

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)

Е. Ю. Кутенкова, П. В. Петров

# **ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

## **СБОРКА МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ**

Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве курса лекций для обучающихся по направлению  
12.03.01 Приборостроение (уровень бакалавриата)

Новосибирск  
СГУГиТ  
2017

УДК 681.4.002.72

К95

Рецензенты: начальник управления персоналом и социальным развитием  
АО «Швабе – Оборона и Защита» *Л. С. Метлюк*

кандидат технических наук, доцент СГУГиТ *С. Л. Шергин*

**Кутенкова, Е. Ю.**

К95      Технология сборки оптических приборов. Сборка механических узлов [Текст] : курс лекций / Е. Ю. Кутенкова, П. В. Петров. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 100 с.  
ISBN 978-5-906948-55-7

Курс лекций подготовлен преподавателем Е. Ю. Кутенковой и кандидатом технических наук, доцентом П. В. Петровым на кафедре метрологии и технологии оптического производства СГУГиТ.

Изложен теоретический материал по общим вопросам технологии сборки оптических приборов и выполнения сборочных работ при изготовлении механических узлов.

Курс лекций по дисциплине «Технология сборки оптических приборов» предназначен для обучающихся по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение (уровень бакалавриата).

Рекомендован к изданию кафедрой метрологии и технологии оптического производства, Ученым советом Института оптики и оптических технологий СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 681.4.002.72

ISBN 978-5-906948-55-7

© СГУГиТ, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лекция 1. Основы проектирования технологического процесса сборки .....	6
Лекция 2. Анализ конструкции изделия .....	11
Лекция 3. Разработка технологического процесса сборки .....	22
Лекция 4. Схема сборки.....	28
Лекция 5. Распространенные операции технологического процесса сборки.....	36
Лекция 6. Сборка сборочных единиц с направляющими для прямолинейного и вращательного движения.....	51
Лекция 7. Сборка сборочных единиц с винтовыми механизмами.....	63
Лекция 8. Сборка сборочных единиц с зубчатыми передачами .....	75
Лекция 9. Сборка сборочных единиц с диафрагмами.....	91
Заключение.....	97
Библиографический список.....	98

## ВВЕДЕНИЕ

Во времена царской России оптические приборы (ОП) привозились из-за границы. Основными поставщиками их были предприятия «Парамантуа» (Франция, 1827 г.), «Чанс» (Англия, 1847 г.), «Карл Цейс» (Германия, г. Йена, 1846 г.) и др.

Началом отечественного оптического приборостроения следует считать 1905 г., когда на Обуховском заводе была освоена мастерская по ремонту ОП. Затем в 1914 г. в Петербурге был построен завод «Российское акционерное общество оптических и механических производств», на базе которого вырос Государственный оптико-механический завод (ГОМЗ).

Старейшим заводом отрасли является и АО «Новосибирский приборостроительный завод» (с июля 2014 по август 2017 г. АО «Швабе – Оборона и Защита»), основанный в 1905 г. в Риге.

Тогда он представлял две полукустарные мастерские, принадлежащие германским фирмам «К. Цейс» и «Герц». Затем был перевезен в г. Красногорск (Московская область), а в 1941 г. эвакуирован в Новосибирск. Сегодня АО «Новосибирский приборостроительный завод» (АО НПЗ) – одно из крупнейших предприятий отрасли.

Первым отечественным учебным заведением по точной механике и оптике считается открытый в 1767 г. при Академии художеств класс математических инструментов. В 1900 г. в Петербурге организована школа с часовым и оптико-механическим отделениями, преобразованная после Октябрьской революции в Техникум точной механики и оптики, на базе которого в 1930 г. создан Ленинградский институт точной механики и оптики (ЛИТМО). В 1918 г. в Петрограде создана первая научная база оптического приборостроения – Государственный оптический институт (ГОИ).

Российскими учеными сделан большой вклад в разработку основных положений теории сборки и юстировки ОП:

– В. П. Линником и П. Д. Радченко разработан насыпной метод сборки объективов микроскопов, значительно упрощающий центрирование линз и повышающий точность сборки;

- А. И. Тудоровский создал метод расчета хода лучей через зеркально-призмные системы, имеющие ошибки изготовления и установки;
- А. Н. Захарьевский разработал теорию юстировки оптических дальномерных, угломерных, бинокулярных, интерференционных приборов;
- В. В. Каврайский исследовал юстировку навигационных угломерных приборов;
- Д. Д. Максудов исследовал сборку, юстировку, контроль астрономических приборов;
- М. М. Русинов разработал технологию сборки, юстировки, контроля широкоугольных аэрофотообъективов;
- С. И. Фрайберг (ЛИТМО) в 1930 г. разработал курс «Сборка и юстировка ОП»;
- открытие М. Г. Басова, А. М. Прохорова в области лазерной техники, создание новых приемников лучистой энергии, микроминиатюризация электронной аппаратуры, применение вычислительной техники привели к созданию оптико-электронных приборов (ОЭП), которые нашли широкое применение в медицине, научных исследованиях, космической технике и других областях науки и техники.

# Лекция 1

## ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

### План лекции

1. Система подготовки производства.
2. Основные понятия.
3. Виды ТП.

### Система подготовки производства

Техническая подготовка производства – комплекс работ и мероприятий, направленных на подготовку к выпуску приборов. В технической подготовке производства различают два этапа: конструкторскую подготовку производства (КПП), направленную на создание новых приборов, и технологическую подготовку производства (ТПП), направленную на освоение выпуска вновь созданных конструкций приборов.

ТПП – совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства (ГОСТ 14.004–83, [10]).

Цель ТПП – обеспечение полной готовности предприятия к производству изделий высшей категории качества. Критерии цели: обеспеченность документацией на технологические процессы (ТП) и средства технологического оснащения (СТО); готовность оборудования и СТО. ТПП регламентируется стандартами Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП).

ЕСТПП – система организации и управления процессом ТПП, регламентированная государственными стандартами (ГОСТ 14.004–83).

Цель ЕСТПП – обеспечение единого для всех предприятий системного подхода к выбору, применению методов и средств ТПП, соответствующих достижениям науки, техники и производства. Критерии цели ЕСТПП: показатели внедрения стандартов ЕСТПП, показатели типизации

ТП и СТО, показатели технического уровня ТП и СТО. ЕСТПП основывается кроме стандартов этой системы на применении стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД) и др., указанных на рис. 1. Стандартам ЕСТПП присвоен 14-й класс по системе ГОСТ .

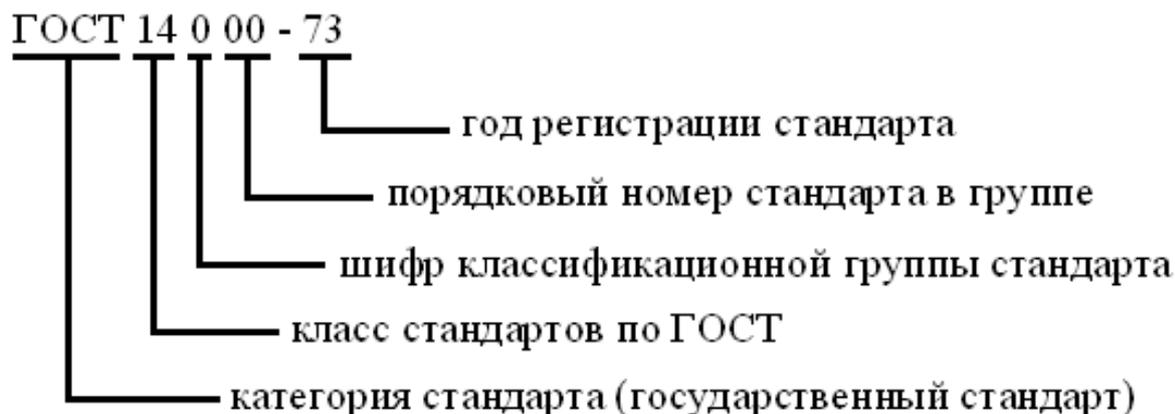


Рис. 1. Обозначения стандарта

ЕСТПП состоит из следующих классификационных групп стандарта:

- 0 – общие положения;
- 1 – правила организации и управления процессом ТПП;
- 2 – правила обеспечения технологичности конструкций изделий (ТКИ);
- 3 – правила разработки и применения ТП и СТО;
- 4 – правила применения технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ;
- 5 – прочие стандарты.

### Основные понятия

Сборка – образование соединений составных частей изделия (ГОСТ 3.1109–82, [11]). Примерами сборки являются свинчивание, склеивание, клепка и др.

Клепка – образование неразъемных соединений при помощи заклепок (ГОСТ 3.1109–82).

Монтаж – установка изделия или его составных частей на месте использования (ГОСТ 23887–79, [12]).

Демонтаж – снятие изделия или его составной части с места установки (ГОСТ 23887–79).

Разборка – разделение изделия на детали или сборочные единицы (СЕ) (ГОСТ 23887–79).

Слесарная сборка – сборка изделия или его составной части при помощи слесарно-сборочных операций (ГОСТ 23887–79).

Сборочный комплект – группа составных частей изделия, которые необходимо подать на рабочее место для сборки изделия или его составной части (ГОСТ 3.1109–82, [11]).

Изделие – единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах.

По назначению изделия делятся на изделия основного и вспомогательного производства. К изделиям основного производства относятся изделия, предназначенные к поставке. Изделия, предназначенные для собственных нужд предприятия, относятся к изделиям вспомогательного производства.

Устанавливаются следующие виды изделий: детали, сборочные единицы (СЕ), комплексы, комплекты.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. Например, валик из одного куска металла, пластина из биметаллического листа, печатная плата, маховичок из пластмассы (без арматуры).

Сборочная единица (СЕ) – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, пайкой, сшивкой и т. п.). Например, маховичок из пластмассы с металлической арматурой, сварной корпус, микроскоп.

Комплекс – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например, изделие, состоящее из метеорологической ракеты, пусковой установки и средств управления.

Комплект – два и более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Например, комплект инструментов и принадлежностей (ГОСТ 2.101–68, [14]).

Покупные изделия – изделия, не изготавливаемые на данном предприятии, а получаемые в готовом виде.

Изделия, получаемые в порядке кооперирования – составные части изделия, изготавливаемые на другом предприятии по конструкторской документации, входящей в комплект документов разрабатываемого изделия.

Комплектуемое изделие – изделие предприятия-поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого предприятием-изготовителем.

*Примечание.* Составными частями изделия могут быть детали и сборочные единицы (ГОСТ 3.1109–82, [11]).

Типовое изделие – изделие, принадлежащее к группе изделий близкой конструкции, обладающее наибольшим количеством конструктивных и технологических признаков этой группы (ГОСТ 3.1109–82).

Технологический процесс сборки (ТПС) – технологический процесс (ТП), содержащий действия по установке и образованию соединений составных частей заготовки или изделия (ГОСТ 23887–79, [12]).

Сборочная операция – технологическая операция установки и образования соединений составных частей заготовки или изделия (ГОСТ 23887–79).

### **Виды технологических процессов**

Существует три вида ТП: единичный, типовой, групповой.

Единичный ТП (ГОСТ 3.1109–82) – ТП изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Типовой ТП (ГОСТ 3.1109–82) – ТП изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой ТП (ГОСТ 3.1109–82) – ТП изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

По назначению ТП подразделяются на рабочие и перспективные.

Рабочий ТП – ТП, выполняемый по рабочей технологической документации. Применяется для изготовления конкретного изделия.

Перспективный ТП – ТП, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии. Разрабатывается как информационная основа для разработки рабочих ТП при техническом и организационном перевооружении производства. Рассчитан на применение более совершенных методов обработки, более производительных и экономичных средств технологического оснащения и изменение принципов организации производства.

По степени детализации написания содержания ТП подразделяются на маршрутные, операционные, маршрутно-операционные.

Маршрутный ТП – ТП, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Операционный ТП – ТП, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов резания.

Маршрутно-операционный ТП – ТП, выполняемый по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов режимов обработки.

## **Лекция 2**

### **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ**

#### **План лекции**

1. Построение схемы деления изделия на составные части.
2. Виды соединений.
3. Используемые термины и их пояснения.

При анализе конструкции изделия необходимо: установить возможную степень расчленения изделия на составные части; изучить устройство, назначение, область применения, требования к сборке, юстировке, испытаниям изделия; определить виды соединений по целостности, подвижности, формам поверхностей, методам образования соединений; определить виды сборки по объекту и стадии сборки, организации производства, последовательности сборки, подвижности объекта сборки, механизации и автоматизации сборки, точности сборки.

#### **Построение схемы деления изделия на составные части**

Методом выявления степени расчлененности изделия является способ построения схемы деления (СД).

СД строится в соответствии с ГОСТ 2.711–82 [15] по следующим правилам:

- СД строится независимо от программы выпуска изделий при условии образования наибольшего количества СЕ;
- СЕ образуют при условии независимого их существования, т. е. предполагается, что они могут отдельно собираться, транспортироваться, контролироваться, храниться и т. д.;
- минимальное количество деталей, необходимое для образования СЕ первой ступени сложности, равно двум;

- минимальное количество деталей, присоединяемых к СЕ данной группы, необходимое для образования СЕ высшей степени сложности, равно единице;

- СД должна обладать свойством непрерывности, т. е. предполагается, что каждая последующая ступень сборки не может быть образована без наличия порядковой предыдущей ступени сборки;

- СД является основанием для построения схемы сборки (СС) изделия, она дает наиболее полное и наглядное представление о сборочных свойствах изделия, о его технологичности и возможности организации параллельной сборки СЕ и изделия в целом.

Зависимость между составными частями можно выразить формулой:

$$I^n = d_n + 1,$$

где  $I$  – изделие;

$d$  – деталь;

$n$  – показатель степени сложности СЕ (число ступеней сборки).

Теоретическая схема деления представлена на рис. 2.

По ГОСТ 2.711–82 [15] изделие, разрабатываемое вновь, обозначается квадратом, заимствованное – ромбом, покупное – двойным квадратом.

Информацию об изделии в условном графическом обозначении располагают сверху вниз в следующей последовательности: обозначение, наименование, индекс, количество и т. д. Условные графические обозначения изделий и информация о них представлены на рис. 3.

Условные обозначения изделия должны быть соединены между собой, соответственно входимости, сплошными тонкими линиями со стрелками.

Пример схемы деления призматического мостика приведен на рис. 4–9.

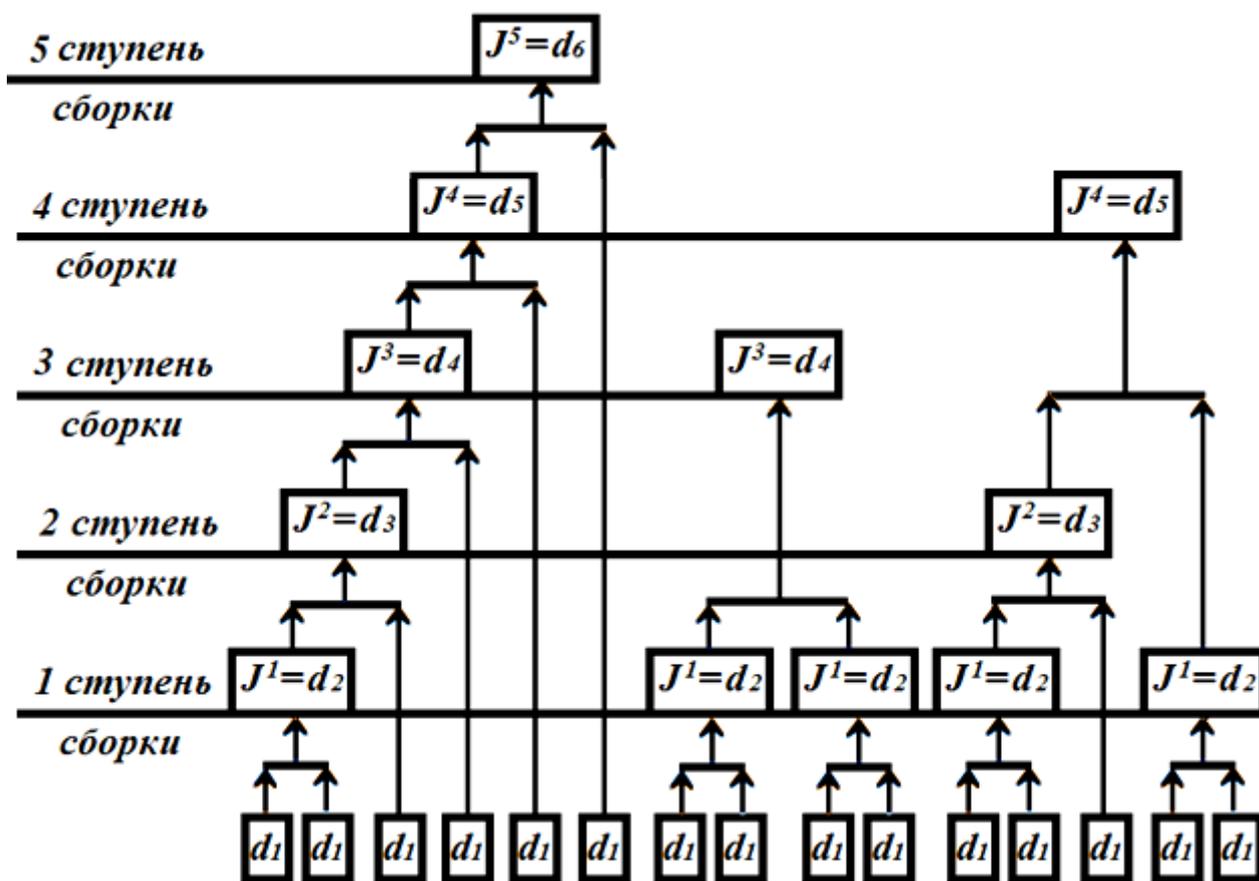


Рис. 2. Теоретическая схема деления

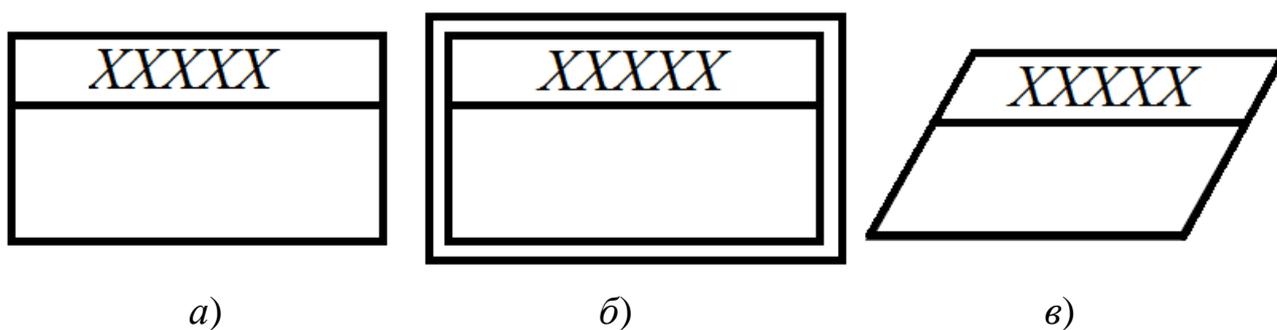


Рис. 3. Условные графические обозначения изделий:

а) вновь разработанные изделия и их составные части; б) покупные изделия; в) заимствованные изделия

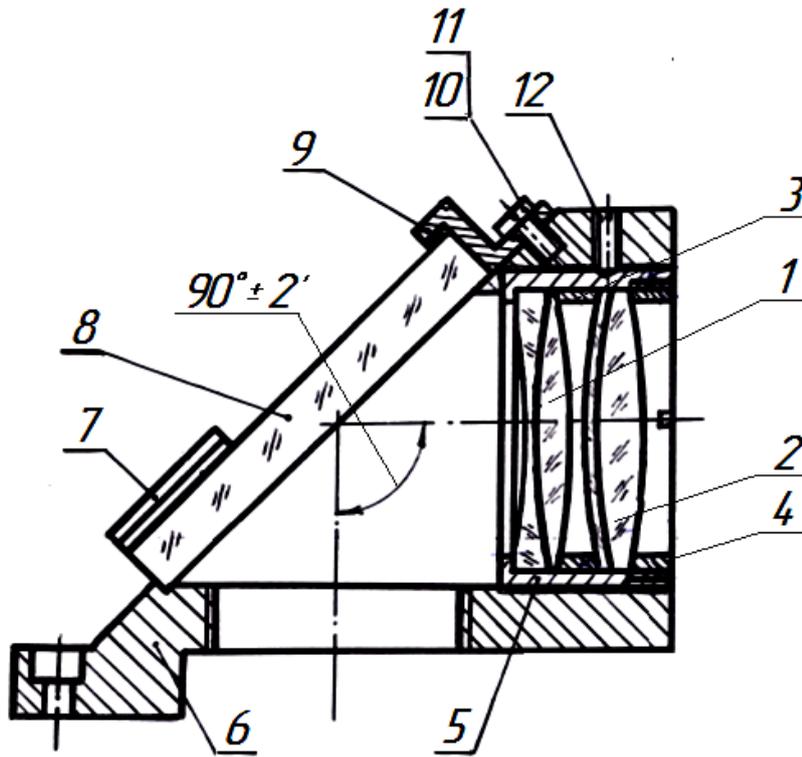
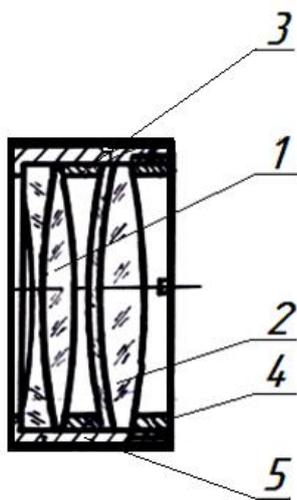
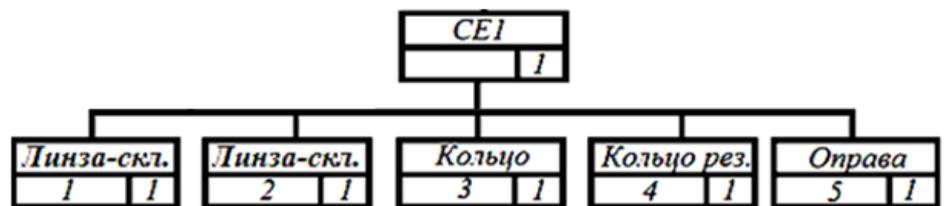


Рис. 4. Призменный мостик:

1 – линза-склейка; 2 – линза-склейка; 3 – кольцо; 4 – кольцо резьбовое;  
 5 – оправка; 6 – мостик; 7 – прижим; 8 – зеркало; 9 – прокладка; 10 – винт;  
 11 – шайба; 12 – винт



а)



б)

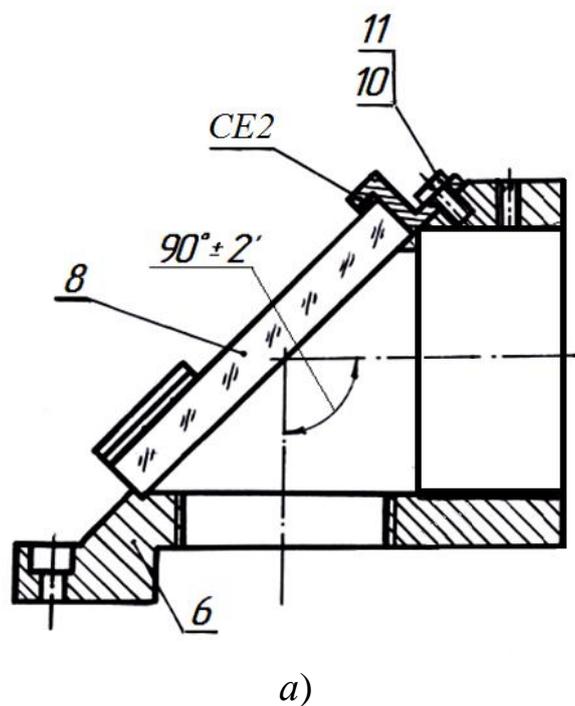
Рис. 5. Сборочная единица CE1:

а) эскиз сборочной единицы; б) схема деления сборочной единицы

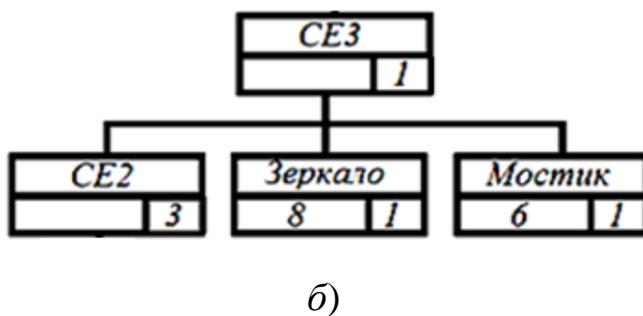


Рис. 6. Сборочная единица CE2:

а) эскиз сборочной единицы; б) схема деления сборочной единицы



а)



б)

Рис. 7. Сборочная единица CE3:

а) эскиз сборочной единицы; б) схема деления сборочной единицы

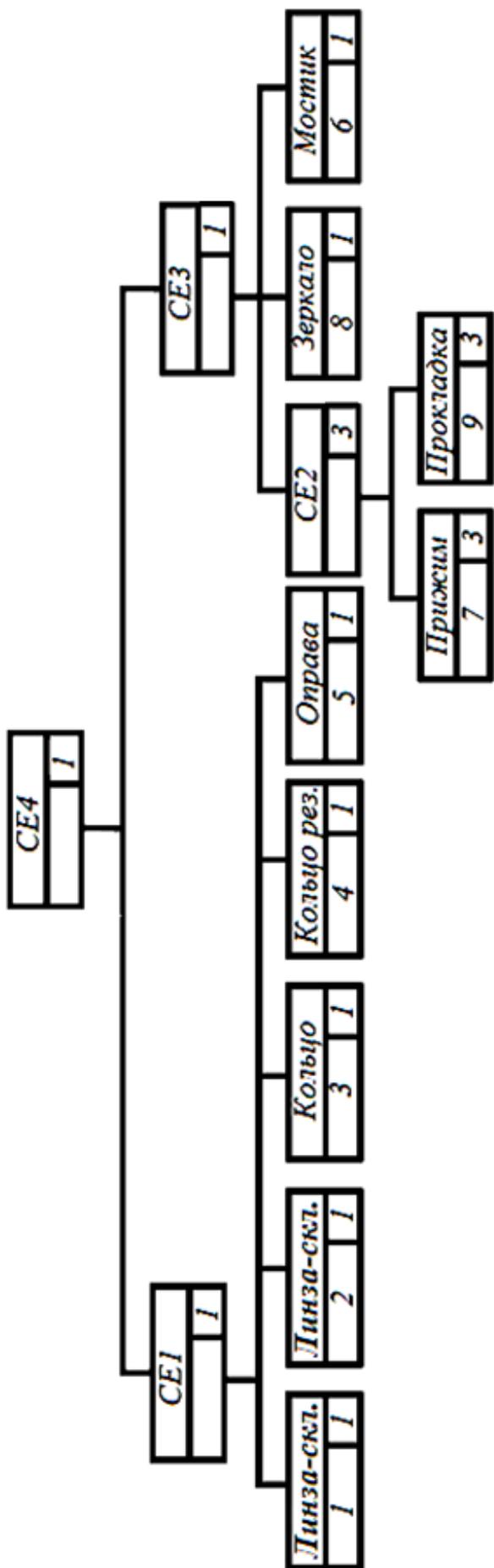


Рис. 8. Схема деления призмного мостика

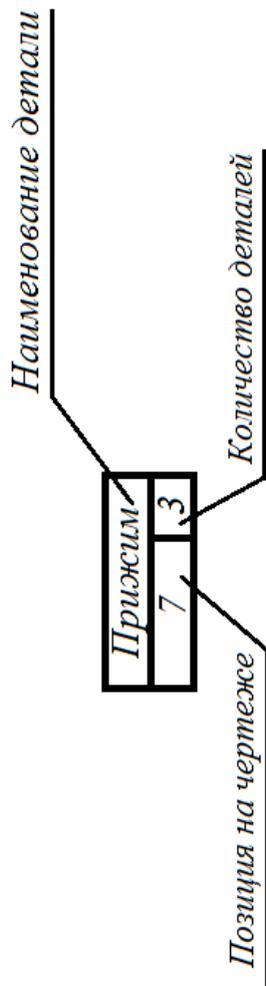


Рис. 9. Условное графическое обозначение изделия

## **Виды соединений**

Классификация видов соединений при сборке осуществляется по методу фасетной классификации, при котором виды соединений делятся на группировки по различным признакам классификации.

