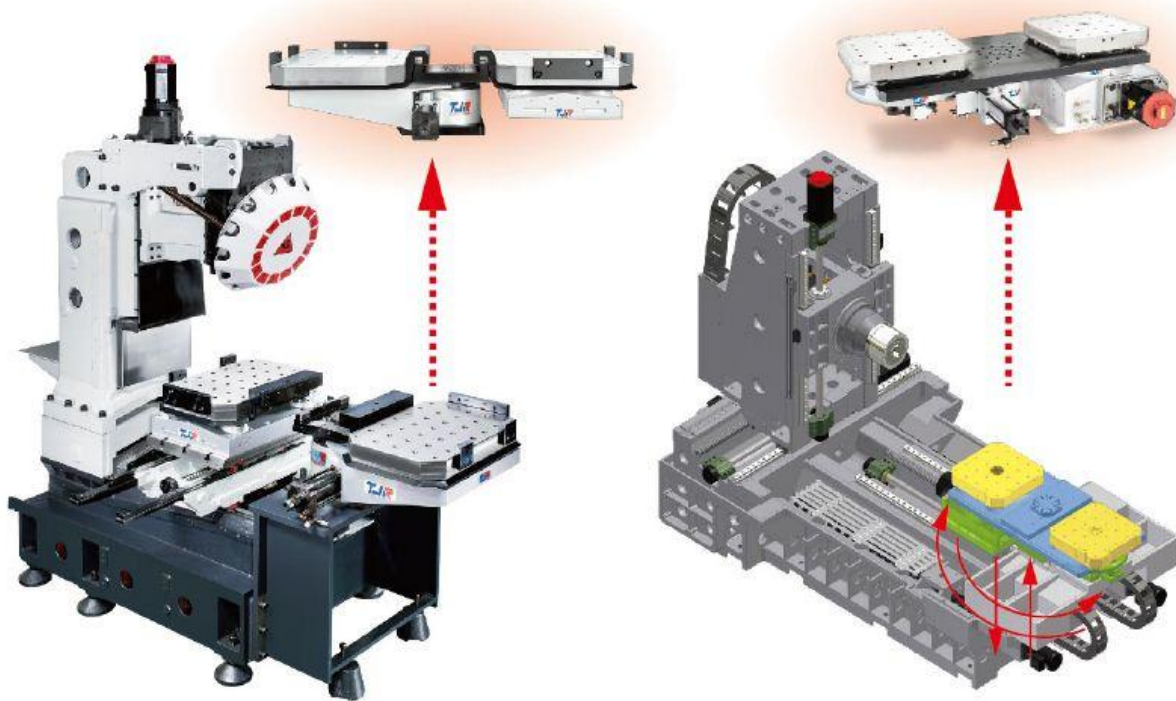


# ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНКОВ



Составитель: Павловский  
П.Г.

# Литература

1. Металлорежущие станки: учебник. В двух томах. Т. 1: учеб./ Т.М. Авраамова [и др.]. — Москва: Машиностроение, 2011. — 608 с.
2. Металлорежущие станки: учебник. В двух томах. Т. 2: учеб./ В.В. Бушуев [и др.]. — Москва: Машиностроение, 2011. — 586 с.
3. Графические изображения некоторых принципов рационального конструирования в машиностроении : учеб. пособие/ В.Н. Крутов [и др.]. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 208 с.

# Литература

4. Конструирование машин: Справочно-методическое пособие: В 2-х т. / К.Ф. Фролов [и др.]. Под общ. ред. К.Ф. Фролова. – М.: Машиностроение, 1994. – Т.1, 528 с. – Т.2, 624 с.
5. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. В 2-х книгах/ П.И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1988. – Кн.1. 560 с. – Кн.2. 544 с.
6. Проектирование металлорежущих станков и станочных комплексов: Справочник-учебник. В 3-х т. Т.1. Проектирование станков / А.С. Проников [и др.]. Под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1994. – 444с.

# Литература

7. Основы конструирования станков/ В.В. Бушуев. – М.: Изд-во МГТУ СТАНКИН, 1992. – 520 с.
8. Детали и механизмы металлорежущих станков. В 2-х т./Под общ. ред. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1972. – Т.1, 664. – Т.2, 520 с.



# **1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

## **1.1 Общие сведения**

## Направления развития станков. Факторы, определяющие технический уровень конструкций

1. Техническое совершенствование станка оценивается при сопоставлении основных его показателей с наиболее высокими, достигнутыми на лучших образцах.
2. Учитывается использование современных конструкторских решений, отражающих степень реализации научно-технических достижений.
3. Рассматривается вся совокупность технических и экономических особенностей, обеспечивающих эффективное применение станка.
4. Учитывается степень соответствия станка определенным критериям

# Основные направления развития станков

- Приспособленность станка к человеку.
- Увеличение диапазона частот вращения привода главного движения и повышение скорости резания до 10 000 м/мин и более.
- Реализация комплекса мер по увеличению доли основного времени использования станка.
- Для повышения точности и качества деталей предусматривается контроль статических, динамических и температурных возмущающих воздействий и в случае необходимости проводится соответствующая коррекция.
- Вследствие увеличения расходов на изготовление, заработную плату и материалы, а также стоимости одного часа работы оборудования степень автоматизации станков увеличивается.
- Вследствие повышения уровня автоматизации устанавливаются более высокие требования к надежности оборудования и к гарантированию качества обработки.
- Повышение в экономически оправданных пределах единичной мощности.
- В связи с ростом частот вращения главного привода, скоростей перемещения применяются адаптивные системы регулирования, обеспечивающие контроль и предохранение от разрушения систем станка и инструмента.
- Снижение удельной металлоемкости; энергосбережение.

# Поиск новых конструкторских решений

1. При создании и развитии конструкций станков для принятия решения часто используют прогнозирование, при котором изучаются все основные параметры станков.
2. Техническое решение задачи должно осуществляться на альтернативной основе, чтобы не упустить рациональный вариант.
3. При создании станка необходимо научиться выделять главные моменты.
4. Синтезу принципиально новых решений, в том числе изобретательству, желательно придать научную основу .
5. Применение новейших видов технологических операций, основанных на использовании физических и физико-химических методов обработки, или их сочетаний с традиционными .

# Поиск новых конструкторских решений

6. Объединение различных технологических процессов.
7. Введение элементов искусственного интеллекта — от распознавания образов деталей до управления речевыми входными сигналами.
8. Реализация безотходного производства.
9. Стандартизация конструкторских решений, которая предполагает повторяемость, вариантность как рациональное многообразие, взаимозаменяемость, обязательность применения.

# Методами стандартизации являются

- симплификация;
- унификация — замена нескольких деталей или узлов одним;
- типизация — разработка типовых конструкций на основе аналогичного функционального назначения и одинаковых технических характеристик;
- агрегатно-модульный принцип проектирования, предполагающий возможность компонования станка из стандартных агрегатов, узлов, сборок.

# Поиск новых конструкторских решений

10. Расширение технологических возможностей за счет установки на станке дополнительных узлов и приспособлений.
11. Создание универсальных и многофункциональных конструкций, которые расширяют технологические возможности станка, что характерно в первую очередь для многоцелевых станков.
12. Применение новых материалов.
13. Применение механизмов с более естественной схемой работы, надежность которых обеспечивается самой природой функционирования.
14. Применение новых механизмов, сконструированных с учетом достижений механики, гидравлики, пневматики, электрики и рациональное сочетание в станке устройств, использующих эти физические принципы.

# Поиск новых конструкторских решений

15. Перенос рабочих функций с механических систем приводов на систему управления и электропривод, что позволяет получить более простые, компактные и легко управляемые узлы, например, использование главного привода токарного станка одновременно и для привода круговой подачи.
16. Использование механизмов, построенных на новых физических принципах.
17. Использование в станках достижений в смежных областях техники и учет исследований живой природы.
18. Применение мехатронных устройств, объединяющих три составные части: силовую систему, осуществляющую механические перемещения, информационную систему и систему управления.



# **1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

## **1.2 Этапы разработки конструкторской документации**

# Этапы разработки

- Техническое задание (ГОСТ 15.016—2016)
- Техническое предложение (ГОСТ 2.118—2013)
- Эскизный проект (ГОСТ 2.119—2013)
- Технический проект (ГОСТ 2.120—2013)
- Разработка рабочей документации
- Выбор и расчет основных параметров станка

# **1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

## **1.3 Классификация параметров и показателей**

# Номенклатура показателей качества (ГОСТ 4.93—86)

- Показатели назначения
- Эргономические показатели

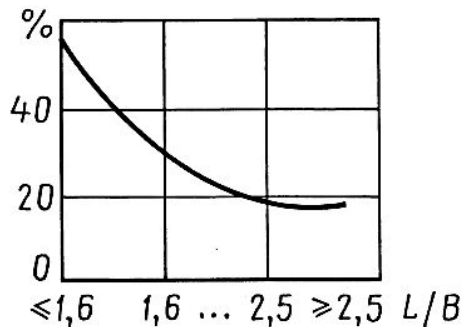
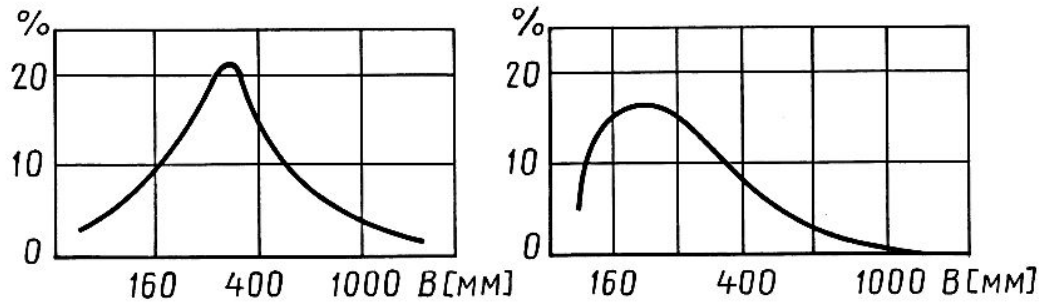
# Классификация параметров и показателей станков

Группа		Параметры и показатели		
		Задаваемые	Выбираемые	Рассчитываемые
Стандартизованные	Габаритные	Предельные размеры устанавливаемых заготовок	Предельные размеры деталей из условий транспортирования	
	Массовые	Максимальная масса устанавливаемой заготовки	Масса съемных деталей и узлов	
	Эксплуатационные	Корректированный уровень звуковой мощности	Усилия на рукоятках	Уровень шума и вибраций
	Точностные	Погрешность контрольного образца	Точность отдельных деталей	
	Прочие			Жесткость системы СПИД
Конструктивные	Габаритные	Высота центров, размеры стола	Размеры конуса в шпинделе	Габариты станка
	Силовые	Тяговая сила	Мощность главного привода	Тяговое усилие на винте
	Прочие	Параметры нарезания резьбы	Число инструментов в магазине	Масса оправок для инструмента
Эксплуатационные	Производительность	Время обработки одной детали		Время обработки условной детали (универсальные станки)
	Показатели надежности	Наработка на отказ (для станков с ЧПУ)	Срок службы до капитального ремонта	Срок выхода за пределы норм точности

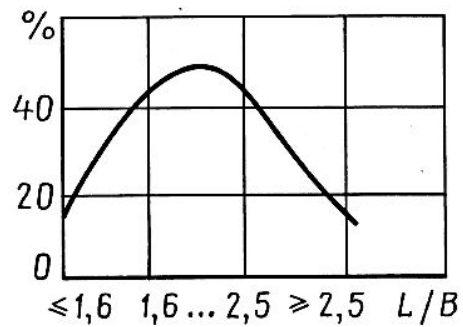
# **1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

## **1.4 Особенности назначения геометрических параметров и основных технических характеристик**

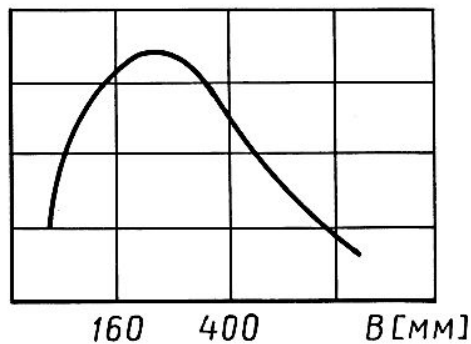
# Статистические данные по размерам корпусных деталей



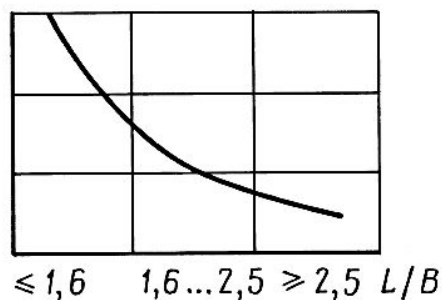
а)



б)

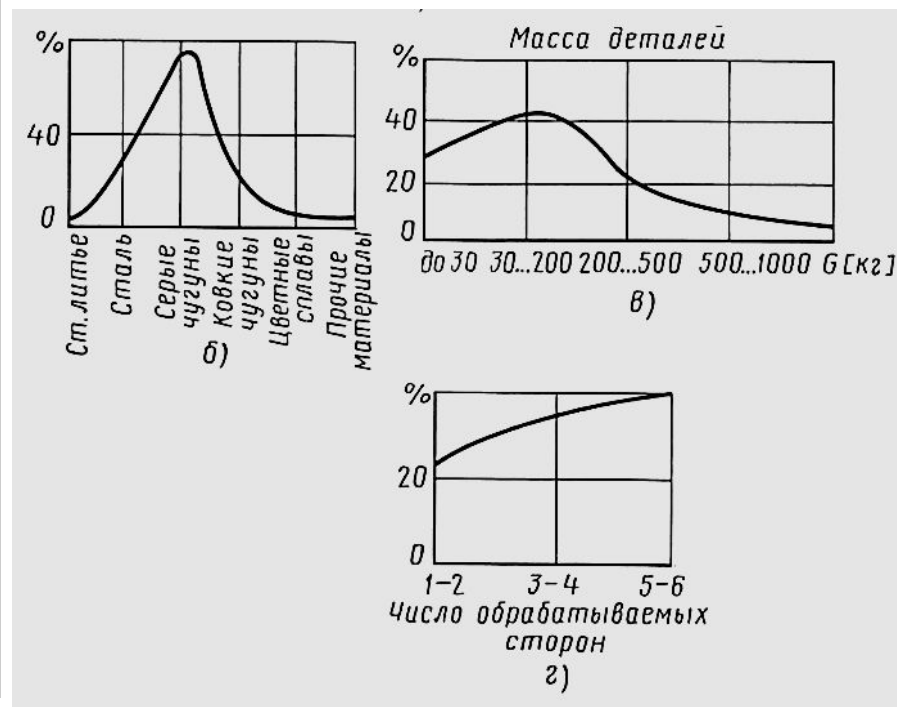
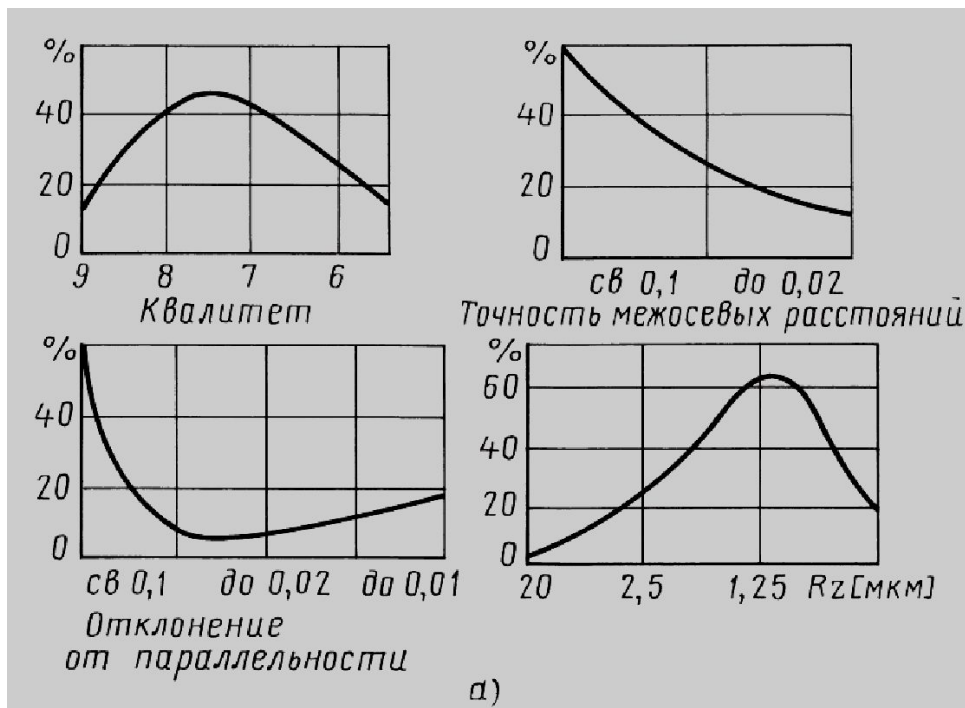


в)



а — корпусные;  
б — плоские;  
в — фигурные

# Статистические данные о корпусных деталях



- а — по качеству обработки;  
б — по материалу заготовок; в — по массе;  
г — по числу обрабатываемых сторон



# **1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

## **1.5 Выбор геометрических параметров и назначение технических характеристик**

# Ряды нормальных размеров

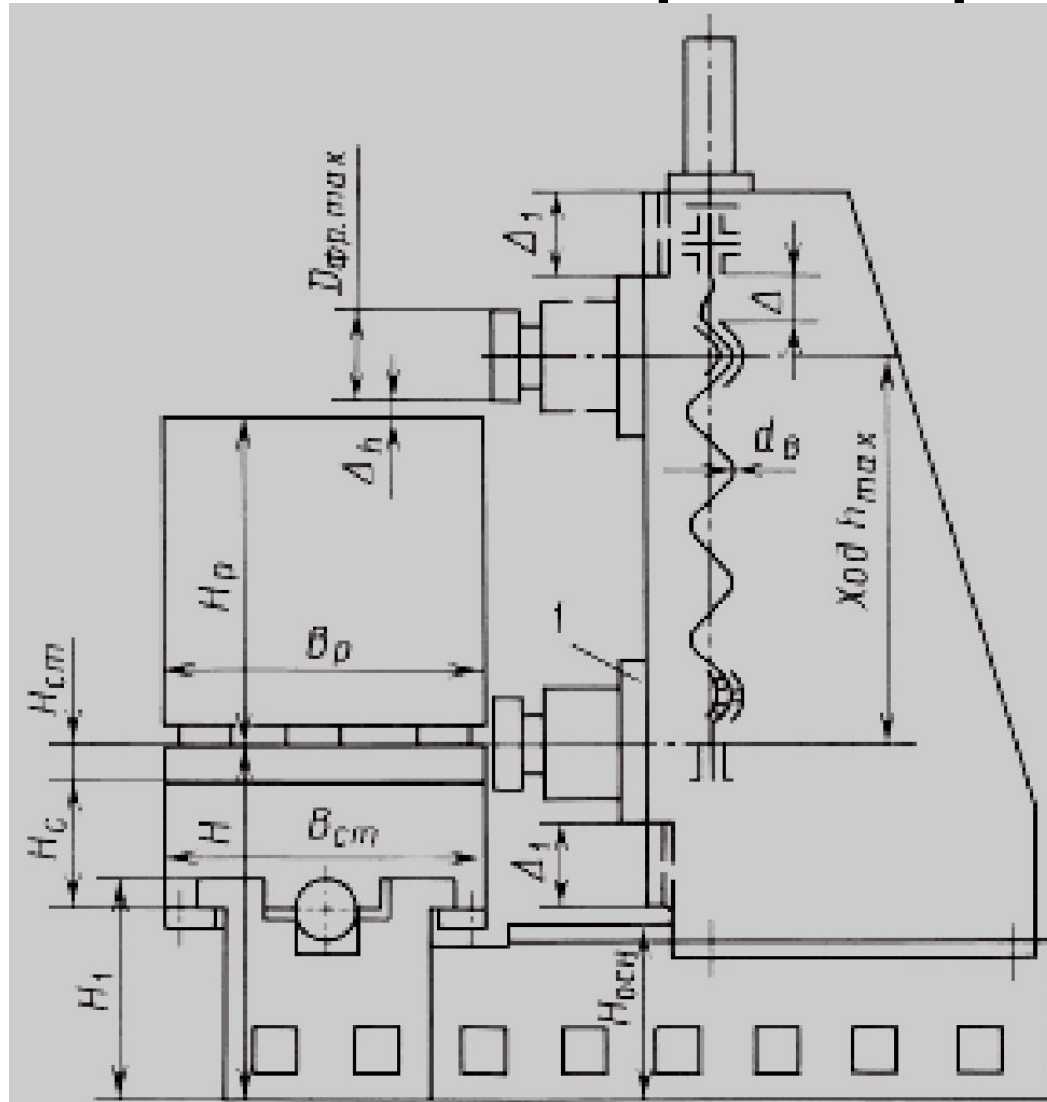
$n = 5$ . Ряд Ra 5: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,65; 1 и т.д.

