ..... до 50<br>Несовпадение начала и конца реза, мм, не более ..... 1<br>Тип резака ..... РЗП-0,2<br>Количество резаков, шт. ..... 1<br>Габаритные размеры, мм ..... 350×300×150<br>Масса, кг, не более ..... 9 |

*Продолжение табл. 4.2.1*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Устройство для газокислородной вырезки отверстий ОВАЛ | Для вырезки технологических отверстий овальной формы в трубах магистральных газопроводов при работах с открытым огнем, а также вырезки заплат для этих отверстий. Резка производится со скосом под сварку | Диаметры труб, мм ..... 530 ... 1420<br>Размеры вырезаемых отверстий и заплат, мм ..... (150×200) ... (250×300)<br>Тип привода ..... ручной<br>Максимальный угол скоса под сварку, ° ..... 40<br>Тип резака ..... РМ-3<br>Габаритные размеры, мм:<br>копира ..... 600×632×65<br>тележки ..... 140×300×144<br>Масса, кг, не более ..... 18 |
| Устройство прямолинейного реза УПР-1 | Для вырезки прямолинейных отверстий в резервуарах, трубопроводах и т.п. Используется при ремонтно-восстановительных работах на объектах топливно-энергетического комплекса с помощью гидрорезного оборудования<br>Климатическое исполнение У1 по ГОСТ 15150 | Максимальная длина реза для объектов диаметром не менее 2200 мм, мм ..... 1100<br>Расположение вырезанного отверстия: горизонтальное, вертикальное или наклонное<br>Привод ..... ручной<br>Частота вращения рукоятки или гибкого вала, об/мин ..... 12 ... 100<br>Скорость перемещения режущей головки, мм/мин:<br>I диапазон ..... 10 ... 80<br>II диапазон ..... 50 ... 400<br>при перемещении с помощью привода УТ-11М ..... 35 ... 400<br>Реактивная сила струи абразивной жидкостной головки не должна превышать, Н ..... 250<br>Максимальный угол наклона струйной головки под сварку, ° ..... 35<br>Габаритные размеры устройства, мм ..... 330×330×1450<br>Масса, кг ..... 38 |

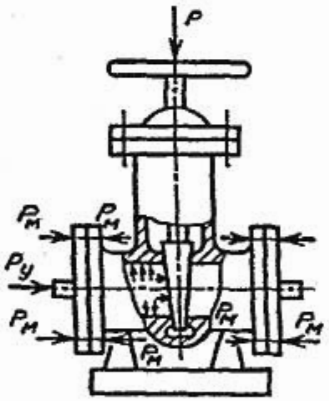
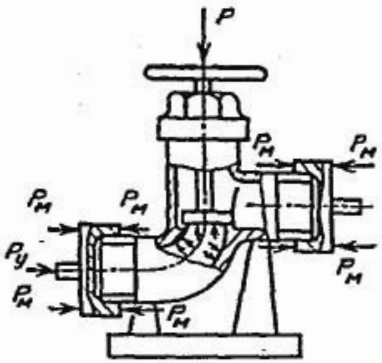
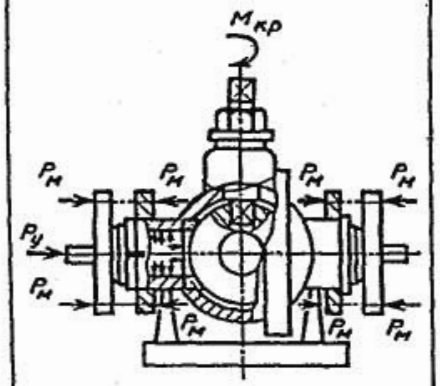
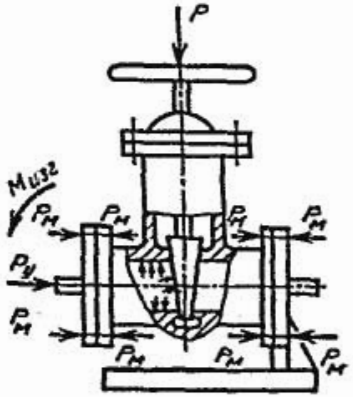
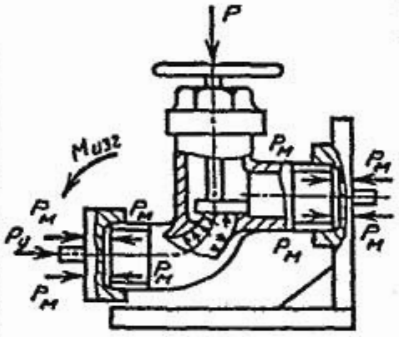
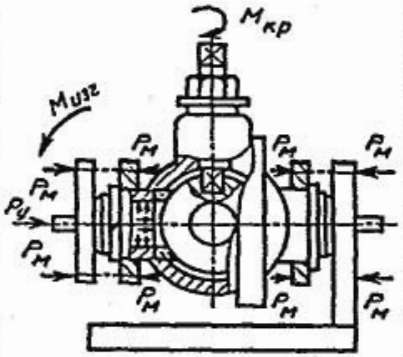
*Продолжение табл. 4.2.1*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Устройство для наклонного реза труб УНР-1 | Для газокислородной резки труб при изготовлении элементов отводов по ТУ 102-488 и других аналогичных изделий | Диаметры разрезаемых труб, мм ..... 720, 820, 1020<br>Угол наклона реза относительно плоскости,<br>перпендикулярной оси трубы, ° ..... 0; 150<br>Угол скоса под сварку, ° ..... 0, ± 50<br>Тип резака ..... трехштуцерный РМ-3 |
| Центратор ЦТр | Для пригонки кромок труб при сварке магистральных трубопроводов | ЦТр-1М; ЦТр-2М; ЦТр-3М; ЦТр-4М; ЦТр-5М; ЦТр-6М<br>Диаметр труб, мм ..... 203...273; 273...402; 402...530; 530...720; 820...1020; 1220...1420<br>Толщина стенки, мм ..... до 8; до 10; до 12; до 14; до 18; до 24<br>Количество нажимных винтов ... 8; 12; 12; 12; 16; 20<br>Диаметр × × высота, мм ..... 730×190; 860×190; 990×190; 1180×190; 1480×190; 1880×190<br>Масса, кг ..... 82; 98; 104; 114; 136; 167 |

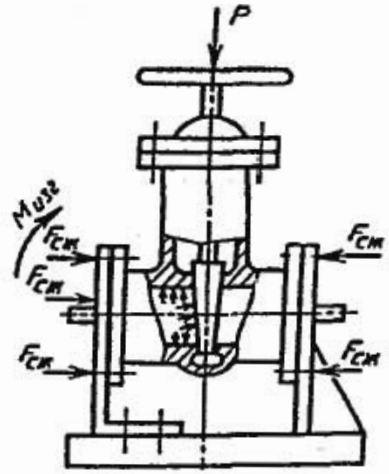
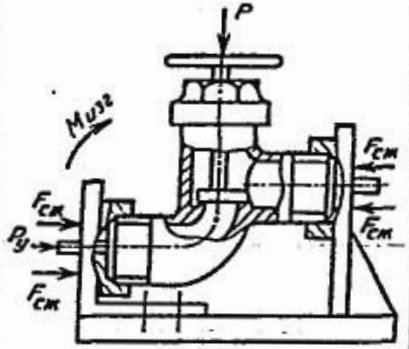
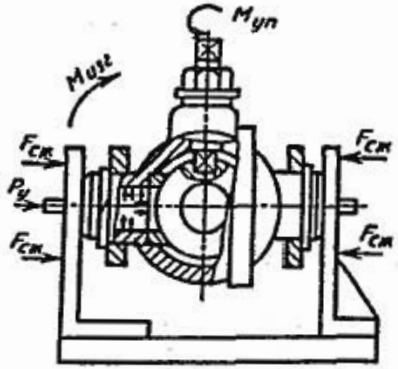
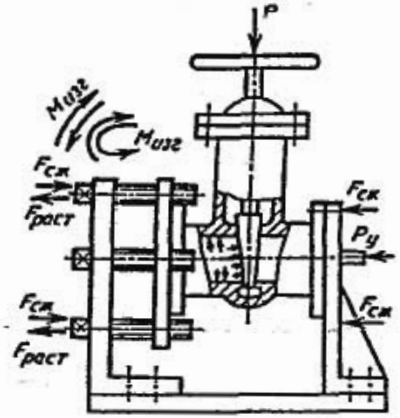
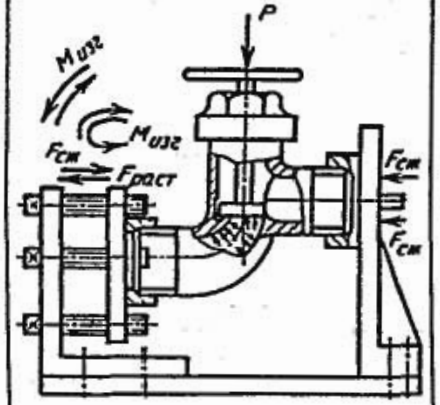
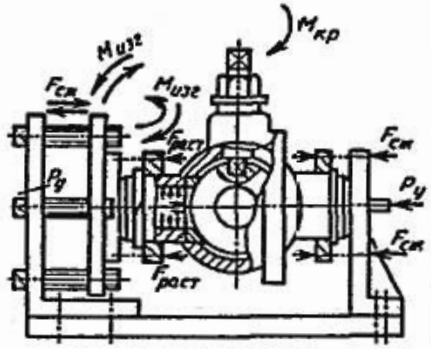
*Окончание табл. 4.2.1*