Классификация видов соединений проводится по следующим основным признакам: целостность соединения, подвижность составных частей, форма поверхностей, метод образования соединений (рис. 10).

Целостность соединения характеризует состояние соединения при его разборке.

Подвижность составных частей характеризует возможность относительного перемещения составных частей в изделии.

Форма поверхностей характеризует основную геометрическую форму сопрягаемых поверхностей составных частей изделия.

Метод образования соединения характеризует конструктивные и технологические особенности образования соединений при сборке составных частей изделия.

### **Используемые термины и их пояснения**

1. Сопряжение при сборке – относительное положение частей изделия при сборке, характеризуемое соприкосновением их поверхностей и (или) зазором между ними, заданными в конструкторской документации.

2. Сопрягаемая деталь – одна из деталей, имеющая сопряжения с другими деталями.

3. Сопрягаемая поверхность детали – поверхность детали, образующая сопряжения при сборке.

4. Разъемное соединение – соединение, разборка которого происходит без нарушения целостности составных частей изделия.

5. Неразъемное соединение – соединение, при разборке которого нарушается целостность составных частей изделия.

6. Подвижное соединение – соединение, в котором имеется возможность относительного перемещения составных частей изделия.

7. Неподвижное соединение – соединение, в котором отсутствует возможность относительного перемещения составных частей изделия.



Рис. 10. Виды соединений

8. Плоское соединение – соединение, у которого сопрягаемые поверхности составных частей изделия имеют форму плоскости.

9. Цилиндрическое соединение – соединение, у которого сопрягаемые поверхности составных частей изделия имеют форму цилиндра (рис. 11, *а*).

10. Коническое соединение – соединение, у которого сопрягаемые поверхности составных частей изделия имеют форму конуса.

11. Сферическое соединение – соединение, у которого сопрягаемые поверхности составных частей изделия имеют форму сферы.

12. Винтовое соединение – соединение, у которого сопрягаемые поверхности составных частей изделия являются винтовыми.

13. Профильное соединение – соединение, у которого сопрягаемые поверхности составных частей изделия имеют форму определенного профиля.

14. Резьбовое соединение – соединение составных частей изделия с применением детали, имеющей резьбу (рис. 11, *е, ж, з*).

15. Клиновое соединение – соединение составных частей изделия с применением детали, имеющей форму клина.

16. Шплинтовое соединение – соединение составных частей изделия, при котором шплинт ограничивает возможность их относительного перемещения (рис. 11, *и*).

17. Шлицевое соединение – соединение составных частей с применением пазов и выступов (рис. 11, *в*).

18. Штифтовое соединение – соединение составных частей с применением штифта (рис. 11, *к*).

19. Клепаное соединение – соединение составных частей с применением заклепок (рис. 11, *з*).

20. Фланцевое соединение – соединение составных частей с применением фланцев (рис. 11, *л*).

21. Шарнирное соединение – соединение составных частей изделия, допускающее их относительное вращение вокруг любой оси, проходящей через определенную точку.

22. Прессовое соединение – соединение составных частей с гарантированным натягом вследствие того, что размер охватываемой детали больше соответствующего размера охватывающей детали.

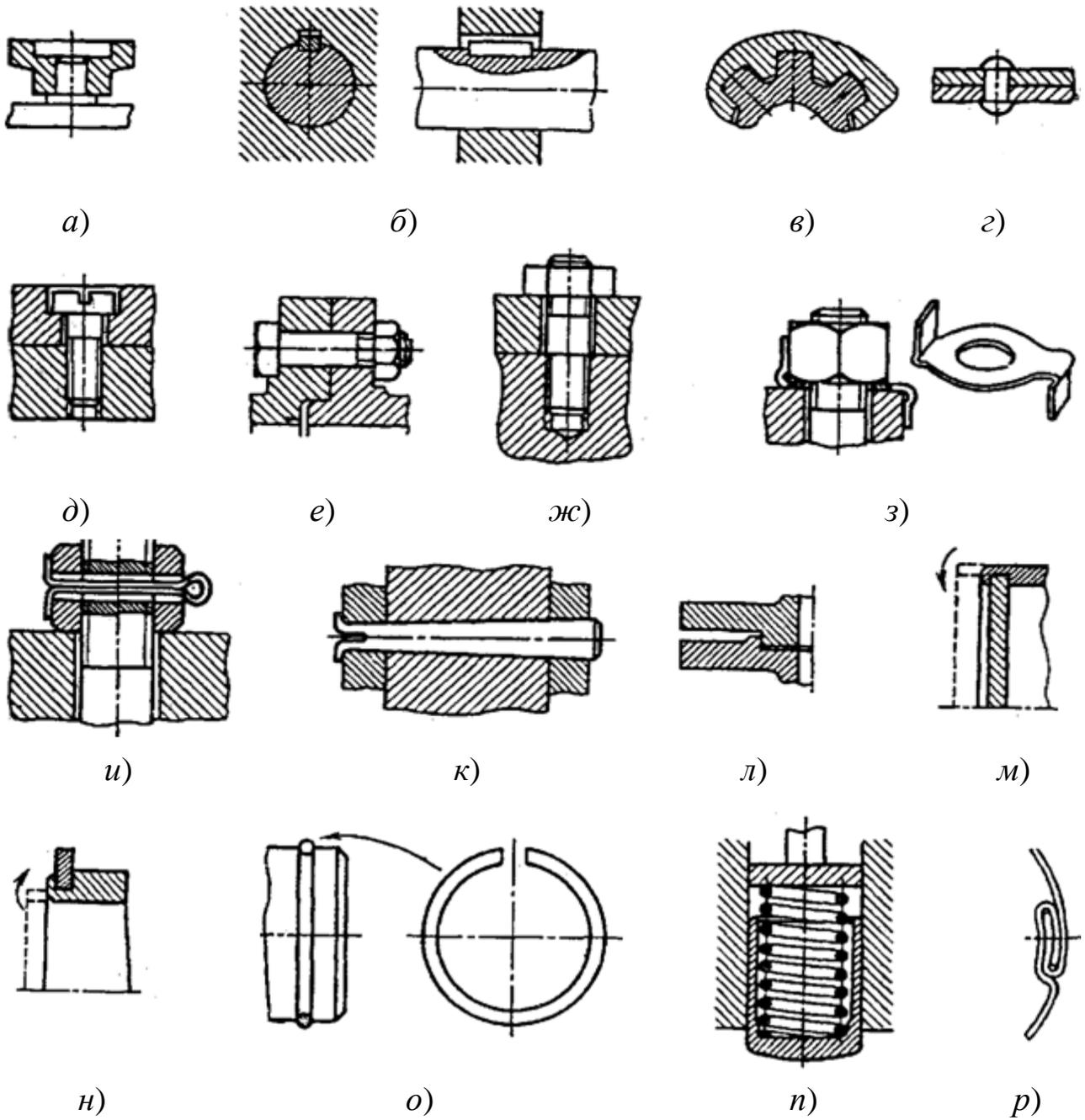


Рис. 11. Виды соединений:

*а)* цилиндрическое; *б)* шпоночное; *в)* шлицевое; *г)* клепаное; *д)* резьбовое; *е)* резьбовое (с использованием болта); *жс)* резьбовое (с использованием шпильки); *з)* резьбовое со стопорным элементом (шайбой с отгибными лапками); *и)* шплинтовое; *к)* штифтовое (со стопорением с разведением разрезного конца); *л)* фланцевое; *м)* вальцованное (завальцованное); *н)* развальцованное; *о)* пружинное (с установкой разрезного пружинного кольца); *п)* пружинное (с установкой пружины); *р)* фальцованное

23. Вальцованное соединение образуется за счет расширения охватываемой или сжатия охватывающей детали, или отгиба краев одной из соединяемых деталей, при этом силовое замыкание собранных деталей обеспечивается за счет остаточных деформаций. Вальцованные соединения могут быть получены завальцовкой (рис. 11, *м*), при которой край охватывающей детали загибают внутрь, и развальцовкой (рис. 11, *н*), когда край охватываемой детали отгибают наружу.

24. Развальцованное соединение – соединение составных частей изделия с применением расширения охватываемой или сжатия охватывающей детали.

25. Сварное соединение – соединение составных частей изделия с применением сварки.

26. Паяное соединение – соединение составных частей изделия с применением пайки.

27. Клеевое соединение – соединение составных частей изделия с применением клея.

28. Контактное соединение – соединение составных частей изделия, когда деталь или сборочная единица находится между соседними сопрягаемыми деталями и поджимается ими.

29. Термоусаживаемое соединение – соединение составных частей изделия методом температурного оплавления.

30. Гвоздевое соединение – соединение составных частей изделия при помощи гвоздей, исключающее возможность их относительного перемещения.

31. Замковое соединение – соединение составных частей изделия, в котором замок ограничивает или исключает возможность их относительного поворота и перемещения.

32. Пружинное соединение – соединение составных частей изделия, пружины или пружинные кольца ограничивают возможность их относительного или осевого перемещения (рис. 11, *о, п*).

33. Сшивное соединение – соединение составных частей изделия с применением для шва материала: ниток, ремней, шнуров, проволоки.

## Лекция 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

### План лекции

1. Этапы разработки ТПС.
2. Исходные данные для разработки ТПС.
3. Технологичность изделия в сборке.
4. Рекомендуемые показатели технологичности.
5. Рекомендации по расчету показателей технологичности.

### Этапы разработки ТПС

Этапы разработки ТПС представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

Этапы разработки ТПС	Задачи, решаемые на этапе	Основные необходимые документы
1. Анализ исходных данных для разработки ТПС	Ознакомление с назначением и конструкцией изделия, с техническими требованиями. Установление степени расчленения изделия на составные части. Определение видов соединения, сборки	Сведения об объеме выпуска. Конструкторская документация. ГОСТ 2.711-82 [15]
2. Выбор действующего типового, группового ТПС или поиск аналога единичного процесса	Формирование технологического кода изделия. Отнесение собираемого изделия к соответствующей классификационной группе	Технологический классификатор изделий
3. Выбор базовой детали или СЕ	Технико-экономическое обоснование выбора базовой детали или СЕ	Конструкторская документация на изделие

Этапы разработки ТПС	Задачи, решаемые на этапе	Основные необходимые документы
4. Составление технологического маршрута сборки	Определение последовательности технологических операций или уточнение по типовому или групповому ТП	Документация типового, группового, единичного ТП
5. Разработка технологических операций	Разработка последовательности переходов в операциях. Выбор СТО, средств механизации и автоматизации ТПС, внутрицеховых средств транспортирования	Документация типовых, групповых или единичных технологических операций. Классификатор операций. Стандарты на СТО
6. Нормирование ТПС	Расчет и нормирование затрат труда по переходам. Определение разряда работ и професий исполнителей	Нормативы времени. Единый тарифно-квалификационный справочник
7. Определение требований техники безопасности (ТБ)	Разработка и выбор требований ТБ и производственной санитарии, средств обеспечения устойчивости экологической среды	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Инструкции по ТБ и промышленной санитарии
8. Расчет экономической эффективности ТП	Выбор оптимального варианта ТП	Методика расчета экономической эффективности ТП
9. Оформление ТП	Заполнение технической документации	Стандарты ЕСТД

### Исходные данные для разработки ТПС

Исходная информация для разработки ТПС подразделяется на базовую, руководящую, справочную [8].

Базовая включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие, и программу выпуска изделия.

Руководящая включает: данные, содержащиеся в отраслевых стандартах на ТТ к ТПС и методы управления ими, на оборудование и оснастку; документацию на единичные, типовые, групповые ТПС; производственных инструкциях; технологических нормативах (расхода материалов, тру-

дозатрат и др.); классификаторах технико-экономической информации; документации по технике безопасности и промышленной санитарии.

Справочная включает данные, содержащиеся в технологической документации опытного производства; описаниях прогрессивных методов сборки; каталогах, паспортах, справочниках, альбомах компоновок СТО; планировках производственных участков; методических материалах по управлению ТПС.

### **Технологичность изделия в сборке**

Технологичность изделия в сборке – совокупность свойств изделия, определяющих его приспособленность к технологической подготовке сборочного производства и сборке и характеризуемых отношениями затрат труда, средств, материалов и времени на их выполнение к значениям соответствующих показателей изделий-аналогов, определяемых в принятых условиях производства (ГОСТ 23887–79).

Технологический анализ конструкции изделия в сборке – анализ конструкции изделия с целью применения ТПС, обеспечивающего выполнение программы выпуска изделий заданного качества в установленных условиях производства (ГОСТ 23887–79).

### **Рекомендуемые показатели технологичности**

Показатели, рекомендуемые для количественной оценки технологичности, приведены в табл. 2. Обязательность определения показателей технологичности в зависимости от стадии разработки конструкторской документации устанавливается табл. 2.4 (ОСТ 3–4649–80).

*Таблица 2*

Наименование показателей	Условное обозначение	Единицы измерения
Трудоемкость изготовления изделия	T	чел.-час
Технологическая себестоимость изделия	C	руб.
Удельная трудоемкость изготовления изделия	t	чел.-час/Х*

Наименование показателей	Условное обозначение	Единицы измерения
Удельная технологическая себестоимость изделия	с	руб./X*
Удельная материалоемкость изделия	K <sub>ум</sub>	кг/X*
Коэффициент использования материала	КИМ	–
Коэффициент унификации изделия	K <sub>у</sub>	–
Коэффициент повторяемости	K <sub>пов</sub>	–
Коэффициент унификации марок материала	K <sub>м</sub>	–
Коэффициент рационального формообразования заготовок	K <sub>рф</sub>	–
Коэффициент эффективности взаимозаменяемости	K <sub>вз</sub>	–
Коэффициент регулировочных и юстировочных работ	K <sub>рю</sub>	–
Коэффициент сборности	K <sub>сб</sub>	–
Коэффициент сложности настройки электросхемы	K <sub>нэ</sub>	–
Сухая масса изделия	М	кг

*Примечание.* X\* – размерность основного технического параметра изделия, которым называется один из его параметров, характеризующий наиболее существенные конструктивные и эксплуатационные свойства.

### Рекомендации по расчету показателей технологичности

В большинстве случаев определяются следующие показатели технологичности:

- 1) трудоемкость сборки по нормативам времени;
- 2) удельная трудоемкость сборки ( $\tau$ ) относится к основному параметру, например, к разрешающей способности объектива:

$$\tau = \frac{T}{P},$$

где T – трудоемкость сборки СЕ;

P – разрешающая способность объектива, например, 120 штрихов/мм;

3) коэффициент унификации изделия (K<sub>у</sub>):

$$K_y = \frac{D_{ye} + E_y}{D + E},$$

где  $E_y$  – количество унифицированных СЕ;

$D_{ye}$  – количество унифицированных деталей, не вошедших в унифицированные СЕ,

$E$  – количество СЕ в изделии;

$D$  – количество деталей в изделии;

4) коэффициент повторяемости ( $K_{пов}$ ):

$$K_{пов} = \frac{e + d}{E + D},$$

где  $e$  – количество наименований СЕ;

$d$  – количество наименований деталей;

5) коэффициент эффективности взаимозаменяемости ( $K_{вз}$ ):

$$K_{вз} = 1 - \frac{E_{пр} + E_c}{E},$$

где  $E_{пр}$  – количество СЕ с пригоночными работами;

$E_c$  – количество СЕ, требующих селекции;

6) коэффициент сборности ( $K_{сб}$ ):

$$K_{сб} = \frac{E}{E + D_e},$$

где  $D_e$  – количество деталей, не вошедших в состав унифицированных СЕ.

В качественных показателях можно определить:

- 1) удобна ли сборка при неизменном базировании;
- 2) обеспечивает ли конструкция СЕ применение механизированного сборочного инструмента;
- 3) расчленяется ли СЕ на рациональное число составных частей;

4) возможно ли сборку с пригонкой заменить на более рациональный вид сборки;

5) обеспечивает ли конструкция СЕ сборочный процесс без лишних разборок;

6) возможно ли использовать высокопроизводительные методы сборки.

Рассчитанные показатели необходимо сравнить с показателями прибора или СЕ аналога.

## **Лекция 4**

### **СХЕМА СБОРКИ**

#### **План лекции**

1. Построение схемы сборки.
2. Классификация видов сборки.

#### **Построение схемы сборки**

Разработку технологического процесса сборки (ТПС) следует начать с составления схемы сборки (СС). СС – это графическое изображение маршрута сборки изделия, определяющего последовательность операций и последовательное расположение деталей, соединяемых в данной операции. Рекомендации по построению схемы сборки даны в ГОСТ 23887–79 [12]. Графическое изображение ее представляет горизонтальный ряд прямоугольников, соединенных стрелками в направлении движения собираемого прибора (рис. 12). В первом прямоугольнике обозначается базовая деталь или СЕ. Базовая деталь или СЕ – деталь или СЕ, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней детали и СЕ (ГОСТ 23887–79) [12]. Во втором и последующих прямоугольниках записываются наименования операций, номера операций (операции нумеровать арабскими цифрами, кратными пяти 01, 05, 10, 15) и шифр СЕ, которая получилась в результате сборки на этой операции. Под этим прямоугольником располагают прямоугольники с наименованиями деталей, которые собираются на данной операции в той последовательности, в которой они присоединяются. Вертикальные колонки прямоугольников выше горизонтального ряда, отражают крепежные детали, применяемые на данной операции. В прямоугольнике указывают наименование детали, ее размеры, стандарт, количество на данную операцию. Пример схемы сборки призматического мостика приведен на рис. 12.

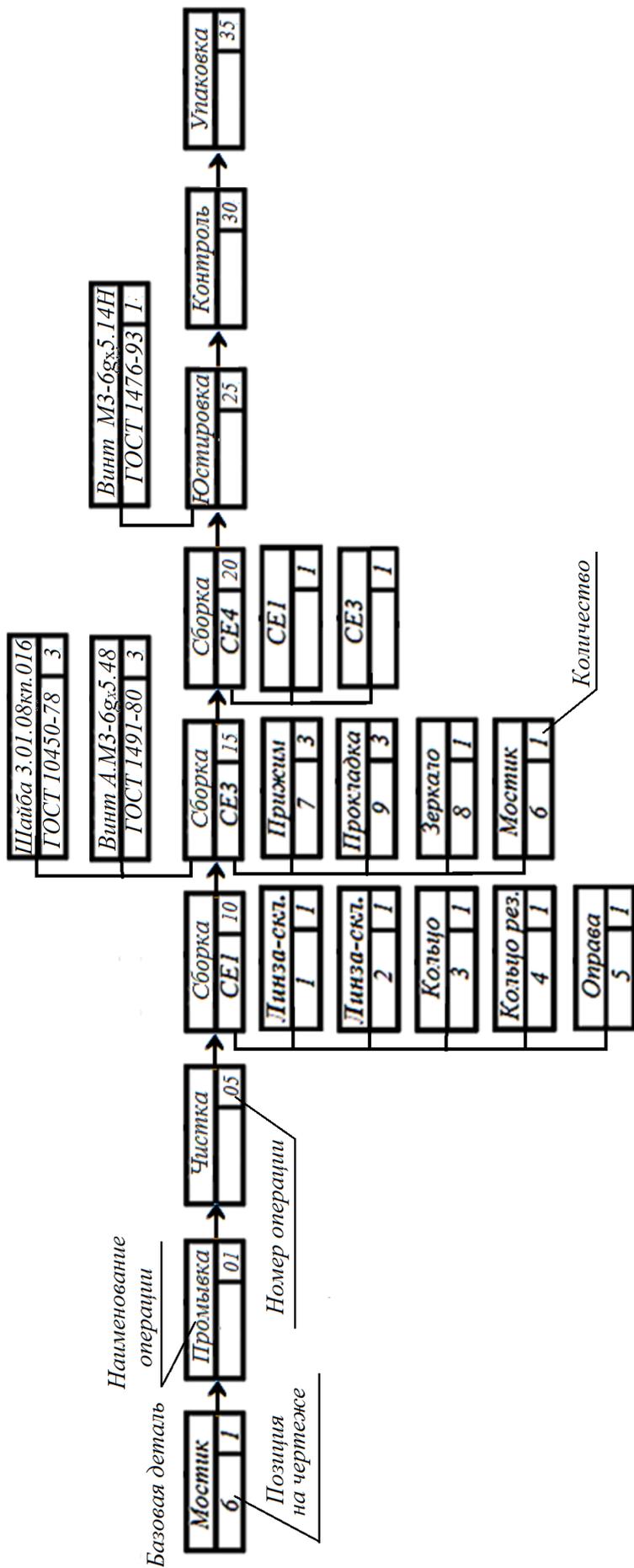


Рис. 12. Схема сборки

СС определяет последовательность выполнения операций ТПС, поэтому при разработке СС необходимо руководствоваться СД (по которой определить последовательность сборки СЕ в зависимости от степени сложности) и структурой ТПС.

### **Классификация видов сборки**

**Вид сборки** изделия – категория сборки, выполняемая по одному из ее признаков (ГОСТ 23887–79).

Классификация видов сборки осуществляется по методу фассетной классификации, при котором виды сборки делятся на группировки по различным признакам классификации.

Классификация видов сборки проводится по следующим основным признакам: объект сборки, стадия сборки, организация производства, последовательность сборки, подвижность объекта сборки, механизация и автоматизация сборки, точность сборки (рис. 13).

Объектом сборки в процессе сборки являются составные части изделия или изделие в целом.

Стадия сборки характеризует процесс сборки по степени его законченности.

Организация производства характеризует сборку изделия или его составных частей в различных условиях организации выполнения технологического процесса.

Последовательность сборки характеризует процесс сборки изделия или его составных частей, при котором сборочные операции выполняются одна за другой или одновременно.

Подвижность объекта сборки отражает возможность перемещения изделия или его составных частей с одного рабочего места на другое.

Механизация и автоматизация сборки характеризует изготовление изделия или его составных частей в зависимости от степени замены ручного труда машинным.

Точность сборки определяется по методам достижения точности замыкающего звена.

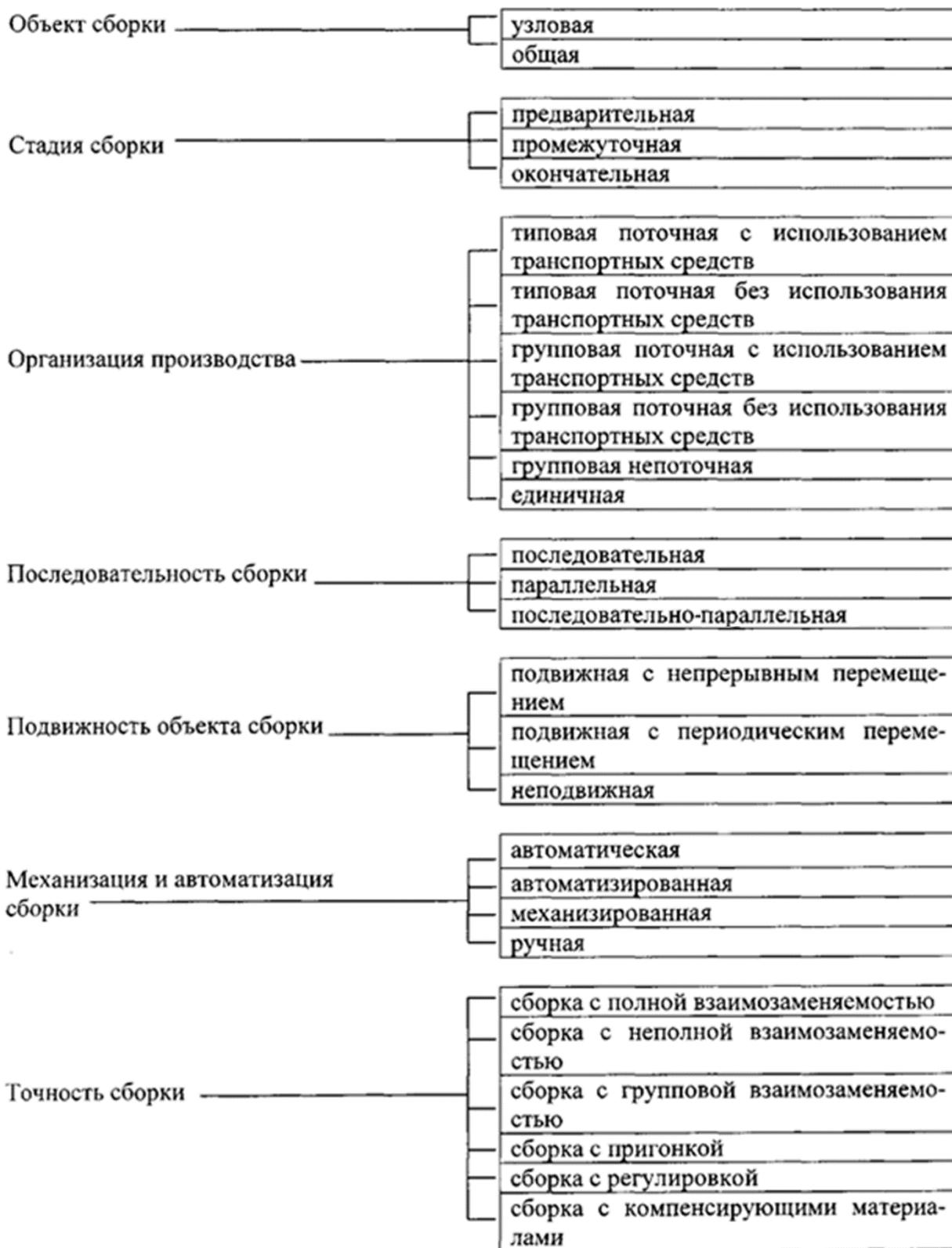


Рис. 13. Виды сборки

Пояснения терминов, используемых в ГОСТ 23887–79, приведены ниже.

Виды сборки классифицируются, как показано на рис. 13. Объектом сборки могут быть СЕ или прибор в целом, поэтому соответственно сборка будет узловая или общая.

*Узловая сборка* – сборка, объектом которой является составная часть изделия, например, объектив, окуляр.

*Общая сборка* – сборка, объектом которой является изделие в целом.

Стадия сборки характеризует степень законченности процесса сборки.

*Промежуточная сборка* – сборка СЕ низшей степени сложности.

*Предварительная сборка* – сборка СЕ для выявления каких-либо свойств, признаков или приработки отдельных деталей с последующей разборкой.

*Окончательная сборка* – сборка СЕ высшей степени сложности или прибора в целом.

Организация производства характеризует сборку изделия в различных условиях выполнения ТП. Существуют две формы организации ТП: групповая, типовая.

*Групповая сборка* – сборка изделия в условиях групповой организации производства (ГОСТ 23887–79). Групповая форма организации характеризуется однородностью технологических признаков изделий, единством СТО одной или нескольких операций и специализацией рабочих мест. Групповая форма организации может быть поточной и непоточной, с использованием и без использования транспортных средств.

*Поточная сборка* – сборка изделия в условиях поточной организации производства (ГОСТ 23887–79). Поточная форма организации ТП характеризуется специализацией рабочих мест на каждой операции, согласованным и ритмичным выполнением всех операций ТП на основе постоянства такта выпуска, размещением рабочих мест в последовательности, строго соответствующей ТП.