$n = 10$ . Ряд Ra 10: 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8 и т.д.

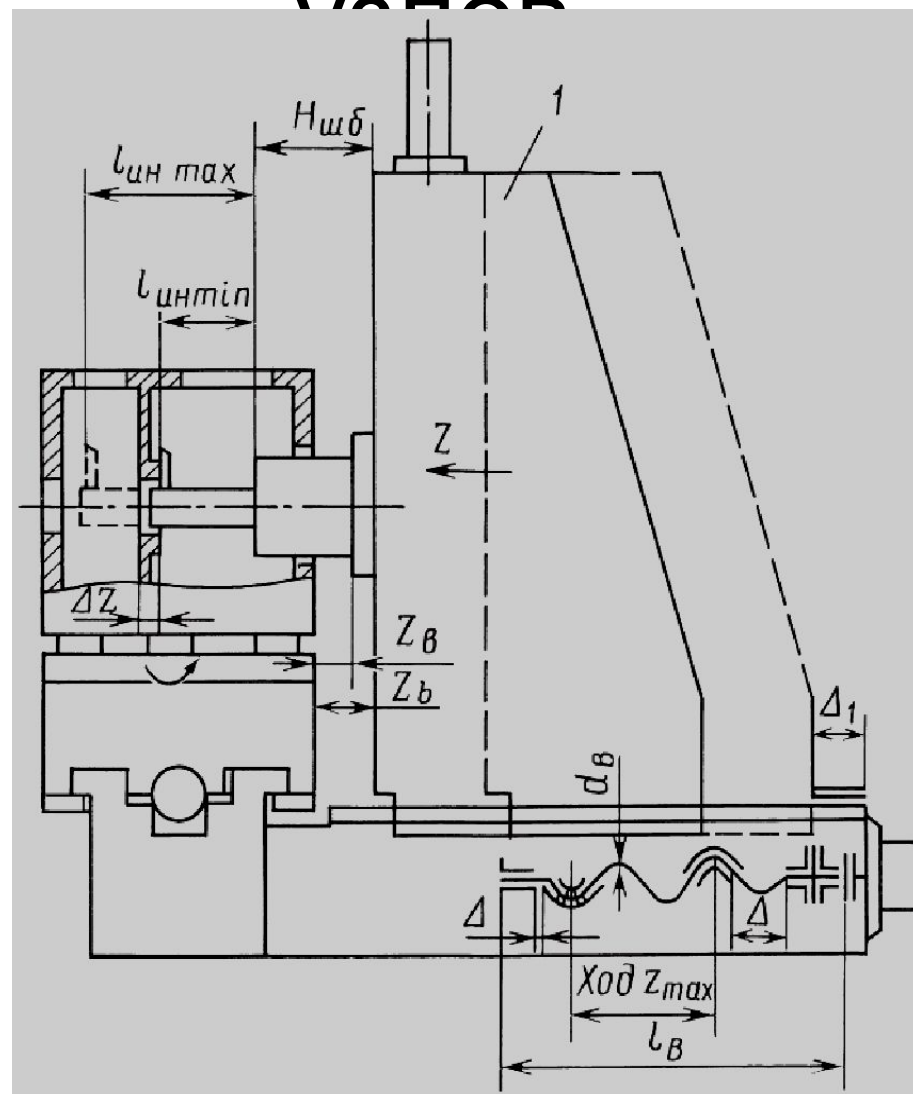
$n = 20$ . Ряд Ra 20: 0,1; 0,11; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18; 0,22; 0,25; 0,28; 0,32; 0,36; 0,4; 0,45; 0,5; 0,56; 0,63; 0,71; 0,8; 0,9; 1 и т.д. с повышением цифр на один порядок.

$n = 40$ . Ряд Ra 40: 0,1; 0,105; 0,11; 0,115; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,16; 0,17; 0,18; 0,19; 0,2; 0,21; 0,22; 0,24; 0,25; 0,26; 0,28; 0,3; 0,32; 0,34; 0,36; 0,38; 0,4; 0,42; 0,45; 0,48; 0,5; 0,53; 0,56; 0,6; 0,63; 0,67; 0,71; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1 и т.д.

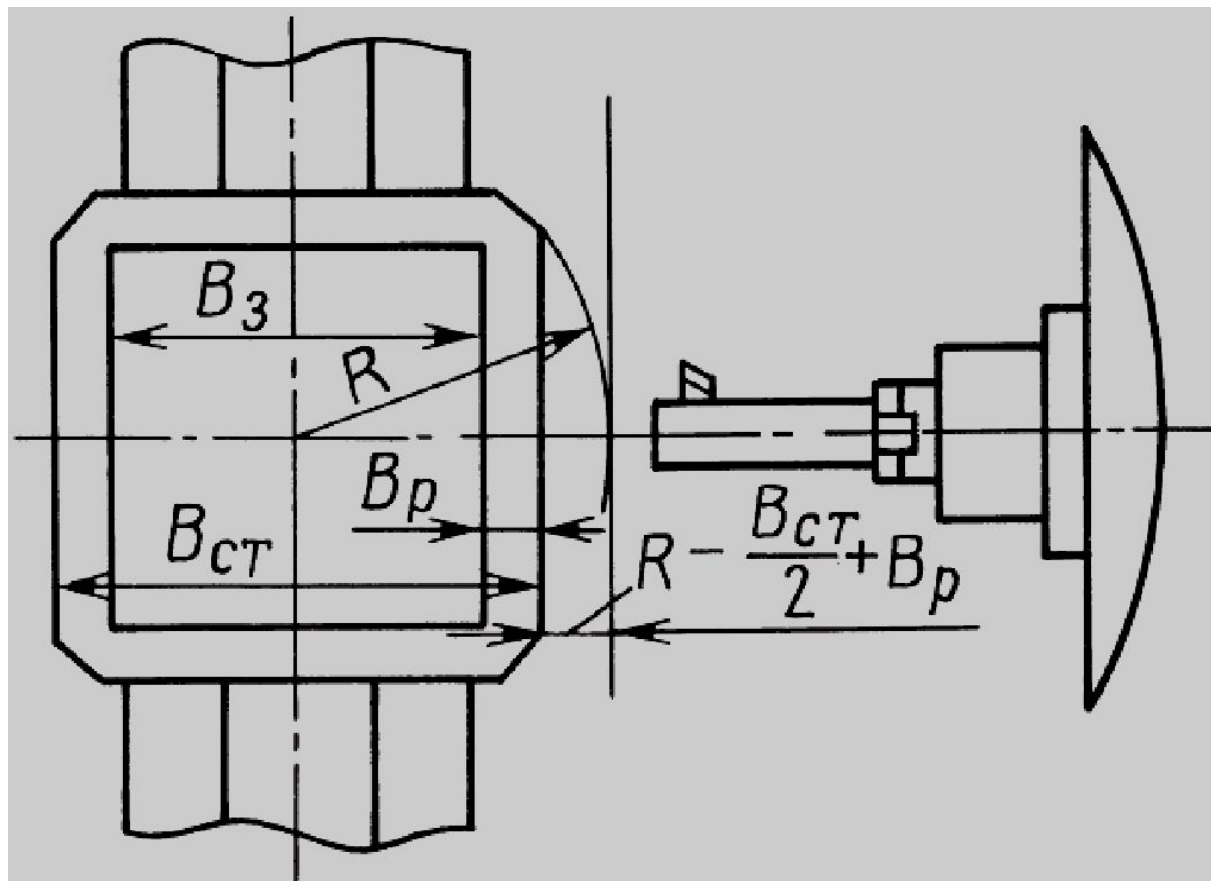
# Схема станка для определения его основных размеров



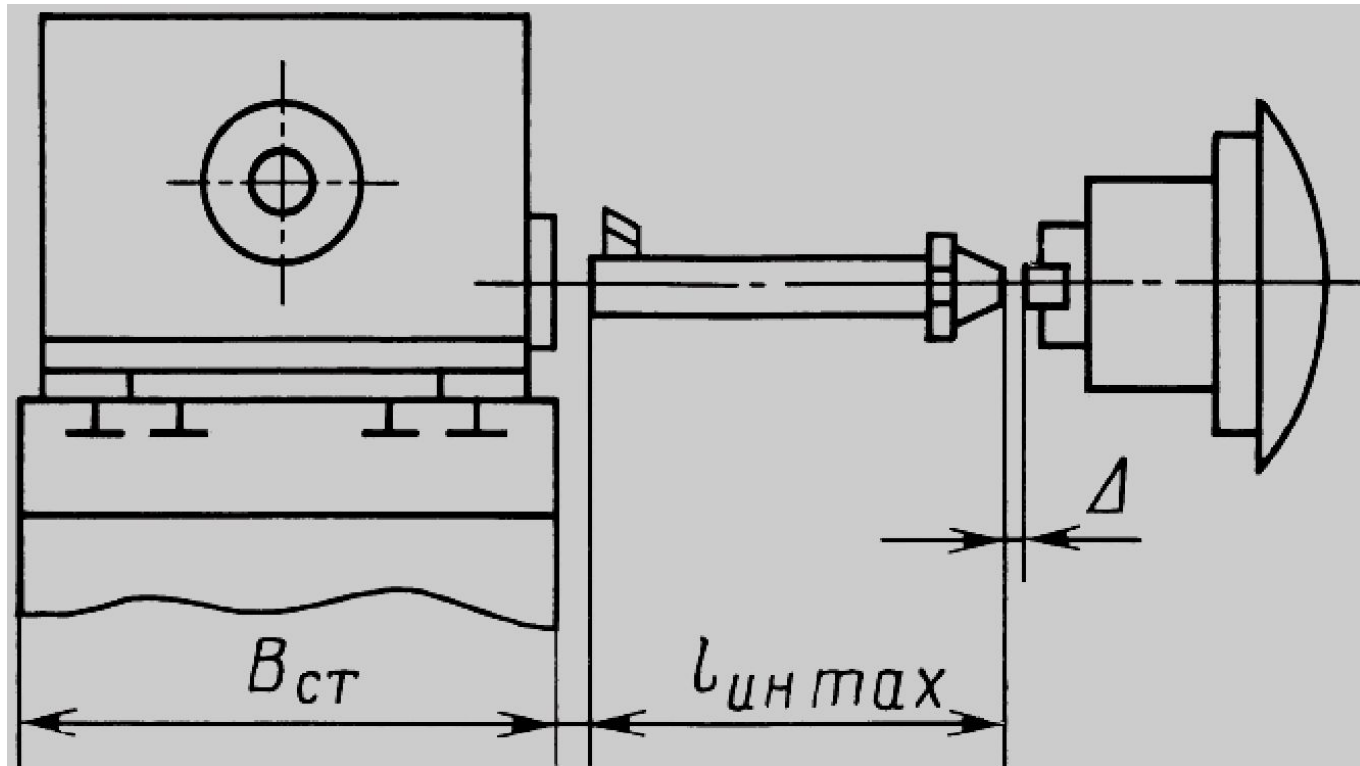
# Схема станка для определения хода стойки и размеров основных



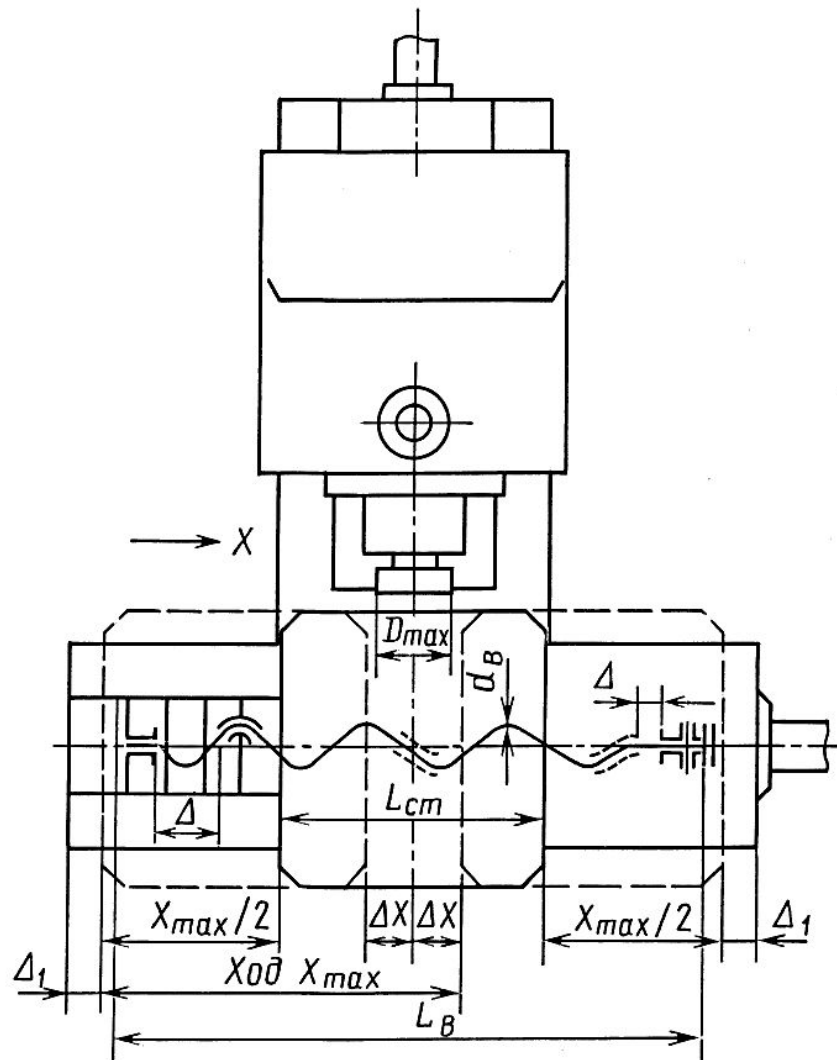
# Схема для определения максимальной длины инструмента при его смене



# Влияние поворота стола на максимальную длину инструмента



# Схема станка для определения хода стола



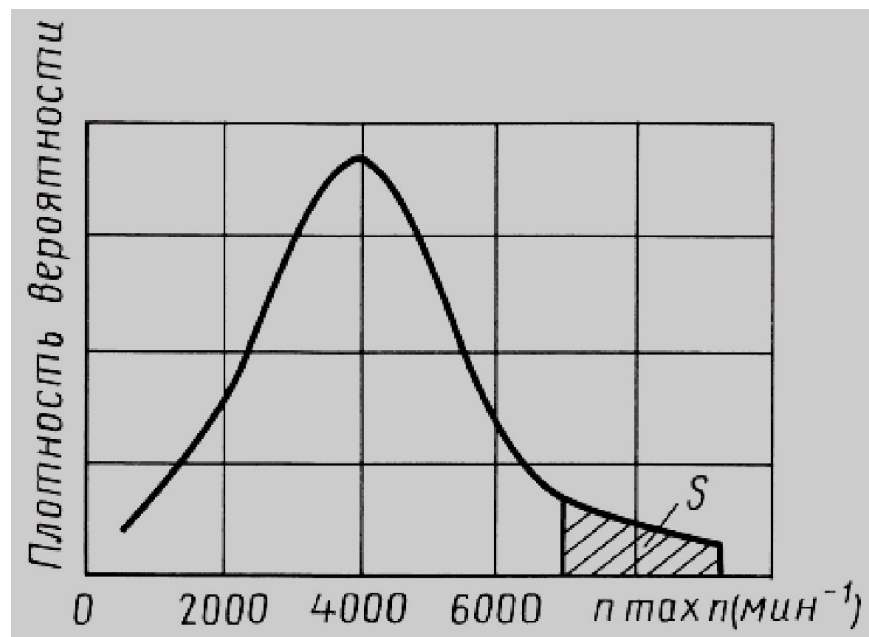
# Пример таблицы режимов резания при работе концевой фрезой

Материал заготовки	Вид обработки	Материал режущей части фрезы*	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/зуб	Скорость подачи, мм/мин	Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	Эффективная мощность резания, кВт	Тангенциальная составляющая силы резания, кН
Конструкционные стали	Черновая	БР	30...40	0,10...0,12	140...380	200...800	3,7...6,7	5,7...14,0
		ТС	80...100	0,05...0,08	245...480	500...2000	4,7...11,4	2,8...9,1
	Чистовая	БР	40...60	0,06...0,10	150...340	250...1200	0,7...1,5	0,7...2,3
		ТС	120...150	0,04...0,06	275...575	750...3000	1,1...2,7	3,0...3,8
Титановые сплавы	Черновая	БР	15...30	0,02...0,08	45...60	100...600	1,0...4,1	2,1...17,0
		ТС	20...50	0,03...0,06	60...145	125...1000	2,6...5,5	3,15...17,0
	Чистовая	БР	20...40	0,02...0,04	60...75	125...800	0,3...1,1	0,4...3,34
		ТС	25...60	0,03...0,04	75...175	160...1250	0,6...1,4	0,6...3,4

\* Диаметр фрезы 16...50 мм.



# Вероятность применения различных скоростей резания



# **1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

## **1.6 Определение режимов обработки резанием**

Допустимая глубина резания при  
чистовом растачивании и  
фрезеровании композитами  
закаленных материалов  
с твердостью около 60 *HRC*

Марка композита	01; 02	05	10
Допустимая глубина резания, мм	0,8...1,0	2,5...3,0	1,5...2,0

# **1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

## **1.7 Выбор расчетных нагрузок**

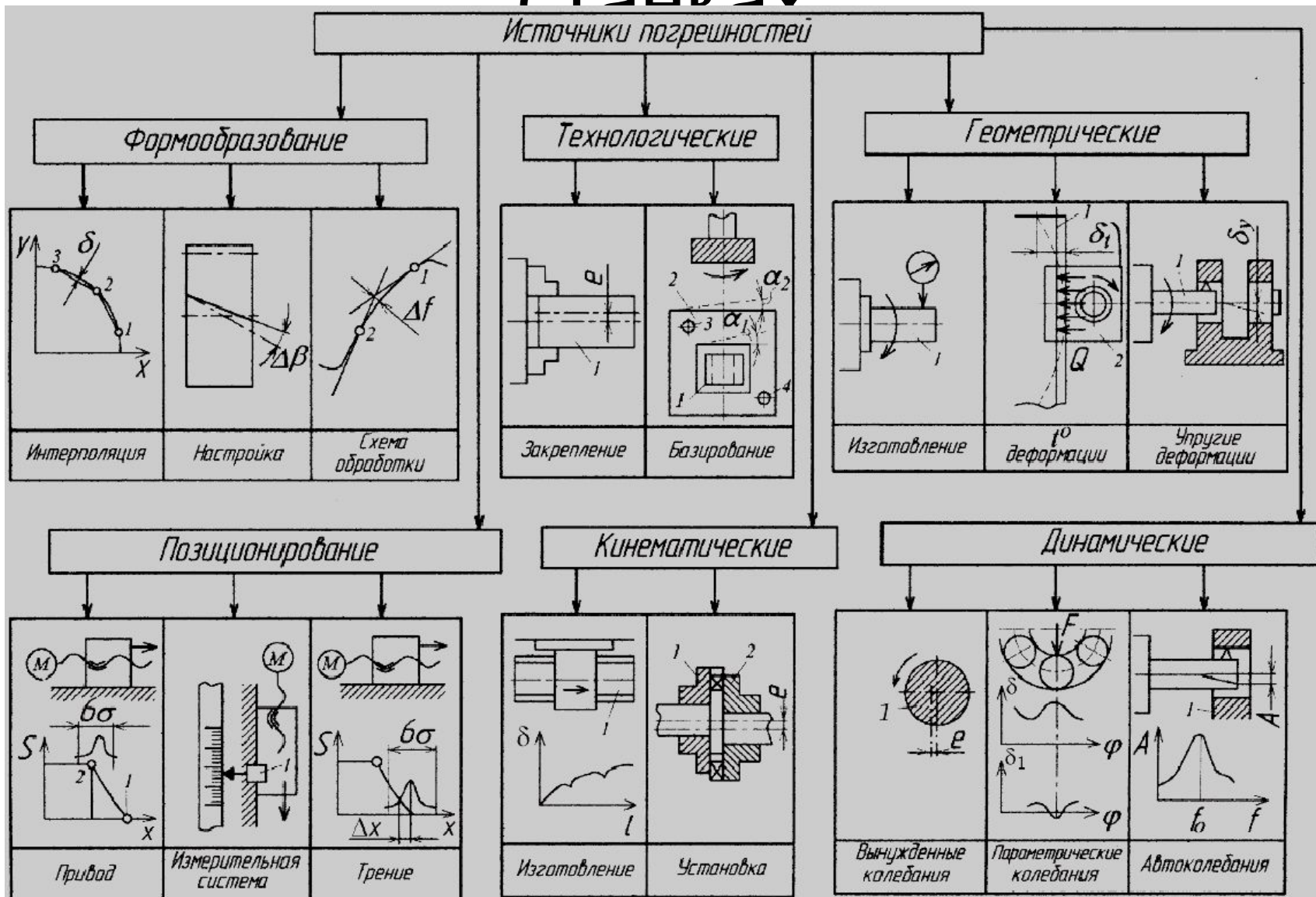
# **1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