| Обозначение | Назначение | Технические характеристики |
|---|---|---|
| Станок для вырезки отверстий в действующих трубопроводах СВ-Э | Для врезки отводов в трубопроводах, находящихся под давлением транспортируемой среды с сохранением герметичности при врезке<br>Станок устанавливается при вырезке отверстия на задвижку с приварным патрубком $p_y$ = 6,3 МПа<br>Климатическое исполнение – У1 по ГОСТ 15150 | Диапазон использования:<br>$p_y$, МПа ..... 6,3<br>$D_y$ задвижки, мм ..... 80, 100, 150<br>Минимальный диаметр магистральной трубы, мм ..... 200<br>Максимальная толщина стенки прорезаемого трубопровода, мм:<br>$D_y$ 80 ..... 8<br>$D_y$ 100 ..... 14<br>$D_y$ 150 ..... 20<br>Станок снабжен электроприводом и ручным дублером<br>Мощность электродвигателя привода, кВт ..... 1,5<br>Синхронная частота вращения вала электродвигателя, об/мин ..... 1500<br>Число оборотов шпинделя, об/мин ..... ≈20<br>Привод подачи ..... ручной<br>Рабочий ход инструмента без перезакрепления цанг, мм ..... 80<br>Шаг ходового винта, мм ..... 3<br>Модель станка по использованию для $D_y$, мм:<br>СВ-Э ..... 150,100 и 80<br>СВ-Э-150 ..... 150<br>СВ-Э-100 ..... 100<br>СВ-Э-80 ..... 80 |

Таблица 4.2.2

| Способ установки | Способ соединения с трубопроводом | | | Воздействия |
|---|---|---|---|---|
| | фланцами | резьбовыми патрубками | патрубками под приварку | |
| На опорах с независимыми заглушками |  |  |  | $p_р$<br>$p_у$<br>$p_{пр}$<br>$P$<br>$M_{кр}$<br>$P_м$<br>$K_с$ |
| Консольная с одной независимой заглушкой |  |  |  | $p_р$<br>$p_у$<br>$p_{пр}$<br>$P$<br>$M_{кр}$<br>$P_м$<br>$M_{изг}$<br>$K_с$ |

*Окончание табл. 4.2.2*

| Способ установки | Способ соединения с трубопроводом | | | Воздействия |
|---|---|---|---|---|
| | фланцами | резьбовыми патрубками | патрубками под приварку | |
| На опорах с жесткими неуправляемыми заглушками |  |  |  | $p_р$<br>$p_у$<br>$p_{пр}$<br>$P$<br>$F_{сж}$<br>$M_{кр}$<br>$M_{изг}$<br>$K_с$ |
| На опорах с жесткими управляемыми заглушками |  |  |  | $p_р$<br>$p_у$<br>$p_{пр}$<br>$P$<br>$M_{кр}$<br>$F_{сж}$<br>$F_{раст}$<br>$M_{изг}$<br>$K_с$ |

Каждая из трех групп разделена на четыре подгруппы в зависимости от характера установки арматуры на стенд и степени свободы заглушек. При этом для каждой подгруппы свойственен индивидуальный состав воздействий. На оборудовании первой подгруппы арматуру устанавливают на симметричные опоры и используют независимые заглушки. Состав воздействий на испытываемую арматуру следующий: давление среды ($p_у$; $p_р$; $p_{пр}$), сила и крутящий момент управления затвором ($P$; $M_{кр}$) и сила закрепления заглушек ($P_м$). На испытательном оборудовании второй подгруппы арматура устанавливается консольно с одной жесткой и второй независимой заглушками. Состав воздействующих факторов тот же плюс изгибающей момент от массы арматуры ($M_{изг}$).

На оборудовании третьей подгруппы испытывается арматура, устанавливаемая на симметричных опорах с двумя жесткими заглушками. Состав воздействующих факторов: давление среды ($p_р$; $p_у$; $p_{пр}$), силы управления затвором ($P$; $M_{кр}$) и сжимающие ($F_{сж}$), изгибающий момент ($M_{изг}$) от асимметричности сжимающих сил.

Четвертая подгруппа испытательных стендов предназначена для испытания трубопроводной арматуры, устанавливаемой на симметричные опоры с одной жесткой, а другой регулируемой заглушкам. Состав воздействий тот же, что и в третьей подгруппе и дополнительно растягивающие ($F_{раст}$) силы. Оборудование всех подгрупп может использоваться для циклических нагрузок узла затвора и подвижных элементов приводного устройства.

Вся рассмотренная номенклатура стендового оборудования может быть использована во всех структурных схемах испытательных систем для установления действительных значений показателей качества при испытаниях собранного изделия и различном сочетании возмущающих воздействий.

## 4.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МОНТАЖА АРМАТУРЫ

Соединение арматуры с трубопроводом является одним из наиболее ответственных, к нему предъявляются такие требования, как прочность при воздействии внутреннего давления, сил и моментов от присоединительной части трубопровода; герметичность в течение эксплуатации при воздействии теплосмен и изменений давления; возможность периодического снятия арматуры для ремонта или монтажа новых изделий.

Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют два типа соединений: фланцевое и сварное. Используют и резьбовые соединения [7].

### 4.3.1. Технология и правила монтажа фланцевой арматуры

Технологический процесс монтажа фланцевой трубопроводной арматуры включает следующие основные операции:

– контроля качества уплотнительных поверхностей деталей фланцевого соединения;

– сборки фланцевого соединения арматуры и элементов трубопровода;

– затяжки фланцевого соединения;

– контроля герметичности фланцевого соединения.

**Контроль качества уплотнительных поверхностей фланцев, прокладок.** К сборке фланцевого соединения допускаются детали, у которых шероховатость и неплоскостность уплотнительных поверхностей соответствуют установленным техническим требованиям. Не допускаются поперечные риски, пересекающие кольцевую уплотнительную поверхность фланца под прокладку, забоины и другие дефекты.

Отклонения от плоскостности уплотнительных поверхностей можно выявить с помощью контрольной плиты, показанной на рис. 4.3.1. На плиту тампоном наносят минимально тонкий слой краски (глазурь, тонкая сажа, сурик), густо замешенной на масле. Затем плиту прикладывают к проверяемой поверхности и поворачивают в обе стороны на 5 ... 6° шесть-восемь раз, после чего определяют характер отпечатков на уплотнительной поверхности, по которым устанавливают ее состояние. Для прокладок из фторопласта, например, рекомендуется следующая оценка. При рабочем давлении до 1,6 МПа на 1 см$^2$ зеркала фланца должно приходиться не менее одного пятна, при более высоком рабочем давлении – не менее двух пятен. Уплотнительные поверхности фланца под плоские и гребенчатые металлические прокладки, а также при беспрокладочных соединениях должны притираться и при проверке давать сплошной кольцевой отпечаток.

Опорные поверхности под гайки должны быть строго параллельны зеркалу фланца и тщательно обработаны. Оси отверстий во фланцах должны быть перпендикулярны зеркалу фланцев.