При групповой поточной организации ТПС весь ТПС разбит на отдельные операции, каждую из которых выполняют на определенном рабочем месте. Рабочие места сборщиков располагаются в последовательности, соответствующей ТПС прибора. Рабочие места оснащены инструмен-

тами, приспособлениями, приборами, необходимыми для выполнения операции, закрепленной за данным рабочим местом. В качестве транспортных средств используют конвейеры. При отсутствии транспортных средств изделия передаются с одного рабочего места на другое вручную. Различают две разновидности поточной сборки: со свободным и принудительным ритмом движения собираемых приборов. В первом случае сборку ведут на верстаках, установленных вдоль непрерывно движущегося конвейера. Разгрузочное устройство снимает СЕ с конвейера. Сборщик, выполнив операцию, устанавливает СЕ на конвейер, перемещающий ее к следующему рабочему месту. Во втором случае сборку осуществляют на конвейере, который двигается прерывисто с заданным тактом – интервалом времени, через который производят выпуск изделий. Рабочие располагаются вдоль конвейера. При поточной сборке каждый рабочий выполняет только одну операцию, если длительность ее равна такту потока. Операции с большей длительностью выполняются большим количеством рабочих (операции с длительностью, равной двум, трем тактам, выполняют двое или трое). Рабочие имеют более низкую квалификацию, чем рабочие при групповой непоточной сборке. Поточная сборка обеспечивает высокую производительность и равномерный выпуск приборов. Поточную сборку применяют при изготовлении кино-, фотоаппаратуры и других приборов.

При групповой непоточной форме организации ТПС приборы собирает на одном рабочем месте один рабочий, если прибор имеет небольшие размеры и сравнительно простую конструкцию (бинокль), или бригада рабочих, если прибор сложный и крупногабаритный (проектор ПИ 600). Сборку ведут высококвалифицированные слесари механосборочных работ от начала и до конца, за исключением типовых СЕ (объективы, окуляры, осветители и т. д.). В этом случае сокращается продолжительность изготовления прибора за счет организации параллельной сборки СЕ, а часть рабочих специализируется на сборке однотипных СЕ.

*Типовая форма* организации ТП характеризуется однородностью конструктивно-технологических признаков изделий, единством средств производства, средств технологического оснащения большинства операций для группы изделий и специализаций рабочих мест. Применяется как информативная основа для разработки групповой формы организации ТП.

*Единичная сборка* – сборка изделия, изготовляемого в одном экземпляре.

*Последовательная сборка* – сборка изделия или его составных частей, при которой сборочные операции выполняются одна за другой.

*Параллельная сборка* – сборка изделия, при которой сборочные операции выполняются одновременно.

*Последовательно-параллельная сборка* – сборка изделия, при которой сборочные операции выполняют одна за другой и одновременно.

Подвижность объекта сборки отражает возможность перемещения с одного рабочего места на другое.

*Неподвижная (стационарная) сборка* – сборка изделия на одной позиции (ГОСТ 23887–79, [12]).

*Подвижная сборка* – сборка изделия с перемещением его по позициям. Подвижная сборка подразделяется на сборку с непрерывным и с периодическим перемещением. При подвижной сборке с непрерывным перемещением изделия сборщик и изделие перемещаются непрерывно, при этом сборщик за определенный отрезок времени выполняет свою операцию и возвращается в исходное положение. При подвижной сборке с периодическим перемещением изделие перемещается периодически и за время остановки сборщик выполняет свою операцию.

Механизация и автоматизация сборки характеризует изготовление изделия в зависимости от степени замены ручного труда машинным.

*Ручная сборка* – сборка изделий, осуществляемая по ручному методу выполнения ТП (ГОСТ 23887–79), т. е. сборка без применения механизированного инструмента и механизированных средств транспортирования.

*Механизированная сборка* – сборка изделий, выполняемая по механизированному методу выполнения ТП, т. е. сборка, в которой большая часть операций выполняется механизированным инструментом и на оборудовании, а также с применением средств транспортирования.

*Автоматизированная сборка* – сборка изделий, осуществляемая по автоматическому методу выполнения ТП, т. е. сборка, в которой большая часть операций выполняется на автоматическом и полуавтоматическом оборудовании, все остальные – с применением механизированного инструмента.

*Автоматическая сборка* – сборка изделий, осуществляемая по автоматическому методу выполнения ТП, т. е. узловая или общая сборка, осуществляется без участия человека.

*Точность сборки изделия* – свойство процесса сборки изделия обеспечивать соответствие значений параметров изделия заданным в конструкторской документации (ГОСТ 23887–79). Точность сборки характеризуется методом обеспечения точности замыкающего звена размерной цепи.

*Сборка с полной взаимозаменяемостью* – сборка, при которой требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается по методу полной взаимозаменяемости, т. е. сборка ведется простым соединением деталей без всякой пригонки, регулирования, выбора и подбора, т. е. без каких-либо дополнительных работ.

*Сборка с групповой взаимозаменяемостью* – сборка, при которой требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается по методу групповой взаимозаменяемости, т. е. охватываемые и охватывающие детали обмеряют и сортируют по группам размеров в пределах, например, четверти поля допуска. Сущность метода сборки с групповой взаимозаменяемостью заключается в том, что после изготовления сопрягаемых деталей со сравнительно широкими технологически выполнимыми допусками их затем сортируют на равное число подгрупп с более узкими групповыми допусками. При сборке соединяют детали соответствующих (с одинаковым номером) групп, что позволяет в  $n$  раз повысить точность сборки (точность соединения) при одновременном расширении допусков на изготовление деталей до экономически целесообразных значений. Такую сборку называют селективной и применяют в тех случаях, когда конструктивные допуски на размеры высокоточных деталей меньше технологических.

*Сборка с пригонкой* – сборка, при которой требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается по методу пригонки, т. е. обработка сопрягаемых деталей и СЕ для достижения точности их взаимного расположения.

*Сборка с компенсирующими материалами* – сборка, при которой требуемая точность замыкающего звена достигается применением компенсирующего материала, вводимого в зазор между сопрягаемыми поверхностями деталей после их установки в требуемое положение.

## Лекция 5

# РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ОПЕРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

### План лекции

1. Промывка механических деталей (подготовительная операция).
2. Чистка оптических деталей и СЕ.
3. Основные операции сборки.
4. Юстировка. ТП юстировки, типы юстировки.

Все механические детали в процессе изготовления транспортировки подвергаются механическому (пыль, стружка, абразив и т. д.), химическому (эмульсия, масла, коррозия и т. п.), атмосферному (влаги и др.) загрязнению. Поэтому для качественного изготовления механизмов и обеспечения их работоспособности в процессе эксплуатации необходимо проводить промывку деталей и сборочных единиц перед запуском в сборку.

На приборостроительных предприятиях промывку производят на ультразвуковых установках. Ультразвуковая установка (рис. 14) представляет из себя ванну 6 заполненную раствором щелочей, кислот или органических растворителей. Контейнер 2 с деталями предварительно промывается горячей водой в камере 1, затем ополаскивается горячей водой в камере 3 и сушится сжатым воздухом в камере 4 или специальных сушильных шкафах при температуре (50–80 °С). Частота колебаний ультразвукового источника колебаний – от 10 до 40 кГц. Длительность промывки исчисляется секундами. В качестве растворителей применяют негорючие жидкости: тетрахлорэтан, четыреххлористый этилен и углерод и др.

Промытые и высушенные детали укладывают в специальную тару, предохраняющую детали от царапин и забоин во время транспортирования.

ТП промывки:

- 1) уложить детали в контейнер;
- 2) промыть детали;

- 3) сушить детали при температуре не выше 80 °С;
- 4) уложить детали в специальную тару.

Промывку деталей на рабочих местах станочников или сборщиков осуществляют чаще всего ручным способом. В качестве растворителя применяют горячие жидкости: авиационный бензин Б-70, «Галоша», ацетон, спирт этиловый, бензол и их смеси. Детали промываются в специальных ваннах в соответствии с нормами пожарной безопасности. Промывка ведется последовательно в нескольких ванночках с помощью волосяных щеток и ершиков. Для предварительной промывки используется отстой или бензин второго сорта, а для окончательной – чистый авиационный бензин или спирто-эфирная смесь для деталей, сопрягаемых с оптикой.

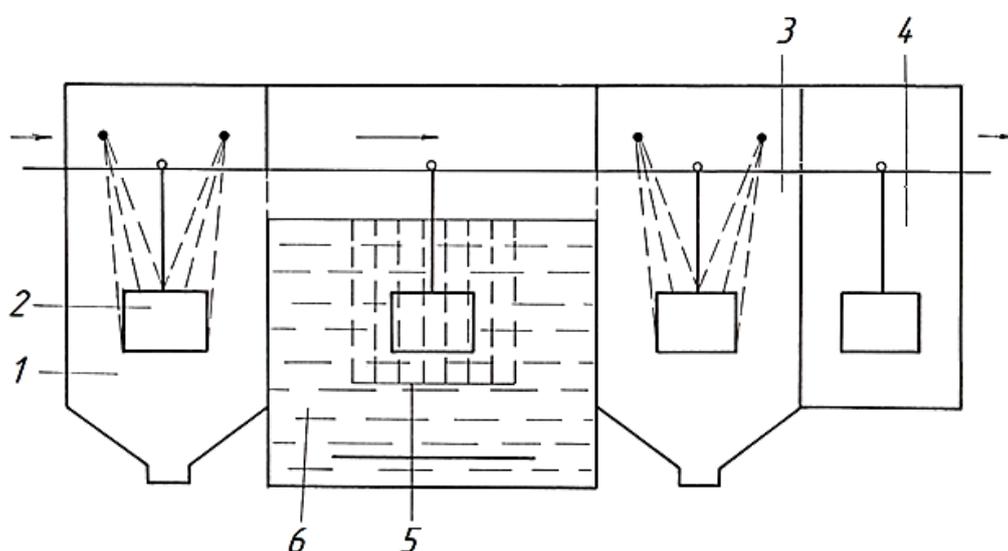


Рис. 14. Ультразвуковая установка:

- 1, 3, 4 – камеры; 2 – контейнер; 5 – источник ультразвуковых колебаний;  
6 – ванна (тетрахлорэтан, четыреххлористый этилен и углерод и т. д.)

### Чистка оптических деталей и СЕ

Оптические детали загрязняются в процессе их изготовления, транспортирования, хранения и сборки их с механическими деталями. Загрязнения могут быть механические (пыль), химические (коррозия), биологические (плесень, грибок). К механическим загрязнениям относятся пыль,

осыпавшиеся частицы отделочных материалов (лака, оксидных пленок), частицы смолы, крокуса, клея, коррозия в виде различных налетов и т. д.

В результате гидролиза стекла при воздействии на него атмосферной влаги возникают капельно-жировые налеты, которые представляют собой мельчайшие капли концентрированных растворов щелочей. В зависимости от температуры и влажности окружающей среды этот налет может высыхать и вновь возникать.

При осаждении влаги и жира на поверхности деталей и при последующем взаимодействии их с продуктами разрушения стекла образуется жировой налет в виде тончайшей пленки. Эта пленка способна поглощать (адсорбировать) влагу из воздуха и образовывать капельный налет.

Биологический налет образуется в порах поверхности стекла в виде плесени. Этот налет возникает в приборах при наличии органических веществ (картона, пробки и других материалов).

Продукты выделения плесени, имеющие кислую реакцию, разрушают стекло.

Чистку оптических деталей ведут несколько раз. Предварительную чистку осуществляют до установки деталей в оправы. Основная цель этой чистки – удаление загрязнений, налетов, образовавшихся на поверхности. ТП предварительной чистки состоит в следующем:

1) протирать детали обезжиренной салфеткой, смоченной органическим растворителем (этиловым спиртом – ректификатом, ГОСТ 18300–72 [17]. Спирт хорошо растворяет смолы и воскообразные вещества);

2) протирать детали ватным тампоном, смоченным органическим растворителем (смесью 85–90 объемных частей петролейного эфира и 15–10 частей этилового спирта ректификата, эфир хорошо растворяет жиры);

3) удалять с поверхности твердые нерастворимые частицы с помощью протирочных материалов (беличьей кисточкой).

Основной процесс чистки оптических деталей ведут при сборке оптических деталей в СЕ после каждой сборочной операции, выполняемой над оптической СЕ.

В качестве первого растворителя на первой стадии чистки применяют: этиловый спирт ректификат, обезвоженный до крепости 98,5 % (по объему).

На второй стадии чистки оптических деталей в качестве первого растворителя используют смесь 75–85 объемных частей этилового спирта и 25–15 частей эфира.

В качестве второго растворителя служит петролейный эфир и его смеси с этиловым спиртом (85–90 объемных частей эфира и 15–10 частей спирта).

Все перечисленные растворители очень летучи и легко воспламеняются, поэтому их нужно хранить в стеклянной посуде с хорошо притертыми пробками.

Для чистки оптических деталей выделяют отдельные помещения, оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией, кондиционером. Стены и потолок должны быть окрашены масляной краской, пол и верстак покрыты линолеумом. Мебель должна иметь по возможности простую форму. Инструмент и приспособления следует держать в застекленных шкафчиках. Температура в помещении должна поддерживаться в пределах 18–25 °С при относительной влажности не более 65 %.

Рабочее место для чистки оптических деталей оборудуют следующими приспособлениями и инструментом: набор пинцетов (СТП-6012); подставка для инструмента (СТП-8039); приспособление для наматывания ваты (СТП-8040); дозатор (СТП-РП7803-0000); коробочка для сбрасывания ватных тампонов (СТП-8039); стеклянные флакончики для органических растворителей (СТП-8045); стеклянный колпак для хранения оптических деталей; набор инструментов (палочка СТП-8022, кисточки СТП-137-75, резиновая груша и др.); волчок с цанговым патроном и оправками (СТП 8017, 8046); лампа с экраном и лупой 4–10<sup>x</sup> для рассматривания чистоты поверхности оптических деталей.

Вращающиеся волчки (рис. 15) применяют для ускорения процесса чистки поверхностей круглой оптики (линз, сеток) и СЕ (окуляров, объективов и т. д.). Оптическую деталь 2 закрепляют в цанговый патрон 3. Маховик 4 вращают от руки. Кисточкой 1 или ватным тампоном проводят в горизонтальной плоскости от центра вращения детали к краю.

Протирачные материалы – гигроскопическую вату и салфетки обезжиривают путем кипячения их в растворе 1 % щелочи или соды в воде в течение 2 часов.

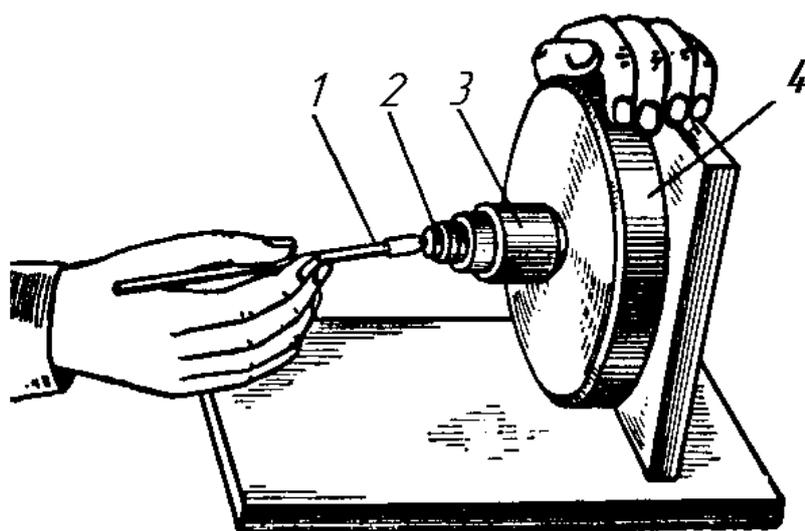


Рис. 15. Вращающийся волчок:

1 – кисточка; 2 – оптическая деталь; 3 – цанговый патрон; 4 – маховик

Качество чистки оптических поверхностей контролируют визуально при помощи лампы с матовым экраном и лупы в проходящем или отраженном свете (схема проверки представлена на рис. 16).

Во избежание загрязнения оптических деталей в процессе сборки применяют метод сборки «столбиком».

Процесс чистки и установки оптических деталей трудоемок и плохо поддается механизации.

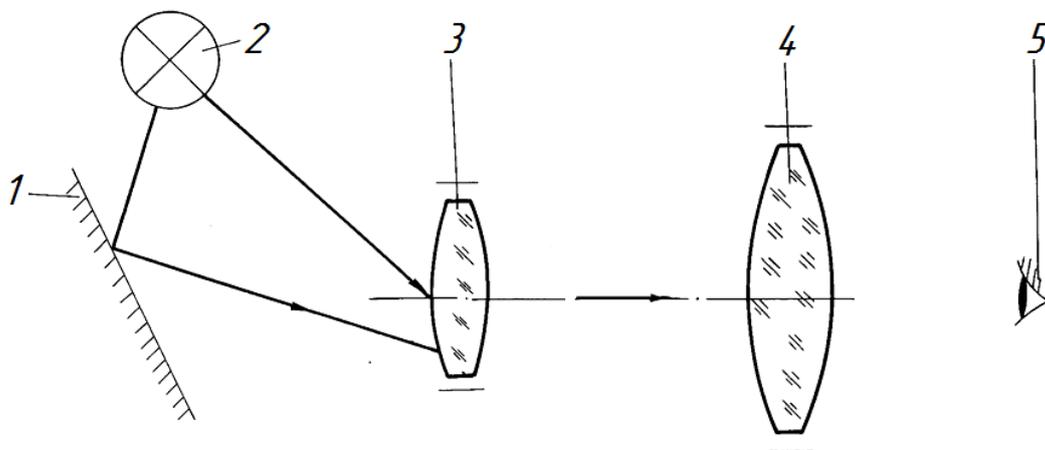


Рис. 16. Схема контроля полированных поверхностей

## Основные операции сборки

Как известно из определения по ГОСТ 3.1109–82, сборка – это образование разъемных и неразъемных соединений составных частей заготовки или изделия.

Разъемными соединениями называют соединения, которые можно разобрать без порчи деталей или элементов.

Разъемные соединения выполняют при помощи:

1) винтов с конической (потайной) головкой, в которых не предусматривается взаимное перемещение детали в процессе сборки и отладки (см. рис. 17), в тех случаях, когда нужно выполнить регулировку одной детали относительно другой, сверлят отверстие и нарезают резьбу в детали после окончательной установки детали 3 в нужное положение; *недостаток*: снижается чистота прибора, увеличивается время на сборку;

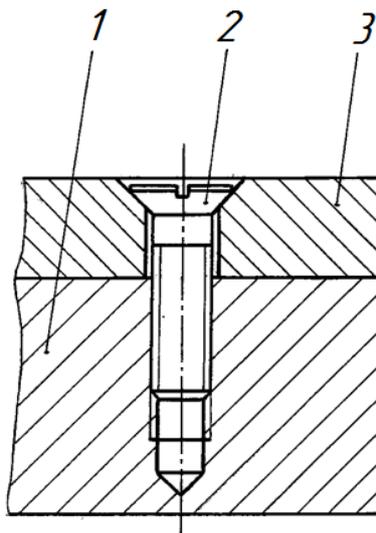


Рис. 17. Сборка винтами с потайной головкой:

1 – корпус; 2 – винт; 3 – крышка

2) винтов с цилиндрической головкой (рис. 18); они позволяют осуществить регулировку за счет зазора между винтом и соединяемой деталью, но требуют дополнительного штифтового соединения; отверстие под штифт в детали 1 сверлят по детали 3 и совместно обрабатывают разверткой;

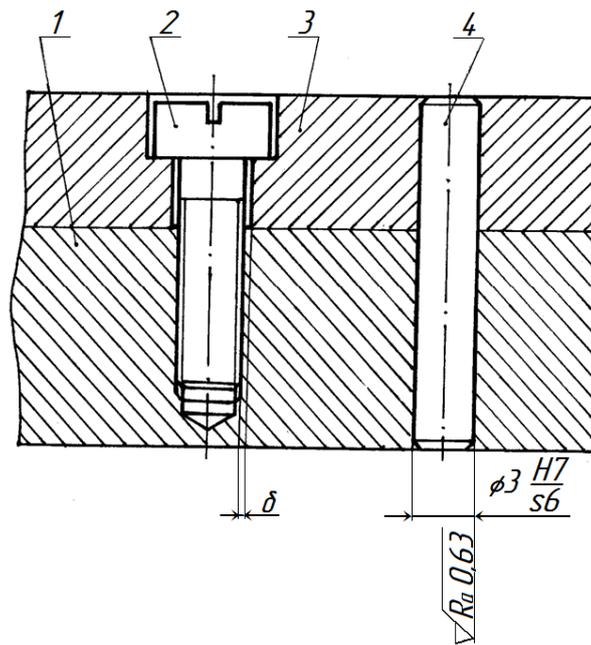


Рис. 18. Крепление винтом с цилиндрической головкой:

1 – корпус; 2 – винт; 3 – крышка; 4 – штифт

3) установочных винтов (рис. 19), закрепляющих подвижные детали за счет усилия, возникающего от ввинчивания винта 1 в деталь 3; отверстие с углом  $90^\circ$  сверлить в детали 2 в процессе сборки; иногда установочные винты применяют в процессе юстировки для перемещения оправ, несущих оптические детали (например, сетки см. рис. 20), призмы, зеркала и другие детали;

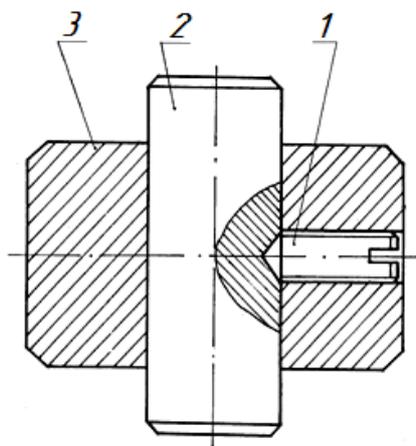


Рис. 19. Крепление стопорным винтом:

1 – винт; 2 – ось; 3 – корпус

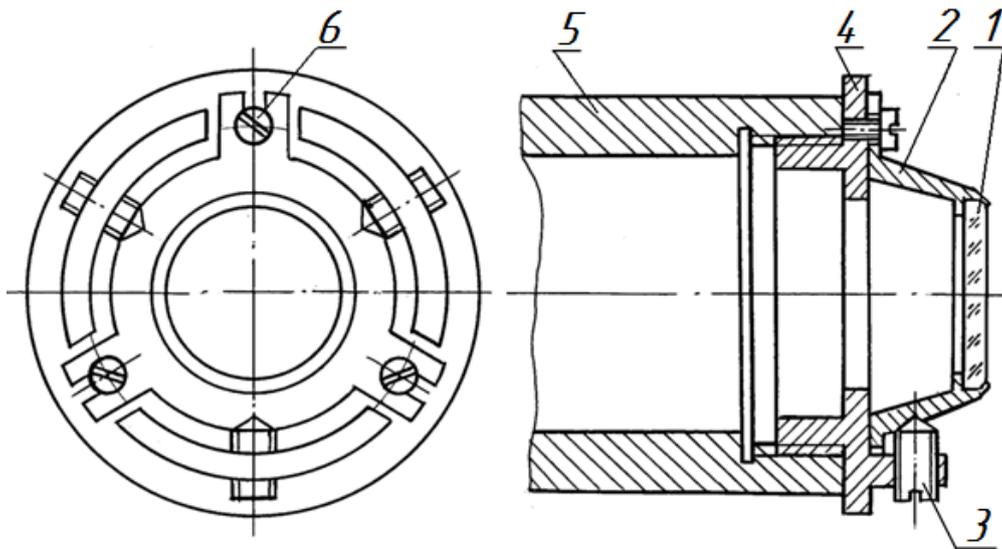


Рис. 20. Крепление сетки юстировочными винтами:

1 – сетка; 2 – оправка; 3 – юстировочные винты; 4 – стакан; 5 – оправка;  
6 – винт

4) болтов и шпилек;

5) метрической и трапецеидальной (окулярной) резьбы; при сборке круглых оптических деталей объективов, окуляров, конденсоров, оборачивающих систем, сеток, защитных стекол и т. п. (рис. 21);

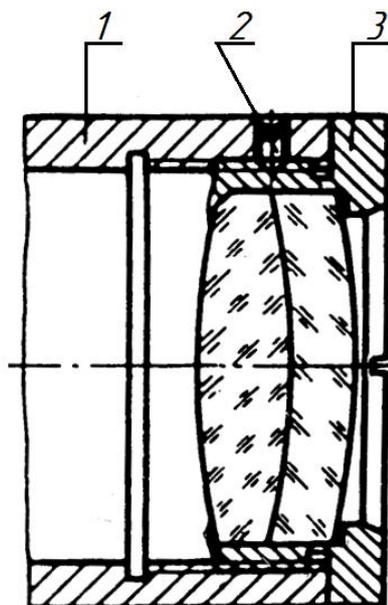


Рис. 21. Резьбовое соединение деталей

б) штифтов с цилиндрическими и коническими поверхностями, которые, как правило, запрессовывают после регулировки и отладки СЕ; коническими штифтами фиксируются детали, сопрягаемые по цилиндрическим поверхностям (например, зубчатое колесо на валу двигателя);

7) шпонок – осуществляется фиксация и закрепление зубчатых колес, маховичков, шкивов, а также для передачи вращения от приводов к исполнительным механизмам приборов; соединение шпонками требует дополнительного крепления винтами, гайками, штифтами и т. п.;

8) шлицев с прямоугольным, треугольным или эвольвентным профилем; соединение осуществляется путем скользящей посадки шлицев охватываемой детали в шлицы охватывающей детали.

Большинство оптико-механических приборов (ОМП) работает в условиях вибраций, поэтому все винтовые соединения предохраняют от саморазвинчивания с помощью: контргаяк, шплинтов (рис. 22, а), пружинных шайб (рис. 22, б), деформируемых шайб (рис. 23, а), кернения (рис. 23, б), заливки клеем АК-20 или шеллаком (рис. 23, в), установки винтов на сурик (рис. 23, г); сурик – это смесь свинцового сурика (90 %) и натуральной олифы (10 %).

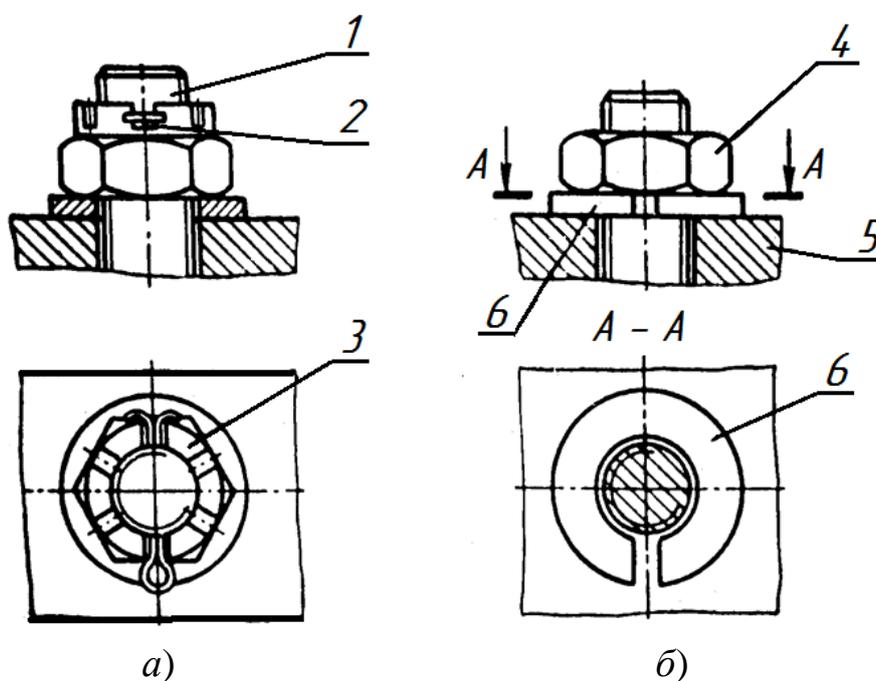


Рис. 22. Стопорение крепежных деталей:

а) шплинтом; б) пружинной шайбой

На рис. 22: 1 – винт (болт); 2 – шплинт; 3 – гайка; 4 – гайка; 5 – закрепляемая деталь; 6 – шайба.