## **1.8 Выбор приводов**

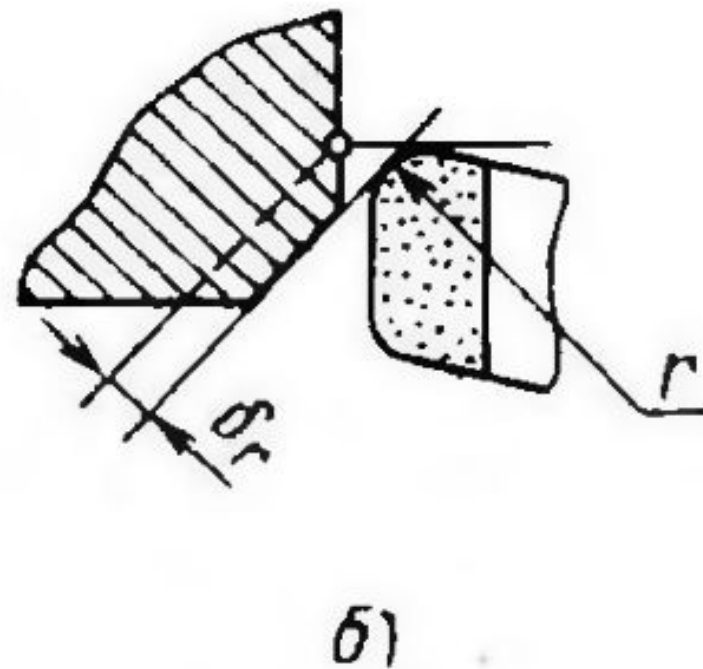
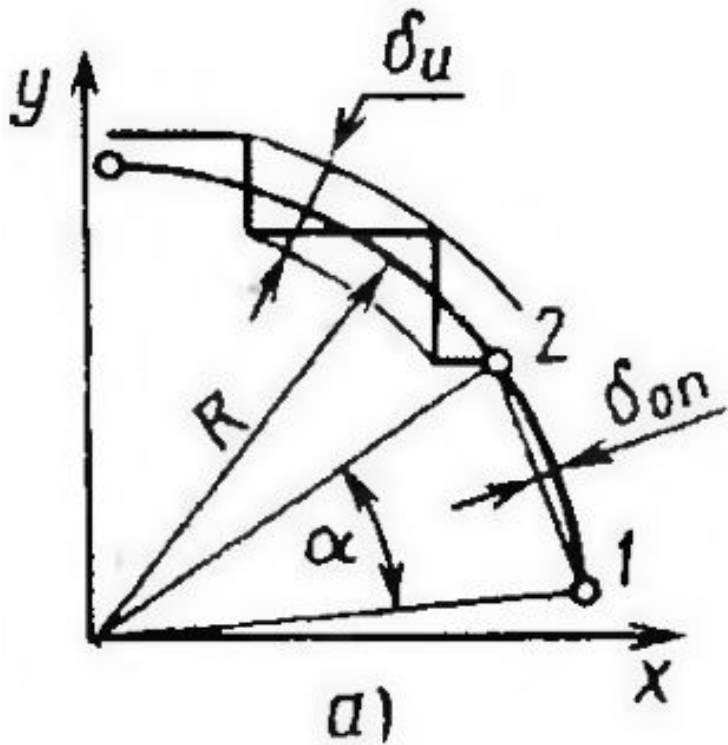
# **2 ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

# Источники погрешностей в

## СТАНИКАХ



# Погрешности формообразования: интерполяция

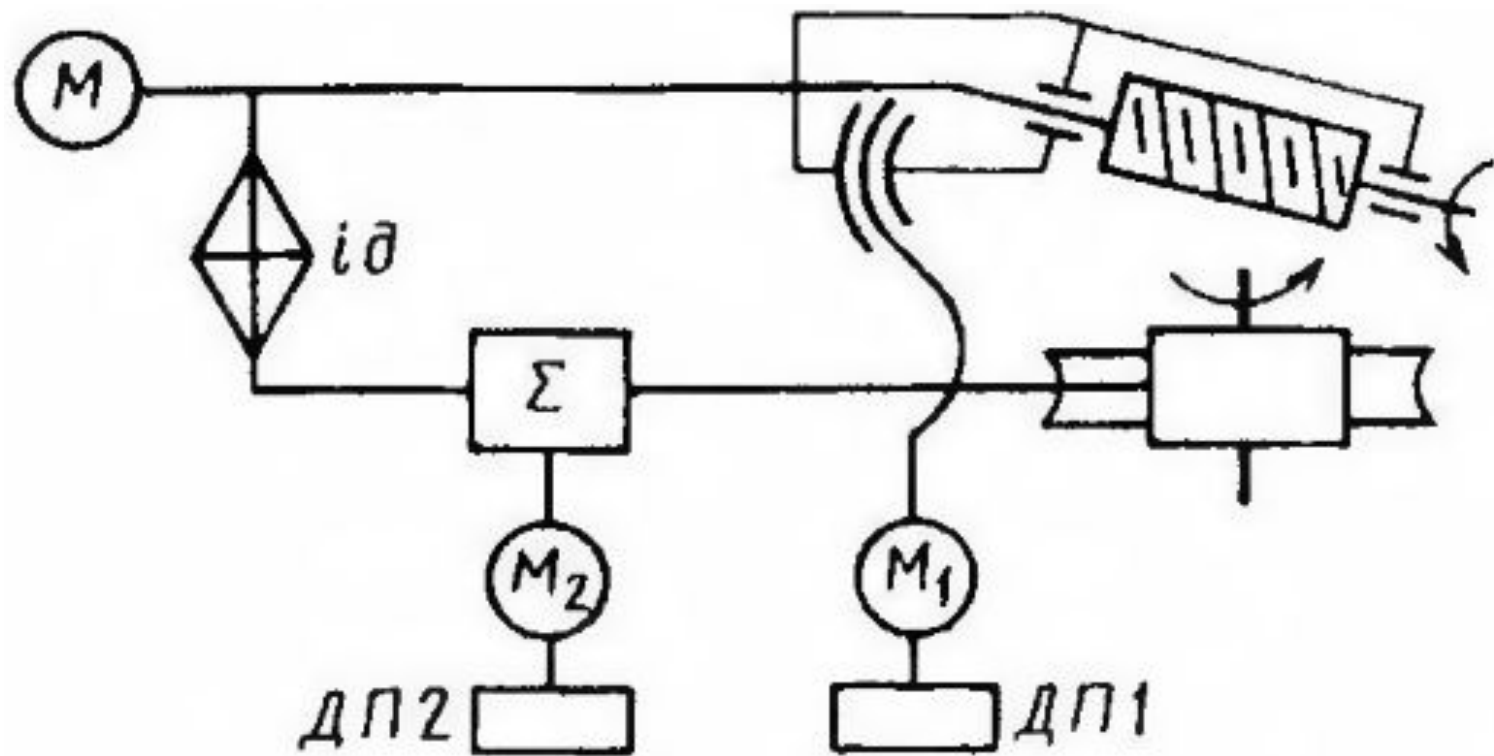




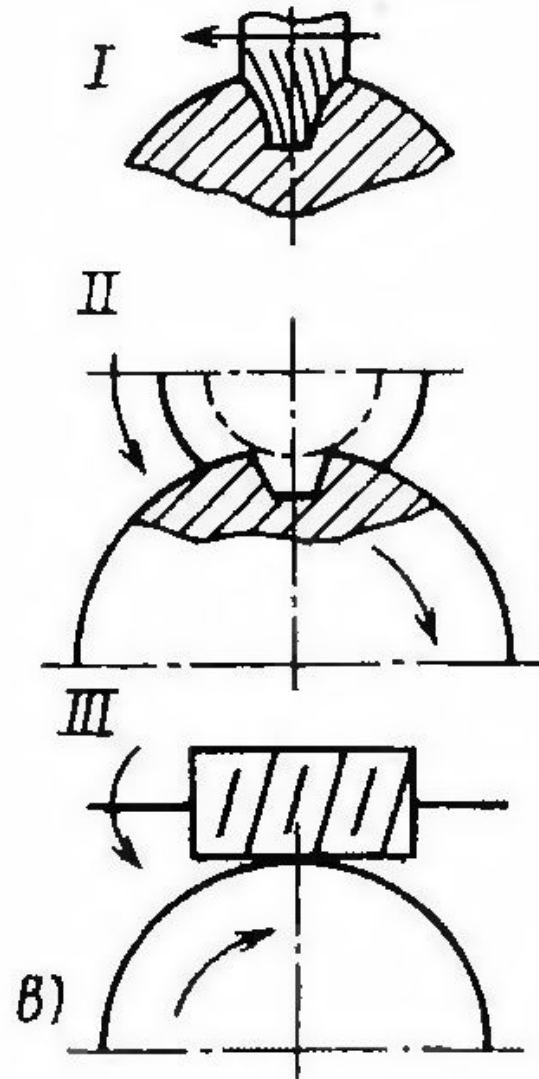
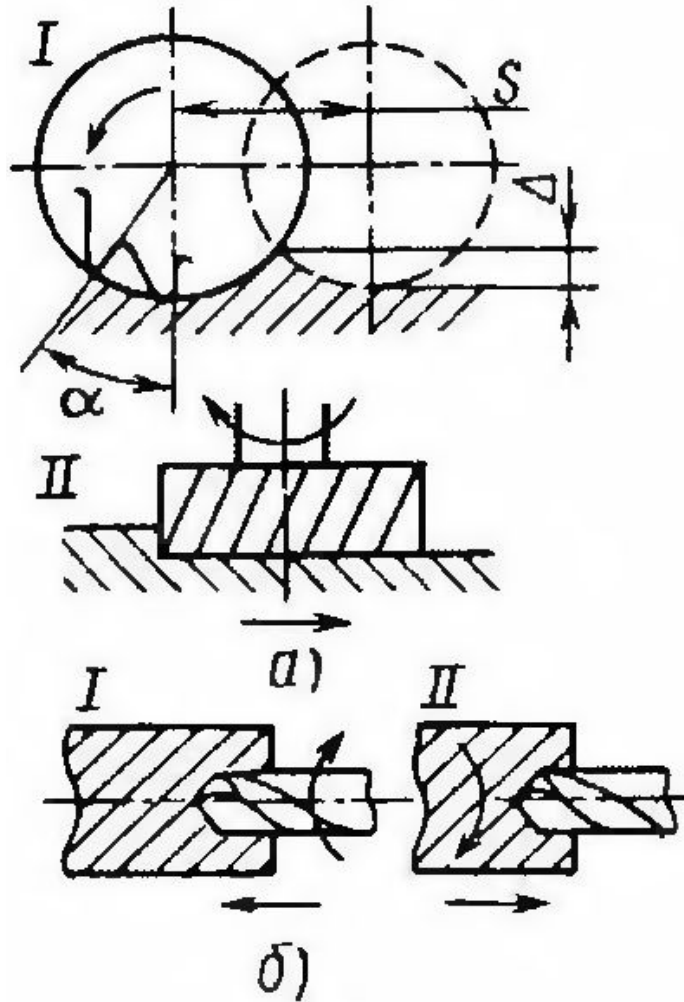
# **2 ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

## **2.1 Погрешности формообразования**

# Погрешности формообразования: настройка



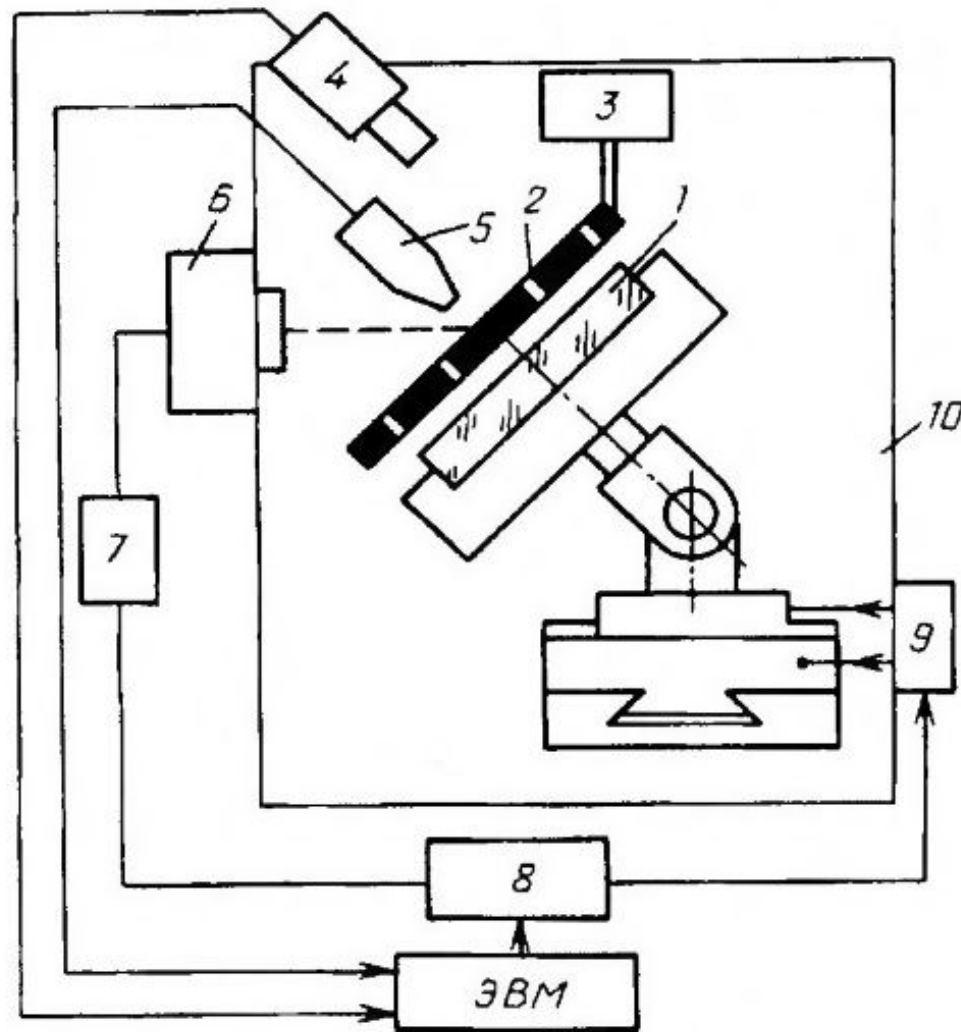
# Погрешности формообразования: схемы обработки



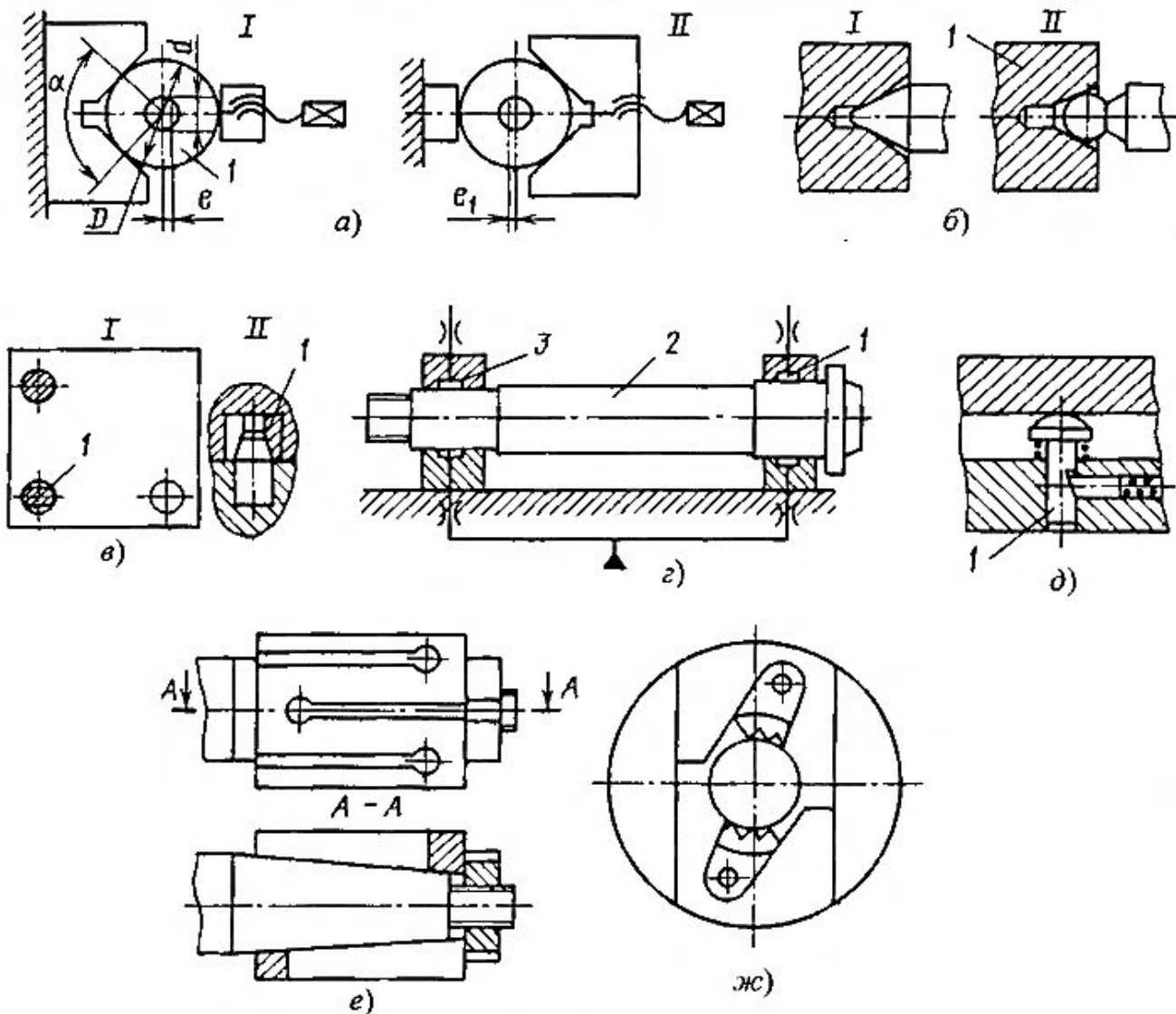
# **2 ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