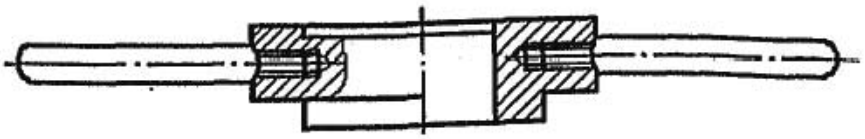


**Рис. 4.3.1. Контрольная плита для проверки плоскостности уплотнительных поверхностей фланцев с выступом и впадиной**

Техническое состояние мягких прокладок проверяется загибом прокладки на 180° вокруг стержня диаметром: 12 мм – для прокладок толщиной до 1 мм, 24 мм – для прокладок толщиной от 1 до 1,24 мм и 42 мм – для прокладок от 1,25 до 2,5 мм. После загиба на прокладке не должно быть трещин и расслоений. Прокладка должна иметь ровные поверхности серого цвета: с одной стороны слегка глянцевую, с другой – матовую. Изломы, складки и другие дефекты на прокладках не допускаются.

Состояние рабочих поверхностей металлических прокладок проверяется с помощью лупы с пяти-десятикратным увеличением. Гребенчатые прокладки притирают по притирочной плите и проверяют на краску по контрольной плите. Если на гребнях прокладки образуются неравномерные отпечатки, прокладку пришабривают, а затем притирают. Ширина притупления гребней должна быть не менее 0,2 мм.

Состояние бывших в употреблении крепежных деталей должно подтверждать возможность их дальнейшего длительного применения (отсутствие коррозии, трещин, забоин, срывов резьбы и т.п.).

Болты применяют для соединения фланцев при условном давлении не более 2,5 МПа, при более высоких давлениях применяют шпильки. Шпильки и гайки во избежание схватывания металла деталей изготовляют из сталей разной твердости – шпильки должны быть изготовлены из стали более твердой, чем сталь гайки, на 20 ... 30 НВ. Шпильки и гайки, предназначенные для главных трубопроводов АЭС, а также изготовленные из легированных сталей, должны иметь сертификат (паспорт) и маркировку [8].

**Сборка фланцевого соединнения.** Монтаж фланцевой арматуры должен вестись так, чтобы не создавались превышающие допустимые перекосы между торцовыми плоскостями трубопроводных и арматурных фланцев. При монтаже жестких конструкций арматуры (малые проходы, большие давления) затяжка уплотнений с перекосами может привести к обрыву болтов или шпилек, срыву резьбы, образованию трещин или поломке деталей. При недостаточно жестких конструкциях (большие проходы, малые давления) затяжка фланцев при перекосах может вызвать коробление корпусов, а вместе с ними и коробление уплотнительных поверхностей, в частности в задвижках, что часто служит причиной потери герметичности запорного органа. Задвижки должны монтироваться в закрытом положении, что особенно важно для задвижек с корпусами малой жесткости.

Схема проверки перпендикулярности поверхности приваренного фланца оси трубы приведена на рис. 4.3.2.

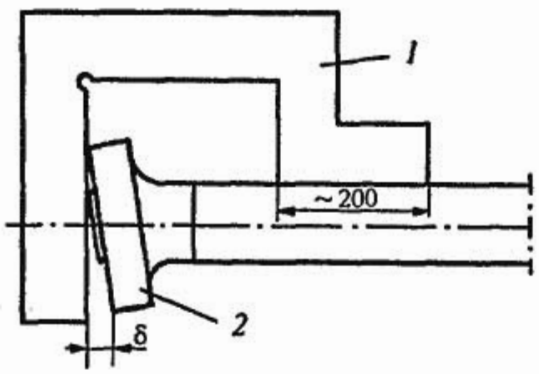



**Рис. 4.3.2. Схема проверки перпендикулярности уплотнительной поверхности фланца к оси трубы:**
*1* – приспособление; *2* – фланец

**Затяжка фланцевого соединения.** Предварительное завинчивание гаек (до соприкосновения с фланцем) можно производить в любой последовательности, а затем необходимо соблюдать определенный порядок затяжки. Затягивают их методом крестообразного обхода с последовательной равномерной затяжкой противолежащих гаек (рис. 4.3.3) динамометрическим ключом путем трех- или четырехкратного обхода всех гаек с одновременным контролем параллельности фланцев. Параллельность фланцев определяется замером зазоров между фланцами по их периметру с помощью щупа.

Степень и равномерность затяга шпилек [21] проверяется при измерении их удлинения микрометром или индикатором. На каждые 100 мм длины шпильки допускается удлинение от 0,03 до 0,15 мм. Окончательная затяжка гаек всех фланцевых соединений, включая соединения крышек с корпусами арматуры (кроме соединений с металлическими прокладками), производится при прогреве трубопровода перед пуском в эксплуатацию при давлении на нем не выше 0,4 … 0,5 МПа.

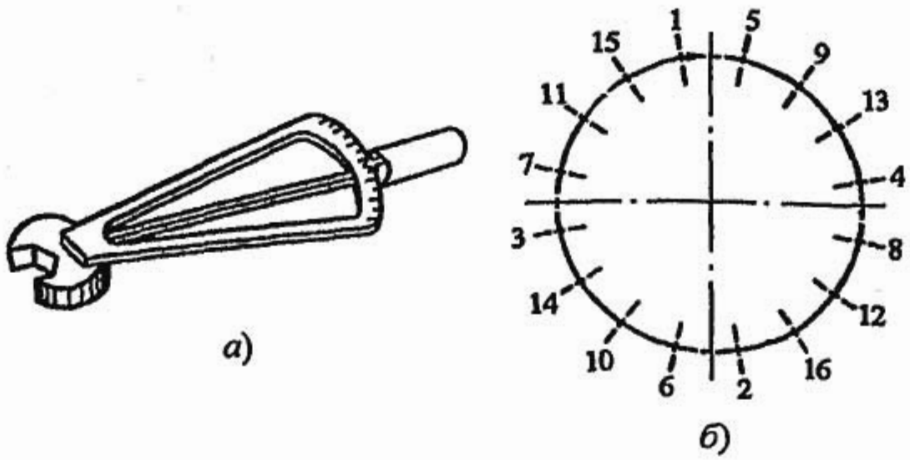



**Рис. 4.3.3. Средства и схема затяжки болтов фланцевого соединения:**
*а* – динамометрический ключ; *б* – порядок затяжки

Соединение "на ус" заваривается в случае необходимости в последовательности, как показано на рис. 4.3.4. При этом перед началом заварки "на ус" должны быть проведены все необходимые испытания изделия, проверена его работоспособность и исключена необходимость разрезки и повторной сварки. При заварке "уса" свариваемые детали поджимают с силой, указанной в технической документации, что может быть обеспечено либо поджатием определенного количества шпилек установленным крутящим моментом, либо применением специальной оснастки для стяжки двух фланцев. Ус, как правило, заваривают аргонодуговым методом. Требования по сварке, контролю сварного шва и последующей его проверке должны соответствовать указаниям технической документации на каждое конкретное изделие.

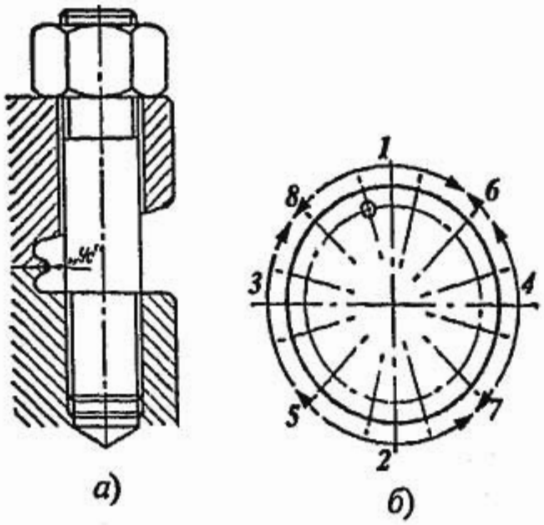



**Рис. 4.3.4. Заваренное мембранное соединение "на ус" (*а*) и последовательность заварки участков (*б*)**

**Контроль герметичности фланцевых и других соединений.** Для обнаружения места утечки во фланцевых соединениях или через дефекты металла и сварных швов могут применяться галоидные спиртовые лампы или электронные течеискатели [8]. В галоидной горелке использована способность фреона в присутствии раскаленной меди окрашивать бесцветное пламя спирта в зеленый, синий или голубой цвет в зависимости от количества фреона, попадающего на раскаленную медь.