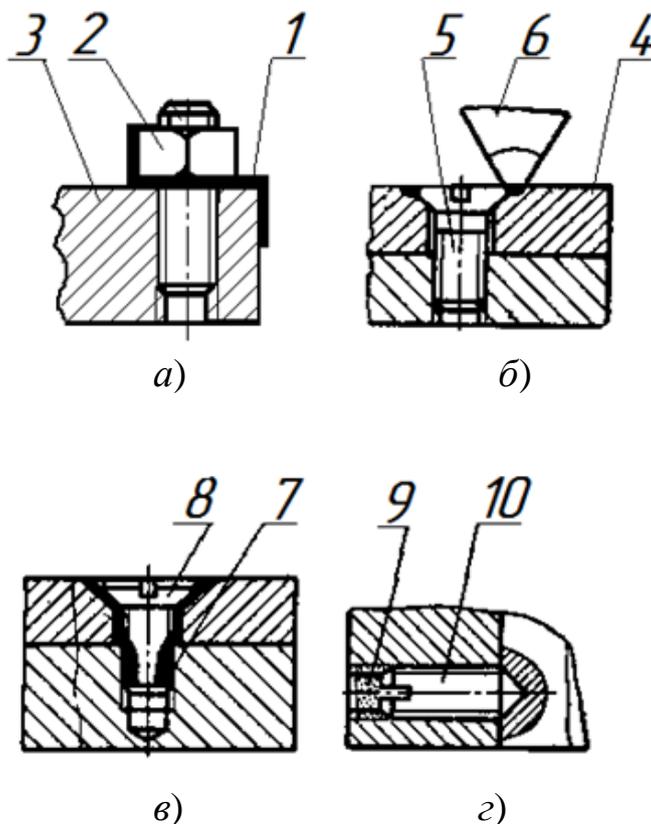


Рис. 23. Предохранение винтовых соединений от саморазвинчивания:

1, 4 – закрепляемые детали; 2 – гайка; 3 – деформируемая шайба; 5, 8, 10 – винты; 6 – кернер; 7 – шеллак; 9 – сурик

Неразъемными соединениями называют такие соединения, которые невозможно разобрать без нарушения элементов соединенных деталей. К этому виду соединения деталей относятся соединения заклепками, завальцовкой и развальцовкой, склейкой, сваркой и с гарантированным натягом.

Соединение заклепками применяется в тех случаях, когда невозможно применить сварку или пайку, например, соединение тормозного кольца с диском фрикционных муфт, соединение деталей, наготовленных из разнородных материалов (кожи, фибры и т. п.).

В процессе сборки ОМП выполняются операции по склеиванию оптических деталей с металлическими, и еще чаще – приклеивание прокладок.

Например, при сборке прицельных окуляров, чтобы предохранить сетку от поворота, осуществляет цементирование сетки глетоглицериновым клеем – цементом (раствор свинцового глета в обезвоженном глицерине).

Для соединения оптических деталей с металлическими применяется клей ОК-50 и ОК-46 (например, при сборке призм и линз видоискателей некоторых дальномерных фотоаппаратов).

Для приклеивания прокладок из бумаги, фибры, пробки и других материалов применяется клей АК-20, шеллачный клей.

При соединении деталей из теплоизоляционных материалов (пенопласта, фторопласта, текстолита), лакоткани, кожи, эбонита, фибры с металлическими деталями и деревом применяется клей БФ-4 и ПУ-2.

Для склеивания деталей из резины и прорезиненных тканей с металлическими и деревянными деталями применяется клей марки 88Н или термопеновый клей. Например, в шторных затворках склеивают прорезиненное шелковое полотно с планками из латуни клеем 88Н.

Склеиваемые поверхности перед нанесением клея тщательно обезжириваются ацетоном или петролейным эфиром. Клеевые соединения повышают герметичность СЕ, устойчивы к коррозии и вибрации.

Соединение деталей с гарантированным натягом осуществляют путем запрессовки охватываемой детали в отверстие охватывающей детали с натягом (рис. 24). Процесс запрессовки может осуществляться вручную при помощи молотка или ручного прессы, под машинным прессом, с нагревом охватывающей детали.

Соединение деталей развальцовкой осуществляется путем раскатки кромки одной детали и плотного прижатия этой кромки к поверхности детали (рис. 25).

Соединение развальцовкой применяется для сборки осей с зубчатыми колесами и других деталей, работающих с незначительными перегрузками.

Крепление деталей завальцовкой является самым распространенным способом соединения металлических деталей с оптическими деталями круглой формы (рис. 26). В массовом производстве завальцовку производят роликовой головкой.

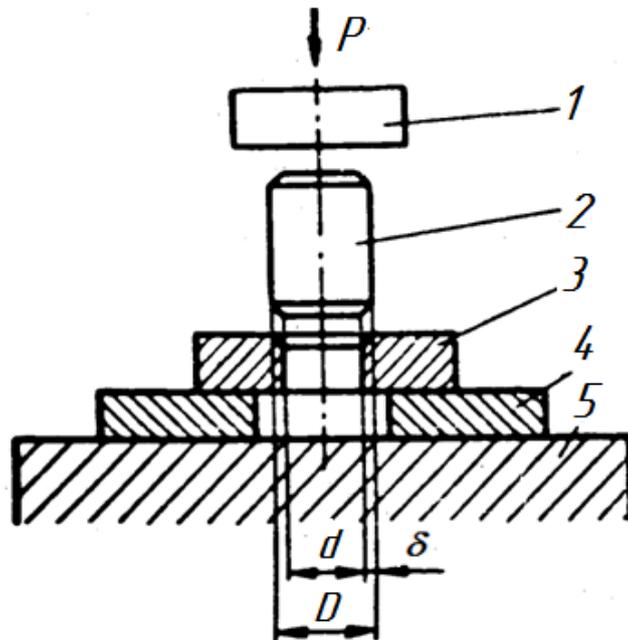


Рис. 24. Соединение деталей с натягом:

1 – пресс; 2 – охватываемая деталь; 3 – охватывающая деталь; 4 – приспособление; 5 – стол

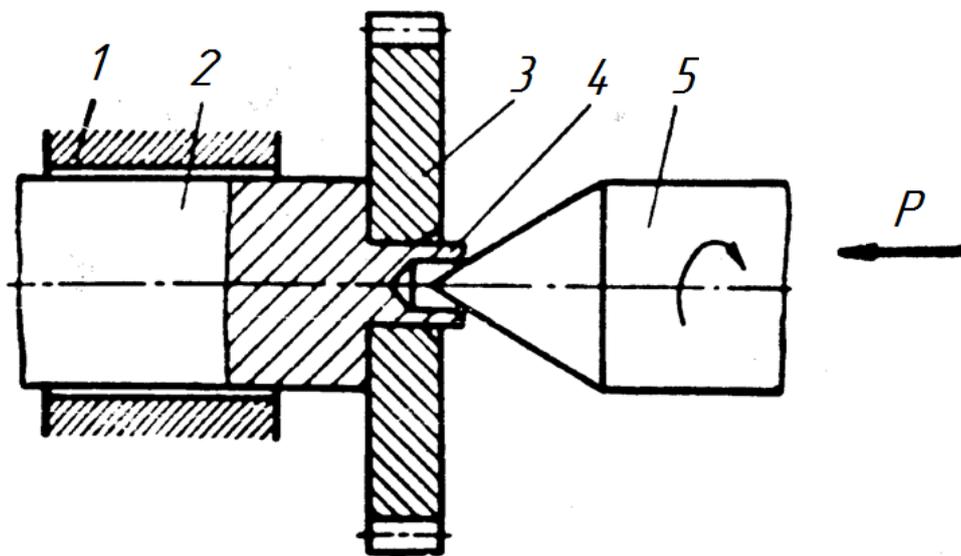


Рис. 25. Соединение деталей развальцовкой:

1 – зажимное устройство; 2 – ось; 3 – зубчатое колесо; 4 – кромка; 5 – коническая оправа

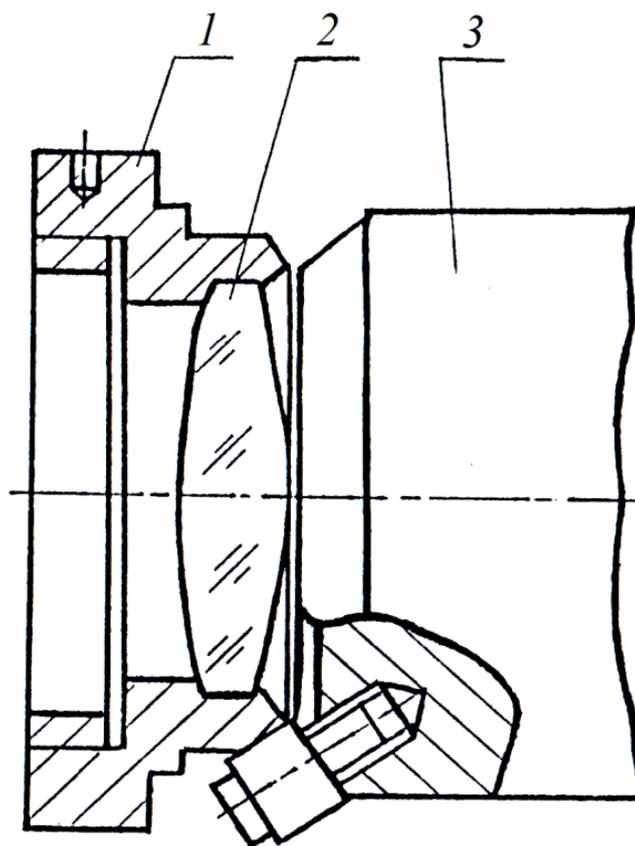


Рис. 26. Завальцовка роликовой головкой:

1 – оправа; 2 – линза; 3 – роликовая головка

### Юстировка. ТП юстировки, типы юстировки

Собранный прибор должен быть отъюстирован. Юстирунг (нем.) – выправлять.

Юстировка – это процесс приведения оптического прибора в рабочее состояние. Процесс юстировки состоит в том, чтобы малыми поворотами или сдвигами смежных деталей компенсировать погрешности изготовления и сборки деталей, сборочных единиц (СЕ) с тем, чтобы прибор имел заданные свойства. Юстировка является завершающим этапом процесса сборки.

В оптико-электронном приборе должно быть обеспечено правильное взаимное расположение не только между механическими деталями (для правильной работы механической системы), но и между оптическими

(для построения изображения и определения его положения в поле зрения), а также между оптическими деталями и приемниками лучистой энергии (для эффективной работы электронного канала).

Юстировочными базами называются любые оптические элементы, с помощью которых обеспечивается правильное взаимное положение схемных деталей в приборе.

Юстировочными базами детали (узла) служат элементы оптической детали (узла), определяющие направление лучей или положение изображения в приборе. Элементы детали: *точки* (узловая точка, вершина линзы, фокус линзы), *линии* (оптическая ось линзы, ребро призмы), *плоскости* (главная плоскость, грань призмы, плоскость главного сечения призмы). Указанные элементы оптических деталей, положение которых регулируется при сборке, определяют положение изображения или направления лучей.

Юстировка – процесс приведения ОП в рабочее состояние. Процесс юстировки складывается из четырех этапов.

1. Выявление ошибки в чистом виде, что достигается исследованием прибора или контролем во время сборки.

2. Собственно юстировка – устранение ошибки малыми подвижками съемных деталей.

3. Фиксация достигнутого положения.

4. Контроль.

Исследованием или контролем прибора называют процесс сравнения его характеристик с заданными параметрами. Сравнение осуществляют с естественными или искусственными эталонами, качественными или количественными. К естественным эталонам относятся: морской горизонт, нить с грузом, поверхность жидкости, длина волны света, диаметр луны, солнца и т. п. К искусственным – шкалы, коллиматоры и др.

Юстировка осуществляется с различными индивидуальностями, присущими только данному типу прибора. Например, геодезические приборы юстируют в результате выявления ошибки при развороте прибора на  $180^\circ$ .

Фиксация достигнутого положения осуществляется гипсовкой, склеиванием, закреплением зажимными винтами и т. п.

Контроль осуществляют на контрольно-юстировочных приборах (КЮП).

В настоящее время перспективны приборы, созданные по нерасстраиваемой схеме и с автоматическими компенсаторами.

Юстировка подразделяется на два вида: зависимая и независимая. В первом случае поворот зеркала 3 и смещение его вдоль оси Z вызывают нарушение центрирования системы (рис. 27, а). Во втором случае подвижка зеркал 1 и 2 вдоль оси Z не вызывает нарушения центрирования системы.

Независимыми юстировками называются такие малые подвижки схемных деталей, которые позволяют устранить какую-либо погрешность, не вызывая новых ошибок. Примером независимых подвижек может служить конструкция на рис. 27, б, которая позволяет изменить расстояние между компонентами 1 и 2, не нарушая их центрировки, смещением двух зеркал вдоль оси Z.

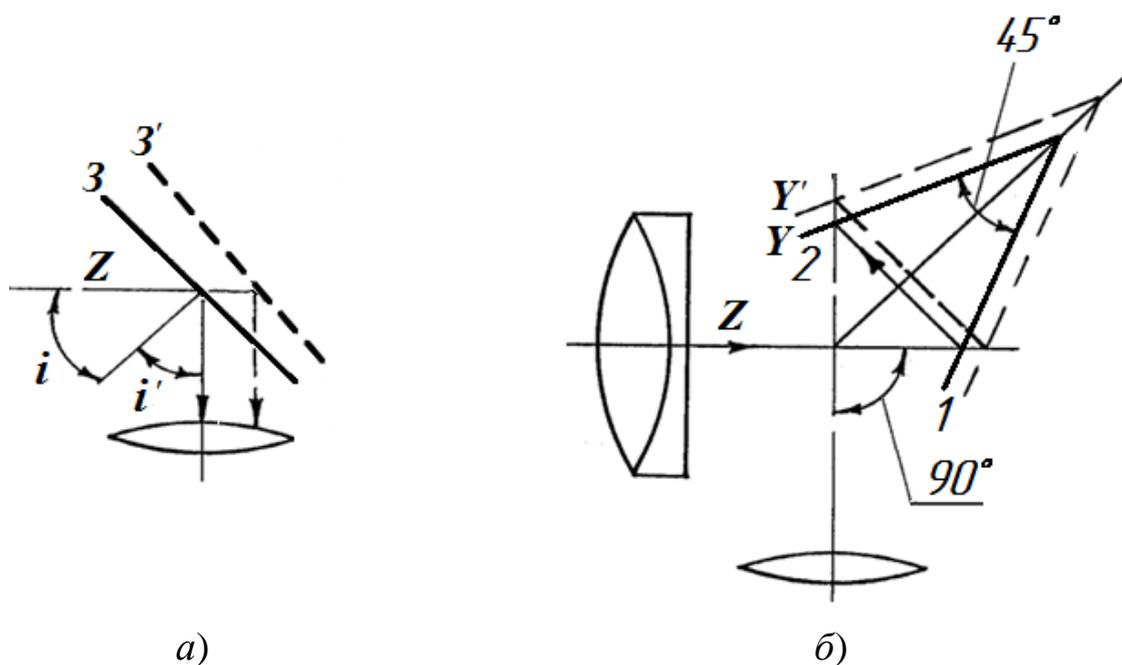


Рис. 27. Виды юстировок

## Лекция 6

# СБОРКА СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ С НАПРАВЛЯЮЩИМИ ДЛЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

### План лекции

1. Классификация направляющих.
2. Классификация направляющих.
3. Сборка цилиндрических направляющих для прямолинейного движения.
4. Сборка плоских направляющих для прямолинейного движения.
5. Сборка СЕ с направляющими трения качения для прямолинейного перемещения.
6. Сборка СЕ с направляющими вращательного движения с трением скольжения.
7. Сборка СЕ с направляющими вращательного движения с трением качения.

### Классификация направляющих

Направляющими называют устройства, обеспечивающие заданное движение деталей прибора относительно других деталей или СЕ. По виду движения различают направляющие для прямолинейного (рис. 28–30) и направляющие для вращательного движения (рис. 35), по виду трения – с трением скольжения (рис. 28, 29, 35, *а–в*) и с трением качения (рис. 30, 32, 35, *г*). Следует также различать направляющие без силового замыкания (открытые рис. 29, *а*, 30, *а, б*) и с силовым замыканием (замкнутые представлены на рис. 28, 29, *б–г*, 30, *в, г*).

Направляющие прямолинейного движения с трением скольжения часто применяют для перемещения сеток окуляра, тубусов микроскопов при грубой и тонкой наводке, различных столиков оптических приборов и др.

Направляющие прямолинейного движения с трением качения применяют для перемещения столиков микроскопов и других узлов, требующих легкого перемещения.

## Сборка цилиндрических направляющих для прямолинейного движения

К направляющим для прямолинейного движения предъявляются следующие ТТ:

- 1) сохранения параллельности движущейся детали заданной базе;
- 2) отсутствие поперечных смещений ползуна при прямолинейном перемещении;
- 3) плавность перемещения;
- 4) определенное усилие трогания движущейся детали с места.

В цилиндрических направляющих (рис. 28) для прямолинейного движения основной направляющей поверхностью является цилиндрическая поверхность. Чтобы исключить возможность взаимного поворота ползуна 2 относительно направляющей 1, на одной из деталей имеется выступ 3 – штифт (рис. 28, а) или шпонка (рис. 28, б), а на другой – соответствующий паз в направлении, параллельном движению.

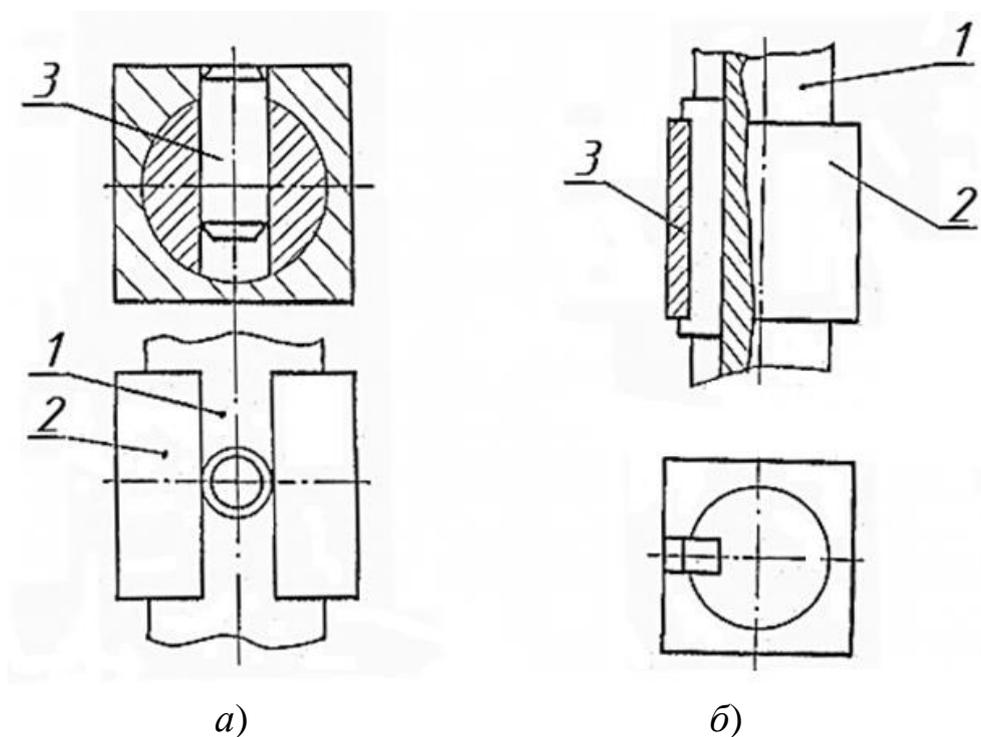


Рис. 28. Цилиндрические направляющие  
для прямолинейного движения

ТПС направляющих с цилиндрическими поверхностями:

- 1) промыть детали в ультразвуковой установке;
- 2) установить ползун 2 на направляющую 1 и при необходимости притереть до плавного хода с помощью абразивных паст и притиров;
- 3) промыть детали, если они притирались;
- 4) сверлить отверстие под штифт 3 и развернуть его;
- 5) штифтовать направляющую 1;
- 6) промыть детали;
- 7) смазать трущиеся поверхности (например, смазкой ОКБ-122-7 ГОСТ 18179–72\*);
- 8) установить шпонку 3 в ползун 2, а ползун 2 – на направляющей 1;
- 9) контролировать: параллельность движения ползуна 2, плавность перемещения, усилие трогания с места, радиальный зазор.

### **Сборка плоских направляющих для прямолинейного движения**

Плоские направляющие (рис. 29) представляют собой сочетание нескольких плоскостей, образующих в поперечном сечении треугольную, трапециевидную, прямоугольную форму.

ТПС направляющих треугольного сечения (рис. 29, а):

- 1) притереть ползун 2 к направляющей 1 до полного контакта прилегающих поверхностей;
- 2) промыть детали;
- 3) произвести декоративное шабрение поверхностей детали 1, так называемый «мороз»;
- 4) смазать трущиеся поверхности;
- 5) соединить сопрягаемые детали.

ТПС прямоугольных направляющих (рис. 29, б):

- 1) промыть детали в ультразвуковой установке;
- 2) смазать трущиеся поверхности деталей 1, 2, 3, 4;
- 3) установить ползун 2 и регулировочную планку 4 на направляющую 1;
- 4) установить и закрепить винтами планки 3;

5) регулировать плавность хода ползуна 2 с помощью регулировочных винтов 5 с контргайками;

б) контролировать: прямолинейность и плавность хода, усилие трогания с места; зазор между ползуном и направляющей.

ТПС СЕ с направляющей типа «ласточкин хвост» (рис. 29, в):

1) промыть детали в ультразвуковой установке;

2) привинтить направляющие 3 и б;

3) притереть ползун 2 при помощи абразивных паст до плавного хода, обеспечив необходимую посадку в направляющих;

4) разобрать;

5) промыть;

б) собрать;

7) отрегулировать плавность хода, усилие трогания с места; прямолинейность и плавность хода, предварительно смазав трущиеся поверхности смазкой ОКБ-122-7 по ГОСТ 18179-72 [21];

8) по направляющим 3 и б сверлить и развернуть четыре отверстия в корпусе 1 под штифты;

9) штифтовать;

10) контроль ТТ.

ТПС направляющих трапецеидальной формы (рис. 29, г):

1) промыть детали на ультразвуковой установке;

2) крепить направляющую 1 двумя винтами 4 к плите 3;

3) надеть на направляющую 1 ползун 2 и притереть;

4) разобрать СЕ;

5) промыть СЕ;

б) собрать окончательно;

7) сверлить, развернуть два отверстия в детали 1 по детали 3 под штифты;

8) штифтовать;

9) смазать трущиеся поверхности деталей смазкой ОКБ-122-7;

10) контроль ТТ.

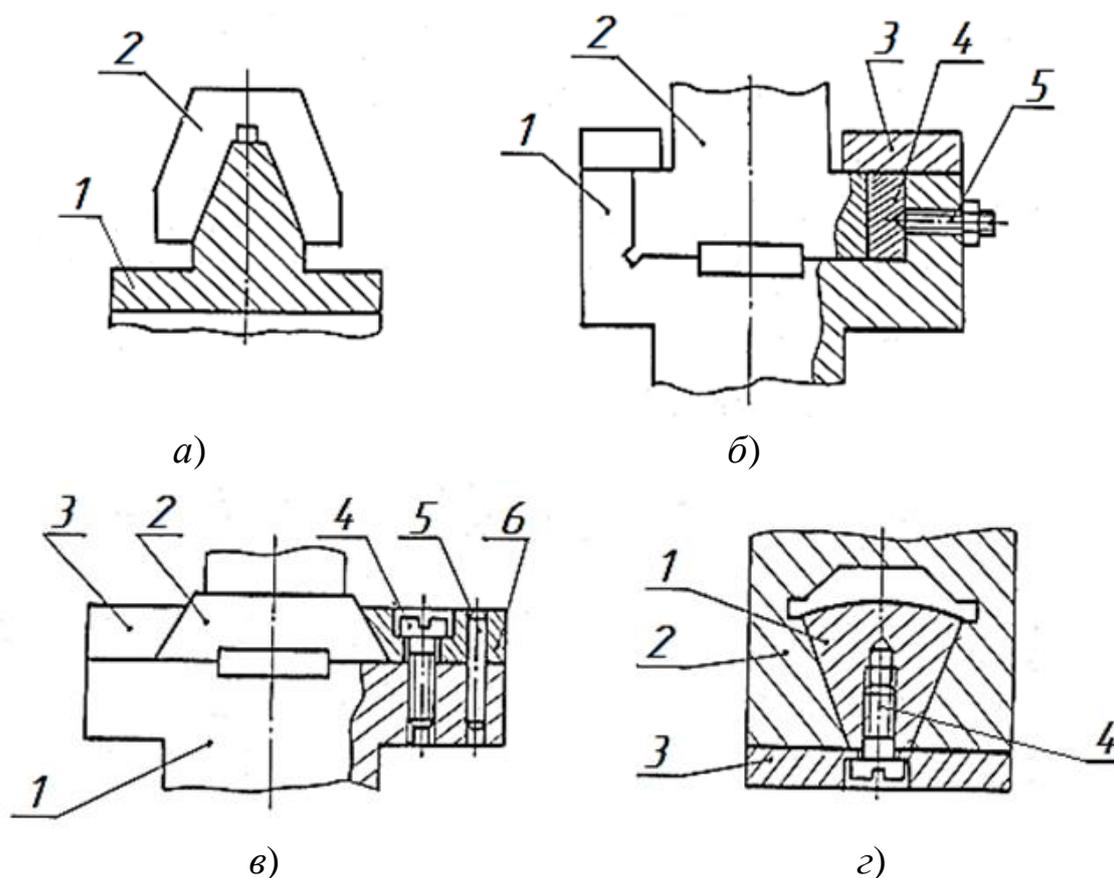


Рис. 29. Направляющие с трением скольжения

### Сборка СЕ с направляющими трения качения для прямолинейного перемещения

В зависимости от формы тел качения различают направляющие на роликах (рис. 30, а, б) и на шариках (рис. 30, в, г).

По форме направляющих поверхностей направляющие делятся на цилиндрические (рис. 30, а) и призматические (рис. 30, в), а по виду замыкания – на открытые (рис. 30, а, б) и закрытые (рис. 30 в, г).

Для выдерживания заданного расстояния между шариками (роликами) и их положений относительно направляющих служат сепараторы (рис. 31). Сепаратор 1 имеет отверстия диаметром  $D$  для шариков и вырез, в который входит штифт 2, ограничивающий перемещение сепаратора.