## **2.2 Технологические погрешности закрепления и базирования изделий и инструмента**

# Схема обработки сверхточных оптических деталей с помощью ионных лучей



# Погрешности базирования и закрепления

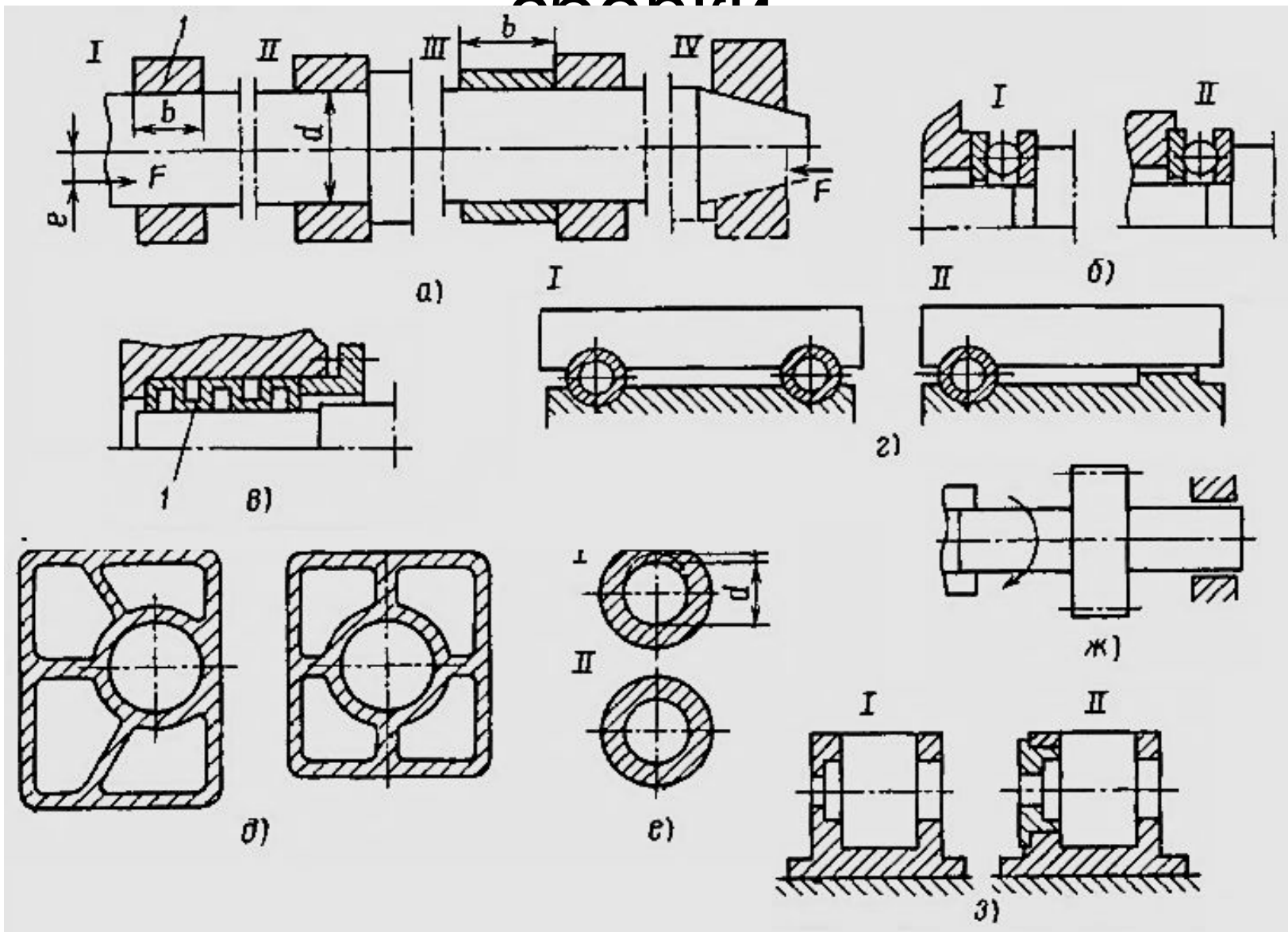


# **2 ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

## **2.3 Геометрические погрешности**

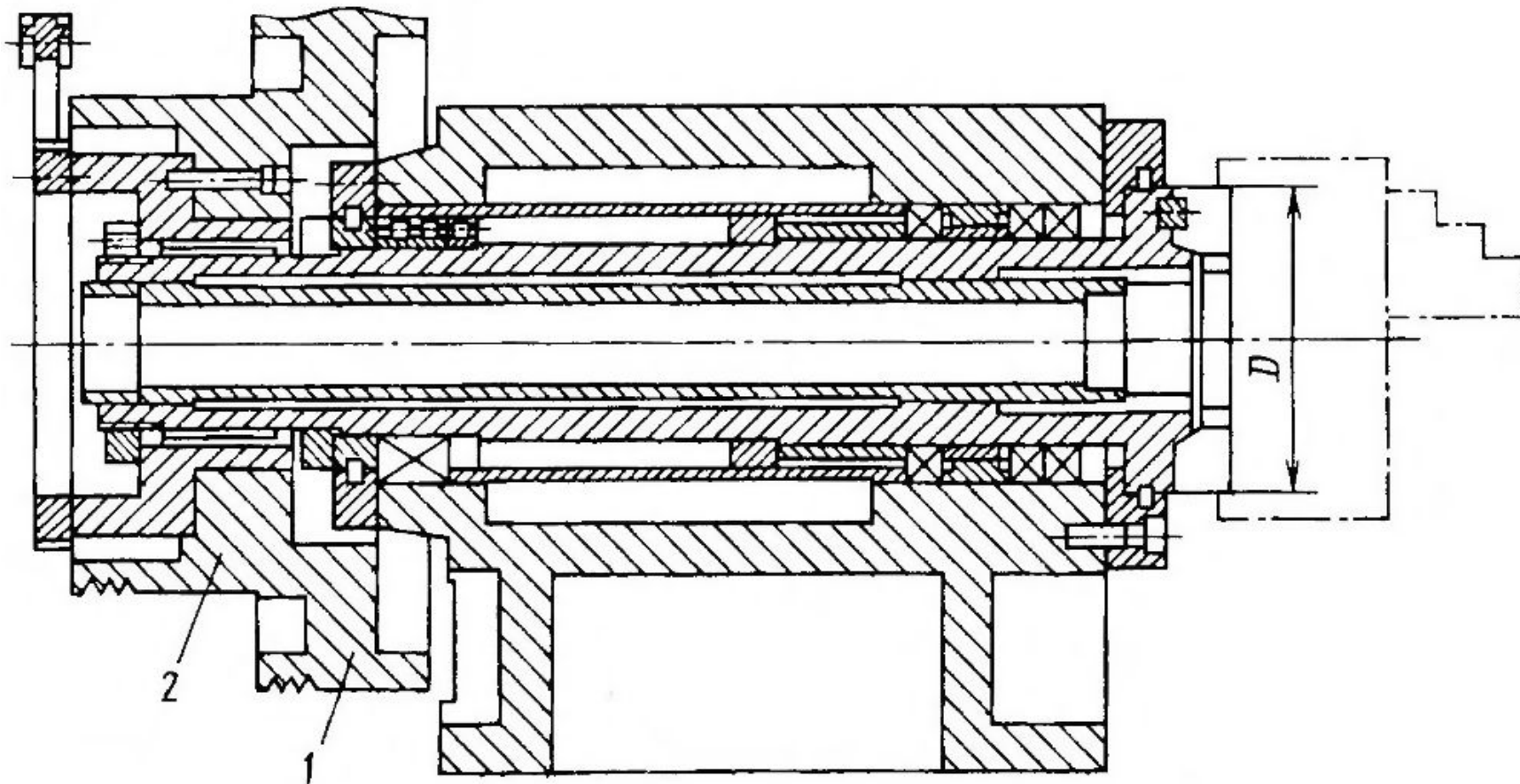
# Погрешности изготовления и сборки

## оборудования

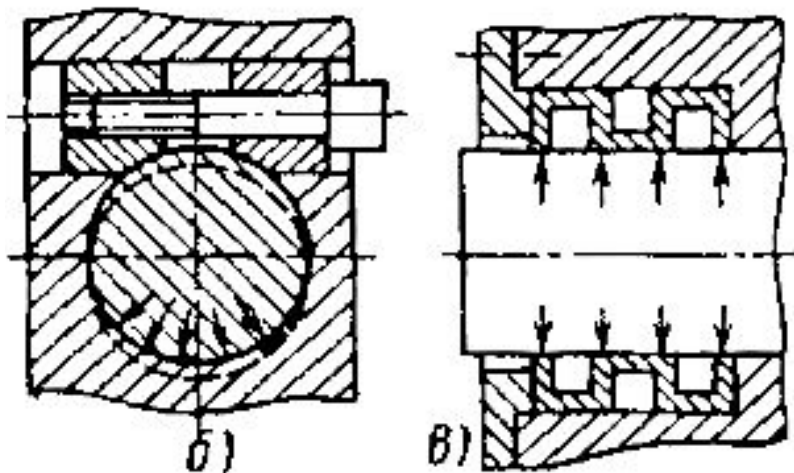
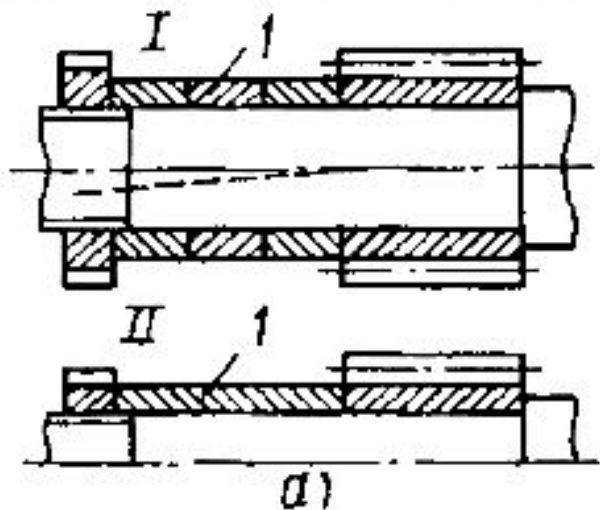




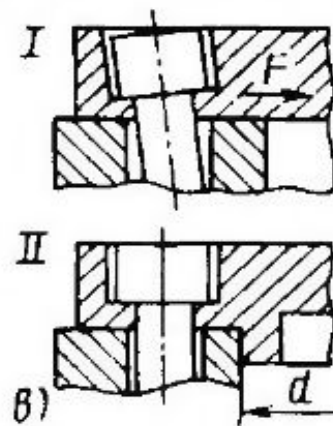
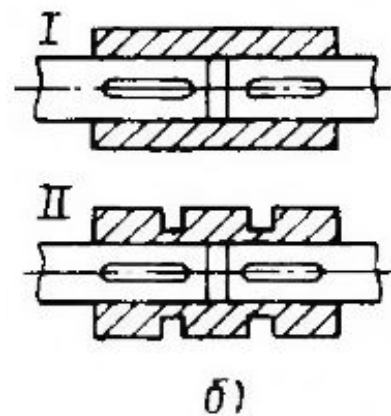
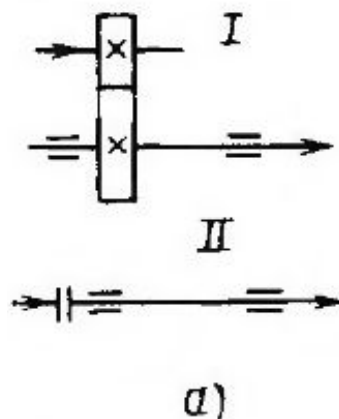
# Шпиндельный узел токарного станка



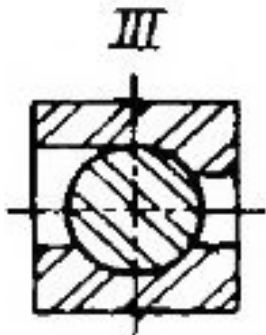
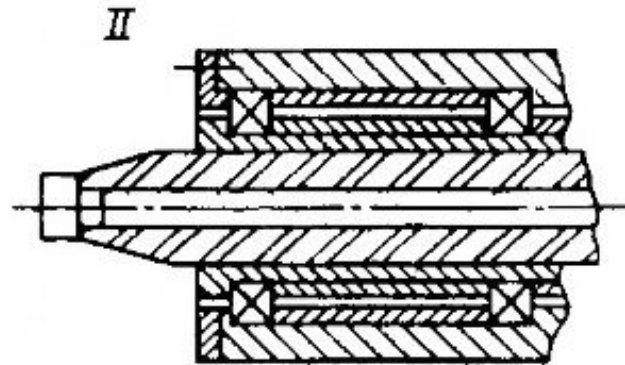
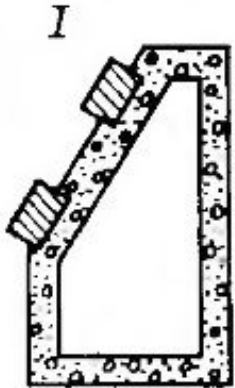
# Упругие деформации: зажим



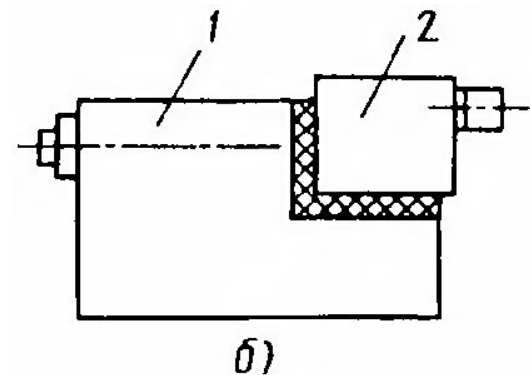
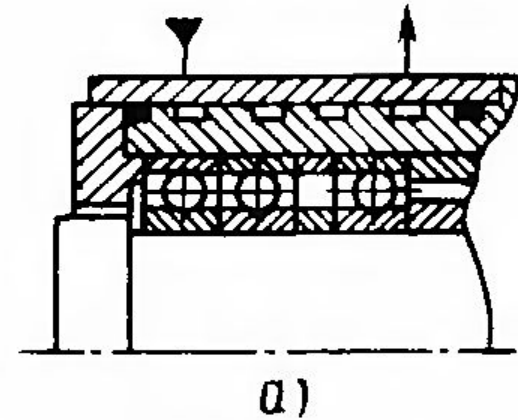
# Упругие деформации: поперечные силы



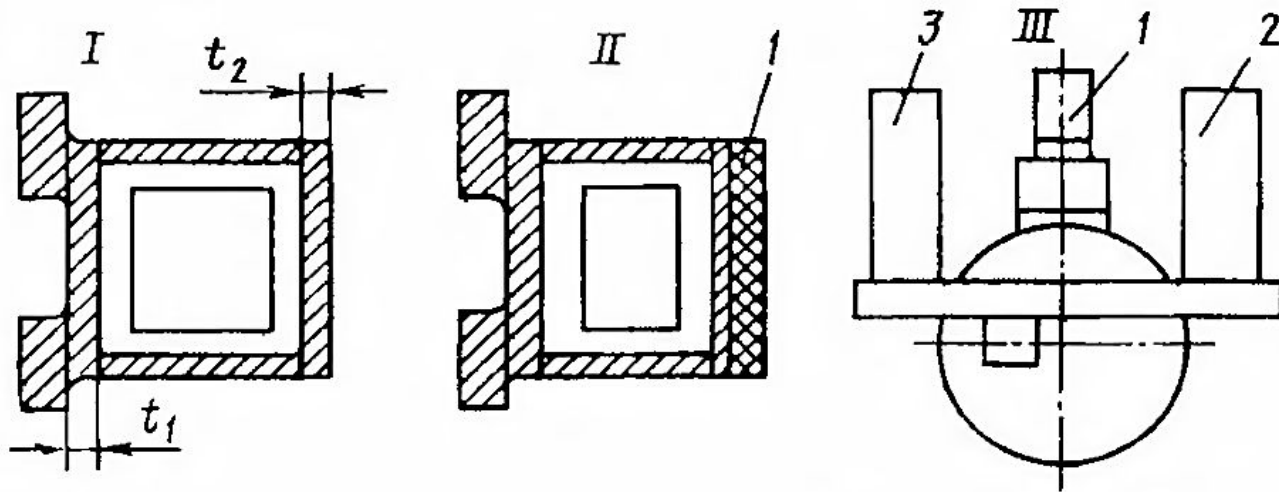
# Тепловые деформации: материал



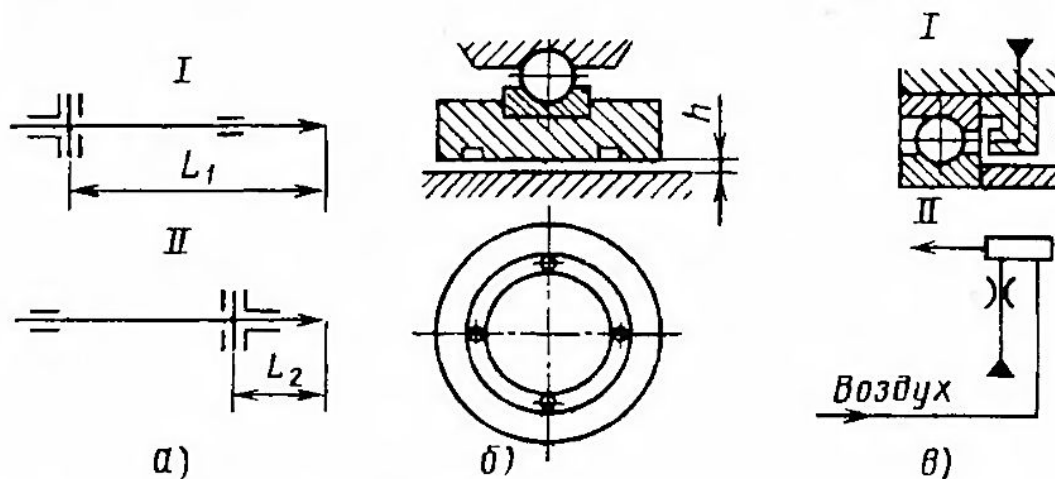
# Тепловые деформации: охлаждение, изоляция



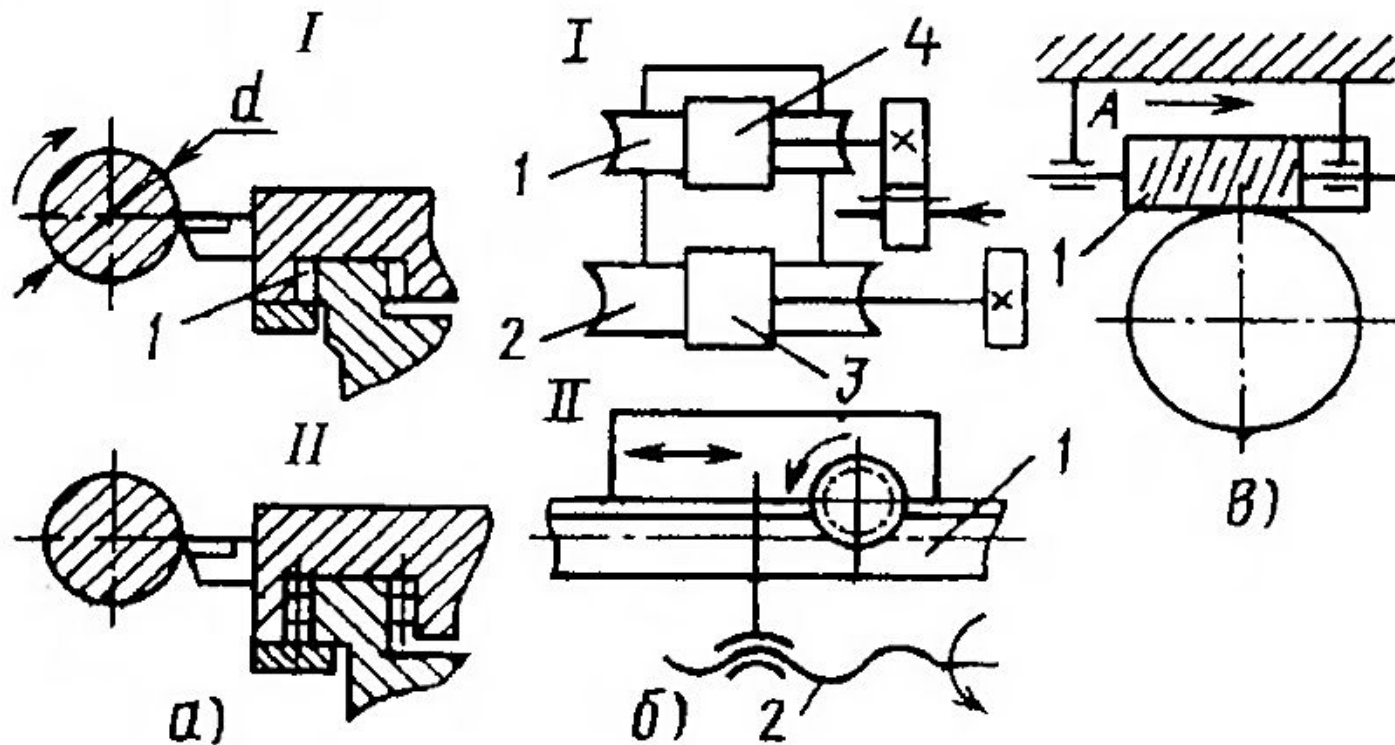
# Тепловые деформации: симметрия



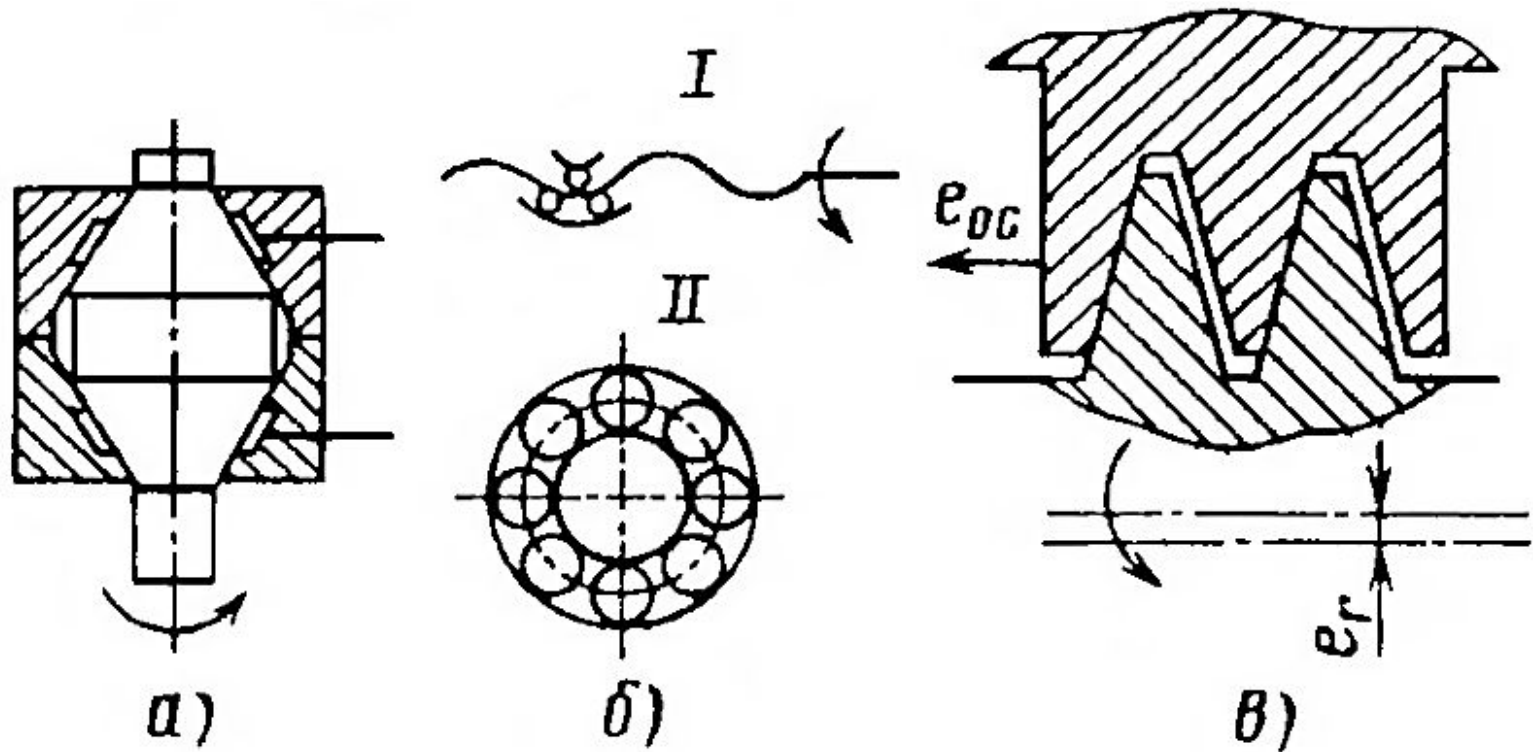
# Тепловые деформации: совершенствование конструкции