Галоидная горелка (рис. 4.3.5) состоит из небольшого цилиндрического корпуса *8* и горелки, закрепленной в верхней части корпуса и состоящей из капсюля *4* и медного колпачка *3*, головки *2* и клапана *5*. К горелке присоединен резиновый шланг *1* длиной 300 мм. Перед началом проверки соединений разжигают лампу. Для этого в чашечку *6* наливают немного спирта, закрывают клапан *5* и зажигают спирт. Когда горелка разогреется, немного открывают клапан *5* и поджигают пары спирта, выходящие из капсюля, которые горят бесцветным пламенем. Добившись устойчивого горения, свободный конец резинового шланга подводят к тем местам проверяемого изделия, заполненного фреоном, где мо-

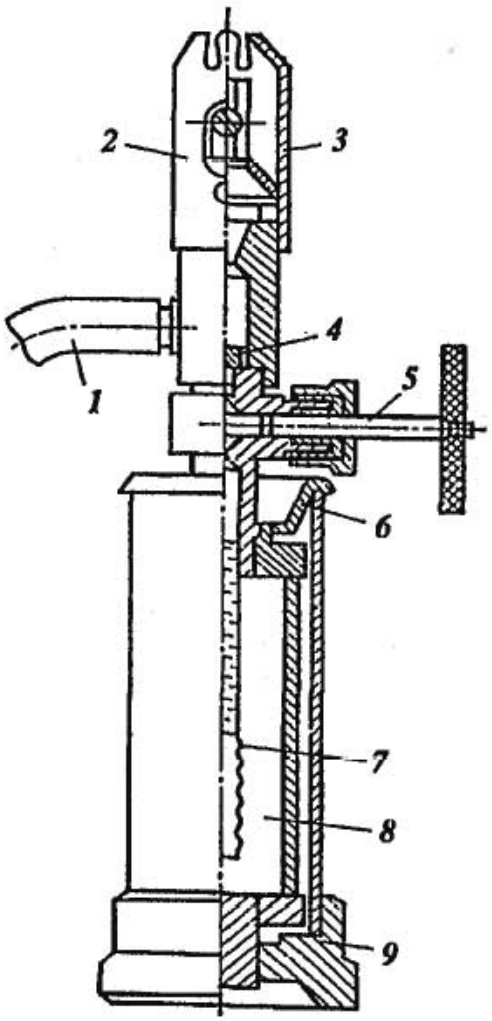



**Рис. 4.3.5. Галоидная горелка:**
*1* – резиновый шланг; *2* – головка; *3* – медный колпачок; *4* – капсюль; *5* – клапан; *6* – чашечка; *7* – фитиль; *8* – корпус; *9* – основание лампы

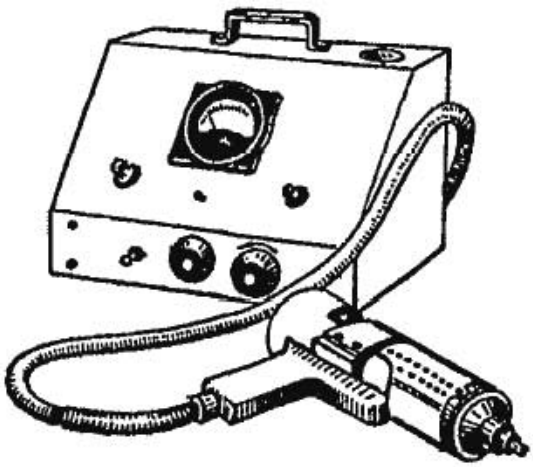


**Рис. 4.3.6. Электронный галоидный течеискатель ГТИ-2**

жет быть утечка. Так как воздух для горения паров спирта подсасывается через шланг, то вместе с ним, если есть небольшая утечка, фреон попадает в пламя и последнее окрашивается в зеленый цвет, а при большой утечке – в синий или голубой. При проверке герметичности галоидной лампой в помещении обязательно должна быть включена вентиляция.

В электронном галоидном течеискателе ГТИ-2 (рис. 4.3.6) количество утекающего фреона показывает стрелка прибора.

### 4.3.2. Технология и правила монтажа арматуры с патрубками под приварку

Технологический процесс монтажа трубопроводной арматуры с патрубками под приварку включает специальные операции:

- подготовки кромок патрубков арматуры и элементов трубопроводов под сварку;
- сборки сварного соединения;
- сварки с учетом особенностей свариваемых материалов;
- контроля сварного соединения.

**Подготовка кромок под сварку.** Для присоединения сваркой на корпусе арматуры предусматриваются патрубки с соответствующими размерами и разделкой кромок. Размеры и форма патрубков должны давать возможность выполнения сварки, контроля сварного соединения и вырезки арматуры из трубопровода, когда в этом возникает необходимость. Наиболее часто применяемые формы и размеры разделки патрубков арматуры под приварку приведены в табл. 4.3.1 и 4.3.2.

Подготовку под сварку углеродистых и легированных сталей металлическим электродом производят в соответствии с ГОСТ 5264.

Свариваемые кромки и прилегающие к ним поверхности металла следует перед сваркой тщательно зачищать с обеих сторон на ширину 20 ... 30 мм. Зачистке подлежат также торцы кромок. Механическую зачистку производят металлической щеткой или наждачным кругом. Для углеродистых и низколегированных сталей допускается применение дробеструйной обработки.

Непосредственно перед сборкой детали с зачищенной поверхностью, но имеющие следы загрязнений, необходимо обезжирить на ширину 40 мм с обеих сторон, протерев чистой ветошью, смоченной в растворителе. Допускается применение неоговоренных растворителей, если этого требуют ТУ на изделие или чертеж.

После обезжиривания кромки необходимо просушить (протиркой чистой ветошью или обдувкой сухим воздухом) до полного удаления растворителя.

**Сборка сварного соединения** предусматривает выполнение следующих правил:

1. Детали временных креплений, прихваченных в процессе сборки к изделию, должны быть изготовлены из того же материала, что и изделие. Швы их располагают на расстоянии не менее 70 мм от кромки стыка. Удаляют временные крепления на легированных сталях механическим способом.

2. В процессе сборки должно быть исключено попадание влаги, масла и других загрязнений в зазоры соединений и на прилегающие к местам сварки поверхности.

3. Смещение кромок на основных расчетных соединениях должно соответствовать ТУ на изделие или правилам Госгортехнадзора.

4. К качеству прихваток предъявляют такие же требования, как и к сварному шву. Дефекты на прихватках не допускаются.

5. Для прихватки применяют электроды той же марки, что и для сварки данного соединения. Сварочный ток должен быть максимальным для данного диаметра электрода.

Таблица 4.3.1

| $D_у$, мм | $p_р$ = 10 МПа | | | $p_р$ = 4 МПа | | | $p_р$ = 1,6 МПа | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $D_{нар}$×$s$, мм | диаметр разделки $D_р$, мм | тип разделки | $D_{нар}$×$s$, мм | диаметр разделки $D_р$, мм | тип разделки | $D_{нар}$×$s$, мм | диаметр разделки $D_р$, мм | тип разделки |
| 100 | 108×6 | $97^{+0,46}$ | С23 | 108×4,5 | $100^{+0,46}$ | С23 | 108×4,5 | $100^{+0,46}$ | С23 |
| 150 | 159×9 | $142^{+0,53}$ | С29 | 159×7,0 | $148^{+0,53}$ | С29 | 159×4,5 | $155^{+0,53}$ | С23 |
| 200 | 210×13 | $195^{+0,60}$ | С29 | 219×9,0 | $204^{+0,60}$ | С29 | 219×7,0 | $207^{+0,60}$ | С29 |
| 300 | – | – | – | 325×13,0 | $303^{+0,68}$ | С29 | 325×8,0 | $311^{+0,68}$ | С29 |
| 400 | 426×24 | $328^{+0,76}$ | С29 | – | – | – | 426×9,0 | $410^{+0,76}$ | С29 |
| 600 | 630×25 | $582^{+0,90}$ | С29 | 630×25 | $582^{+0,9}$ | С29 | 630×12,0 | $608^{+0,90}$ | С29 |
| 800 | 828×38 | 782±0,50 | С12 | – | – | – | 820×11,0 | $800^{+1,0}$ | С29 |