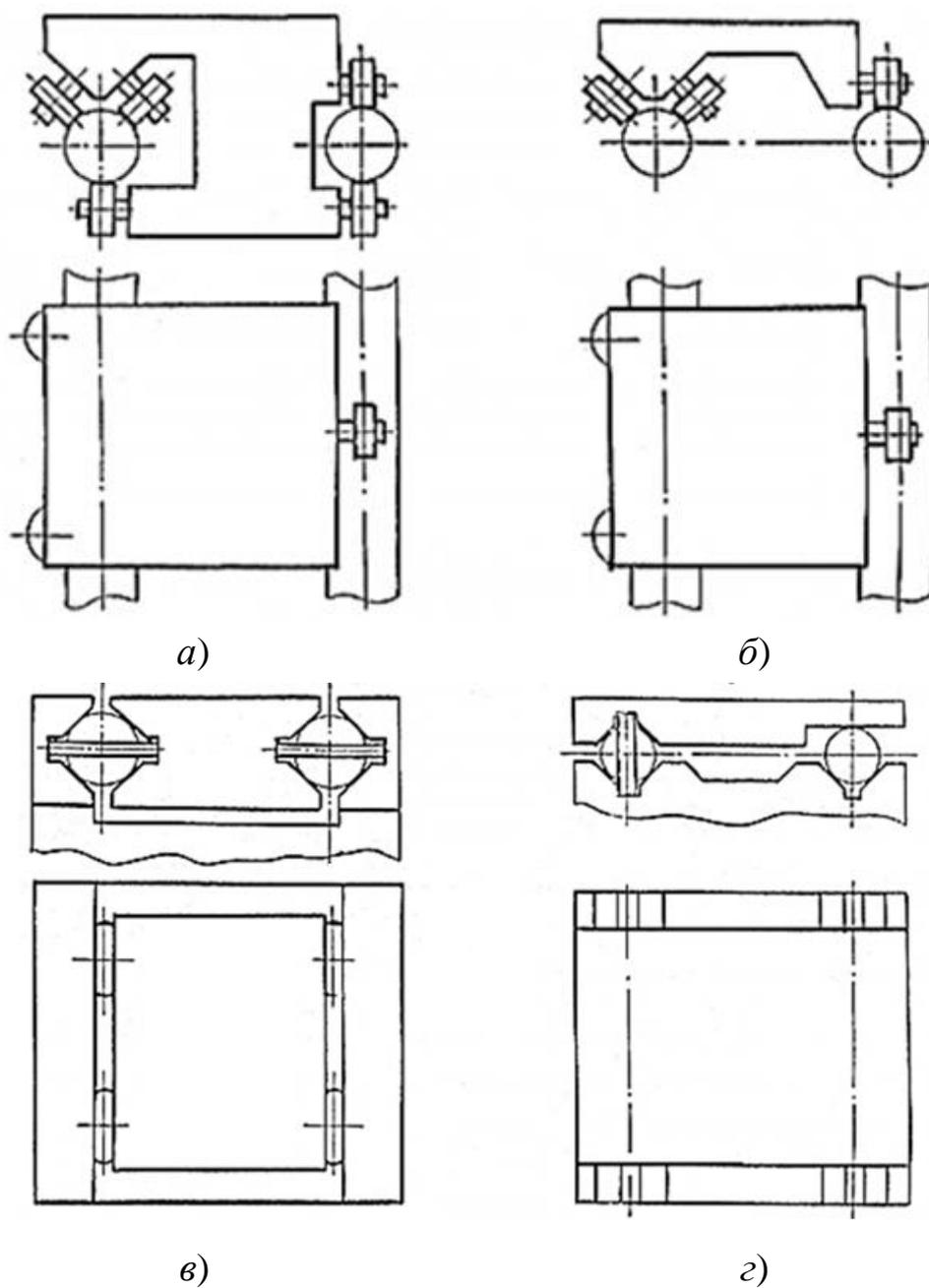


Рис. 30. Направляющие с трением качения

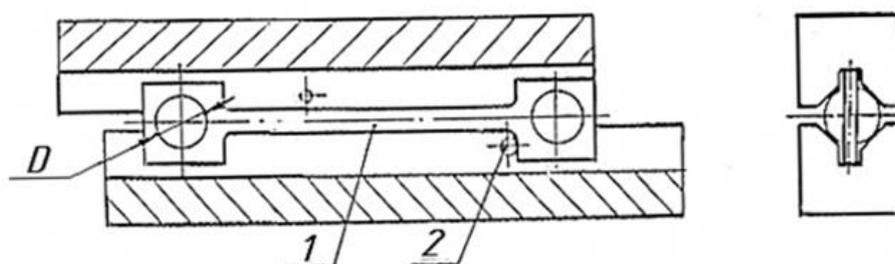


Рис. 31. Сепаратор в направляющих



Контроль прямолинейности хода направляющих чаще всего производится с помощью автоколлиматора (рис. 33):

1) установить и закрепить плоскопараллельное зеркало 5 на угольнике 3, имеющем установочные винты 4;

2) установить угольник 3 на перемещающуюся деталь 2 направляющей 1;

3) перпендикулярно отражающей плоскости зеркала установить автоколлимационную зрительную трубу 6, в фокальной плоскости которой находится сетка 7 с перекрестием и делениями;

4) наблюдая в окуляр зрительной трубы, совместить отраженное от зеркала изображение сетки 7 с самой сеткой установочными винтами 4. При этом в поле зрения 8 зрительной трубы будут видны совмещенные штрихи перекрестия сетки и автоколлимационного изображения;

5) перемещая деталь 2 с закрепленным на ней зеркалом, проверить прямолинейность перемещения этой детали совместно с направляющей 1. При этом автоколлимационное изображение 9 не должно смещаться с перекрестия сетки за пределы указанного допуска на прямолинейность.

В тех случаях, когда величина непрямолинейности выходит за пределы допускаемой, пригоняются трущиеся поверхности сопрягаемых деталей 1 и 2 путем шабрения и притирки.

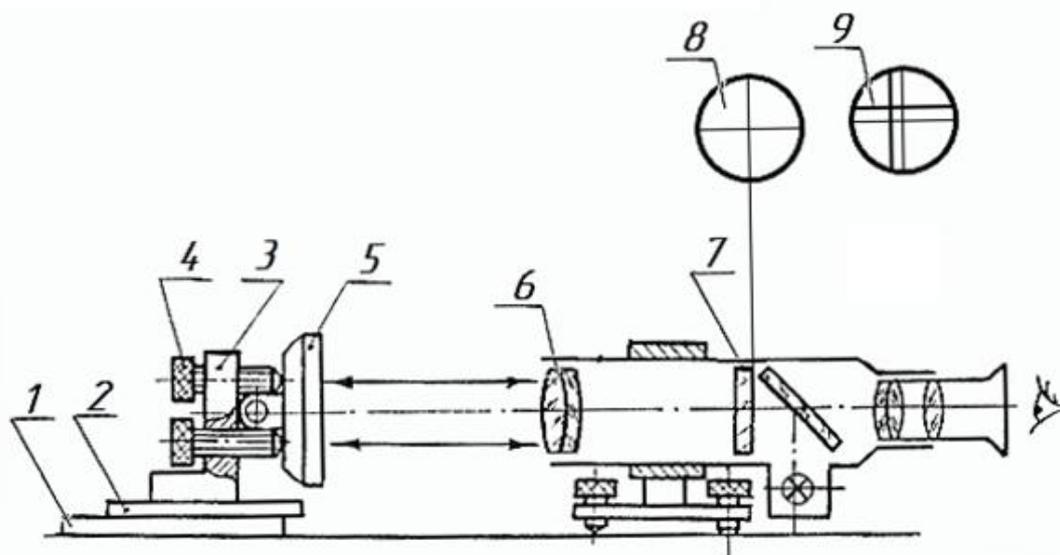


Рис. 33. Схема контроля направляющей при помощи автоколлимационной зрительной трубы

Контроль усилия трогания ползуна осуществляется с помощью динамометра. Основание крепится на приспособлении, в торец ползуна упирается наконечник динамометра и по отклонению стрелки снимается показание. Во время движения ползуна усилие уменьшится и должно колебаться в заданных пределах по ТТ. Это будет характеризовать плавность хода.

Зазор в соединении определяется по индикатору 4 при нажиме динамометром 1 на ползун 2 с одной стороны и с другой. Разность показаний индикатора 4 даст величину зазора в соединении (см. рис. 34) [1, 2].

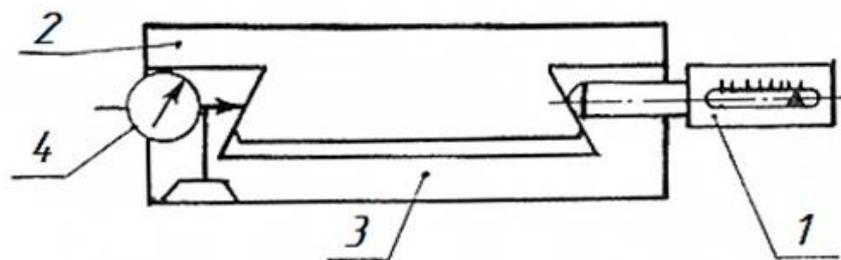


Рис. 34. Определение зазора по индикатору

### **Сборка СЕ с направляющими вращательного движения с трением скольжения**

Направляющие вращательного движения, которые называют опорами или подшипниками, состоят из цапфы 1 и втулки 2 (рис. 35). В зависимости от формы сопрягаемых поверхностей различают опоры с цилиндрической (рис. 35, а), конической (рис. 35, б), сферической (рис. 35, в) рабочей поверхностью.

Направляющие вращательного движения с трением скольжения по цилиндрическим поверхностям (см. рис. 35, а) применяют для узлов, вращающихся с небольшими скоростями. Эти направляющие чувствительны к температуре, изменение которой вызывает линейное расширение, а вместе с ним – торможение и заклинивание деталей. Это явление заставляет систематически подавать смазку в зазоры трущихся поверхностей.

Направляющие вращательного движения с трением скольжения по коническим поверхностям (см. рис. 35, б) применяют в точных измерительных приборах, например в теодолитах, окулярных штриховых головках и т. д.

Направляющие вращательного движения с трением скольжения по сферической поверхности (см. рис. 35, в) применяют для закрепления в них шаровых пят приборов, например закрепления артиллерийской буссоли в направляющей зажимной сферической части.

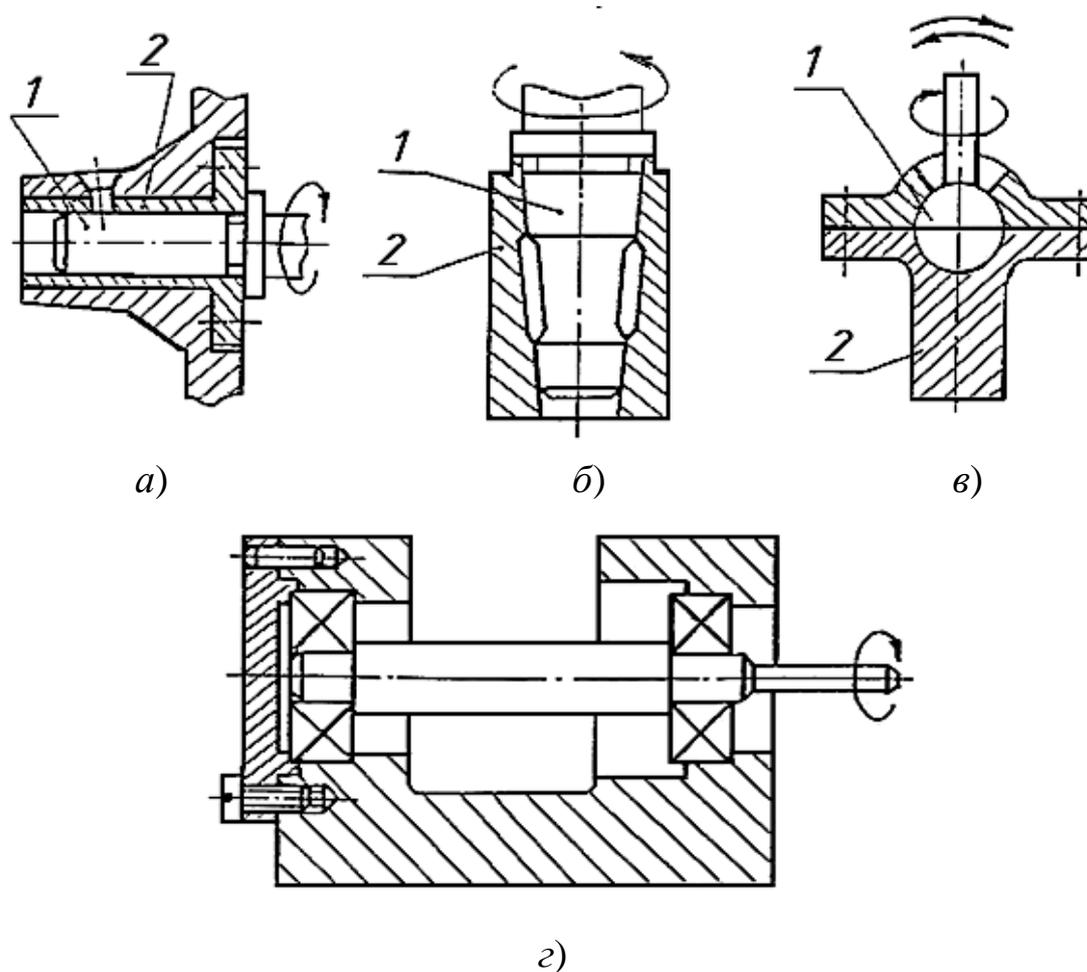


Рис. 35. Виды направляющих вращательного движения

ТПС направляющих вращательного движения с трением скольжения:

- 1) промыть детали в ультразвуковой установке;
- 2) притереть сопрягаемые поверхности;
- 3) промыть детали;

- 4) смазать трущиеся поверхности;
- 5) соединить сопрягаемые детали;
- 6) контролировать ТТ.

У направляющих с цилиндрической и сферической поверхностями контролируется зазор в соединении. У направляющих с конической поверхностью – равенство углов конических поверхностей цапфы и втулки. Кроме того, контролируют момент трогания и вращения, радиальное торцевое биение.

В точных направляющих зазор между цапфой и втулкой измеряют косвенным методом с помощью автоколлиматора (рис. 36).

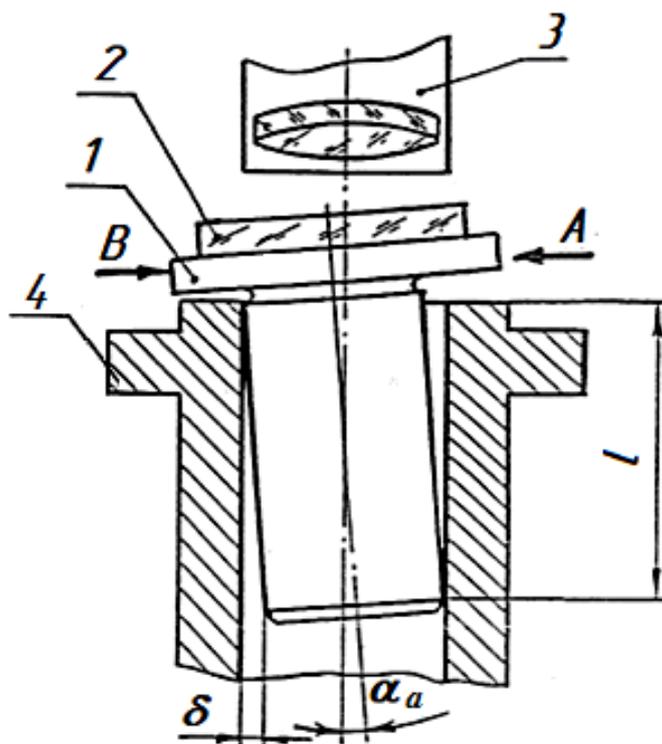


Рис. 36. Схема контроля зазора в цилиндрических направляющих

На торце цапфы 1 укрепляют плоское зеркало 2. Автоколлиматор 3 устанавливают на одной на одной оси с втулкой 4. К цапфе прикладывают последовательно с двух сторон (по стрелке  $A$  и  $B$ ) усилие, достаточное для наклона ее в пределах зазора  $\delta$ . В крайних положениях снимают отсчеты по автоколлиматору и вычисляют действительный зазор по формуле:

$$\delta = 0,5\Delta\alpha l \rho \text{ в мм,}$$

где  $\Delta\alpha = \alpha_a - \alpha_b$  – абсолютное значение разности отсчетов в секундах;

$l$  – длина сопрягаемой поверхности в миллиметрах;

$\rho$  – переводной коэффициент ( $\rho = 0,000\ 05$ ).

### **Сборка СЕ с направляющими вращательного движения с трением качения**

В оптических приборах широко применяют радиальные, радиально-упорные и упорные подшипники для узлов, требующих вращения с повышенной скоростью. Эти направляющие имеют малую чувствительность к изменению температуры и требуют незначительного количества смазки.

ТПС шарикоподшипников следующий (рис. 35, з):

- 1) промыть детали и подшипники;
- 2) комплектовать подшипники с определенной посадкой по диаметру вала и отверстию в корпусе;
- 3) промыть детали и подшипники;
- 4) смазать подшипники;
- 5) установить подшипники;
- 6) регулировать подшипники;
- 7) контролировать ТТ (радиальное и торцевое биение, момент вращения).

Радиальное и торцевое биение контролируется индикатором, закрепленным на подставке. Момент вращения – моментомером [1, 2].

## **Лекция 7**

# **СБОРКА СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ С ВИНТОВЫМИ МЕХАНИЗМАМИ**

### **План лекции**

1. Классификация винтовых механизмов.
2. Требования, предъявляемые к винтовым механизмам.
3. Сборка отсчетных винтовых механизмов.
4. Контроль винтовых механизмов.

### **Классификация винтовых механизмов**

Винтовыми механизмами называют передаточные устройства, преобразующие вращательное движение винта или гайки в их горизонтальное перемещение.

Примерами винтовых механизмов движения являются винтовые пары подъемных домкратов, столов, которые служат для установки изделий при их сборке, контроле и юстировке на нужную высоту; винтовые пары микрометров, микроузла микроскопов, винтовых окулярных микрометров.

Винтовые механизмы классифицируют по нескольким признакам (рис. 37). В оптико-механических приборах используют винтовые пары с метрической и трапецеидальной стандартными резьбами. Метрическую резьбу применяют для пар, несущих малые нагрузки, а также если требуется малый шаг резьбы. Трапецеидальный профиль резьбы выбирают для винтовых пар, несущих большие нагрузки, с большим шагом перемещения. Кроме того, трапецеидальный профиль резьбы обеспечивает большую точность перемещения и создает меньшее трение в резьбе за счет меньшего угла профиля резьбы ( $30^\circ$ ).

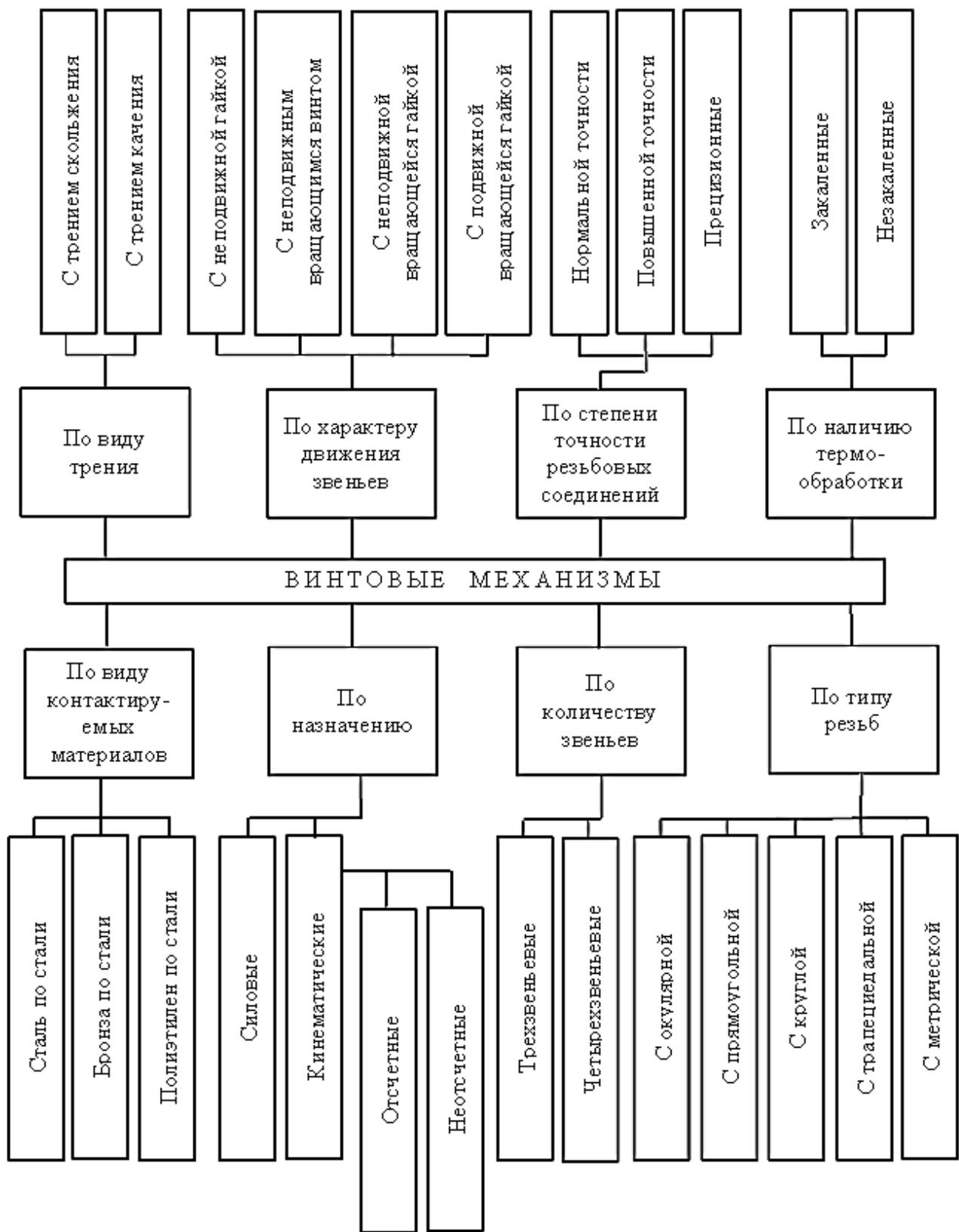


Рис. 37. Классификация винтовых механизмов

## Требования, предъявляемые к винтовым механизмам

В приборостроении особое значение имеют отсчетные винтовые механизмы, к которым предъявляются ТТ к точности осевого перемещения и направления перемещения, к плавности вращения, к долговечности работы винтовой пары.

Под точностью осевого перемещения винтового механизма понимают постоянство величин перемещений при одних и тех же углах поворота  $\varphi$  на любых участках винта в пределах рабочего хода механизма. Это требование обеспечивается качественной нарезкой профиля и шага резьбы на всей длине перемещения, а также притиранием профиля резьбы мелкими абразивами и пастами.

Теоретическая зависимость линейного перемещения от угла поворота винта  $\varphi$  (или числа оборотов  $n$ ) выражается прямой линией I (рис. 38). В действительности зависимости линейных перемещений (кривая II) отличаются от теоретической, механизм работает с кинематической погрешностью. Различают два вида погрешностей: периодические ( $\Delta l'_k$ ) и накопленные ( $\Delta l_k$ ).

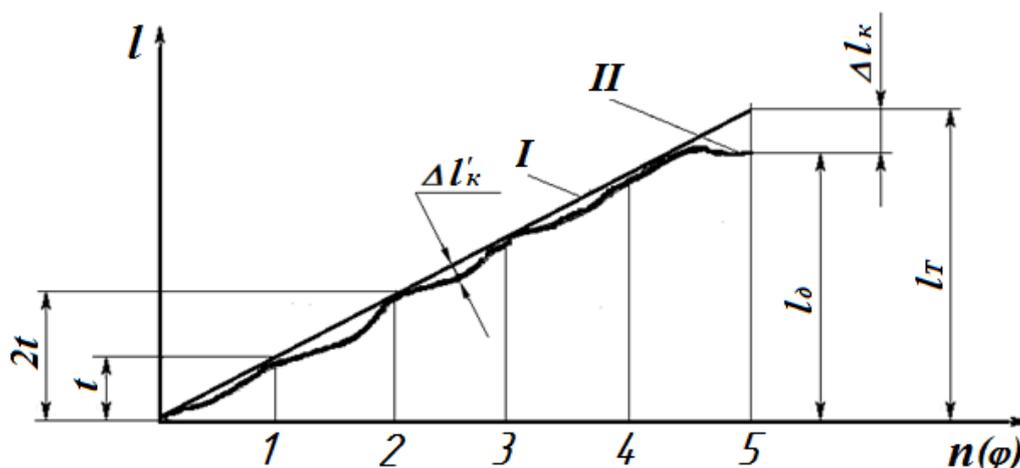


Рис. 38. Погрешности винтового механизма

Периодическими (циклическими) называют погрешности, которые повторяются периодически через примерно равные углы поворота винта.

Накопленными (ходовыми) называют погрешности, которые накапливаются в пределах некоторого угла поворота винта. Накопленную погрешность  $\Delta l_k$  определяют как разность между теоретическими  $l_T$  и действительными  $l_D$  линейными перемещениями за один и тот же угол поворота винта.

Плавность вращения обеспечивают качественной обработкой сопрягаемых поверхностей, регулировочными устройствами, определенным крутящим моментом.

Долговечность работы обеспечивается путем применения материалов в благоприятном сочетании: винт из закаленной или незакаленной стали, гайки – из бронзы, латуни или полиэтилена, а также за счет использования разрезных гаек (рис. 39, а, б) с радиальной и осевой выборкой зазора (рис. 39, в, г), которые позволяют регулировать величину зазора и мертвого хода резьбы, а также компенсировать износ элементов резьбы при эксплуатации изделия путем стягивания гайки кольцом с конической резьбой. Кроме того, долговечность обеспечивается своевременной смазкой трущихся поверхностей винтовой пары.

Существуют конструкции с радиальной выборкой зазора (см. рис. 39, а) с разрезной гайкой 1 и стяжным винтом 3, но при этом создается неодинаковое по контуру винта 2 обжатие, вызывающее неравномерный износ гайки. В устройстве (см. рис. 39, б) необходимый зазор между резьбовыми поверхностями винта 5 и разрезной (цанговой) гайки 6 устанавливают с помощью гайки 4, навинчиваемой на коническую резьбу гайки 6.

В устройстве с осевой выборкой зазора в резьбовой паре регулируют за счет относительного смещения отдельных частей механизма, например в конструкции, изображенной на рис. 39, в – перемещением в ту или другую сторону регулировочной гайки 7 в корпусе 8. Стопорным винтом 9 фиксируют найденное положение регулировочной гайки. В устройстве на рис. 39, г необходимый осевой зазор устанавливают с помощью пружины 9, которая раздвигает гайки 10 и 11, навинченные на винт 12, в осевом направлении. Штифт 13 препятствует вращению гайки 10 относительно гайки 11.