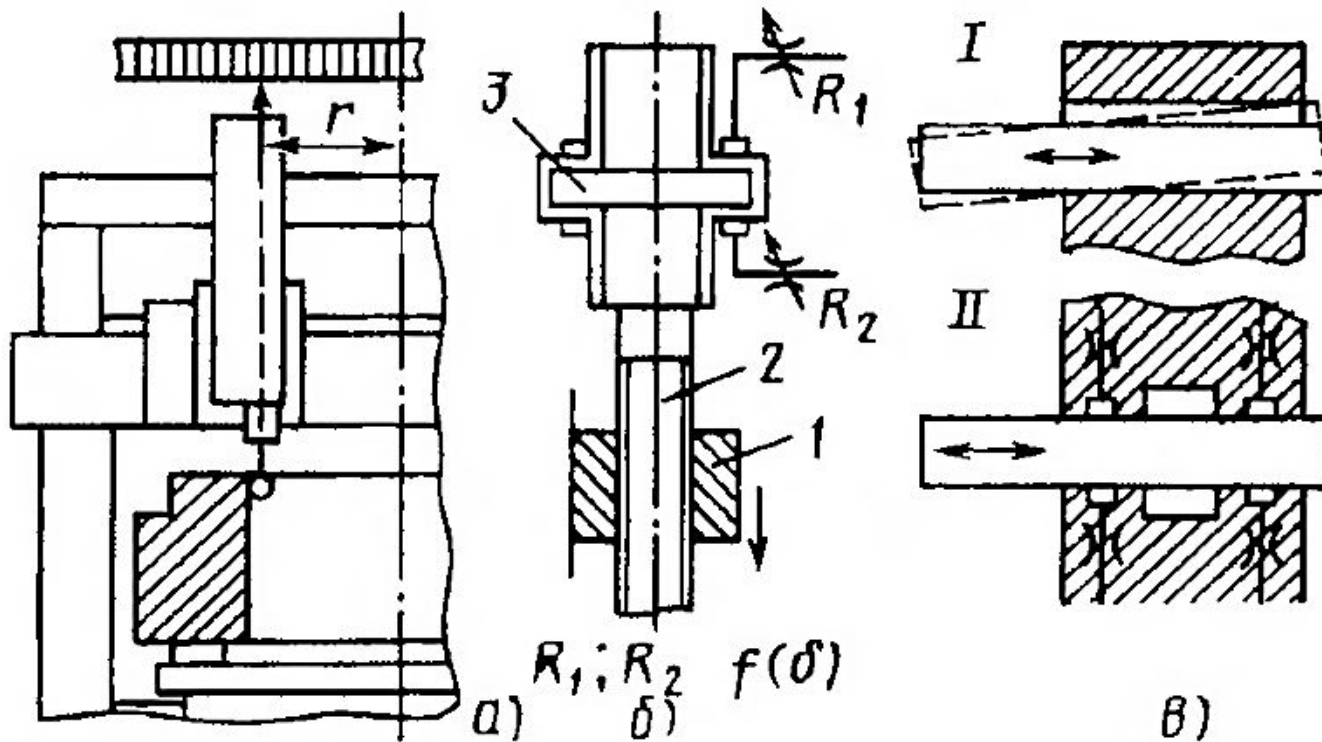
# Превышение геометрической точности: уменьшение влияния условий работы



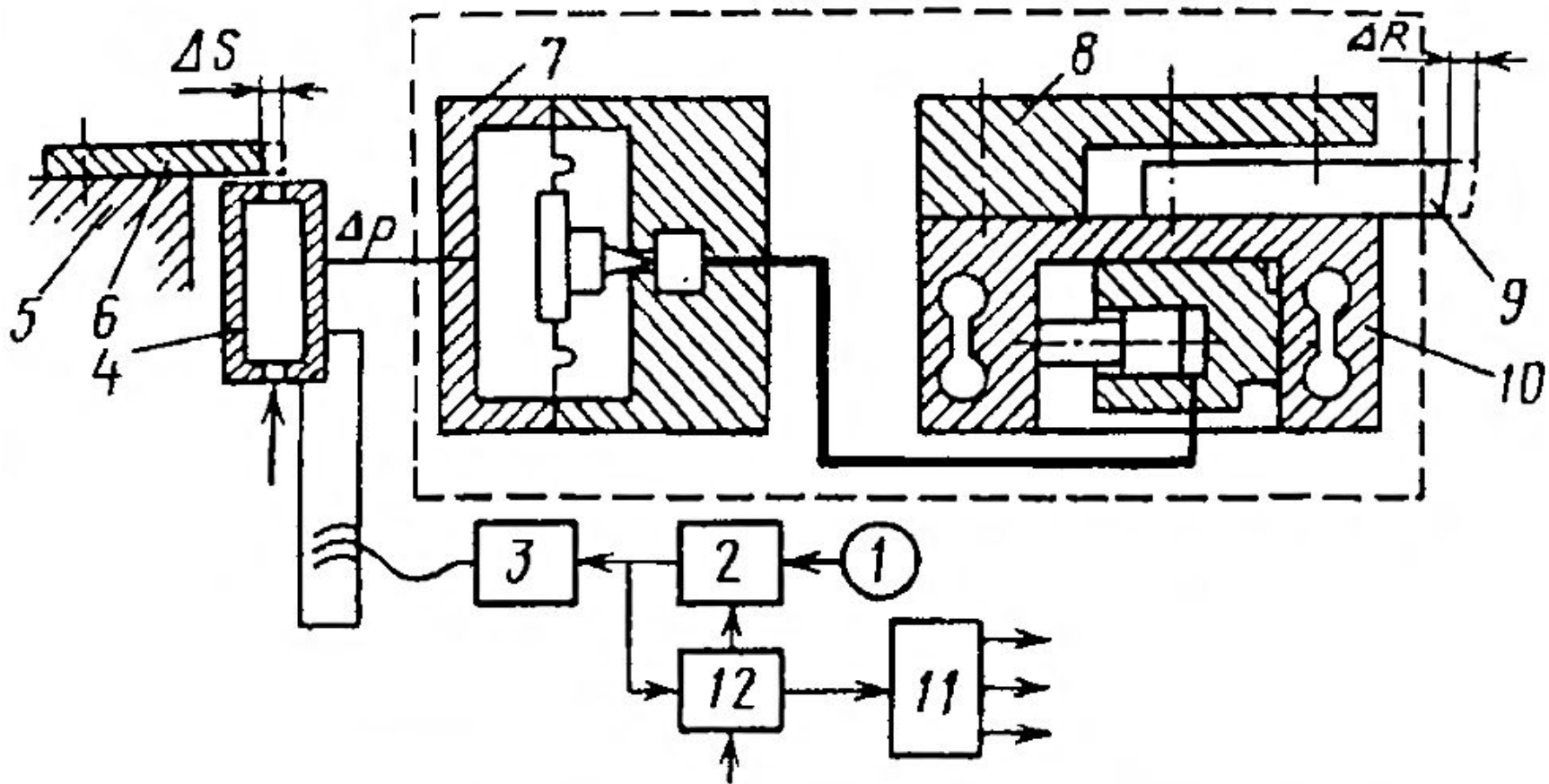
# Превышение геометрической точности: использование специальных свойств



# Превышение геометрической точности: конструктивное усовершенствование



# Схема компенсации износа инструмента и направляющих токарного станка

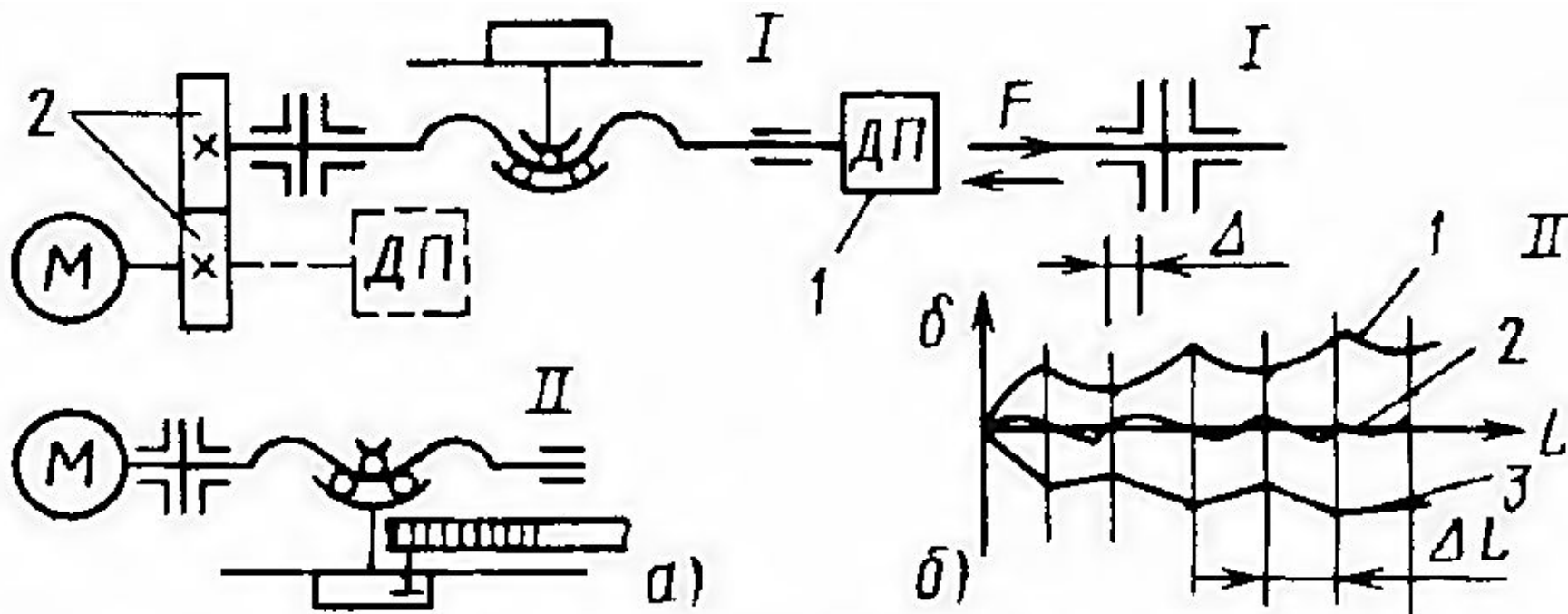




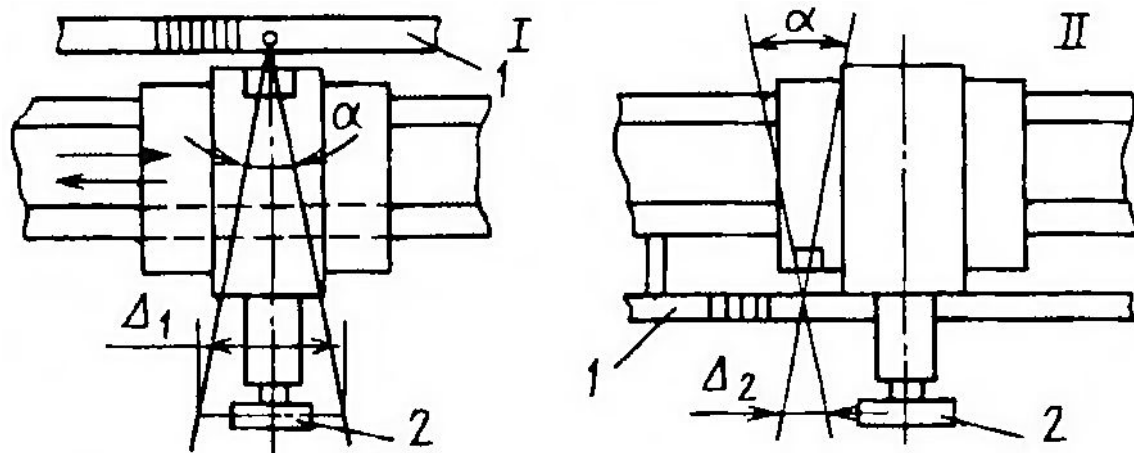
# **2 ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

## **2.4 Погрешности позиционирования**

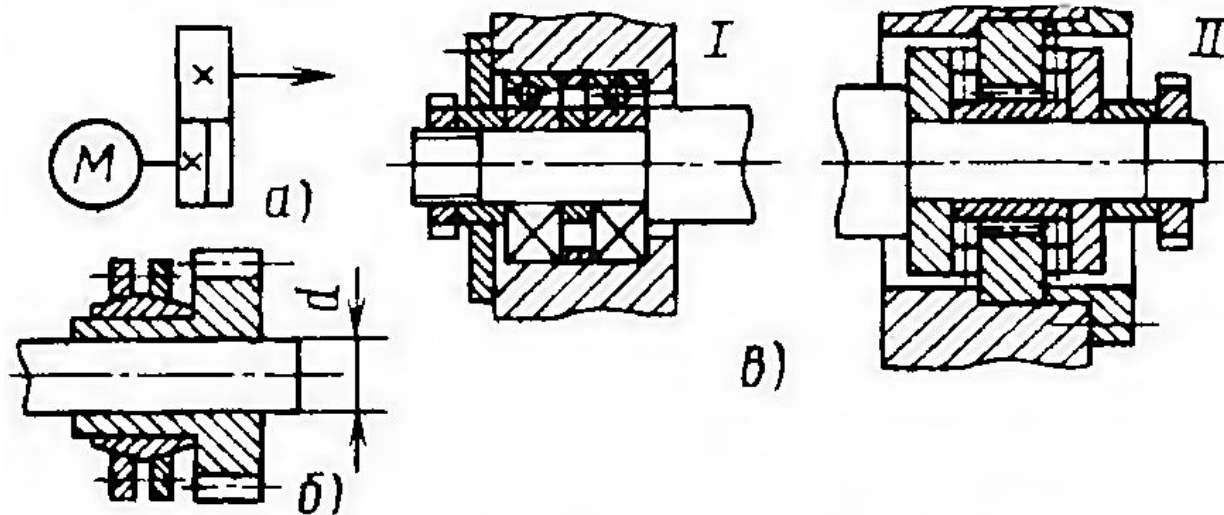
# Погрешности позиционирование: датчики, коррекция



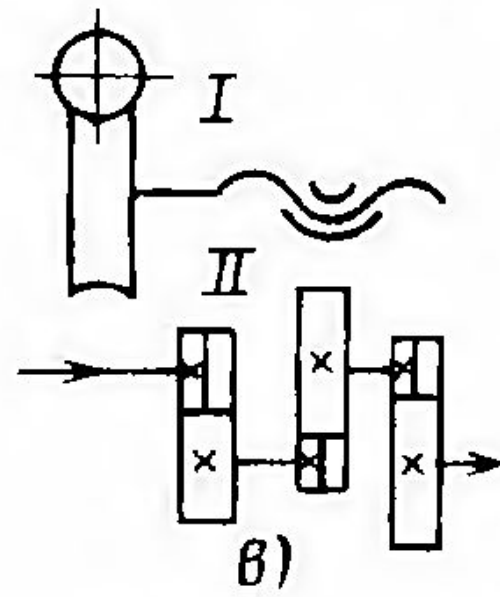
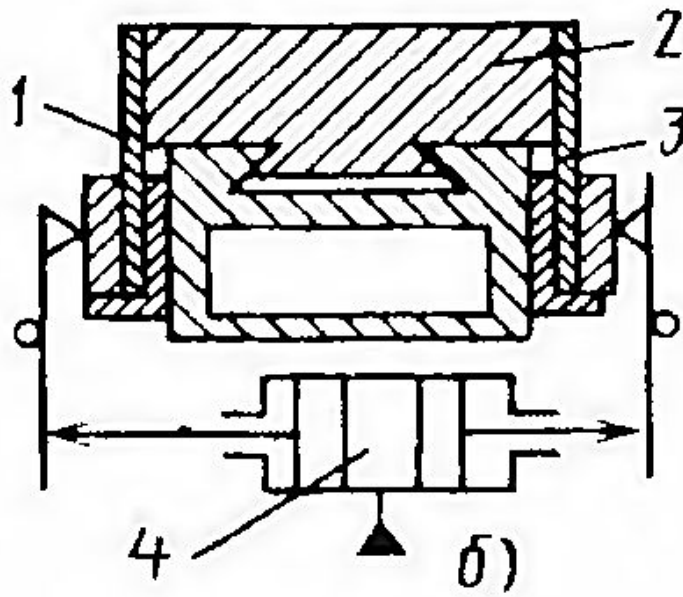
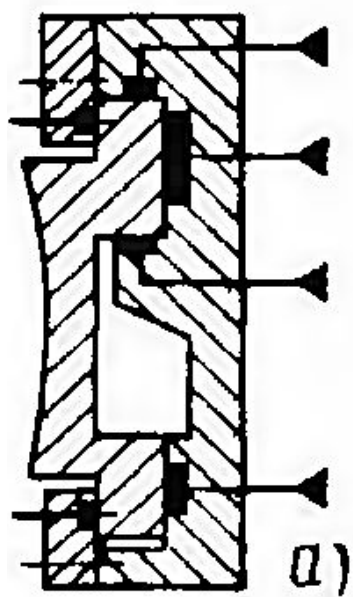
# Погрешности позиционирование: установка датчиков



# Погрешности позиционирование: устранение зазоров, жесткость



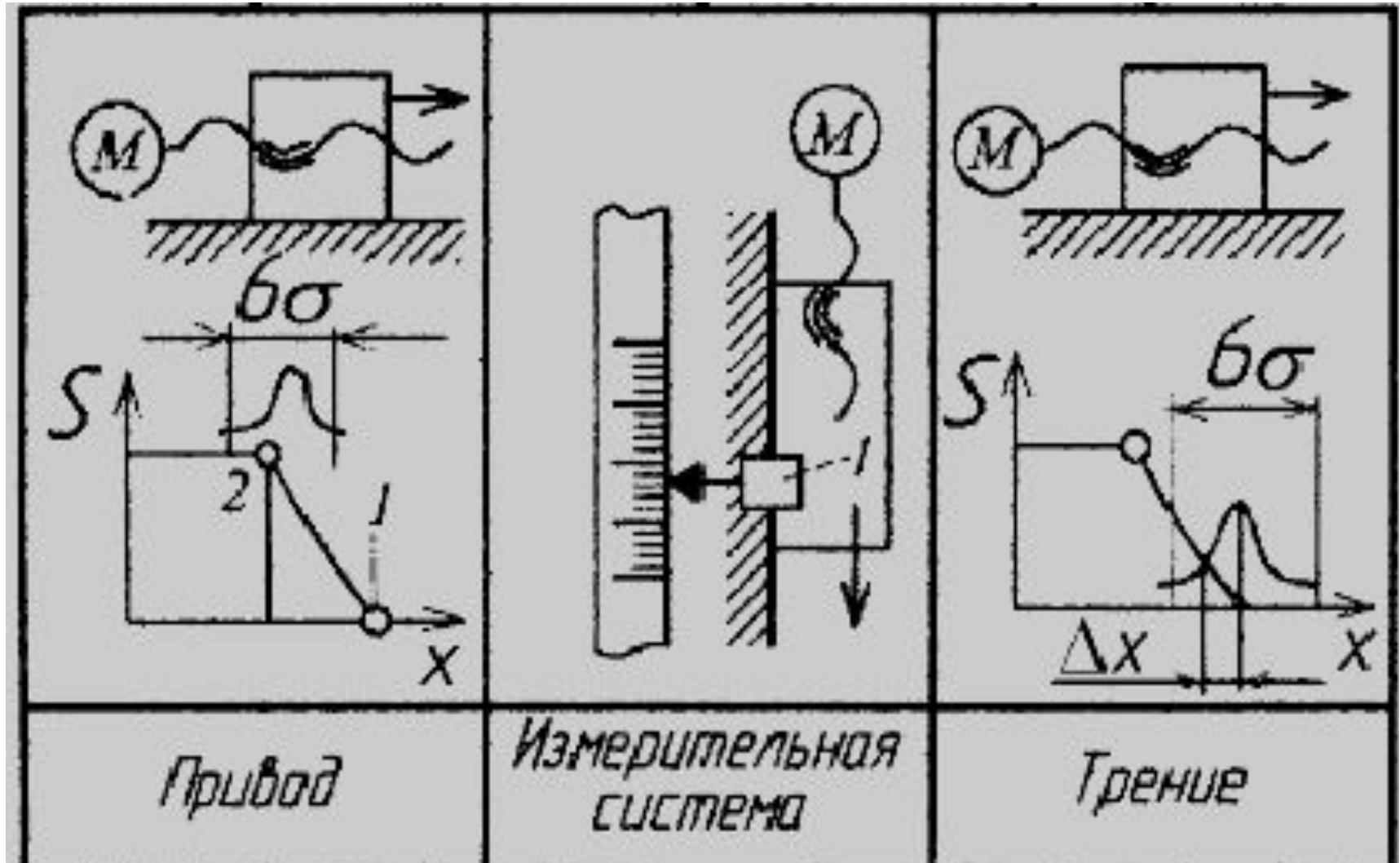
# Погрешности позиционирования: совершенные механизмы