Таблица 4.3.2

| $D_у$, мм | $p_р$ = 20 МПа | | | $p_р$ = 10 МПа | | | $p_р$ = 4 МПа | | | $p_р$ = 1,6 МПа | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $D_{нар}\times s$, мм | диаметр разделки $D_р$, мм | тип разделки | $D_{нар}\times s$, мм | диаметр разделки $D_р$, мм | тип разделки | $D_{нар}\times s$, мм | диаметр разделки $D_р$, мм | тип разделки | $D_{нар}\times s$, мм | диаметр разделки $D_р$, мм | тип разделки |
| 10 | 14×2 | $10{,}5^{+0{,}12}$ | С23 | 14×2 | $10{,}5^{+0{,}12}$ | С23 | 14×2 | $10{,}5^{+0{,}12}$ | С23 | – | – | – |
| 15 | 18×2,5 | $13{,}5^{+0{,}12}$ | С23 | 18×2,5 | $13{,}5^{+0{,}12}$ | С23 | 18×2,5 | $13{,}5^{+0{,}12}$ | С23 | – | – | – |
| 25 | 32×3,5 | $26^{+0{,}14}$ | С23 | 32×3,5 | $26^{+0{,}14}$ | С23 | 32×3,5 | $26^{+0{,}14}$ | С23 | – | – | – |
| 32 | 38×3,5 | $32^{+0{,}17}$ | С23 | 38×3,5 | $32^{+0{,}17}$ | С23 | 38×3,5 | $32^{+0{,}17}$ | С23 | – | – | – |
| 50 | 57×5,5 | $47^{+0{,}37}$ | С42 | 57×4,0 | $50^{+0{,}34}$ | С23 | 57×4,0 | $50^{+0{,}34}$ | С23 | – | – | – |
| 65 | 76×7 | $63^{+0{,}40}$ | С42 | 76×4,5 | $69^{+0{,}40}$ | С42 | 76×4,5 | $69^{+0{,}40}$ | С42 | – | – | – |
| 100 | 133×12 | $112^{+0{,}46}$ | С42 | 108×7,0 | $97^{+0{,}23}$ | С42 | 108×5,0 | $100^{+0{,}23}$ | С42 | 108×5 | $100^{+0{,}23}$ | С42 |
| 150 | 159×15 | $133^{+0{,}53}$ | С42 | 159×9,0 | $143^{+0{,}26}$ | С42 | 159×6,5 | $150^{+0{,}26}$ | С42 | 159×6 | $150^{+0{,}26}$ | С42 |
| 200 | 273×25 | $230^{+0{,}60}$ | С42 | 219×12 | $199^{+0{,}30}$ | С42 | 220×8,0 | $208^{+0{,}30}$ | С42 | 220×8 | $208^{+0{,}30}$ | С42 |
| 300 | 377×36 | $312^{+0{,}68}$ | С42 | 325×16 | $297^{+0{,}34}$ | С42 | 325×12 | $305^{+0{,}34}$ | С42 | 325×12 | $305^{+0{,}34}$ | С42 |
| 400 | – | – | – | – | – | – | 426×13 | $405^{+0{,}38}$ | С42 | 426×8 | $410^{+0{,}38}$ | С42 |
| 600 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 630×8 | $614^{+0{,}45}$ | С42 |

6. Длину и шаг прихваток устанавливают в зависимости от толщины стенки свариваемой конструкции, стремясь к их минимальному числу и длине. Ориентировочные размеры шагов и длин прихваток приведены в табл. 4.3.3.

7. Крайние прихватки следует располагать на расстоянии не менее 15 мм от края детали. Если по условиям сборки и сварки прихватку необходимо поставить у края детали, ее следует производить с торца.

8. Не допускается наложение прихваток в местах пересечения швов.

9. Перед сваркой необходимо тщательно удалить шлак и брызги с прихваток механическим способом.

10. Сборка деталей под сварку должна контролироваться.

11. При сборке допускаются зазоры согласно ГОСТ 5264.

**Сварка стыка соединения.** Метод сварки выбирается с учетом материала свариваемых элементов, сложности выполняемой работы и степени ответственности объекта. В основном применяют сварку плавящимся электродом. Технологический процесс сварки должен обеспечивать необходимое качество шва: прочность соединения и плотность металла. Наиболее высокое качество обеспечивается сваркой в среде защитных газов. Углеродистые и низколегированные стали обычно сваривают в среде углекислого газа, коррозионно-стойкие стали типа 08Х18Н10Т – с применением аргонодуговой сварки. В наиболее ответственных случаях используют сварку неплавящимся электродом.

Сварка может осуществляться с применением промышленных методов, обеспечивающих полное проплавление шва и требуемое качество сварных соединений. Необходимо в максимальной степени использовать автоматические и полуавтоматические методы сварки.

Сварку каждого стыка выполняют без перерывов до полной его заварки. При многослойной сварке и вынужденном перерыве в работе допускается прекращение сварки стыка при заполнении 50 ... 60 % его толщины; при этом необходимо обеспечить медленное и равномерное охлаждение металла.

Таблица 4.3.3

| Толщина материала, мм | Шаг прихваток, мм | Длина прихваток, мм |
|---|---|---|
| 1,5 ... 3,0 | 45 ... 100 | 10 ... 25 |
| 3,0 и более | 150 ... 500 | 20 ... 80 |

Арматура, установленная в рабочее положение и подготовленная для приварки к трубопроводу, должна быть приоткрыта во избежание заклинивания при нагреве в процессе сварки. Бесфланцевую арматуру открывают перед приваркой полностью. Если приварку проводят без подкладных колец, арматуру по окончании приварки можно закрывать только после очистки внутренних поверхностей. При всех других монтажных операциях арматура должна быть закрыта во избежание повреждения уплотнительных поверхностей, а маховики сняты во избежание их поломки. Маховики устанавливают на место после полного окончания монтажа трубопроводов, установки приводов и подготовки системы к гидравлическому испытанию.

Электроды, применяемые при сварочных работах, должны соответствовать маркам, указанным в чертежах; качество их должно быть подтверждено сертификатом и результатами входного контроля. Сварные поперечные стыки, подлежащие ультразвуковому контролю, должны быть расположены так, чтобы длина свободного прямого участка трубы $L_{св}$ в каждую сторону от оси шва до ближайших приварных деталей и элементов, начала гиба или оси соседнего поперечного шва была не менее следующих значений:

| Толщина стенки $s$, мм ..... | $s \le 14$ | $15 < s \le 30$ | $30 < s \le 36$ | $s > 36$ |
|---|---|---|---|---|
| Длина $L_{св}$, мм ..... | 100 | $5s + 25$ | 175 | $4s + 30$ |

Сварку сталей перлитного класса выполняют с соблюдением требований по предварительному и сопутствующему подогреву и термической обработке в зависимости от марки стали и толщины свариваемых кромок. Режим подогрева и последующего отпуска должен соответствовать требованиям, предусмотренным положениями по сварке и производственными инструкциями.

При использовании электродуговой сварки металлическим электродом необходимо учитывать, что:

1. Сварочные работы могут быть начаты только после приемки изделия под сварку.

2. Сварку производят как на переменном, так и на постоянном токе (обратной полярности). При сварке на постоянном токе обеспечивается высокое качество сварного шва, особенно при сварке тонкого материала. Выбор рода тока определяют составом стали, маркой применяемых электродов и толщиной свариваемого металла.

3. Высоколегированные коррозионно-стойкие стали следует сваривать на постоянном токе обратной полярности.

4. Сварку можно производить в любом пространственном положении сварных швов, но в ответственных силовых узлах сваривать следует по возможности в нижнем положении.

5. Температура воздуха при сварке должна быть не ниже –10 °С. При сварке закаливаемых сталей (30ХГСА и др.) температура должна быть не ниже 0 °С. При выполнении сварочных работ на открытых площадках участок сварки должен быть защищен от атмосферных осадков и ветра.

6. Сварочный ток устанавливают в зависимости от диаметра электрода:

| Диаметр электрода, мм ..... | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Сварочный ток, А ..... | 40...75 | 60...100 | 90...130 | 130...200 | 170...260 | 220...300 |

7. При сварке стыка требуется полный провар сечения основного металла. При этом сварочный ток следует устанавливать по верхнему пределу, при сварке в вертикальном и потолочном положениях силу сварочного тока устанавливают по нижнему пределу соответствующих значений, приведенных выше.