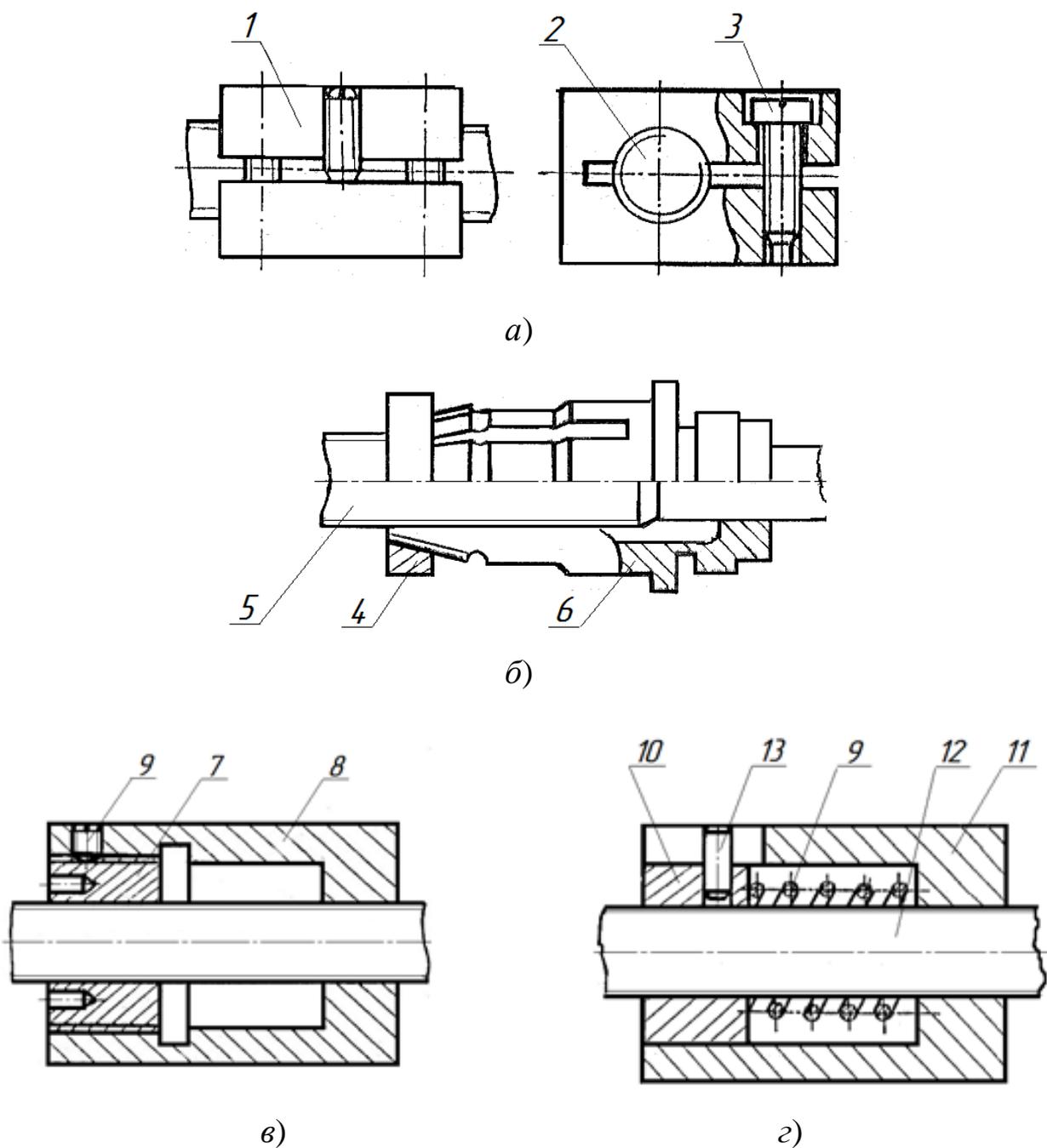


Рис. 39. Регулирование зазоров

### Сборка отсчетных винтовых механизмов

Винтовые механизмы с нерегулируемым зазором в резьбовом соединении (рис. 40) собирают методом индивидуальной пригонки. При обработке резьбовых поверхностей винта и гайки оставляют небольшой припуск на притирку. Притирку ведут притирами на токарном станке пастой

ГОИ, после чего гайка должна плавно, без качаний с постоянным усилием перемещаться по всей длине винта.

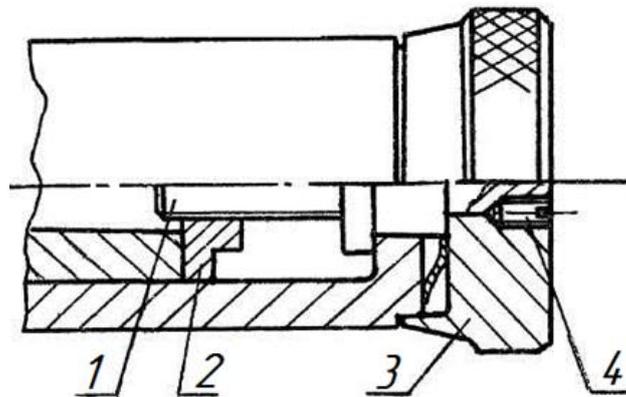


Рис. 40. Винтовой механизм окуляр – микрометра с нерегулируемым зазором:

1 – винт; 2 – гайка; 3 – барабанчик; 4 – винт

Винтовой механизм с устройством для регулирования зазора (рис. 41) собирают следующим образом. Плавность работы механизма обеспечивают притиркой винта 1 и гайки 2 пастой ГОИ. После промывки деталей и повторной сборки механизма со смазкой проводят регулировку зазора гайкой 4, добиваясь плавности хода без перевалов, люфтов и мертвого хода. Затем контролируют точность работы механизма.

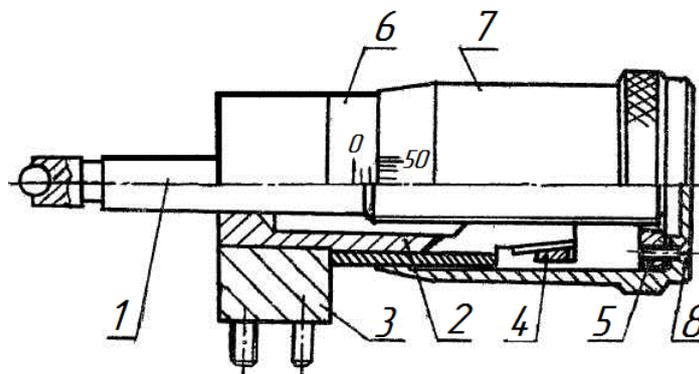


Рис. 41. Микровинт к прибору ЧП-2 с регулируемым зазором:

1 – винт; 2 – гайка; 3 – стойка; 4 – гайка; 5 – кольцо; 6 – гильза; 7 – барабан; 8 – винт

На винтовой механизм, соответствующий ТТ по всем параметрам, устанавливается гильза 6 с поперечными делениями от нуля до 25 мм и барабан 7 с продольными делениями от нуля до 100 (что соответствует отсчету с точностью до 0,01 мм), закрепляемый на винте 1 с помощью кольца 5 и винтов 8. В приборе винтовой механизм закрепляется на стойке 3.

Технологический процесс сборки микрометрического винтового механизма инструментального микроскопа малой модели (рис. 42) осуществляется в следующей последовательности:

- 1) запрессовать шарик 1 в отверстие микровинта 2;
- 2) напрессовать втулку 4 со шкалой на наружную цилиндрическую поверхность микрогайки 3;
- 3) навинтить микрогайку 3 на микровинт 2 и выполнить их совместную притирку пастой ГОИ, выдерживая нужный зазор в резьбе гайкой 8 путем навинчивания ее на коническую разрезную часть микрогайки 3. При этом резьбовая часть микрогайки способна сжиматься, так как она имеет несколько прорезей;
- 4) промыть винтовую пару в бензине и проводить повторную сборку на смазке, добиваясь плавности хода без перевалов, люфтов и мертвого хода;
- 5) укрепить барабан 6 на гильзе 5 при помощи резьбового кольца 7;
- 6) надеть собранный барабан 6 с гильзой 5 на микровинт 2;

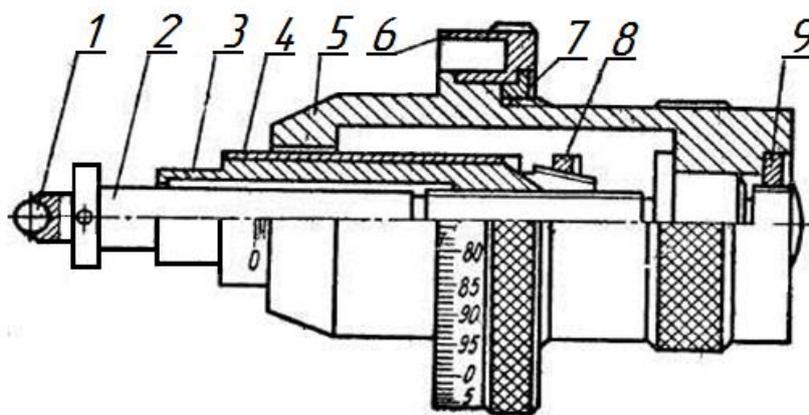


Рис. 42. Микрометрический винтовой механизм:

1 – шарик; 2 – микровинт; 3 – микрогайка; 4 – втулка; 5 – гильза; 6 – барабан; 7 – резьбовое кольцо; 8 – гайка; 9 – резьбовое кольцо

- 7) закрепить гильзу 5 на микровинте 2 резьбовым кольцом 9, совместив нулевой штрих барабана 6 с продольным штрихом шкалы втулки 4. При этом отсчетный торец гильзы 5 должен совпадать с одним из штрихов шкалы втулки 4 (достигается разворотом по резьбе микровинта 2);
- 8) проверить точность отсчета винтового механизма.

### Контроль винтовых механизмов

Плавность хода винтового механизма контролируется в процессе притирки, регулировки зазора в резьбовом сопряжении с помощью моментомера (рис. 43). Моментмер закрепляется винтом 6 на контролируемом винте. Удерживая гайку винтового механизма рукой, за рукоятку 3 начинают вращать винт. Рукоятка, отклоняясь от исходного положения на определенную величину под воздействием пружины 4, по шкале 5 указывает момент трогания с места и момент вращения винта.

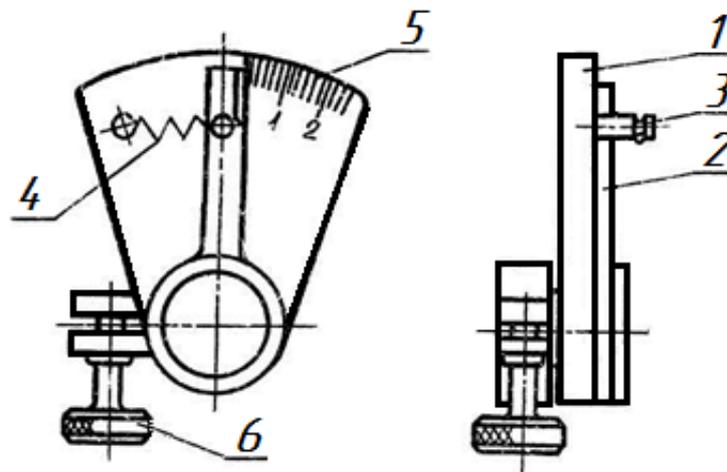


Рис. 43. Моментмер

Радиальный зазор в резьбовом соединении контролируют в специальном приспособлении (рис. 44). Прибор состоит из основания 1, стоек 5 и 9, в которых устанавливают подвижный 4 и неподвижный 8 центры. На стойке 13 устанавливают груз, и в направляющих перемещается тяга. На угольнике 10 крепится микатор 6 (ИПМ-0,5 с ценой деления 0,000 5 мм).

Измеряемый винтовой механизм 7 устанавливают в центрах. При этом наконечник индикатора касается поверхности гайки проверяемого винтового механизма. Затем грузом, перекидываемым на 180° вокруг оси 2, нагружают тягу через палец 12. В свою очередь тяга передает нагрузку гайке винтового механизма. Перекидывая груз, поочередно нагружают гайку в указанных стрелками направлениях. При этом стрелка индикатора будет отклоняться в ту или другую сторону от исходного положения. Количество делений между крайними положениями стрелки индикатора при полной нагрузке с одной и другой стороны даст радиальный зазор в соединении между винтом и гайкой [3].

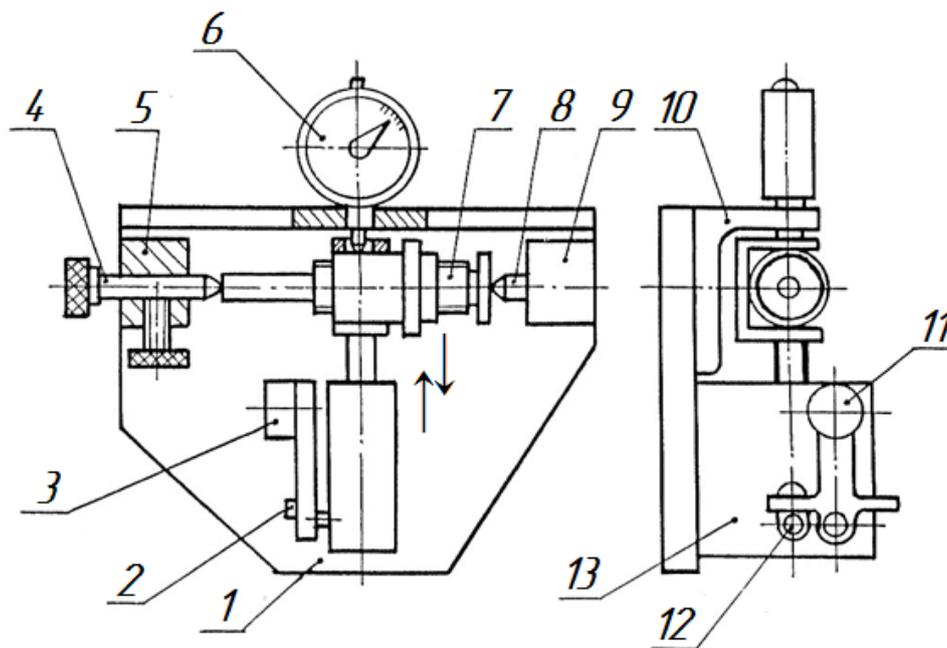


Рис. 44. Прибор для контроля радиального зазора

Прибор для контроля осевого зазора (рис. 45) состоит из основания 1, стойки 6, в центрах 2 и 8 которой закрепляется рукояткой 9 измеряемый винтовой механизм, состоящий из гайки 5 и винта 7, стойки 10, на которой крепится система измерительных рычагов 11 с микатором 12 ИПМ-0,5, стойки 3, в направляющих которой перемещается нагрузочное устройство 4 и рычаг 14 с грузом 13. При указанном расположении груза нагрузка на гайку будет действовать вверх [3].

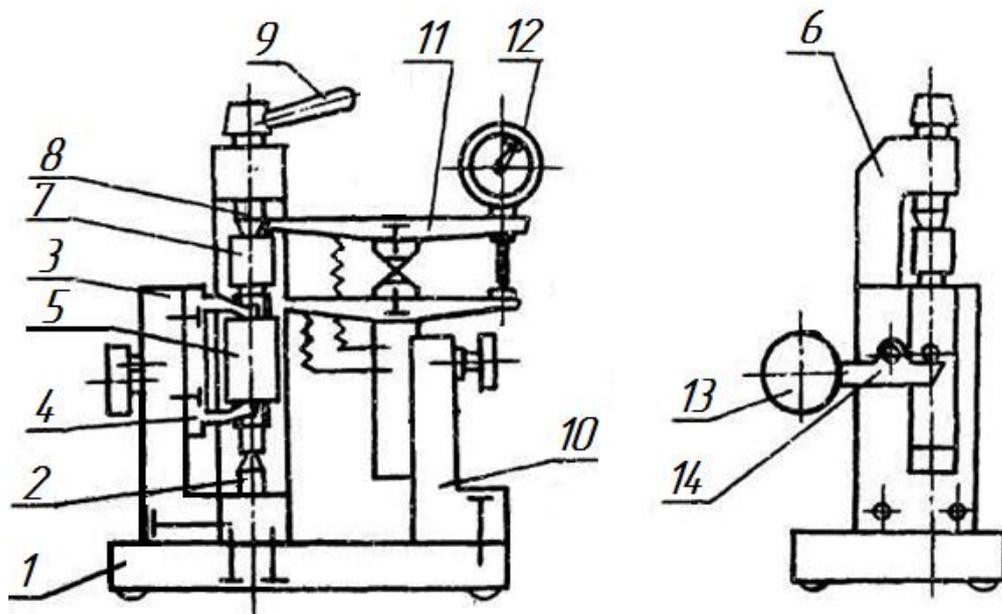


Рис. 45. Прибор для контроля осевого зазора винтовой пары

Контроль точности винтового механизма можно производить на приборе (рис. 46), обеспечивающем измерение шага, циклической ошибки в пределах одного оборота и накопленной ошибки шага с точностью до 0,001 мм. В качестве оптического измерительного устройства использован горизонтальный длинномер КИЗ-2, состоящий из основания 12, корпуса 10, пинולי со шкалой 6 и микроскопа 7. Для обеспечения точности поворота винта 13 на определенный угол, в приборе используется автоколлиматор 3.

Процесс измерения шага резьбы заключается в следующем. Контролируемый микрометрический винтовой механизм закрепляется на стойке 5 прижимами 4. Для контроля угла поворота винта на нем закрепляется оправка 2, имеющая два или четыре зеркала 8, расположенные соответственно под углом  $180^\circ$  или  $90^\circ$ . Разворотом оправы 2 с винтом вокруг оси добиваются совмещения автоколлимационного изображения марки с перекрестием автоколлиматора 3. Под действием груза 11 наконечник механизма нагружения 9 прижимается к торцевой поверхности винта, при этом снимают отсчет по микроскопу 7. Поворачивают винт механизма на один или несколько оборотов, добиваясь совмещения автоколлимационного изображения марки с перекрестием автоколлиматора, и вновь снимают отсчет.

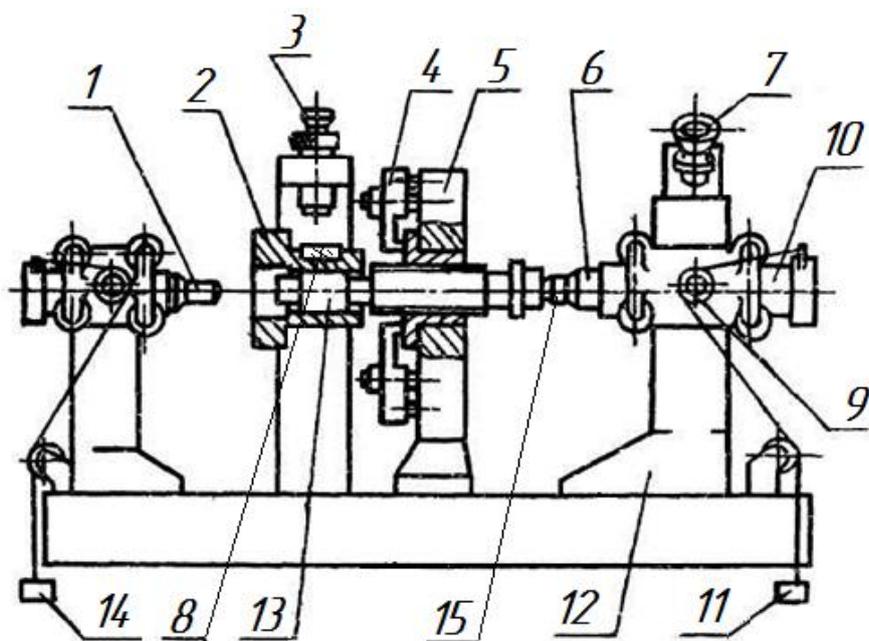


Рис. 46. Прибор для комплексного контроля винтовой пары

По разности показаний определяют величину поступательного перемещения контролируемого винтового механизма за определенное число оборотов.

Для определения циклической ошибки шага в пределах одного оборота поочередно совмещают каждое зеркало 8 оправы 2 с положением, при котором изображение автоколлимационной марки приходит в центр перекрестия сетки, и снимают отсчеты.

При измерении осевого люфта на контролируемый винтовой механизм, закрепленный в центрах 1 и 15, попеременно прикладывают грузы 11 и 14 и оценивают разность показаний микроскопа 7 [4].

Для определения точности отсчета винтового механизма устанавливают собранный микрометрический механизм на микроскопе и по образцовой шкале определяют величину погрешности следующим образом.

Во-первых, устанавливают образцовую шкалу 1 (рис. 47) с ценой деления 0,1 мм на стекле 4 стола контрольного микроскопа параллельно ходу салазок стола. При этом горизонтальный штрих 3 сетки окуляра микроскопа должен быть параллелен продольной риске образцовой шкалы, а перекрестие сетки микроскопа не должно смещаться с продольной риски образцовой шкалы 2 на всем пути перемещения стола с образцовой шкалой.

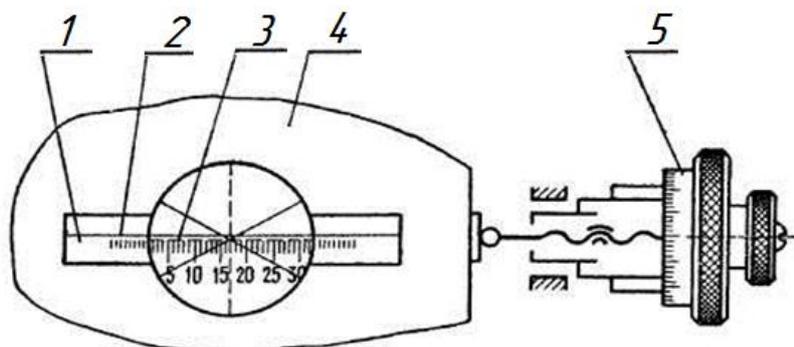


Рис. 47. Схема проверки микрометрического винтового механизма микроскопа

Во-вторых, перемещая стол микроскопа вращением барабана 5 проверяемого винтового механизма, последовательно совмещают деления образцовой шкалы 1 с вертикальным штрихом окуляра микроскопа для каждого деления барабана 5, следующего через 0,1 мм в пределах одного оборота барабана, и далее через 1 мм. Показания шкалы отсчетного барабана 5 должны совпадать с величиной перемещения образцовой шкалы. Например, после наведения на нулевой штрих образцовой шкалы стол переместили до 25-миллиметрового штриха образцовой шкалы. На шкале отсчетного барабана также должно быть число 25. В противном случае разность этих двух отсчетов будет составлять величину погрешности винтовой пары. Допускаемая погрешность – не более 0,003 мм, т. е. одна треть интервала деления барабана 5.

На этом же микроскопе (см. рис. 47) контролируют и величину мертвого хода, т. е. отставание ведомого звена от ведущего по углу поворота при перемене направления вращения последнего. Для этого, вращая измерительный барабан в одну сторону, совмещают индекс сетки окуляра с каким-либо целым делением шкалы и записывают отсчет по образцовой шкале. Поворачивая барабан на один оборот в противоположную сторону, перемещают винт на некоторое заданное расстояние и снова снимают отсчет по образцовой шкале. Разность этих отсчетов даст величину перемещения винта. Затем сравнивают эту величину с величиной заданного ранее расстояния и определяют величину мертвого хода. Например, если при вращении барабана в обратную сторону винт переместился на 1 мм, а разность отсчетов, снятых с образцовой шкалы, равна 0,987 мм, то мертвый ход равен 0,013 мм.

## **Лекция 8**

# **СБОРКА СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ С ЗУБЧАТЫМИ ПЕРЕДАЧАМИ**

### **План лекции**

1. Классификация СЕ с зубчатыми передачами.
2. Требования, предъявляемые к СЕ с зубчатыми передачами.
3. Сборка и контроль СЕ с цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами.
4. Сборка и контроль СЕ с червячными передачами.
5. Сборка дифференциальных механизмов.

### **Классификация СЕ с зубчатыми передачами**

Зубчатые передачи (рис. 48) используют в механизмах оптических приборов для преобразования вращательного движения ведущего звена во вращательное или поступательное движение ведомого звена. По типу зубчатых колес различают передачи цилиндрические (рис. 48, *а*), конические (рис. 48, *б*), винтовые и червячные (рис. 48, *в*), по направлению зуба – прямозубые и косозубые. По числу ступеней передачи делят на одноступенчатые и многоступенчатые. При этом они могут иметь постоянное (редукторы) и изменяющееся ступенями (коробки скоростей) передаточное отношение. По характеру относительного движения зубчатых колес различают передачи с неподвижными и подвижными осями вращения (к последним относят планетарные и дифференциальные передачи), по виду зацепления – передачи с внешним (см. рис. 48, *а, б*), внутренним (рис. 48, *з*) и реечным зацеплением (рис. 48, *д*).

### **Требования, предъявляемые к СЕ с зубчатыми передачами**

К неотсчетным передачам предъявляют требования к износостойкости, прочности (для силовых передач), легкости и плавности вращения, бесшумности работы (для скоростных передач).

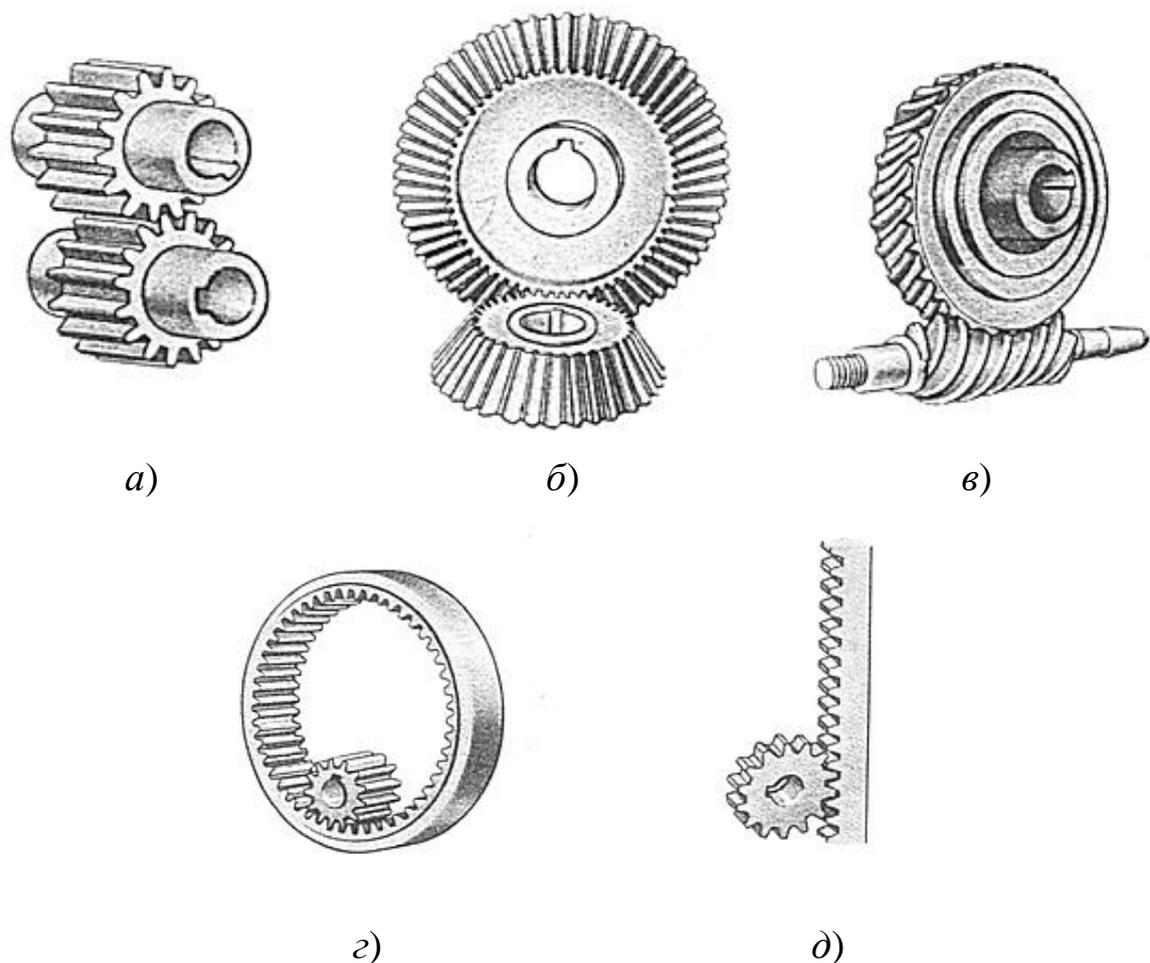


Рис. 48. Разновидности зубчатых передач

К отсчетным передачам предъявляют повышенные требования к качеству работы, которые определяются следующими показателями:

1) степенью кинематической точности, т. е. постоянством передаточного отношения;

2) степенью плавности работы передачи, т. е. постоянством передаточного отношения при повороте ведущего звена на один угловой шаг колеса;

3) величиной мертвого хода, т. е. отставанием ведомого звена от ведущего по углу поворота при перемене направления вращения последнего;

4) степенью контакта зубьев, определяемой площадью прилегания боковых поверхностей зубьев;

5) степенью легкости вращения, т. е. обеспечением заданного крутящего момента, момента трогания с места;

б) износостойкостью.

К цилиндрическим зубчатым передачам предъявляют следующие требования:

- 1) параллельность осей зубчатых колес;
- 2) минимальное отклонение межцентрового расстояния  $A$  (рис. 49);
- 3) плавность работы передачи;
- 4) минимальный мертвый ход;
- 5) степень контакта зубьев;
- 6) крутящий момент в заданных пределах;
- 7) износостойкость.