# **2 ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

## **2.5 Кинематические ошибки**

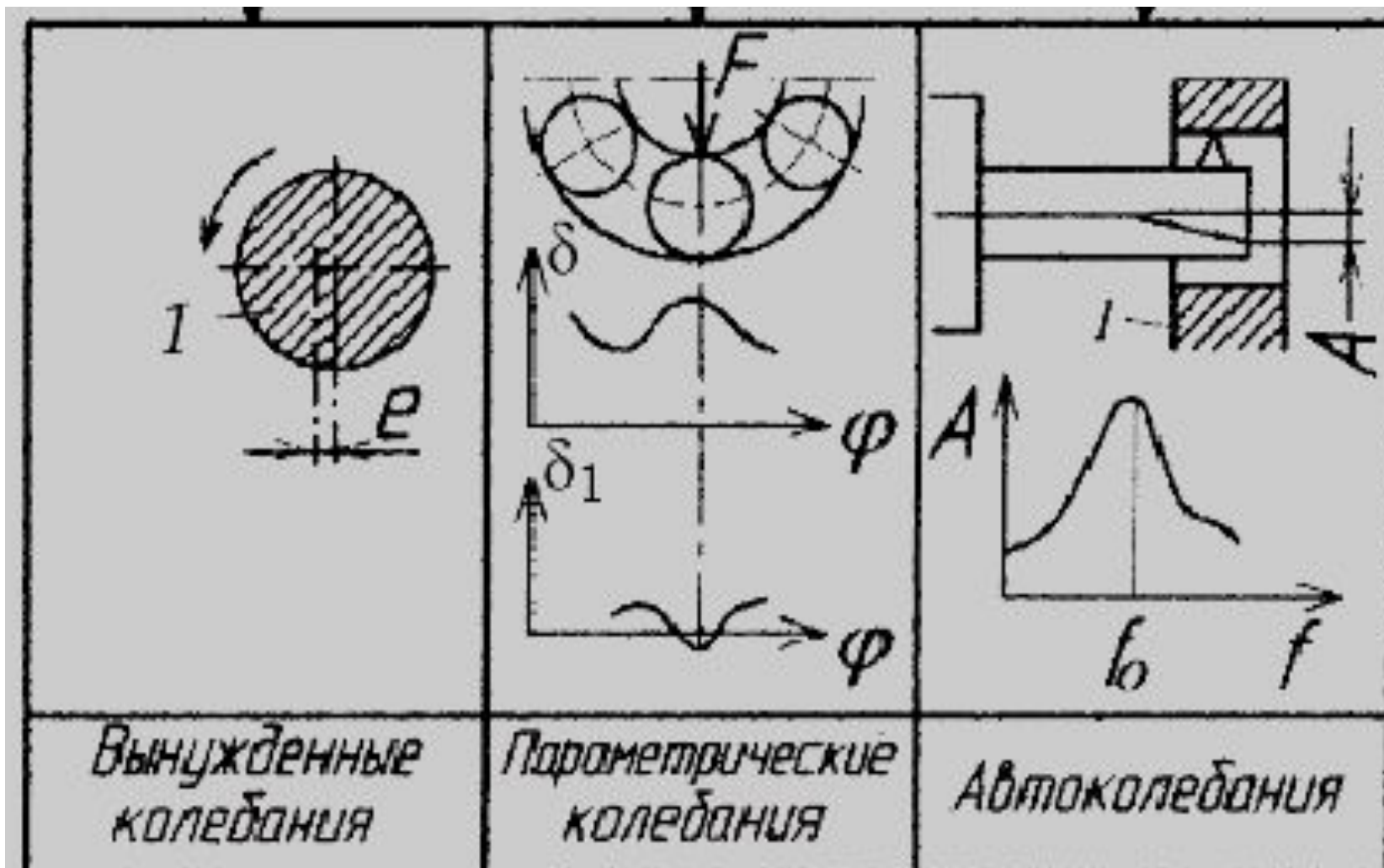
# Погрешности позиционирования



# **2 ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

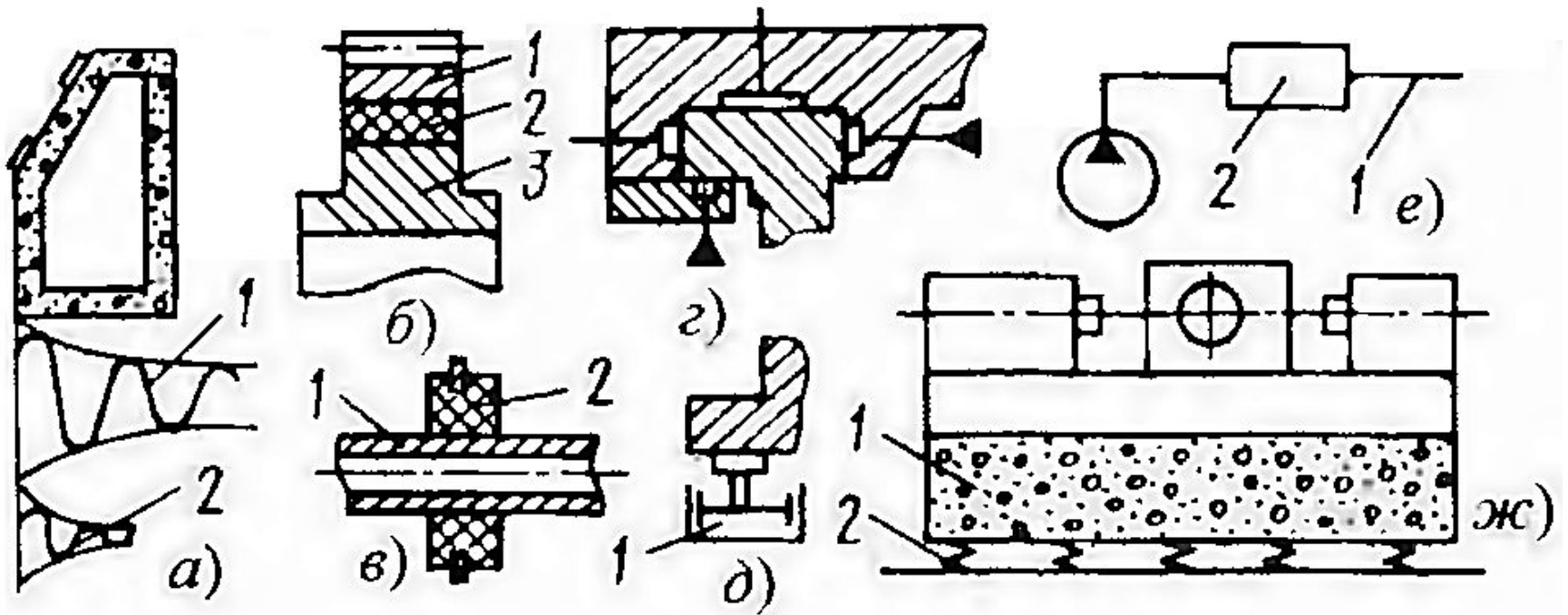
## **2.6 Динамические погрешности**

# Динамические погрешности

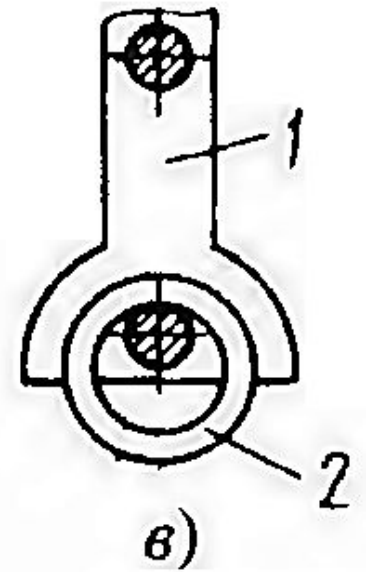
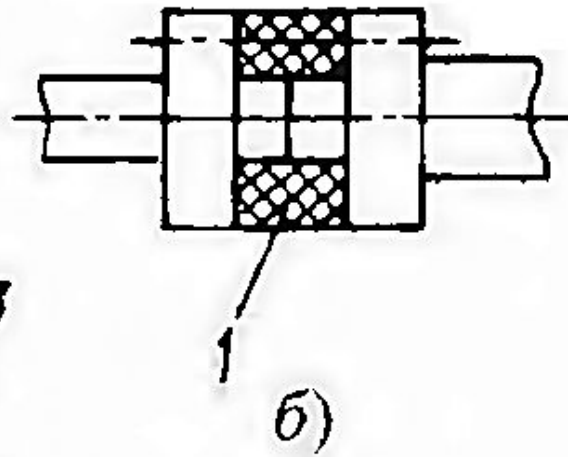
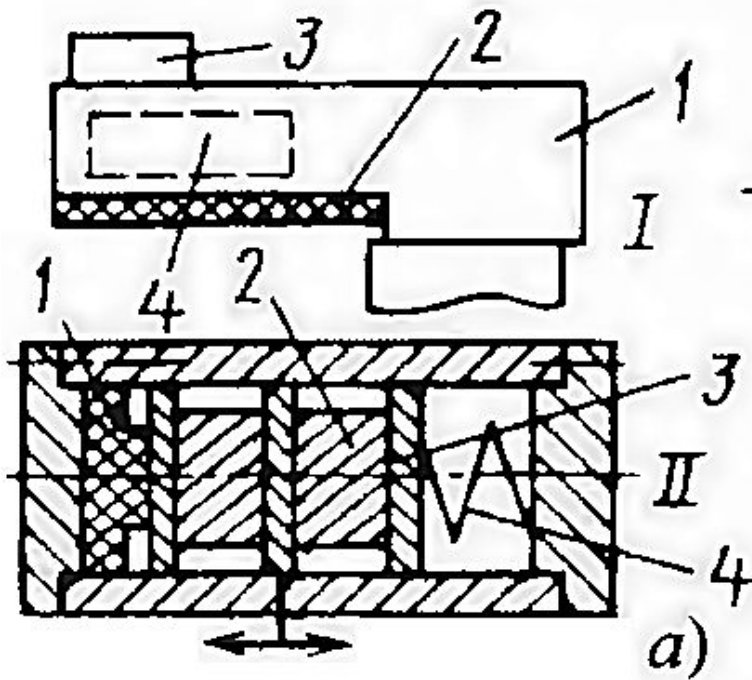




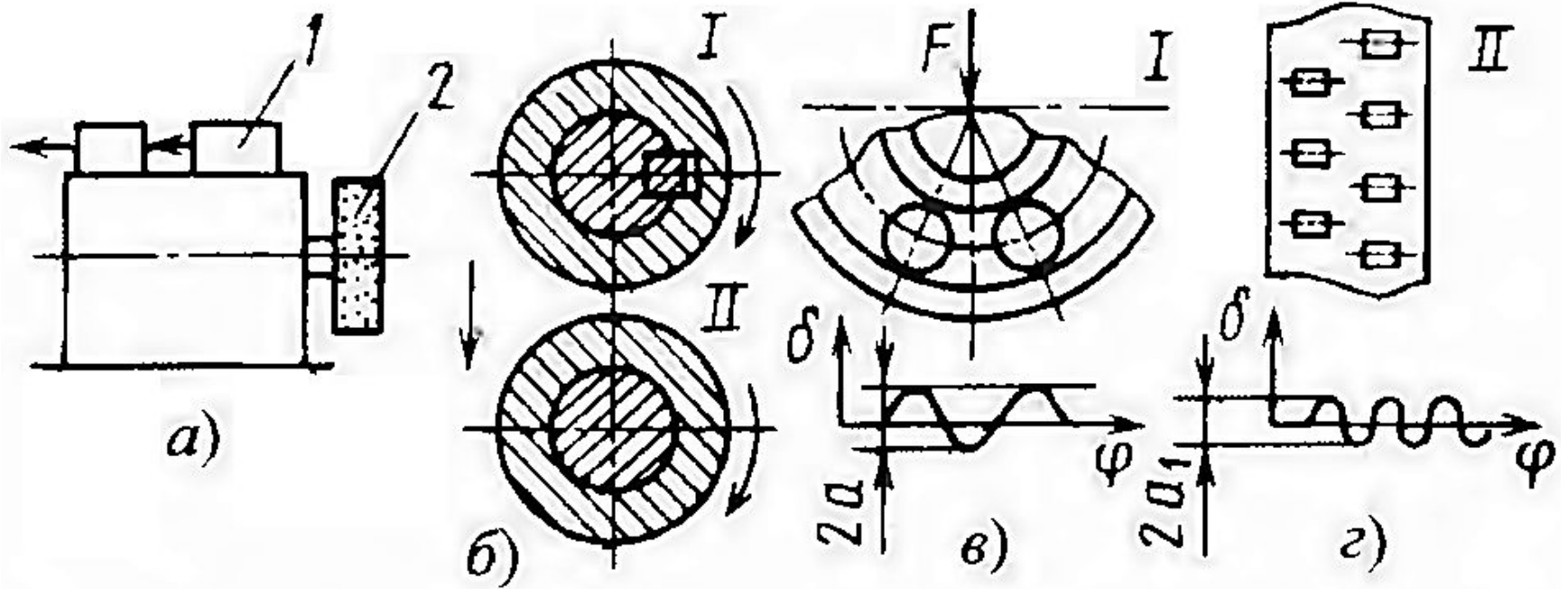
# Демпфирование, виброизоляция



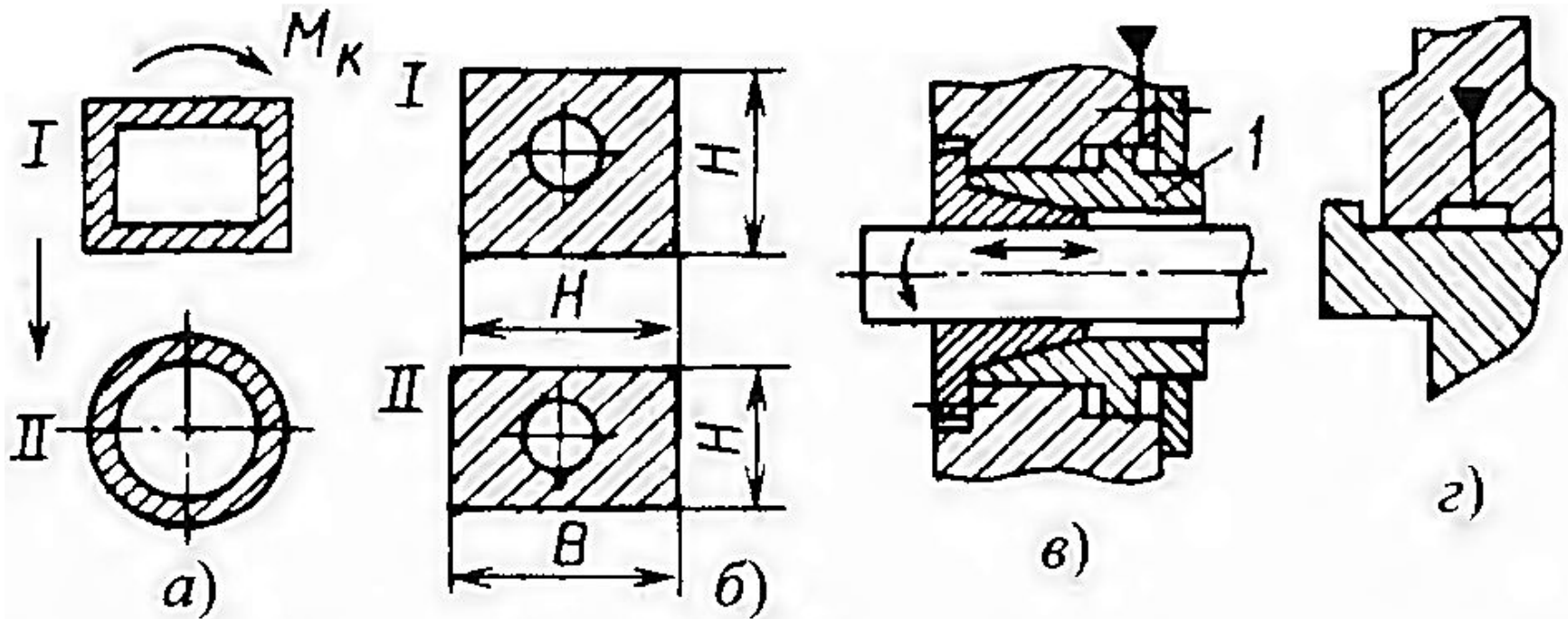
# Виброгасители



# Стабилизация параметров



# Динамические погрешности: различные усовершенствования



# **3 ЖЕСТКОСТЬ КОНСТРУКЦИИ**

# **3 ЖЕСТКОСТЬ КОНСТРУКЦИИ**

## **3.1 Баланс податливости элементов машины**

# **3 ЖЕСТКОСТЬ КОНСТРУКЦИИ**

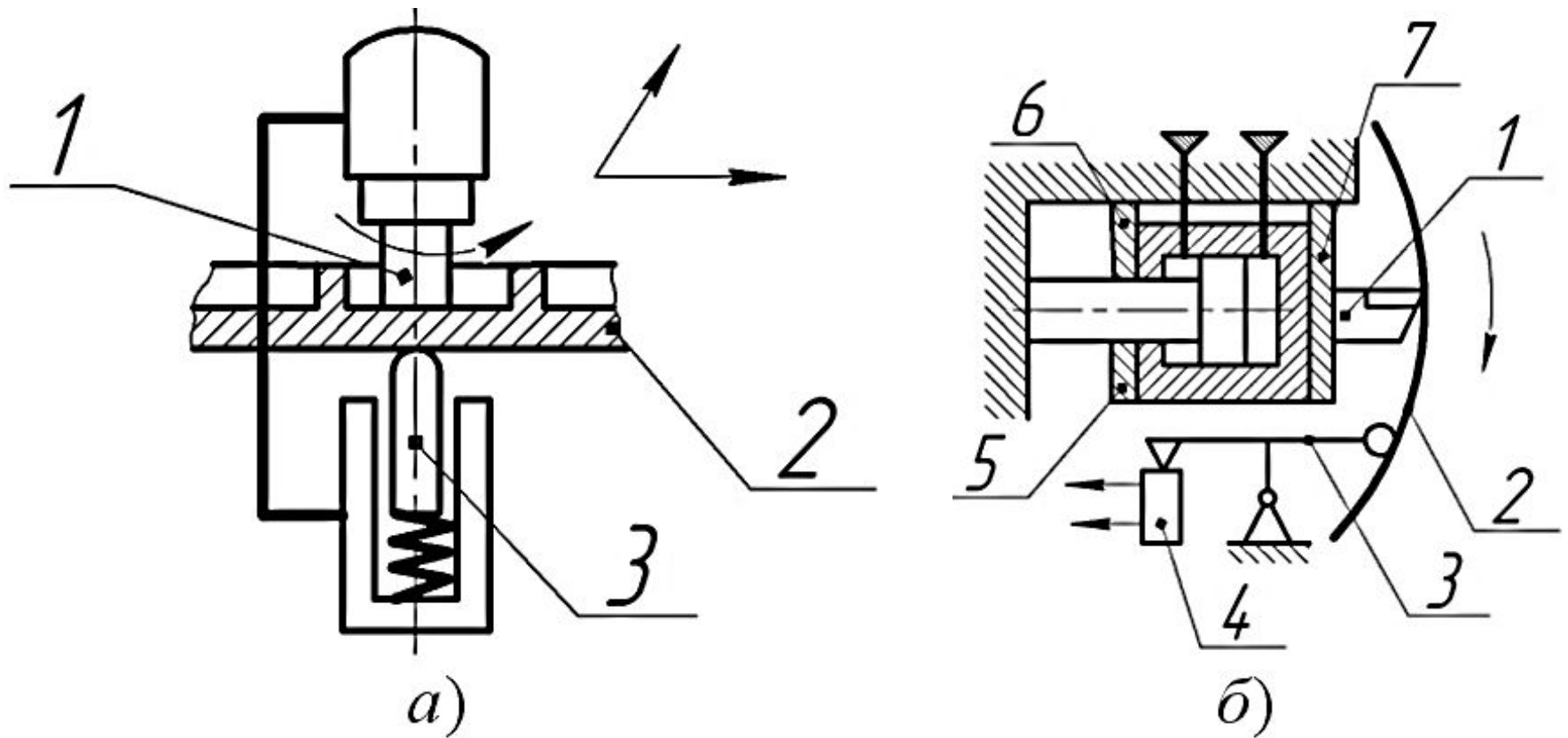
## **3.2 Назначение предварительного натяга в элементах качения**