8. При перерывах в процессе сварки возбуждение дуги производят, отступив от кратера на 15 ... 25 мм, предварительно зачистив участок шва от шлака и брызг.

9. Сварку ведут с полным расплавлением прихваток.

10. При двусторонней сварке перед выполнением противоположного шва следует тщательно удалить проплавы абразивным инструментом и зачистить участок шва стальной щеткой.

11. При сварке швов большой протяженности применяют обратноступенчатый порядок сварки, снижающий степень коробления арматуры и трубопровода.

12. Сварку соединений, к которым предъявляются повышенные требования по герметичности, рекомендуется выполнять не менее, чем в два слоя.

13. Сварные швы должны быть зачищены от шлака и брызг. Швы со снятием выпуклости зачищают, если этого требуют ТУ на изделие или чертеж.

14. При сварке закаливаемых сталей кратеры следует заделывать обязательно на шве.

15. Ответственные сварные соединения должны быть не позднее 8 ... 10 ч после начала сварки подвергнуты высокому отпуску для снятия остаточных напряжений (температура отпуска 600 ... 650 °С, время выдержки 1 ... 1,5 ч).

В изделиях, не допускающих термообработку, производят местный отпуск сварных швов и прилегающих к ним участков с шириной разогрева, гарантирующий перекрытие зон термического влияния. Нагревать можно газовыми горелками и другими способами с обязательным контролем температуры нагрева индикаторным термокарандашом или поверхностной термопарой.

Режимы термообработки должны быть указаны в документации на технологический процесс. При сварке сталей аустенитными электродами, как правило, термообработку после сварки не применяют.

16. При сварке высоколегированных хромоникелевых сталей (08Х18Н10Т и др.) для уменьшения деформаций должен быть обеспечен минимальный разогрев основного металла понижением силы сварочного тока, повышением скорости сварки и т.д. При этом силу сварочного тока следует выбирать по нижнему пределу значений. Сваривать следует короткой дугой, узкими валиками шириной не более $3d$ ($d$ – диаметр электрода).

17. Швы, контактирующие с рабочей средой, если позволяет конструкция соединения, заваривают в последнюю очередь (при наличии требований стойкости против межкристаллитной коррозии).

18. При сварке углеродистых и низколегированных сталей с легированными и высоколегированными сталями необходимо обеспечивать минимальное расплавление углеродистой (или низколегированной) стали для снижения степени разбавления хрома и никеля в сварном шве. При этом режимы сварки следует выбирать для легированных и высоколегированных сталей и применять электроды минимального диаметра. Сварку рекомендуют вести в два или несколько слоев.

**Контроль сварных соединений [8].** Для контроля качества сварных соединений арматуры с трубопроводом используются следующие методы:

- внешний осмотр и измерения швов;
- ультразвуковая дефектоскопия ответственных швов;
- рентгено- или гамма-дефектоскопия;
- магнитная дефектоскопия;
- цветная или люминесцентная дефектоскопия сварных соединений, склонных к трещинообразованию;
- механические испытания прочности;
- металлографические исследования;

– испытание плотности металла шва керосином или воздухом;

– испытание плотности металла шва гелиевыми и галоидными течеискателями сварных соединений, работающих при вакууме;

– гидравлические испытания плотности металла и прочности;

– испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии для соединений из аустенитных сталей.

Могут быть использованы и другие методы, если они предусмотрены действующими Правилами Госгортехнадзора для контроля сварных соединений, техническими условиями на изготовление арматуры или требованиями рабочих чертежей. Результаты контроля сварных соединений фиксируются в соответствующих документах.

Для оценки качества сварных соединений применяют ***контрольное сварное соединение.*** Контрольным считается сварное соединение, идентичное контролируемым производственным сварным соединениям (тех же марок стали соединяемых элементов, толщины и диаметра, типа и конструкции соединения, формы разделки кромок). При контроле однотипных соединений толщина и диаметр контрольного сварного соединения должны соответствовать одному из типоразмеров сварных соединений. Технологический процесс выполнения контрольного сварного соединения должен соответствовать технологическому процессу, применяемому при изготовлении контролируемой арматуры или при соединении ее с трубопроводом (тот же способ сварки, положение, сварочные материалы, режимы, с тем же подогревом и термообработкой и т.п.). Выполняться они должны в тот же период времени, что и контролируемые ими производственные сварные соединения, тем же сварщиком, на том же оборудовании и по той же технологии.

Контрольные сварные соединения выполняют на специальных припусках или на приварных контрольных пластинах совместно со сваркой основного изделия либо отдельно от изделия, если совместное их изготовление невыполнимо. Качество сварного шва оценивается по результатам наиболее ответственной из предъявляемых контрольной пробой соединений. При обнаружении неисправимых дефектов все производственные сварные соединения должны быть проверены в полном объеме тем же методом дефектоскопии, которым выявлены дефекты, за исключением случаев, когда производственные сварные соединения подвергаются 100 %-ному контролю.

Все сварные соединения должны иметь клеймение или иное условное обозначение.

***Внешнему осмотру и измерению размеров шва*** подлежат основной металл и все швы по всей длине. При проверке выявляются поверхностные дефекты и отклонения от заданных размеров. Осмотр и измерение сварных соединений должны проводиться с обеих сторон шва, если они доступны для контроля. В целях обеспечения качественного контроля поверхность сварного шва, а также прилегающие к нему участки основного металла шириной не менее 20 мм перед осмотром должны быть освобождены от шлака, брызг расплавленного металла и других загрязнений и зачищены.

При осмотре и измерениях используется универсальный и специальный измерительный инструмент. Швы на трубопроводах I и II категорий осматривают с помощью лупы с девятикратным увеличением, на трубопроводах III и IV категорий – без нее. Выявляются внешние дефекты шва: трещины, прожоги, свищи, наплывы, незаваренные кратеры, непровары и т.п. Измеряют ширину, высоту выпуклости и катет сварочного шва и сравнивают их с требуемыми по техническим условиям, чертежам и т.д.

***Рентгено- или гамма-дефектоскопия*** являются наиболее надежным методом контроля. При этом методе с помощью рентгеновской установки или источника гамма-излучения просвечиваются стенки детали. Рентгеновская дефектоскопия может осуществляться двумя способами: диаскопическим при помощи флюоресцирующего экрана и фотографическим путем фиксации дефектов на высокочувствительной пленке.

Рентгеновское излучение создают специальными рентгеновскими трубками или стационарной рентгеновской установкой. Толщина просвечиваемого металла в зависимости от применяемой установки может достигать 200 мм. Рентгеновская дефектоскопия применяется главным образом в лабораториях, где легче создать условия, безопасные для работы обслуживающего персонала.

Гамма-дефектоскопия может быть использована для контроля металла толщиной до 300 мм. С одной стороны помещают источник излучения (обычно кобальт-60), с другой – сверхчувствительную пленку, которая засвечивается гамма-излучением, прошедшим через металл. На пленках газовые раковины в отливках выглядят в виде затемнений из-за меньшей толщины слоя металла с четким очертанием контура, усадочные раковины – со слабо выраженным очертанием, трещины выглядят как интенсивные темные ломаные линии и т.д. Просвечиванием проникающим излучением может быть выявлена ликвация металла.

Ценным свойством гамма-дефектоскопии является возможность обнаружения дефектов в сварных швах и выявления их характера: непровар, трещина, газовая или шлаковая раковина.

Сварные соединения контролируются в соответствии с ГОСТ 7512 и другими нормативными документами. Обязательному просвечиванию подлежат все сварные соединения из сталей различных классов. Должны также быть просвечены все места пересечений и сопряжений сварных соединений вне зависимости от их категории. Проведение ультразвуковой дефектоскопии не исключает необходимости просвечивания проникающими излучениями, при этом просвечивание участков, подлежащих этому виду контроля, не засчитывается в регламентированные объемы контроля. Объем просвечивания устанавливается Правилами Госгортехнадзора и может быть уменьшен по согласованию с соответствующими организациями.

Если просвечивание шва проникающими излучениями или ультразвуком, предусмотренными техническими условиями, невозможно, внешний осмотр и измерения сварного соединения производятся послойно в процессе выполнения технологического процесса сварки.

Результаты осмотра и измерений регистрируются в специальном журнале.

Чувствительность рентгено- и гамма-дефектоскопии зависит от плотности и толщины просвечиваемого металла, местоположения и формы дефекта в детали и других факторов. Чувствительность рентгенографирования значительно выше гаммаграфирования, причем разница наиболее сильно проявляется при малых толщинах металла.