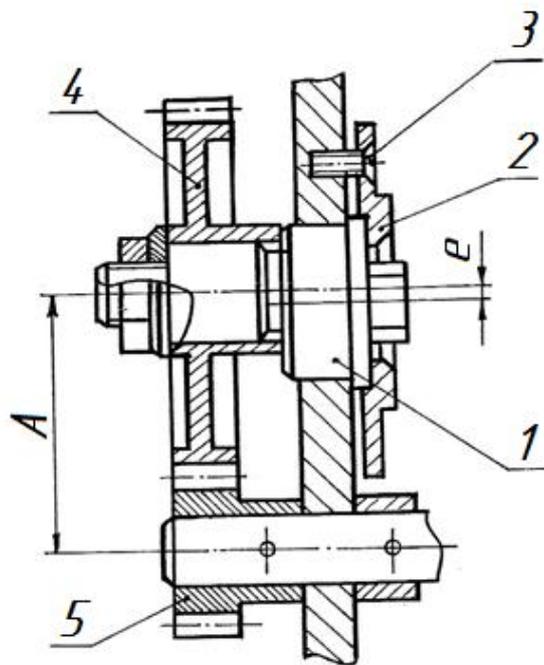


Рис. 49. Передача с цилиндрическими зубчатыми колесами

К коническим зубчатым передачам предъявляют следующие требования:

1) оси зубчатых колес должны пересекаться под определенным углом (например,  $90^\circ \pm 10'$ );

2) вершины основных конусов должны пересекаться в одной точке;

3) основания основных образующих конусов должны располагаться на определенном расстоянии от вершины ( $A_1, A_2$ ), (рис. 50);

- 4) плавность работы передачи;
- 5) мертвый ход;
- 6) степень контакта зубьев;
- 7) крутящий момент;
- 8) износостойкость должны быть в заданных пределах.

На точность работы цилиндрических и конических зубчатых передач существенное влияние оказывает точное расположение зацепляемых колес. Непараллельность осей цилиндрических или непересечение осей конических колес изменяет площадь контакта зубьев, ускоряет их износ и приводит к потере точности механизма. Уменьшение расстояний  $A, A_1$  и  $A_2$  (рис. 49, 50) приводит к сближению профилей, ухудшает плавность движения, увеличивает момент трения в передаче и может привести к ее заклиниванию, увеличение расстояний  $A, A_1$  и  $A_2$  – к увеличению бокового зазора и возникновению мертвого хода в передаче.

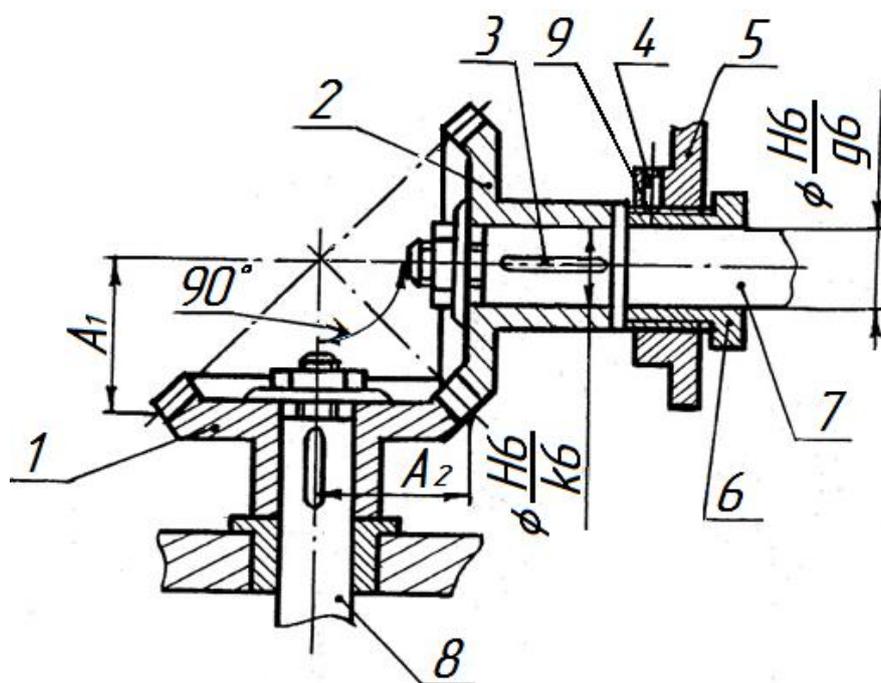


Рис. 50. Передача с коническими зубчатыми колесами:

- 1, 2 – зубчатое колесо; 3 – шпонка; 4 – стопорный винт; 5 – корпус;  
6 – резьбовая втулка; 7, 8 – вал; 9 – сухарик

Способы обеспечения заданного расположения осей зацепляемых зубчатых колес зависят от назначения механизма, требуемой точности сборки и конструкции механизма.

В неотчетных передачах заданное положение колес обеспечивают точной обработкой посадочных отверстий корпусных деталей механизмов. Заданный боковой зазор в передаче выдерживают за счет подбора зацепляемых колес и их последующей притирки или прикатки.

В отчетных передачах предусматривают возможность регулировки бокового зазора. На рис. 49 изображена конструкция, позволяющая регулировать боковой зазор в цилиндрической передаче изменением межцентрового расстояния  $A$  с помощью эксцентриковой детали 1. Регулирование межцентрового расстояния консольно закрепленных колес 4 и 5 осуществляют следующим образом. При ослабленной затяжке винтов 3, крепящих прижимную шайбу 2, эксцентриковый палец 1 поворачивают. При этом эксцентриковая шайба пальца вместе с ведомым колесом 4 приближается к ведущему колесу 5. Отрегулированное межцентровое расстояние  $A$  фиксируют, зажимая буртик пальца 1 прижимной шайбой 2.

На рис. 50 изображена одна из возможных конструкций для регулирования боковых зазоров поджимом конического зубчатого колеса вместе с валом. Поджимаемое зубчатое колесо 2 плотно насажено на вал 7. Вал буртиком упирается в торец резьбовой втулки 6, ввертываемой в корпус 5 (или в кронштейн). Осевое перемещение вала, а вместе с ним и регулируемого зубчатого колеса производят ввертыванием в корпус втулки. Отрегулированное положение втулки фиксируют стопорным винтом 4, под который во избежание смятия резьбовых витков втулки подкладывают сухарик 9 из красной отоженной меди или свинца.

### **Сборка и контроль СЕ с цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами**

ТПС СЕ с цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами следующий (см. рис. 49, 50):

- 1) промыть детали;
- 2) собрать СЕ предварительно;

- 3) прикатать зубчатую передачу;
- 4) разобрать СЕ;
- 5) промыть детали;
- 6) собрать СЕ, смазав трущиеся поверхности;
- 7) контролировать боковой зазор между сопрягаемыми зубьями (величину мертвого хода), степень контакта зубьев, момент вращения, плавность работы;
- 8) отрегулировать контролируемые выше параметры в соответствии с заданными величинами в ТТ.

В цилиндрических и конических зубчатых передачах величину бокового зазора между поверхностями зубьев сопряженных колес измеряют щупом или при помощи узкой пластинки из свинца, прокатываемой между зубьями передачи. Толщина прокатанной пластинки, измеренная микрометром, равна величине бокового зазора.

Контроль взаимного расположения зубчатых колес определяют по пятну контакта. Для этого зубья одного зубчатого колеса смазывают берлинской лазурью. При вращении на боковой поверхности второго зубчатого колеса остаются следы краски. По площади и расположению пятен краски на зубьях судят о точности взаимного расположения зубчатых колес.

Момент трогания с места и вращения зубчатых колес определяют моментомером. Если момент вращения лежит в заданных пределах, то обеспечивается плавность работы передачи.

### **Сборка и контроль СЕ с червячными передачами**

В прицельных приборах, в оптических делительных головках и других отсчетных механизмах оптических приборов часто применяют червячные передачи с выключающимся червяком (рис. 51). Выключение червяка 5 осуществляется поворотом рукоятки 1 эксцентриковой втулки 2. После установки червячного колеса 4 в требуемое положение возвратная пружина 6 поворачивает эксцентриковую втулку против часовой стрелки, возвращая червяк в исходное положение.

Сборку механизмов с выключающимся червяком ведут в такой последовательности. Сначала комплектуют детали механизма (корпус – чер-

вячное колесо, корпус – эксцентриковая втулка, червяк – эксцентриковая втулка) так, чтобы обеспечивалось плотное соединение деталей по сопрягаемым поверхностям. Затем эти соединения притирают пастой ГОИ для обеспечения плавности хода при минимальных зазорах. После притирки детали промывают. Сборку механизма начинают со сборки червяка. Эксцентриковую втулку 2 устанавливают в корпус, во втулку помещают червяк, устанавливают и закручивают на требуемый угол пружину 6, перемещением пружинного подпятника 3 выбирают осевой люфт червяка во втулке, на оси червяка собирают отсчетный барабан и рукоятку 1. Затем приступают к установке червячного колеса.

Совмещение средней плоскости червячного колеса с осью червяка осуществляют за счет изменения положения колеса в осевом направлении подрезкой торцов или регулировкой, если она предусмотрена в конструкции механизма.

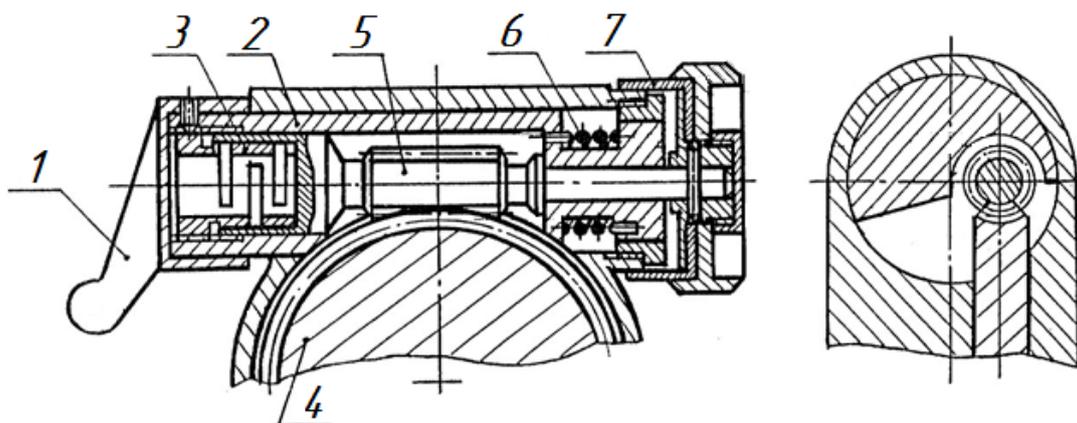


Рис. 51. Механизм с выключающимся червяком

Правильность зацепления червяка и червячного колеса контролируют по пятну контакта (рис. 52). После сборки червяка и червячного колеса их прикатывают для обеспечения плавности хода. Затем механизм разбирают, детали промывают, сушат и вновь собирают их, смазывая. Соединение червяка и червячного колеса выполняют на графитовой смазке. У собранного механизма проверяют плавность хода, мертвый ход, кинематическую точность, степень контакта зубьев, момент вращения.

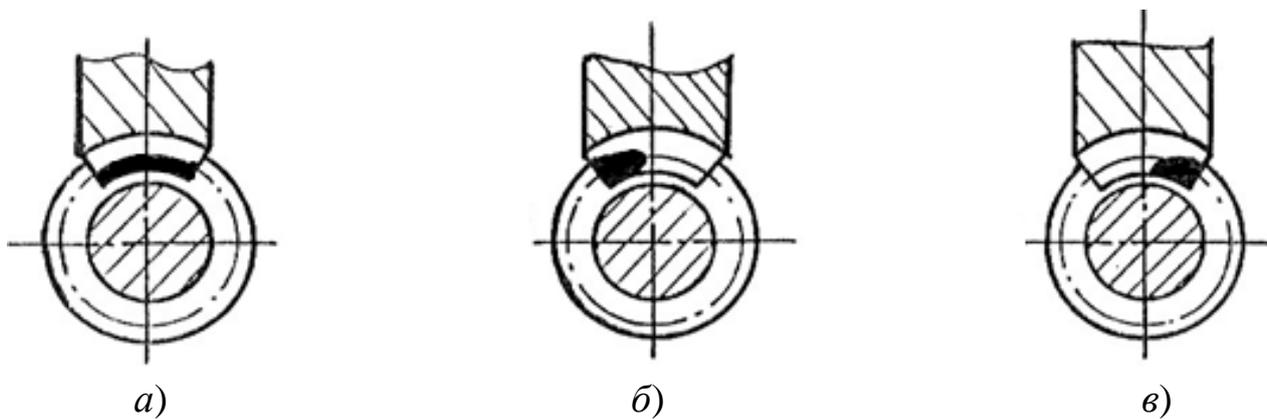


Рис. 52. Расположение пятна контакта

Измерение бокового зазора в червячной передаче выполняют на приспособлении, изображенном на рис. 53, а. Червяк 4 стопорят, измерительный наконечник 1 индикаторного приспособления 3 подводят к боковой поверхности зуба в его средней части. Индикатор 2 выставляют на нуль при некотором натяге (при использовании индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм натяг устанавливают равным примерно одному обороту стрелки). При покачивании червячного колеса 5 от руки фиксируют крайние положения стрелки индикатора. Алгебраическая сумма ее отклонений определяет величину бокового зазора в контролируемой червячной передаче.

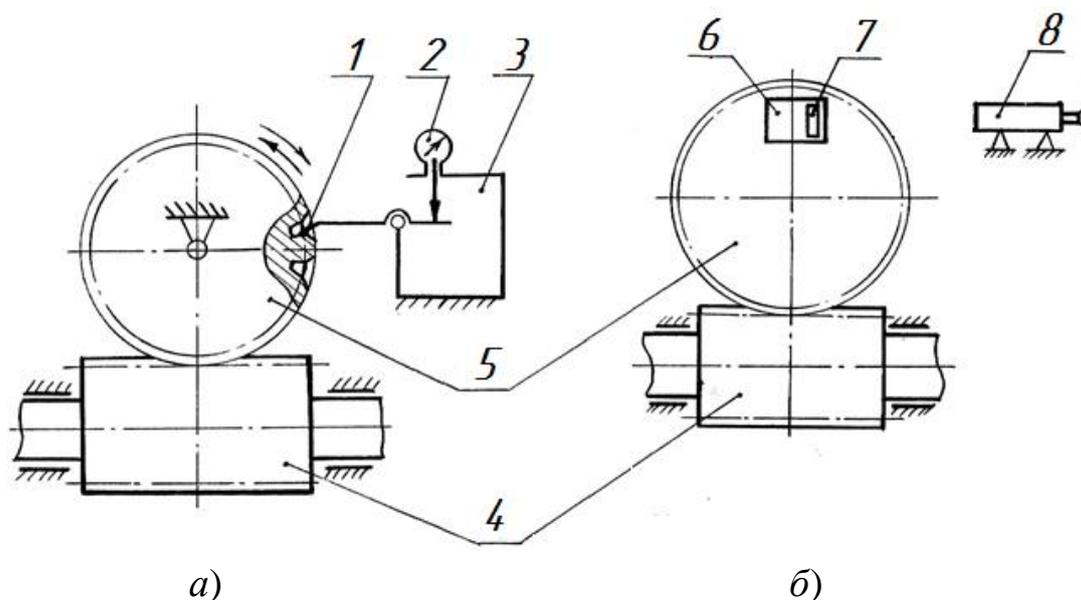


Рис. 53. Схемы измерения бокового зазора в червячной передаче

Для точного измерения малых боковых зазоров в зубчатых передачах применяют автоколлимационный метод (рис. 53, б). На боковую поверхность червячного колеса 5 устанавливают державку 6 с плоским зеркалом 7. Державку 6 крепят к червячному колесу с помощью пластилина. Автоколлиматор 8 устанавливают перпендикулярно отражающей плоскости зеркала 7. Стопорят червяк 4 и, покачивая рукой червячное колесо 5, измеряют по автоколлиматору угол  $\varphi$  качания червячного колеса.

Величину бокового зазора  $\Delta$  в передаче определяют по формуле:

$$\Delta = r_d \cdot \varphi \cdot \rho,$$

где  $\Delta$  – боковой зазор в передаче, мм;

$r_d$  – радиус делительной окружности червячного колеса, мм;

$\varphi$  – угол качания червячного колеса при застопоренном червяке в угловых секундах;

$\rho$  – переводной коэффициент ( $\rho = 0,000\ 005$ ).

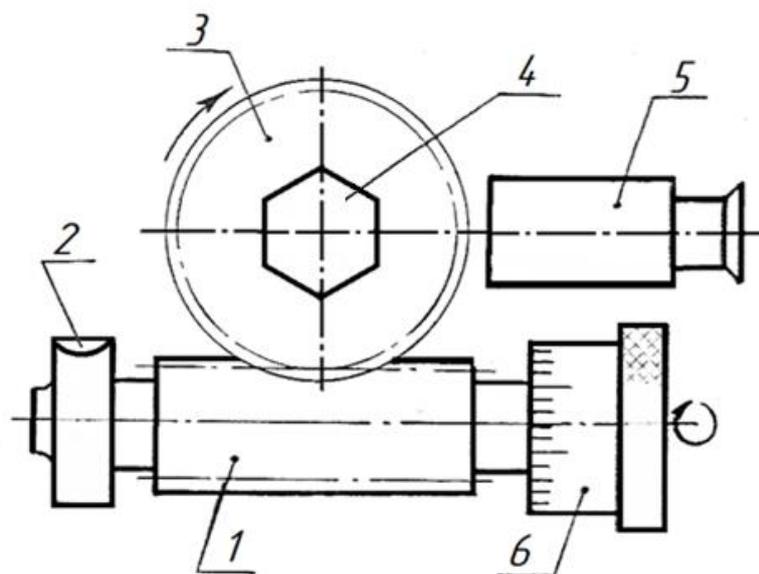
Например, если угол качания червячного колеса  $\varphi = 8''$ ,  $r_d = 40$  мм, то боковой зазор в соединении:

$$\Delta = 40 \cdot 8 \cdot 0,000\ 005 = 0,001\ 6 \text{ мм} = 1,6 \text{ мкм.}$$

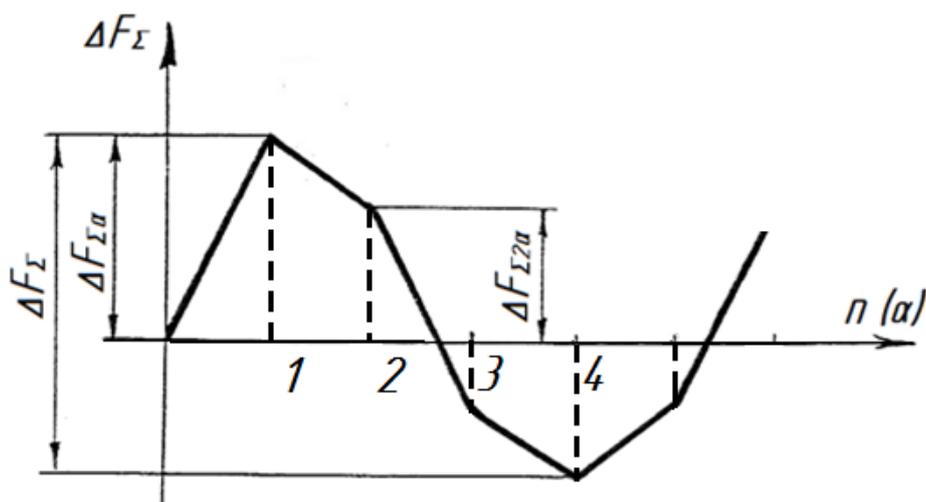
Контроль взаимного расположения червяка и червячного колеса проводят по пятну контакта. Для этого червяк слегка смазывают краской (берлинской лазурью, синькой или сажой, смешанной с машинным маслом).

При вращении червяка, находящегося в зацеплении с червячным колесом, на боковой поверхности зубьев колеса остаются заметные следы краски. Площадь и расположение пятен краски на зубьях червячного колеса позволяет судить о площади контакта червяка с колесом и о точности их монтажа. При правильном монтаже, т. е. ось червяка совпадает со средней плоскостью червячного колеса, пятно контакта располагается достаточно равномерно по всей боковой поверхности зуба (см. рис. 52, а). В противном случае, когда имеется смещение оси червяка влево (см. рис. 50, б) или вправо (см. рис. 52, в), происходят характерные искажения в расположении пятен краски на поверхности зубьев червячного колеса.

Кинематическую точность у механизмов, работающих в отсчетных системах, проверяют оптическим методом (рис. 54, а). Для измерения кинематической погрешности используют точную многогранную призму 4, которую укрепляют на червячном колесе 3 так, чтобы ее ось симметрии совпадала с осью вращения колеса. На валу червяка 1 закрепляют устройство 2 для точного определения полного оборота червяка. В качестве такого устройства используют уровень или кулачок с индикатором.



а)



б)

Рис. 54. Измерение кинематической погрешности червячной пары

Измерение кинематической погрешности выполняют так. Многогранную призму 4 или колесо 3 вместе с призмой 4 приводят положение, при котором одна из граней призмы располагается против автоколлиматора 5. Автоколлиматор устанавливают в положение, при котором его оптическая ось перпендикулярна грани призмы, а устройство 2 – в нулевое положение, например, державку с уровнем разворачивают на валу так, чтобы уровень занимал горизонтальное положение. Вращают червяк на такое число целых оборотов  $m$ , при котором червячное колесо, а вместе с ним и призма, повернутся на угол, равный центральному углу многогранной призмы ( $\alpha = 360 / n$ , где  $n$  – число граней призмы). Полный оборот червяка определяют по горизонтальному положению уровня устройства 2.

Число полных оборотов червяка определяют по формуле:

$$m = \frac{z_2}{z_1 n},$$

где  $z_2$  – число зубьев червячного колеса;

$z_1$  – число заходов червяка (обычно используют однозаходные червяки);

$n$  – число граней многогранной призмы.

Если в контролируемом механизме кинематической погрешности нет, то после поворота червяка на  $m$  полных оборотов червячное колесо должно повернуться точно на угол  $\alpha$  и вторая грань многогранной призмы расположится перпендикулярно оси автоколлиматора (автоколлимационное изображение от грани призмы совпадает с центром измерительной сетки). В противном случае, если в механизме имеются погрешности, действительный угол поворота червячного колеса будет отличен от угла  $\alpha$ . При этом автоколлимационное изображение в поле зрения автоколлиматора расположится слева или справа от центра измерительной сетки в зависимости от величины и направления погрешности механизма. Измеряют смещение автоколлимационного изображения и тем самым определяют величину ( $\Delta F_{\Sigma\alpha}$ ) накопленной кинематической погрешности механизма при повороте колеса на угол  $\alpha$ .

Затем червяк вновь поворачивают на  $m$  оборотов и по автоколлиматору определяют погрешность  $\Delta F_{\Sigma 2\alpha}$  и так далее, пока червячное колесо

не сделает полный оборот. Найденные значения погрешностей заносят в протокол с учетом знака. Если направление смещения автоколлимационного изображения относительно центра измерительной сетки совпадает с направлением поворота червячного колеса, измеренная погрешность берется со знаком плюс, и наоборот. Для случая, изображенного на рис. 54, *а* (направление вращения червячного колеса указано стрелкой), смещение автоколлимационного изображения вправо от центра сетки дает знак плюс, влево – минус. По измеренным значениям погрешностей строят график кинематической погрешности механизма (рис. 54, *б*), из которого находят накопленную кинематическую погрешность и сравнивают ее с допустимым значением. При проведении измерений рассмотренным методом контролируемый механизм, многогранная призма и автоколлиматор должны быть надежно закреплены и не сдвигаться в процессе контроля. Червяк разрешается вращать только в одну сторону, чтобы исключить влияние мертвого хода на результаты измерений.

На этой же установке (см. рис. 54, *а*) измеряют мертвый ход механизма. Для этого вращают червяк *1* в одну сторону, добиваясь горизонтального положения уровня устройства *2*. В этом положении выставляют автоколлиматор *5* перпендикулярно любой грани многогранной призмы *4*. Вращают червяк в ту же сторону на 0,5 оборота, а затем поворотом его в обратную сторону устанавливают уровень в горизонтальное положение, по автоколлиматору измеряют величину смещения автоколлимационного изображения, которое и определяет мертвый ход механизма.

Если в приборе контролируемый червячный механизм работает вместе с отсчетным барабаном *б* (см. рис. 54, *а*), то вместо отсчета по устройству *2* выполняют точный отсчет оборота червяка по этому барабану, совмещая его нулевое деление с индексом [2].

На рис. 55 представлена схема контроля точности отсчета и мертвого хода в червячном механизме буссоли. Измерительная установка представляет собой гониометр с лимбом, отсчетным микроскопом и коллиматором.

Процесс контроля ведется в следующей последовательности.

1. Буссоль *2* установить на лимбе *б* по уровням и закрепить в рабочем положении. На корпусе монокуляра буссоли закрепить приспособление со зрительной трубкой *3*.

2. Совместить перекрестие сетки зрительной трубки 3 с перекрестием сетки коллиматора 4.

3. Снять отсчеты по шкалам буссоли и лимба гониометра.

4. Развернуть буссоль барабанчиком 5 на требуемый угол, не трогая лимб гониометра.

5. Отжать стопорный винт 7 и повернуть буссоль 2 и зрительную трубку 3 вместе с лимбом гониометра в обратном направлении до совмещения перекрестий сеток зрительной трубки и коллиматора. Затем снять отсчет по лимбу гониометра с помощью микроскопа 1. Разность между углом поворота буссоли по ее шкале и углом поворота гониометра является погрешностью отсчетного механизма буссоли, а разность показаний при прямом и обратном ходе червячного механизма определяет мертвый ход механизма.

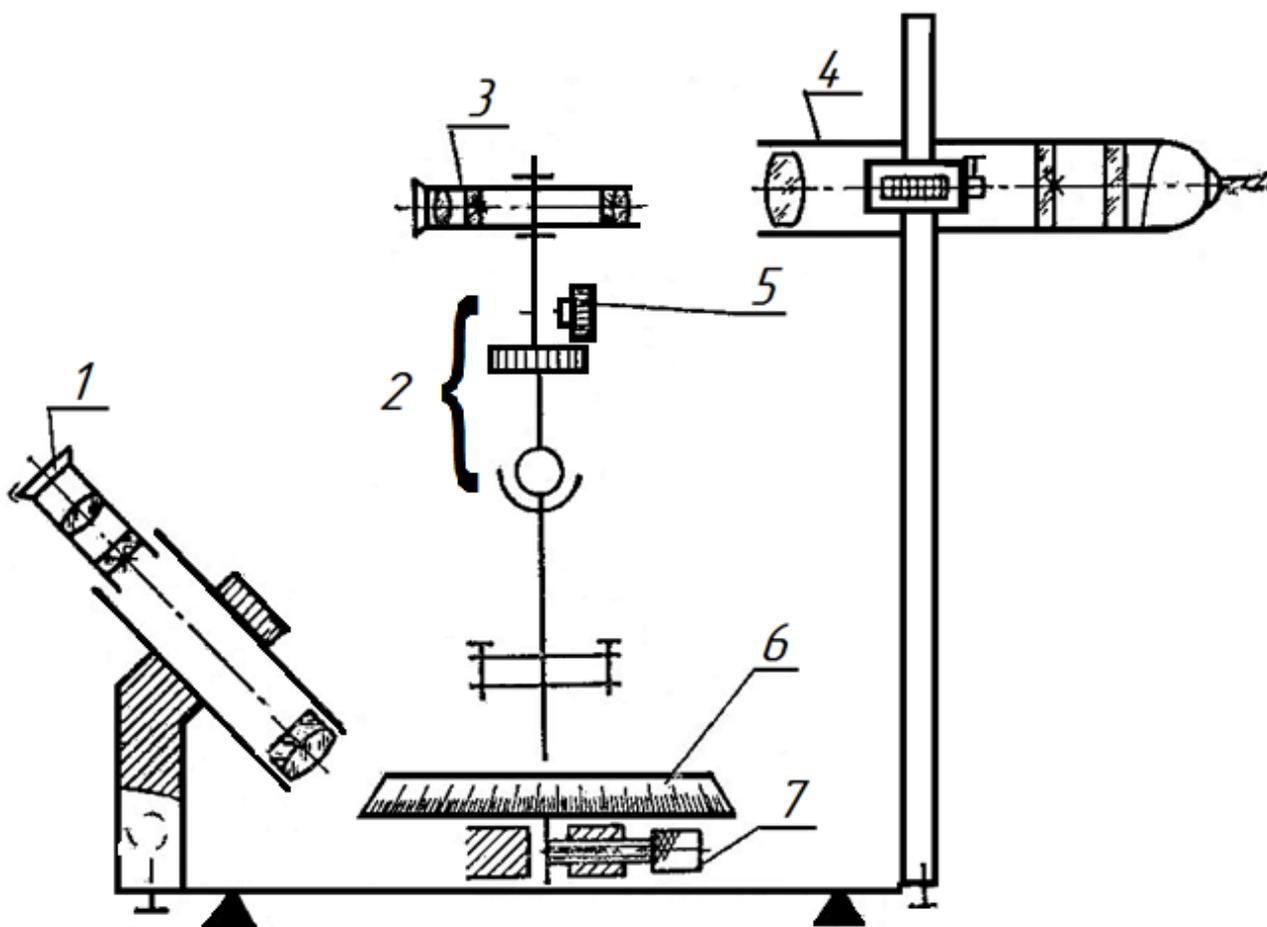


Рис. 55. Схема контроля червячного механизма на гониометре

## Сборка дифференциальных механизмов

В панорамических и других приборах нашли широкое применение дифференциальные зубчатые механизмы. Их применяют для сложения двух или нескольких вращательных движений, поступающих от независимых источников, в одно движение, а также для расчленения одного вращательного движения на два, например, для передачи движения от одного двигателя к двум другим потребителям.