# **3 ЖЕСТКОСТЬ КОНСТРУКЦИИ**

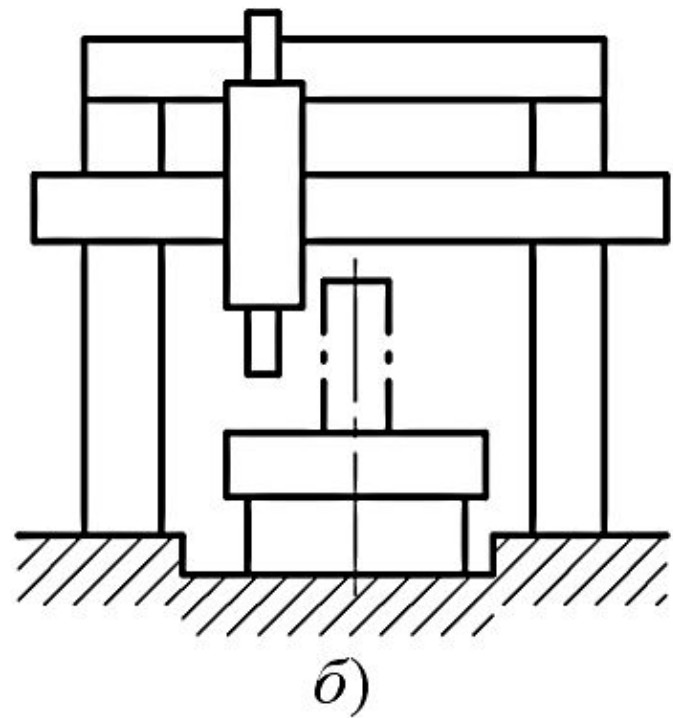
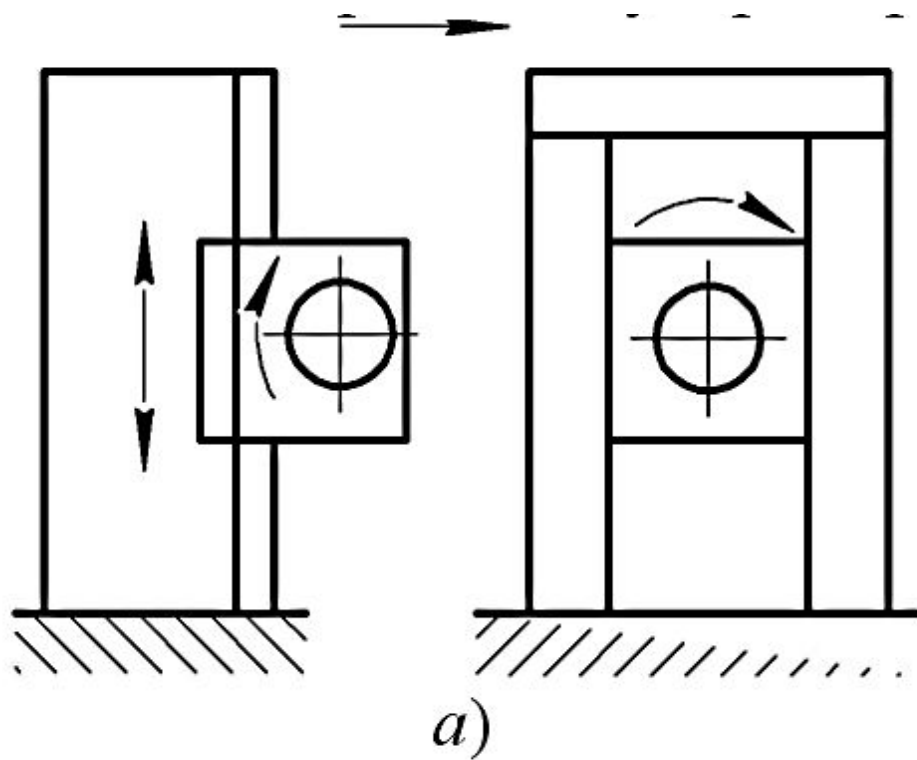
## **3.3 Нормирование жесткости**



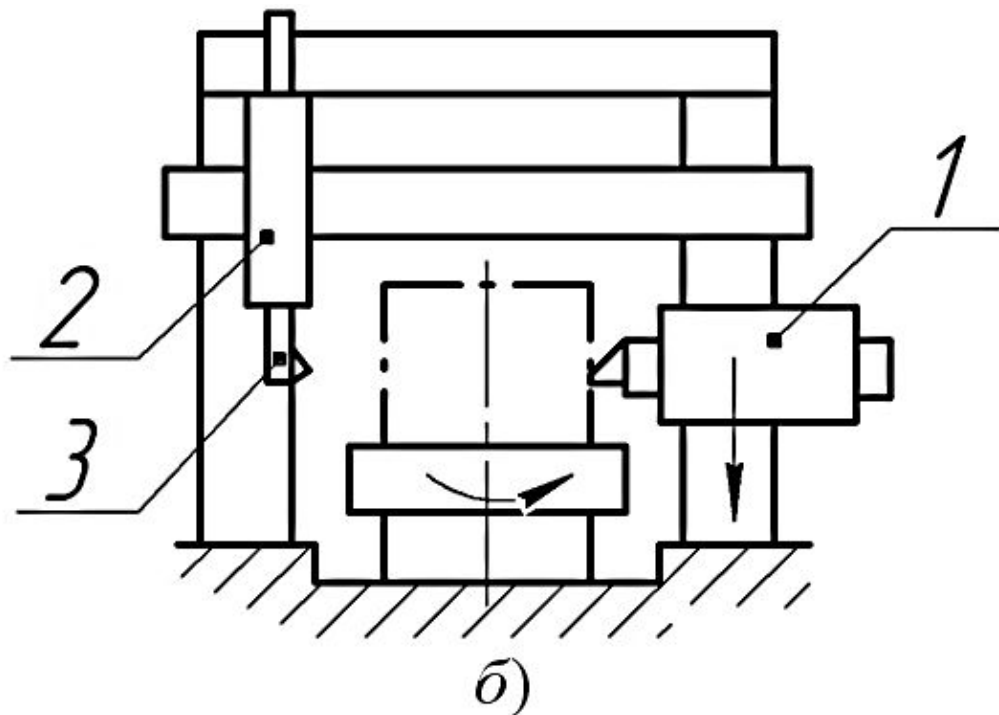
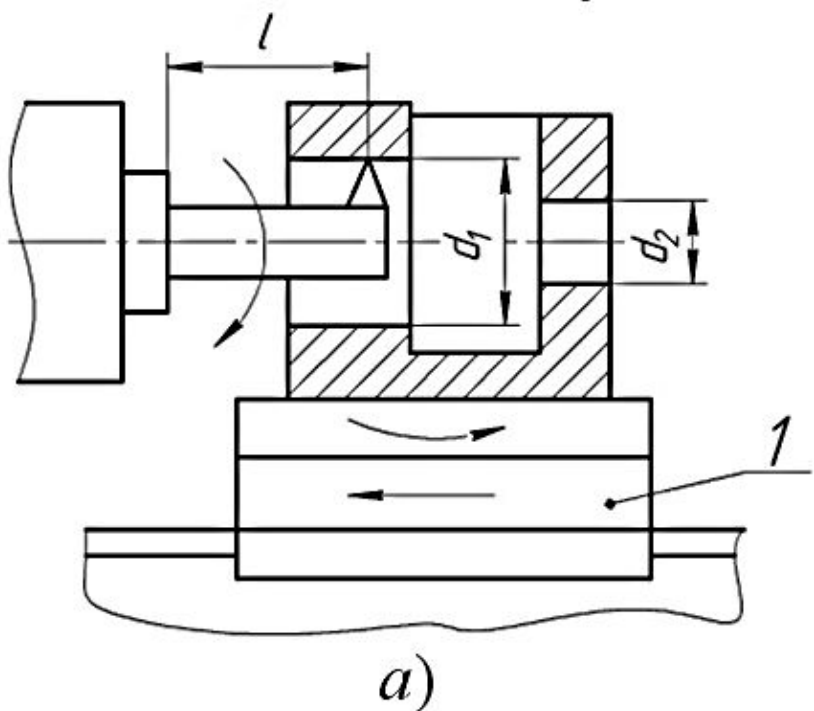
# Методы обработки, не требующие высокой жесткости



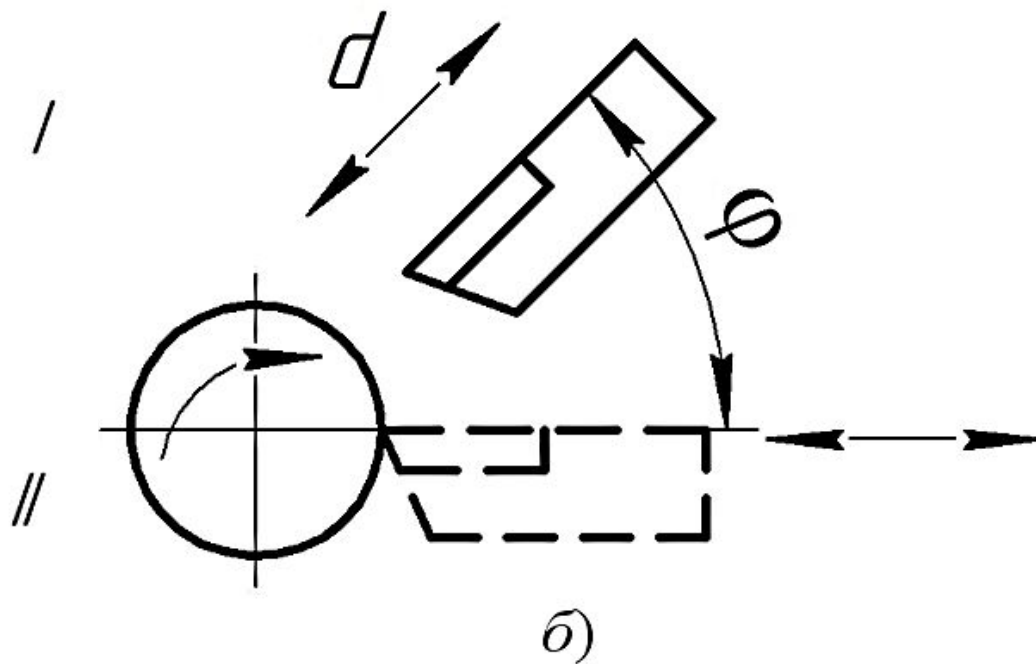
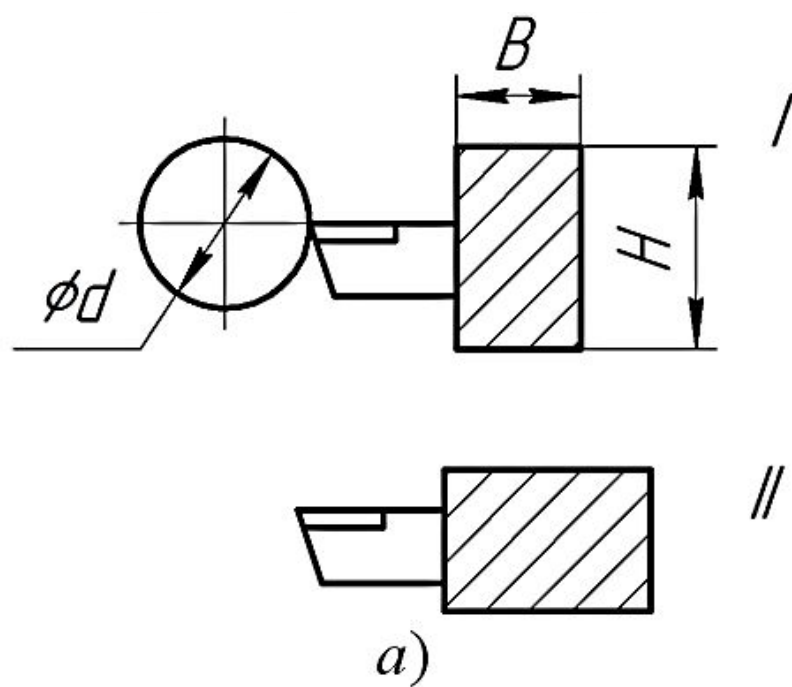
# Компоновочные факторы: отказ от консольных компоновок



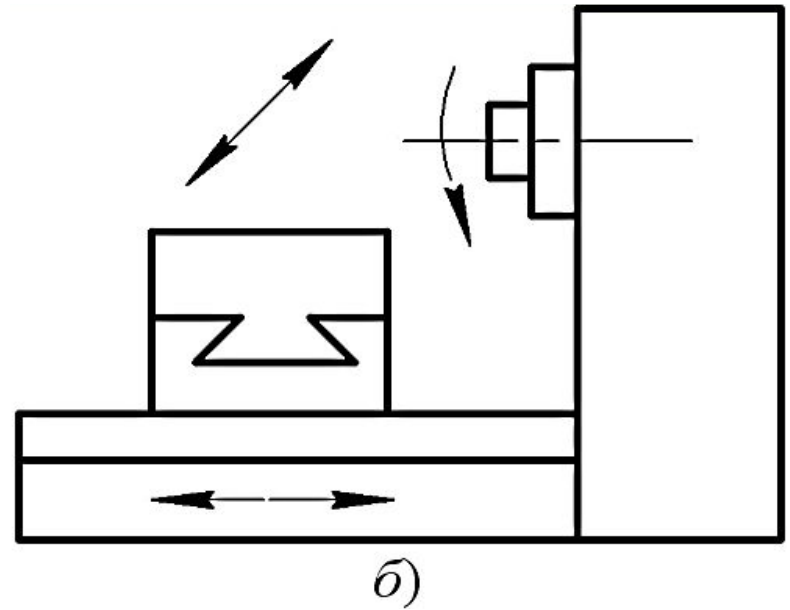
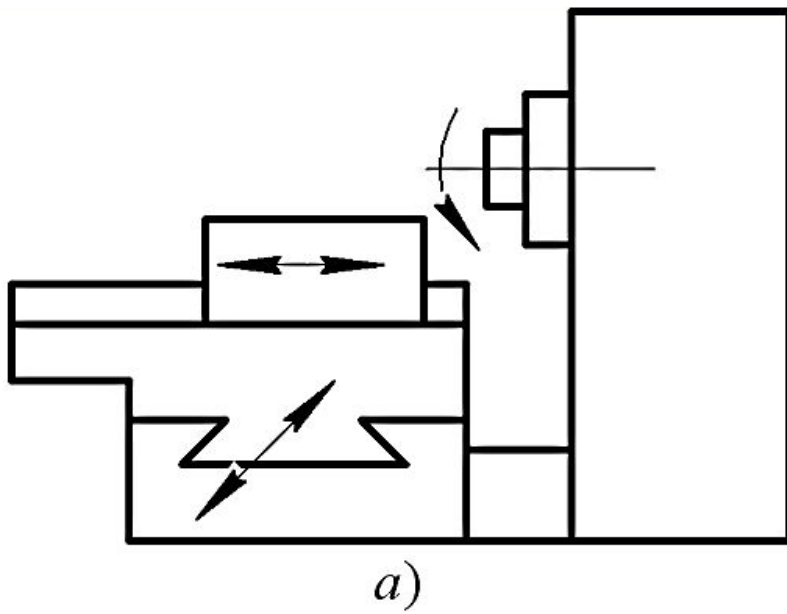
# Компоновочные факторы: постоянная жесткость по координате обработки



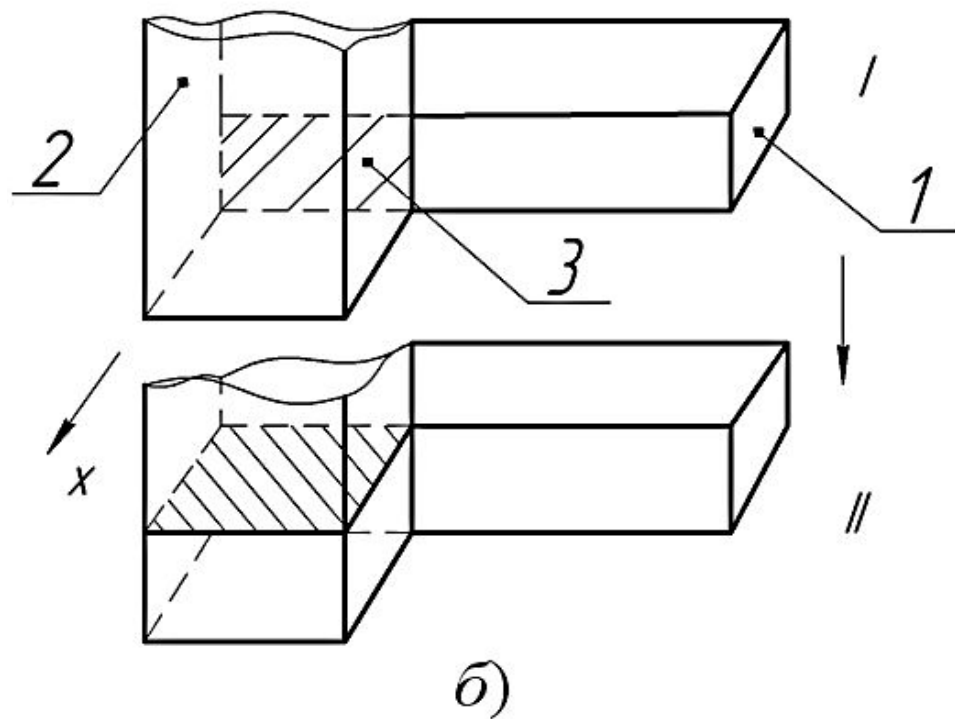
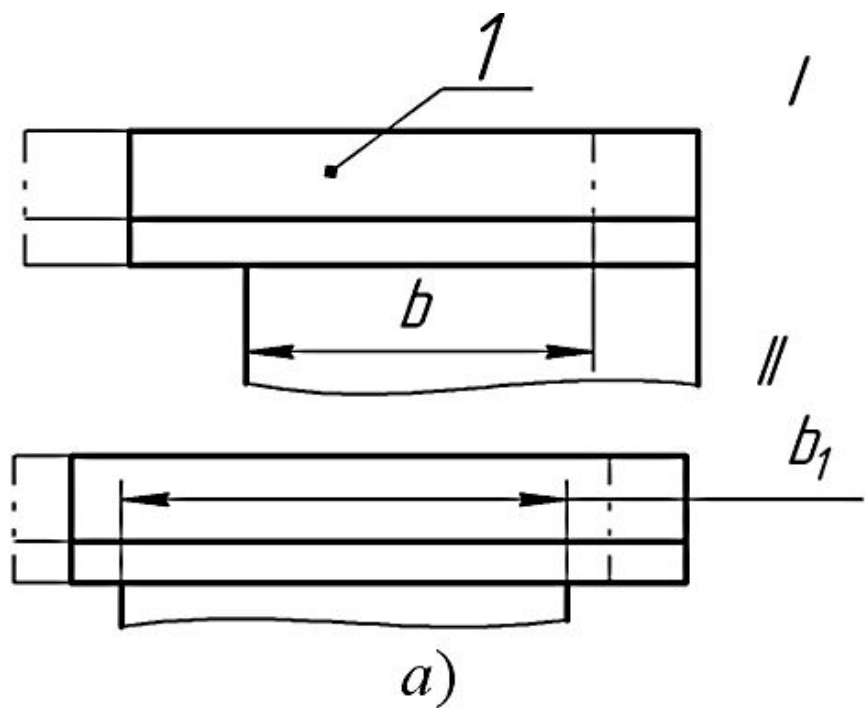
# Максимальная жесткость в рабочем положении