Контрольные сварные соединения проверяют всеми методами неразрушающей дефектоскопии, предусмотренными для соответствующих сварных производственных соединений. Как минимум должны быть выполнены внешний осмотр, просвечивание и ультразвуковая дефектоскопия. Контроль осуществляется по всей длине шва в полном объеме.

***Ультразвуковая дефектоскопия*** сварных соединений основана на способности упругих колебаний отражаться от границы двух сред с различными физическими свойствами и выполняется в соответствии с ГОСТ 14782 и другими нормативными материалами. С помощью ультразвуковой дефектоскопии выявляются внутренние дефекты сварного соединения: трещины, непровары, шлаковые включения, несплавление наплавленного слоя с основным металлом и т.п.

Объем ультразвуковой дефектоскопии устанавливается Правилами Госгортехнадзора и может быть уменьшен по согласованию с проектной организацией, материаловедческой организацией, с местными органами Госгортехнадзора в случае серийного изготовления предприятием однотипных изделий при неизменном технологическом процессе, специализации сварщиков на отдельных видах работ и высоком качестве сварных соединений, подтвержденном результатами контроля за период не менее

одного года. При ультразвуковой дефектоскопии о наличии дефектов судят по расположению, затуханию или скорости импульсных сигналов.

Для выполнения ультразвуковой дефектоскопии контактным методом швы должны быть обработаны механическим способом с шероховатостью поверхности не выше $Rz = 10$ мкм. Для контроля могут быть использованы переносные дефектоскопы. Наибольшее распространение получили импульсные дефектоскопы, позволяющие обнаружить и определить координаты дефектов, являющихся нарушением сплошности, трещин, раковин, расслоений, зон рыхлости на глубине от 1 до 250 мм. Ультразвуковой дефектоскопией весьма успешно контролируют, например, концы патрубков литой арматуры.

Основными показателями эксплуатационных качеств дефектоскопа являются: чувствительность, т.е. минимальная площадь отражателя, расположенного на заданном расстоянии от точки ввода ультразвуковых колебаний и четко регистрируемого прибором; дальность действия, т.е. максимальное расстояние, на котором может быть четко обнаружен донный эхо-сигнал; разрешающая способность, т.е. минимальное расстояние между двумя дефектами или расстояние между дефектом и донной гранью изделия, при котором эхо-сигналы от них могут быть отмечены индикатором раздельно; размер "мертвой зоны", т.е. минимальная глубина залегания дефекта, при которой он может быть отмечен индикатором; точность определения координат обнаруживаемого дефекта.

Перед проведением ультразвуковой дефектоскопии должны быть подготовлены основные данные о контролируемом объекте и предъявляемые требования, затем разработана основная методика контроля и выбраны параметры дефектоскопа. Настройка проводится по образцам, имеющим искусственные дефекты. Качество контролируемого материала оценивается в результате анализа осциллограмм.

***Магнитная дефектоскопия*** используется для контроля деталей и заготовок из ферромагнитных материалов (перлитных сталей, чугуна). При этом выявляются поверхностные и подповерхностные пороки, которые не могут быть обнаружены внешним осмотром. Существуют индукционный метод магнитной дефектоскопии и метод магнитных порошков или магнитно-порошковая дефектоскопия.

Индукционный метод предназначен для выявления подповерхностных и открытых, выходящих на поверхность, пороков. Он заключается в намагничивании контролируемой детали электрическим током, после чего наблюдают за изменением электродвижущей силы в различных точках с помощью катушки искателя и контрольных приборов (гальванометров, сигнальных ламп).

Магнитно-порошковая дефектоскопия основана на обследовании магнитного сопротивления шва. При наличии дефектов искажается форма магнитного поля, создаваемая мелким порошком окиси железа ($Fe_2O_4$ или $Fe_2O_3$, частично восстановленные при температуре 800 °С). На деталь накладывают сверхчувствительную фотобумагу, на которую насыпают ровный тонкий слой порошка и помещают в поле сильного соленоида постоянного тока, порошок опрыскивают быстросохнущим прозрачным лаком (цапонлак и др.), затем бумагу освещают ярким светом и проявляют. В результате на бумаге создается картина магнитного поля, по которой определяют наличие или отсутствие дефектов.

***Люминесцентная дефектоскопия*** используется для выявления поверхностных дефектов деталей из сталей перлитного и аустенитного классов. Принцип основан на способности люминесцентных растворов, обладающих высокой смачиваемостью, проникать в капиллярные трещины, рыхлости и другие дефекты. При освещении ультрафиолетовым светом люминесцентный состав, проникший в трещины, начинает светиться, обнаруживая форму и характер дефекта.

***Цветная дефектоскопия*** отличается от люминесцентной только тем, что вместо люминесцентного состава используют растворы, окрашенные красителем в яркий цвет (красный). Например, в качестве краски используют краску судан, а в качестве адсорбирующего состава – белила.

Люминесцентная и цветная дефектоскопия относятся к вспомогательным средствам контроля и используются в основном для сталей, склонных в трещинообразованию. Проверяют 10 % длины шва каждого типа с обязательной проверкой начального и конечного участков шва. Если обнаружены трещины, контролируется весь шов.

Поверхностные дефекты могут быть обнаружены также визуально. Поверхности сварного шва в местах выявления дефектов зачищают шлифовальным кругом и полируют до зеркального блеска, смачивают керосином и выдерживают в течение часа, а затем обрабатывают песком. Через полчаса после обработки поверхность осматривают, дефекты выявляют по керосиновым пятнам. Часто дефекты удается обнаружить на полированной поверхности без дополнительной обработки, в некоторых случаях применяют травление полированной поверхности.

***Механические испытания прочности*** сварных соединений производятся в соответствии с требованиями ГОСТ 6996. Механическим испытаниям подвергаются стыковые сварные соединения для проверки соответствия их прочностных и пластических свойств требованиям основных положений по сварке, технических условий на изготовление арматуры.

Основные виды механических испытаний выполняются с использованием образцов, изготовляемых из контрольных (или производственных) сварных соединений: два образца для испытания растяжением; два образца для испытания на статический изгиб; три образца для испытания на ударную вязкость; два образца (шлифа) для металлографического исследования.

Механические испытания сварных соединений $D_y$ менее 100 мм при толщине стенки менее 12 мм могут проводиться с использованием как отдельных образцов, так и цельных стыков со снятой выпуклостью и удаленным гратом. Испытания последних на статический изгиб заменяют испытанием на сплющивание. Металлографическое исследование в этом случае выполняется на специально свариваемых контрольных соединениях.

При испытаниях на статическое растяжение определяют следующие механические характеристики: условный предел текучести, предел прочности, относительное удлинение после разрыва. Испытывают наиболее слабый участок шва при нормальной и повышенной температурах.

Испытания на статический изгиб проводятся в соответствии с установленными требованиями или другой технической документацией, в которой указывается браковочный признак. Изгиб производится до нормируемого угла, до параллельности сторон или путем сплющивания образца. При испытаниях на ударный изгиб определяется ударная вязкость различных участков сварного соединения и околошовной зоны.

Испытания на изгиб проходят сварные соединения в соответствии с ГОСТ 6996. Диаметр оправки при загибе образца должен быть не менее двух толщин образца. Угол загиба для аустенитных сталей не менее 160° при толщине сварных деталей до 25 мм включительно и не менее 120° при толщине сварных деталей более 25 мм. Угол загиба для сварных соединений из углеродистой стали не менее 100°.

Определить химический состав стали можно ***стилоскопированием***. Этот метод заключается в качественном спектральном анализе при помощи портативного стилоскопа. Результат может быть получен быстро, так как продолжительность испытания составляет доли минуты.

В заводских или монтажных условиях стилоскопирование целесообразно применять для проверки материала деталей, не имеющих сертификата или с нарушенной маркировкой; можно определить, например, изготовлены детали из легированной или углеродистой стали.

Принцип действия стилоскопа заключается в следующем. Между электродом из меди, угля или чистого железа и деталью возбуждается электрический разряд. Световые лучи, создаваемые при разряде, оптической системой линз и зеркал разлагаются в линейчатый спектр. По нали-

чию и яркости линий легирующих металлов в спектре определяется химический состав стали.