В дифференциальных зубчатых механизмах (их кинематические схемы изображены на рис. 56, *а*) подвижными являются все три вала: валы двух центральных колес 1 и 2 и вал водила 4, на котором закреплено сателлитное колесо 3. Если дифференциальный механизм используют для суммирования вращательных движений, то два его вала являются ведущими, а третий вал – ведомым. Если требуется произвести расчленение одного вращательного движения на два, то один вал механизма является ведущим, два остальных – ведомыми.

На рис. 56, *б* изображен дифференциальный механизм угломерного прибора с коническими зубчатыми колесами. При вращении вала 11 и неподвижном коническом колесе 9 сателлиты 8 обкатываются вокруг колеса 9 и, вращаясь вокруг своих осей, приводят во вращение зубчатое колесо 6.

При вращении колеса 9 от червяка и неподвижном вале 11 приводятся во вращение сателлиты, которые вращают колесо 6. При одновременном вращении вала 11 и колеса 9 угол поворота колеса 6 равен алгебраической сумме углов поворота вала и колеса 9. Если вал 11 и колесо 9 вращаются в одну сторону, то угол поворота колеса 6 равен сумме углов поворота вала и колеса. Если они вращаются в разные стороны, колесо 6 повернется на угол, равный разности углов поворота вала 11 и колеса 9. В гайках 10, 5 и 7 имеются отверстия под стопорные винты.

Узел конического дифференциала является отсчетным. Сборка должна обеспечить минимальную величину мертвого хода механизма при плавном ходе зацепления, это может быть выполнено при условии, если конические зубчатые колеса не будут иметь осевого люфта и в то же время не будет зазора между зубьями. Для этого необходимо выдержать линейные размеры деталей с, точностью 6-го качества. Ввиду технологиче-

ских трудностей изготовления деталей с такой точностью сборку дифференциалов производят по методу пригонки. На линейные размеры деталей устанавливают экономически приемлемые величины допусков, а необходимую точность соединения получают подрезкой компенсирующей детали или с помощью специально вводимых компенсаторов (шайб), которые устанавливают в плоскостях *a*, *b*, *c*, *d*.

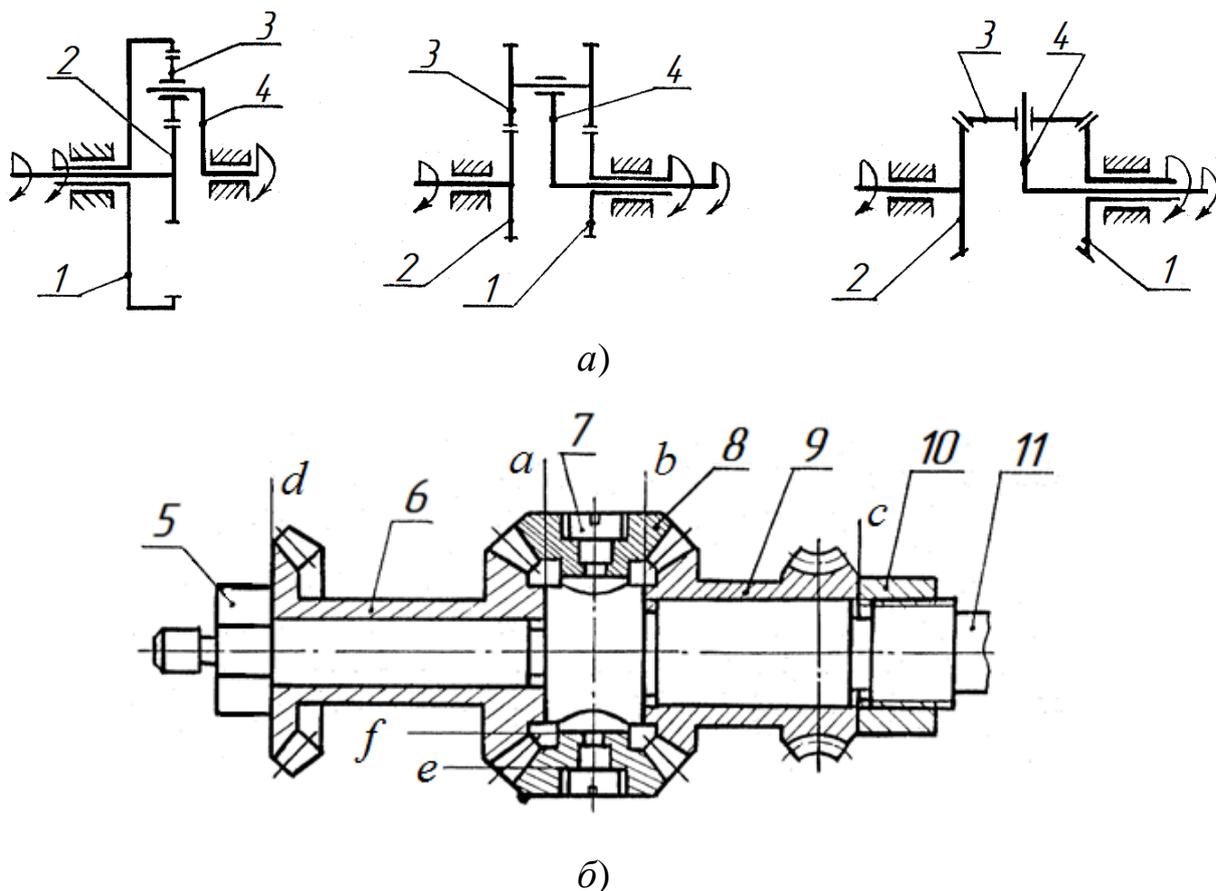


Рис. 56. Дифференциальный механизм

Технологический процесс сборки ведут в такой последовательности:

1) сборка конического колеса *б* с сателлитами *в*. Подбирают детали *б* и *в* и регулируют зацепление. Для этого подрезают опорную поверхность вала *11* до плотного зацепления колеса *б* с сателлитами (при этом колесо должно пройти до упора). Если колесо соединяется раньше с одним из сателлитов, необходимо подрезать опорную поверхность второго сателлита до плотного зацепления колеса *б* с обоими сателлитами. Подрезают опор-

ную поверхность сателлитов под гайки 7 с таким расчетом, чтобы при затянутой гайке сателлиты свободно вращались без осевого люфта (опробование производят без колеса 6), и завинчивают гайки;

2) сборка колеса 9 с сателлитами 8. Подбирают колесо 9 по валику 11 и регулируют зацепление. Для этого подрезают опорную поверхность в коническом колесе до плотного зацепления с сателлитами. При необходимости удаления колеса 9 от сателлитов между ними опорной поверхностью устанавливают шайбу;

3) сборка зубчатых колес 9 и 6 с гайками 10 и 5. Устанавливают вал в центрах и подрезают плоскость  $f$  вала таким образом, чтобы она лежала в плоскости с торцом колеса 9. Так же подрезают поверхность вала. Заворачивают гайки 10 и 5 и метят детали;

4) прикатывание зубчатых колес. Детали разбирают, промывают, вновь собирают на смазку;

5) проверка мертвого хода и плавности хода с помощью специального приспособления;

6) установка стопорных винтов. Надсверливают отверстия в валике через отверстия в гайках 10 и 5, прочищают и завинчивают в гайки стопорные винты. Просверливают отверстия под стопорные винты в торце гайки 7 и оси сателлитов (ось сателлитов выполнена на одно целое с валиком 11), нарезают резьбу в них и завинчивают стопорные винты [2];

7) контроль ТТ производят указанными выше способами.

## Лекция 9

### СБОРКА СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ С ДИАФРАГМАМИ

#### План лекции

1. Сборка и контроль СЕ с ирисовыми диафрагмами.
2. Сборка и контроль СЕ с регулируемыми щелевыми диафрагмами.

#### Сборка и контроль СЕ с ирисовыми диафрагмами

Диафрагмы бывают с постоянными и регулируемым отверстиями. Примером постоянной диафрагмы является оправа 3 (рис. 57) со специально изготовленным отверстием  $d$ .

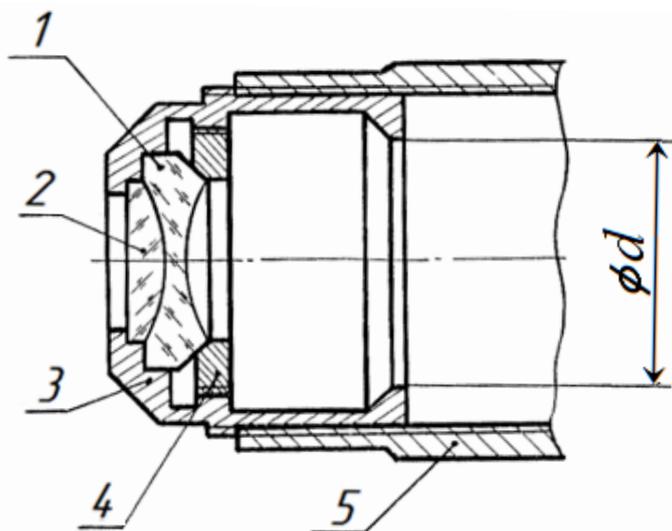


Рис. 57. Диафрагма с постоянным отверстием:

1, 2 – линза; 3 – оправа; 4 – резьбовое кольцо; 5 – оправа

В кино- и фотоаппаратах, микроскопах и других оптических приборах часто применяют регулируемые диафрагмы с круглым отверстием – ирисовые диафрагмы (рис. 58).

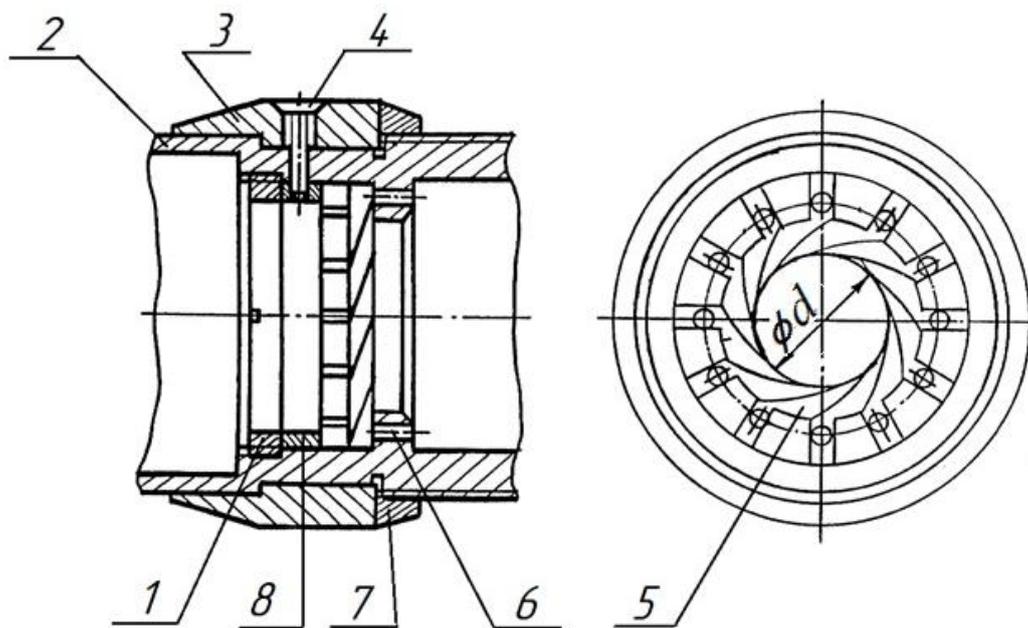


Рис. 58. Регулируемая диафрагма (ирисовая)

Ирисовая диафрагма (см. рис. 58) состоит из корпуса 2, коронки 8 и лепестков 5. Лепестки (рис. 59, а) представляют собой тонкие (от 0,05 до 0,2 мм) дугообразной формы пластины, на концах которых в разные стороны заклепаны штифты (рис. 59, б). Лепестки установлены так, что один штифт 6 (см. рис. 58) каждого лепестка входит в отверстие в корпусе 2, а другой штифт – в соответствующий радиальный паз коронки 8 (рис. 59, в). При повороте коронки лепестки одновременно поворачиваются на штифтах, вставленных в отверстие корпуса, и внутренние дуговые кромки лепестков, приближаясь при повороте к центру оправы, плавно уменьшают диаметр отверстия между лепестками. При повороте коронки в обратном направлении лепестки расходятся от центра и отверстие диафрагмы увеличивается.

Коронка установлена в корпус по посадке с зазором и фиксирована в заданном положении гайкой 1 (см. рис. 58). Поворот коронки осуществляется вращением ведущего кольца 3, которое соединено с коронкой поводком 4. Для установки поводка в корпусе обработан поперечный паз, размеры которого определяют возможный угол поворота коронки, а, следовательно, и предельные размеры отверстия диафрагмы. На ведущем кольце 3 наносят шкалу относительных отверстий диафрагмы.

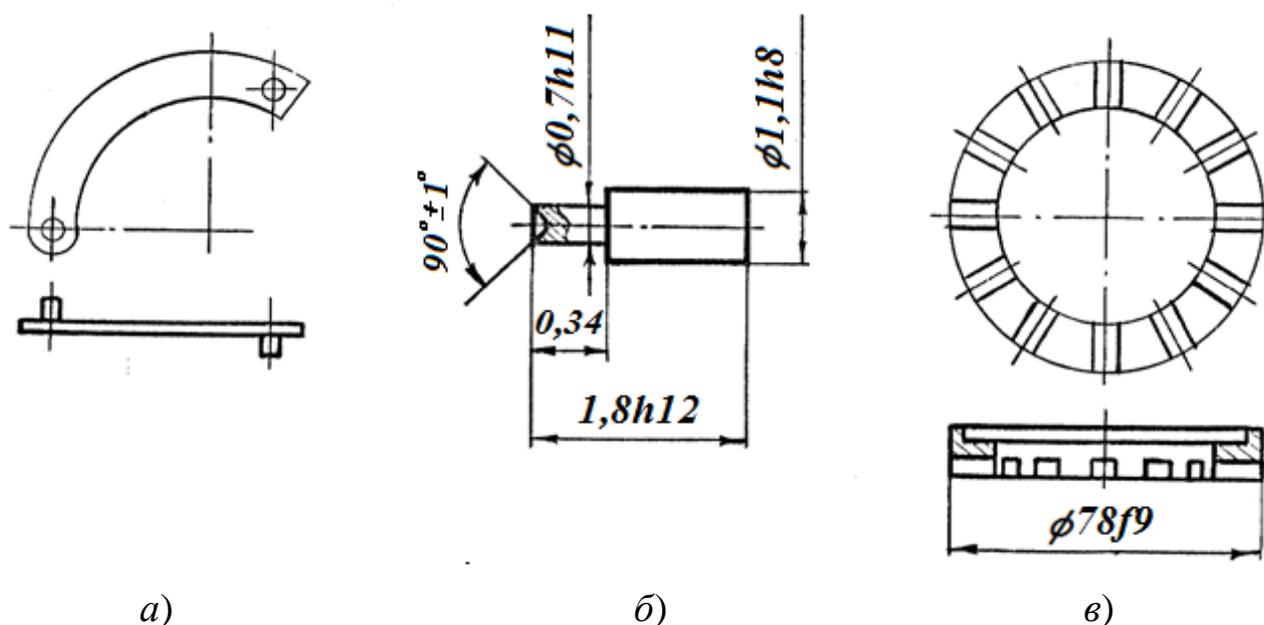


Рис. 59. Детали ирисовой диафрагмы

Для предотвращения попадания в оптическую систему прибора отраженного света и возникновения бликов на поверхности деталей диафрагмы наносят черные покрытия: лепестки и стальные коронки подвергают воронению, детали из латуни – чернению, а из сплавов алюминия – черному анодному оксидированию.

При сборке ирисовых диафрагм выполняют следующие основные требования:

- 1) в диафрагме не должно быть деформированных (погнутых) лепестков;
- 2) не допускается нарушение черных матовых покрытий на деталях диафрагмы;
- 3) ведущее кольцо диафрагмы должно поворачиваться легко и плавно, без скачков и заеданий;
- 4) на лепестках диафрагмы не должно быть рисок, вызванных трением лепестков друг о друга.

Сборку ирисовых диафрагм начинают с установки штифтов в лепестки. Лепестки поступают на сборку после воронения в виде отдельных деталей, готовых к сборке, или в ленте, к которой лепесток присоединен перемычкой, специально оставленной при вырубке лепестка. Во втором

случае на сборке лепестки отламывают от ленты, а заусенец зачищают надфилем.

Все детали ирисовой диафрагмы перед сборкой тщательно промывают в бензине. После просушки детали сначала протирают салфеткой, пропитанной смазкой, а затем сухой салфеткой, в результате на поверхностях детали остается тонкий слой смазки.

В корпусе последовательно по кругу устанавливаются лепестки так, чтобы штифты 6 располагались в отверстиях корпуса, а образуемое при этом отверстие диафрагмы ( $d$ ), было предельно большим. Затем в корпус укладывают коронку 8 таким образом, чтобы штифты лепестков вошли в радиальные пазы коронки, а отверстие на ее боковой поверхности под поводок 4 совпадало с началом поперечного паза корпуса. При повороте коронки в пределах этого паза диаметр диафрагмы должен соответствовать заданным предельным значениям. Затем поворачивают прижимную гайку 1 и регулировкой ее положения добиваются, чтобы коронка имела минимальный осевой люфт и легко поворачивалась. На корпус устанавливают ведущее кольцо 3 и в резьбовое отверстие на его боковой поверхности вворачивают поводок 4, который своим цилиндрическим хвостиком должен войти в отверстие коронки. При этом необходимо так расположить ведущее кольцо, чтобы при максимальном (минимальном) диаметре отверстия диафрагмы против индекса располагалось соответствующее деление шкалы, нанесенное на коническую поверхность ведущего кольца. Сборку ирисовой диафрагмы заканчивают установкой прижимной гайки 7, которую стопорят винтами (на рис. 58 не изображены). Собранный таким образом диафрагма поступает на контроль.

Контроль сборки ирисовой диафрагмы заключается в проверке плавности и легкости в работе СЕ и соответствии предельных размеров отверстия диафрагмы заданным. Плавность и легкость поворота ведущего кольца без скачков и заеданий проверяют вращением ведущего кольца в ручную. Точности предельных отверстий диафрагм проверяют с помощью предельных калибров. Пользоваться калибрами следует осторожно, чтобы не повредить покрытие лепестков.

## Сборка и контроль СЕ с регулируемыми щелевыми диафрагмами

В лабораторных оптических приборах (спектроскопах, спектрографах и др.) применяют регулируемые щелевые диафрагмы (рис. 60).

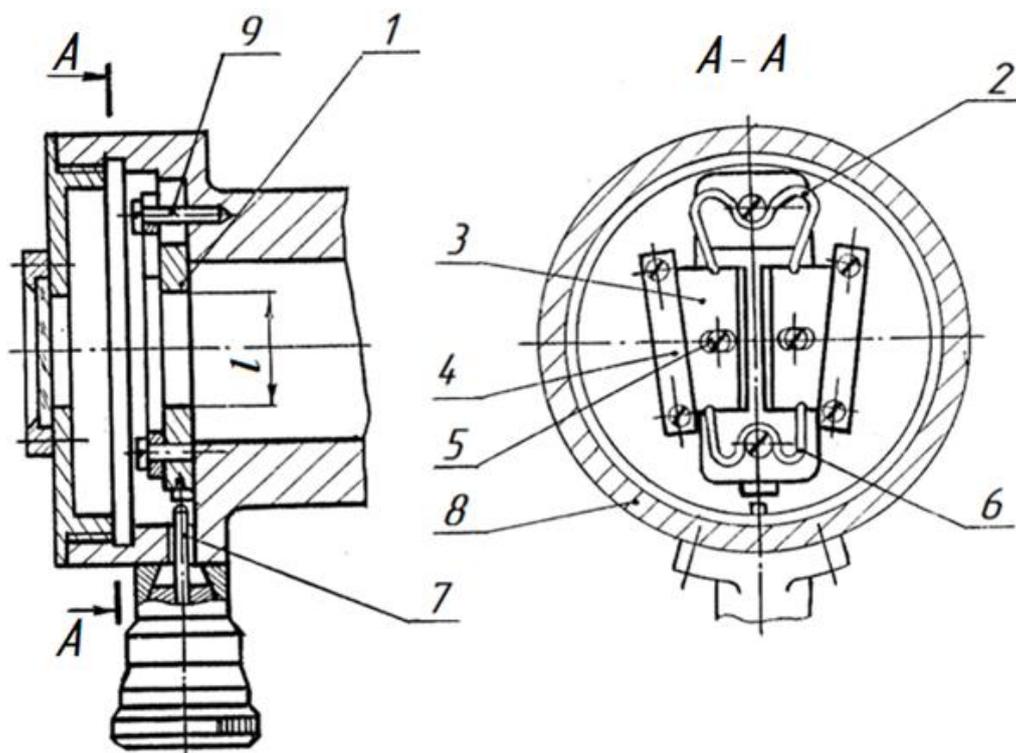


Рис. 60. Щелевая регулируемая диафрагма

В дне корпуса 8 вырезан паз, вдоль стенок которого перемещается каретка 1, несущая на себе два ножа 3, скрепленных подвижно с кареткой винтами 5. Стержни винтов входят в продолговатые отверстия в ножах, благодаря чему ножи могут перемещаться в поперечном направлении: сходиться и расходиться до центра каретки 1.

Расходятся ножи под действием двух плоских изогнутых пружин 2 и 6, которые прижимают скошенные под углом внешние кромки ножей к Г-образным планкам 4. Планки служат для ограничения величины раствора ножей, т. е. ширины щели, образуемой между внутренними кромками ножей. Планки 4 одновременно являются и направляющими, по которым перемещаются ножи, движущиеся вдоль оси паза вместе с кареткой 1.

Перемещение каретки, при котором происходит открытие щели, производят при помощи микрометрического винта 7, а обратное перемещение каретки, вызывающие закрытие щели, – пружиной 2, опирающейся на неподвижный винт 9, ввернутый в корпус 8.

Длина щели  $l$  остается постоянной и равна ширине прямоугольного отверстия в каретке 1. Если точность отсчета по барабану микрометрического винта составляет  $\pm 0,02$  мм, то при угле  $\alpha = 7^\circ 7'$ , погрешность установки ширины щели равна  $\pm 0,005$  мм.

При сборке щелевой диафрагмы должны быть обеспечены плавность вращения измерительного барабана микрометрического винта, отсутствие мертвого хода, параллельность кромок ножей при любой (в пределах рабочего хода) ширине щели диафрагмы.

Плавность и легкость работы щелевой диафрагмы проверяют вращением барабана микрометрического винта. Точность работы, т. е. соответствие ширины щели углу поворота измерительного барабана, а также наличие мертвого хода могут быть проверены на универсальном измерительном микроскопе.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном курсе лекций освещены ключевые разделы дисциплины «Технология сборки оптических приборов». В лекциях рассмотрены общие вопросы проектирования технологических процессов сборки, наиболее распространенные операции технологических процессов сборки и сборка наиболее часто используемых в оптических приборах механических узлов. За рамками рассмотрения остались, в частности, вопросы, связанные со сборкой оптических узлов и с общей сборкой оптических приборов. В дальнейшем планируется издание лекций, где этот материал будет приведен.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ельников Н. Т., Дитев А. Ф., Юрусов И. К. Сборка и юстировка оптико-механических приборов. – М. : Машиностроение, 1974. – 348 с.
2. Сборка оптических приборов : учебник для средн. проф.-техн. училищ / А. А. Ефремов, В. П. Законников, А. В. Добрянский, Ю. В. Сальников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1983. – 319 с.
3. Маслаков Г. В., Куменов В. С. Приборы контроля радиального и осевого зазора микрометрических винтовых механизмов. – Новосибирск : ЦНТИ, 1977.
4. Погарев Г. В. Юстировка оптических приборов. – Л. : Машиностроение, 1968. – 292 с.
5. Чуриловский В. Н. Теория оптических приборов. – М. ; Л. : Машиностроение, 1966. – 564 с.
6. Замятин В. К. Технология и автоматизация сборки : учебник для машиностроительных специальностей вузов. – М. : Машиностроение, 1993. – 464 с.
7. Маслаков Г. В. Технология сборки оптических приборов : метод. указания – Новосибирск : НИИГАиК, 1988. – 52 с.
8. ГОСТ 14.301–83. ЕСТПП. Общие правила разработки технологических процессов.
9. ГОСТ 3.1502–74. ЕСТД. Единая система технологической документации.
10. ГОСТ 14.004–83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.
11. ГОСТ 3.1109–82. Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий.
12. ГОСТ 23887–79. Сборка. Термины и определения.
13. ГОСТ 15895–77 (СТ СЭВ 547-84). Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения.

14. ГОСТ 2.101–68. Единая система конструкторской документации. Виды изделий.
15. ГОСТ 2.711–82. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Схема деления изделия на составные части.
16. ГОСТ 14.301–83. Единая система технологической подготовки производства. Общие правила разработки технологических процессов.
17. ГОСТ 18300–72. Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия.
18. ГОСТ 14.320–81. ЕСТПП. Виды сборки.
19. ГОСТ 14.302–73. ЕСТПП. Виды технологических процессов.
20. ОСТ 3-4649–80. Отраслевая система технологической подготовки производства. Оценка технологичности конструкций изделий оптического приборостроения.
21. ГОСТ 18179–72. Смазка ОКБ-122-7. Технические условия (с изм. № 1, 2, 3).
22. ГОСТ 14712–69. Головки измерительные пружинные малогабаритные. Микрокаторы.

*Учебное издание*

**Кутенкова** Елена Юрьевна

**Петров** Павел Вадимович

## **ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

### **СБОРКА МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ**

Редактор *Е. Н. Ученова*

Компьютерная верстка *Е. М. Федяевой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 04.12.2017. Формат 60 × 84 1/16

Усл. печ. л. 5,35. Тираж 80 экз. Заказ 135.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ  
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ  
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.