***Испытание целостности металла шва*** на герметичность ***воздухом*** доступно и легко осуществимо. Воздух легко проходит через сквозные трещины, непровары, рыхлости и другие дефекты уже при давлении 0,02 ... 0,03 МПа. Испытываемую систему заполняют воздухом низкого давления, а на контролируемые места сварного соединения наносят кистью мыльный раствор. Проходящий через сквозной дефект воздух образует на наружной поверхности мыльные пузыри, места образования которых отмечают краской. После снятия давления и выпуска воздуха дефекты устраняют.

***Испытание целостности металла*** шва сварных соединений, работающих в вакууме, ***гелиевыми течеискателями*** осуществляется с применением специальной аппаратуры. Принцип этого метода заключается в обнаружении гелия, используемого для испытания из-за высокой проникающей способности. При контроле используют течеискатели ГТИ, снабженные устройством, создающим звуковой сигнал при обнаружении течи, после чего можно проводить наблюдение по стрелке прибора.

Сварные швы, подлежащие контролю, тщательно подготавливают. Для этого полости соединений арматуры с трубопроводом промывают струей чистой воды, протирают полотенцами, продувают сухим и горячим воздухом (или азотом). Применяют также пропаривание перегретым паром и последующую продувку воздухом. Затем полости арматуры протирают спиртом-ректификатом и вакуумируют, чтобы полностью осушить.

Применяют два метода испытания целостности шва гелиевыми течеискателями – обдувкой гелием и созданием избыточного давления. Испытание обдувкой выполняется следующим образом. В арматуре создается вакуум до остаточного давления 0,5 Па, и ее внутренняя полость присоединяется к течеискателю. Наружные контролируемые поверхности обдувают гелием. При попадании под струю места со сквозным дефектом гелий проникает во внутреннюю полость, и течеискатель подает сигнал. На испытание обдувкой затрачивается много времени, но оно позволяет выявить дефектные места.

При испытании избыточным давлением контролируемое соединение арматуры с трубопроводом помещают в вакуумную камеру или под колпак, внутри соединения создают вакуум и заполняют гелием. Затем в камере создают вакуум. После выдержки в течении 5 ... 10 мин измеряют течеискателем возможную утечку гелия. Так как при этом методе место дефекта не выявляется, то в случае утечки место нахождения дефекта определяют способом обдувки.

Испытание избыточным давлением можно выполнять и без применения камеры. В этом случае арматура, заполненная гелием, снаружи проверяется щупом, соединенным с гелиевым течеискателем.

***Гидравлическое испытание прочности и плотности швов и соединений арматуры*** проводится на заводе-изготовителе. Помимо этого гидравлическому (или пневматическому) испытанию подвергается арматура после установки ее на трубопроводе при испытании всей системы или контура. При гидравлическом испытании в полости детали или конструкции создается пробное давление, под действием которого вода просачивается через рыхлости, трещины, непровар и т.п. Наружным осмотром определяют место течи, потение и другие проявления возможных дефектов сварки.

Сварные соединения арматуры из сталей аустенитного класса испытываются ***на стойкость против межкристаллитной коррозии***. Испытания и оценка качества проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 6032. Испытания выполняют с дополнительным провоцирующим нагревом (в случае термообработки шва) или без него.

Если проводилась опытная сварка применяемых аустенитных материалов и пробы подвергались термообработкам не меньше, чем серийное изделие (с учетом дополнительной термообработки в случае ремонта сварных швов), то сертификационные данные испытаний, выполненных в соответствии с техническими условиями на приемку аустенитных сварочных материалов, считаются достаточными и дополнительные испытания не требуются.

Качество сварного шва считается удовлетворительным, если при изгибе или сплющивании после кипячения в химическом реактиве на поверхности образцов отсутствуют трещины или надрывы межкристаллитного характера.

# ЛИТЕРАТУРА


1. **Балабанов А.Н.** Краткий справочник технолога-машиностроителя. М.: Издательство стандартов, 1992. 464 с.

2. **Базров Б.М.** Модульная технология в машиностроении. М.: Машиностроение, 2001. 368 с.

3. **Бережковский М.И.** Трубопроводный транспорт химических продуктов. М.: Химия, 1979. 240 с.

4. **Водяник В.И.** Предохранительные устройства для защиты химического оборудования. М.: Химия, 1975. 144 с.

5. **Гошко А.И.** Арматура трубопроводная целевого назначения. В 3-х кн. Кн. 1. Выбор. Эксплуатация. Ремонт. М.: Машиностроение, 2003. 432 с.

6. **Гошко А.И.** Системное обеспечение качества запорной арматуры химических производств / МИХМ. М., 1987. 68 с.

7. **Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Н.** Справочник конструктора трубопроводной арматуры. Л.: Машиностроение, 1987. 518 с.

8. **Гуревич Д.Ф.** и др. Арматура атомных электростанций. М.: Энергоиздат, 1982. 321 с.

9. **Гуревич Д.Ф.** и др. Защитно-предохранительные устройства нефтегазового оборудования. Л.: Недра, 1990. 576 с.

10. **Дерябин А.Л., Эстерзон М.А.** Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС. М.: Машиностроение, 1989. 288 с.

11. **Ермаков В.И., Шеин В.С.** Ремонт и монтаж химического оборудования. Л.: Химия, 1981. 304 с.

12. **Капустин Н.М.** Разработка технологических процессов обработки деталей на станках с помощью ЭВМ. М.: Машиностроение, 1976. 288 с.

13. **Колесов И.Н.** Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1999. 591 с.

14. **Ковшов А.Н.** Технология машиностроения. М.: Машиностроение, 1987. 320 с.

15. **Копин В.А.** и др. Обработка изделий из пластмасс. М.: Химия, 1988. 176 с.

16. **Михаэль С.Ю., Бенин Л.А.** Технология арматуростроения. Л.: Машиностроение, 1965. 215 с.

17. **Мамонтов Г.В., Жуков В.В.** Изготовление металлополимерных затворов арматуры. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, Серия ХМ-10, 1974. 29 с.

18. **Металлорежущие** системы машиностроительных производств / О.В. Таратынов и др. М: Высшая школа, 1988. 464 с.

19. **Никифоров А.Д.** Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Высшая школа, 2000. 510 с.

20. **Никифоров А.Д.** и др. Типовые технологические процессы изготовления аппаратов для химических производств. М.: Машиностроение, 1970. 280 с.

21. **Продан В.Д.** Техника герметизации разъемных неподвижных соединений. М.: Машиностроение, 1991. 160 с.

22. **Проектирование** технологии / И.М. Баранчикова и др. М.: Машиностроение, 1990. 416 с.

23. **Сейнов С.В.** Трубопроводная арматура. Исследования. Производство. Ремонт. М.: Машиностроение, 2002. 392 с.

24. **Справочник** технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского. М.: Машиностроение-1, 2001. 912 с.

25. **Суслов А.Г.** Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2002. 320 с.

26. **Суслов А.Г., Дальский А.М.** Научные основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 2002. 684 с.

27. **Технологическая** наследственность в машиностроительном производстве / А.М. Дальский и др. М.: Изд-во МАИ, 2000. 364 с.

28. **Технологичность** конструкции изделия: Справочник / Ю.Д. Амиров и др. М.: Машиностроение, 1990. 768 с.

29. **Чернов Л.Б.** Основы методологии проектирования машин. М.: Машиностроение, 1978. 148 с.

30. **Шнейдер Ю.Г.** Технология финишной обработки давлением: Справочник. СПб.: Политехника, 1998. 414 с.

Производственно-техническое издание

ГОШКО Андрей Иванович

# АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В трех книгах.
Книга 2

## Производство. Испытания. Монтаж

Лицензия ИД № 05672 от 22.08.2001

Редактор *Е.Д. Макаренко*
Переплет художника *В.Н. Погорелова*
Корректор *М.Я. Барская*
Инженер по компьютерному макетированию *М.Н. Рыжкова*

Сдано в набор 24.03.2003. Подписано в печать 24.06.2003.
Формат 60 × 88/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,58. Уч.-изд. л.19,96.
Тираж 1030 экз. Заказ 8326

ФГУП «Издательство «Машиностроение»
107076, Москва, Стромынский пер., 4

Оригинал-макет подготовлен в Издательско-полиграфическом центре
Тамбовского государственного технического университета

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного оригинал-макета в ГУП ППП «Типография «Наука» РАН
121099, г. Москва, Шубинский пер., 6