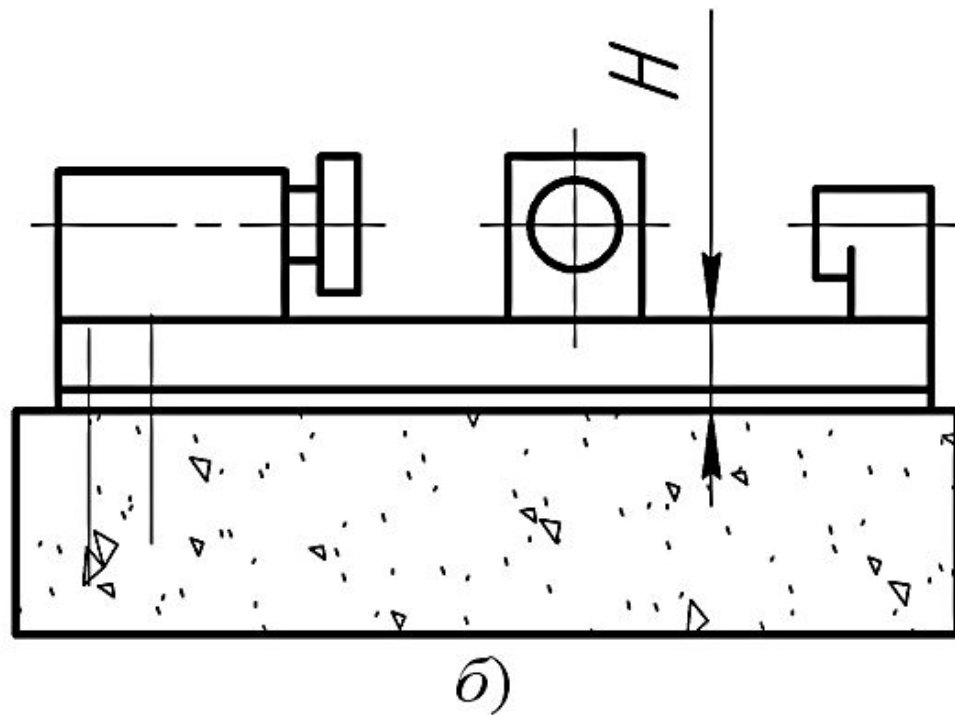
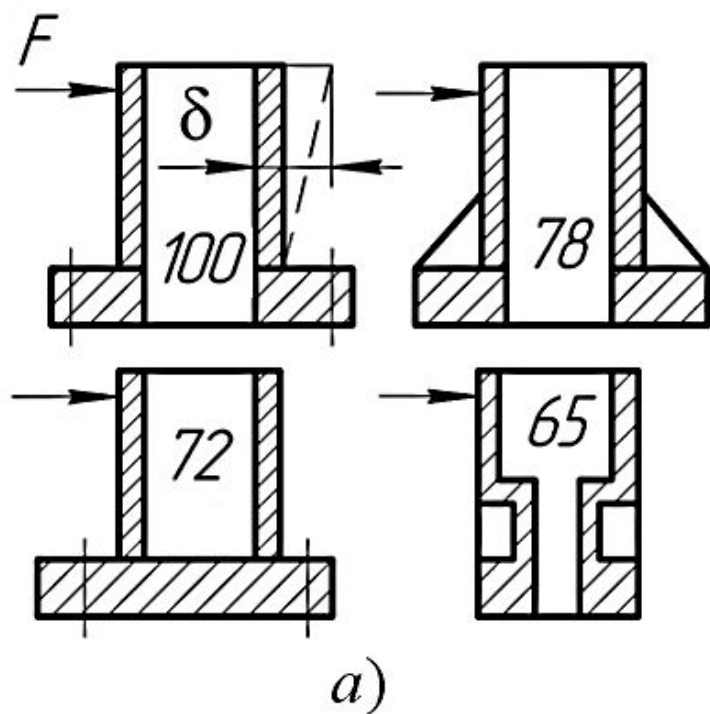
# Постоянная жесткость по разным направлениям



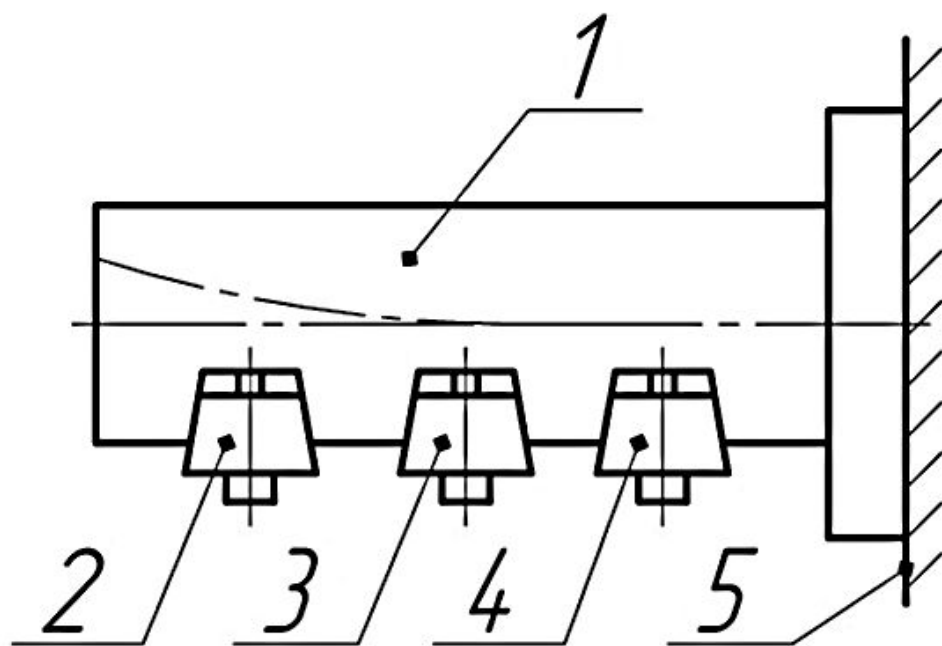
# Сопряжение деталей и узлов



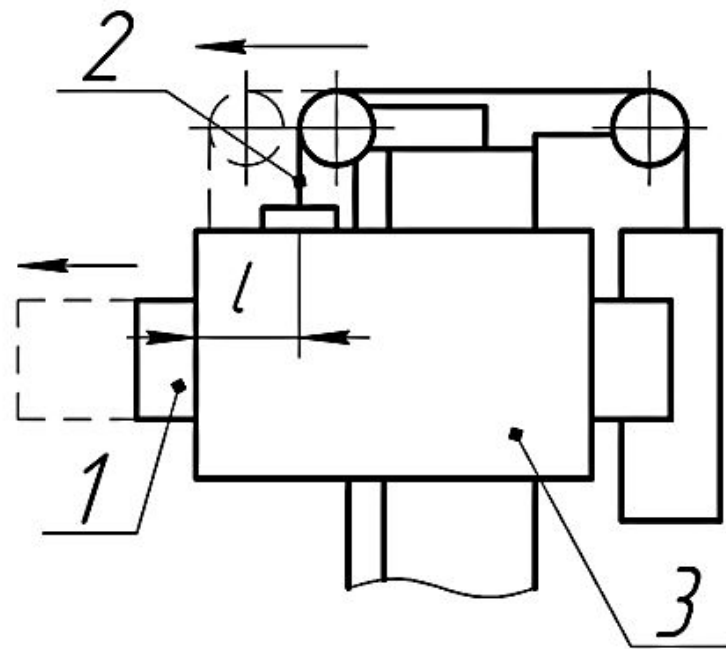
# Установка станка на фундаменте



# Компенсация упругих деформаций



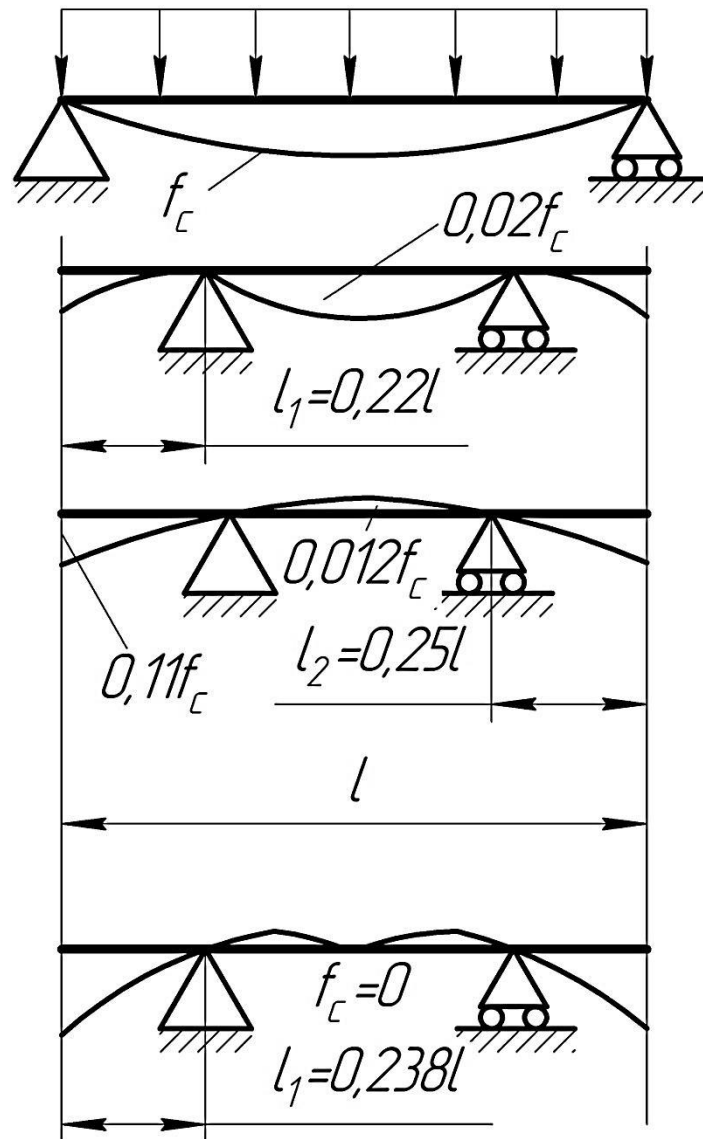
a)



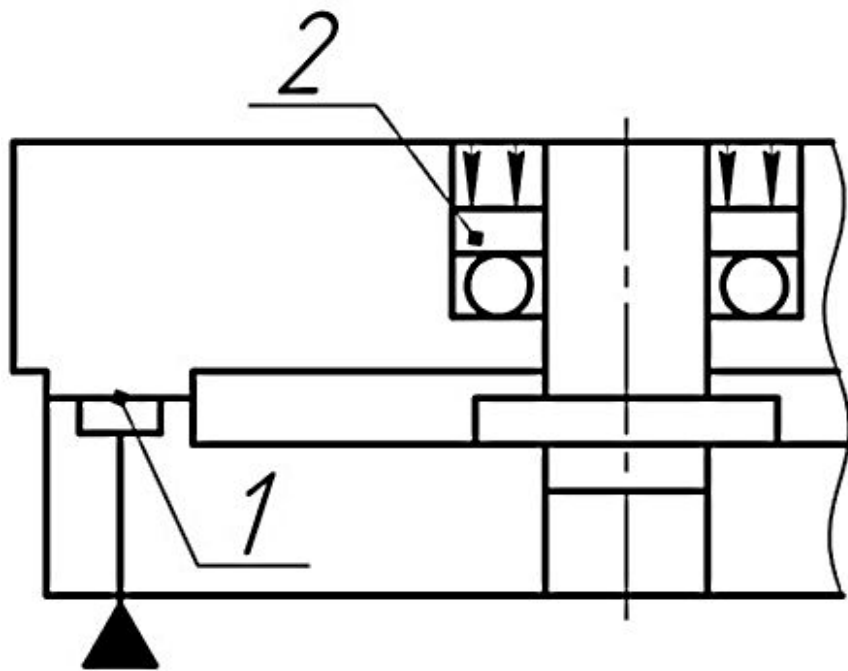
б)



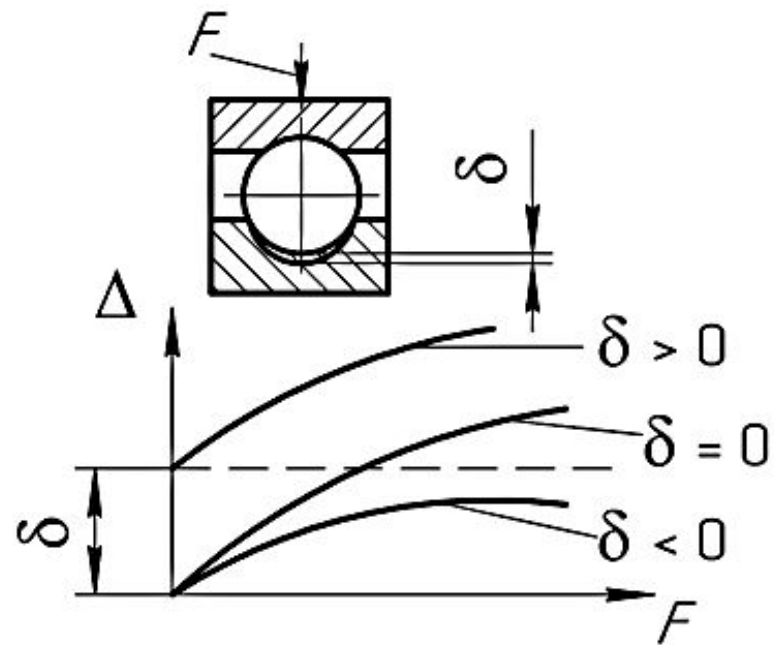
# Расположение опор



# Создание предварительного натяга

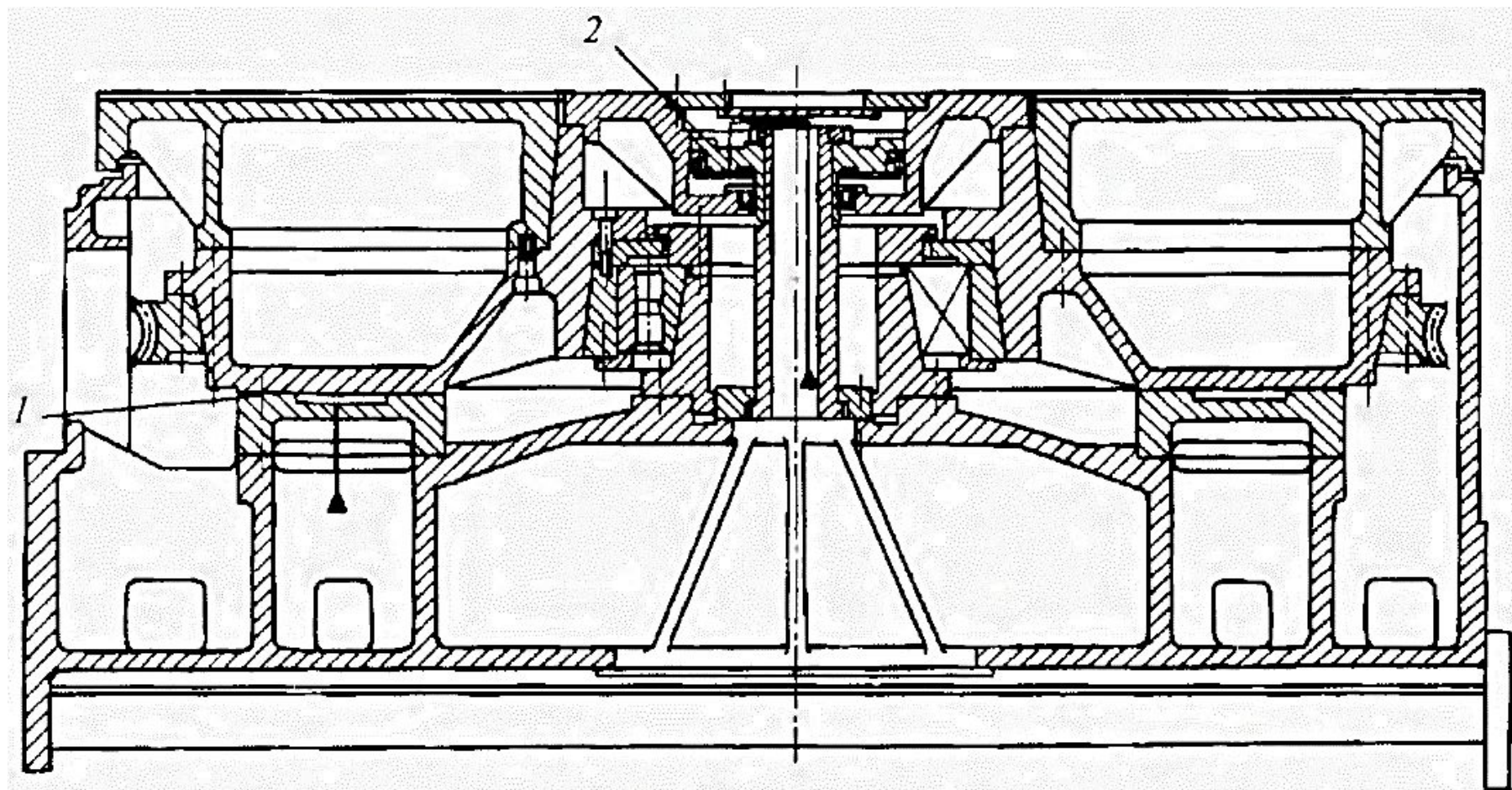


a)

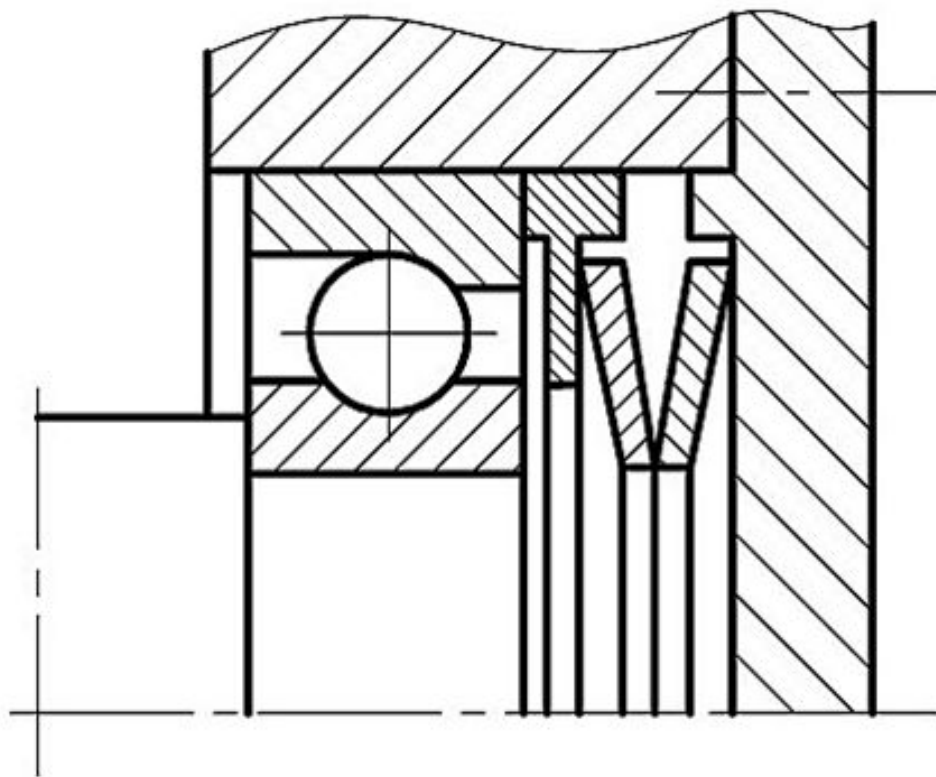


b)

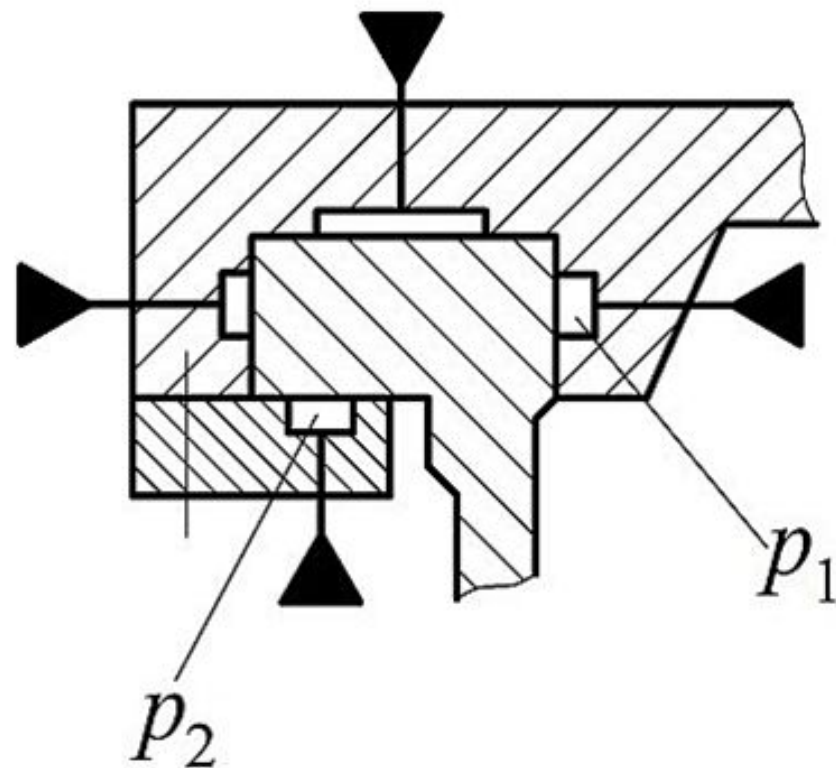
# Делительный стол



# Автоматическое управление натягом

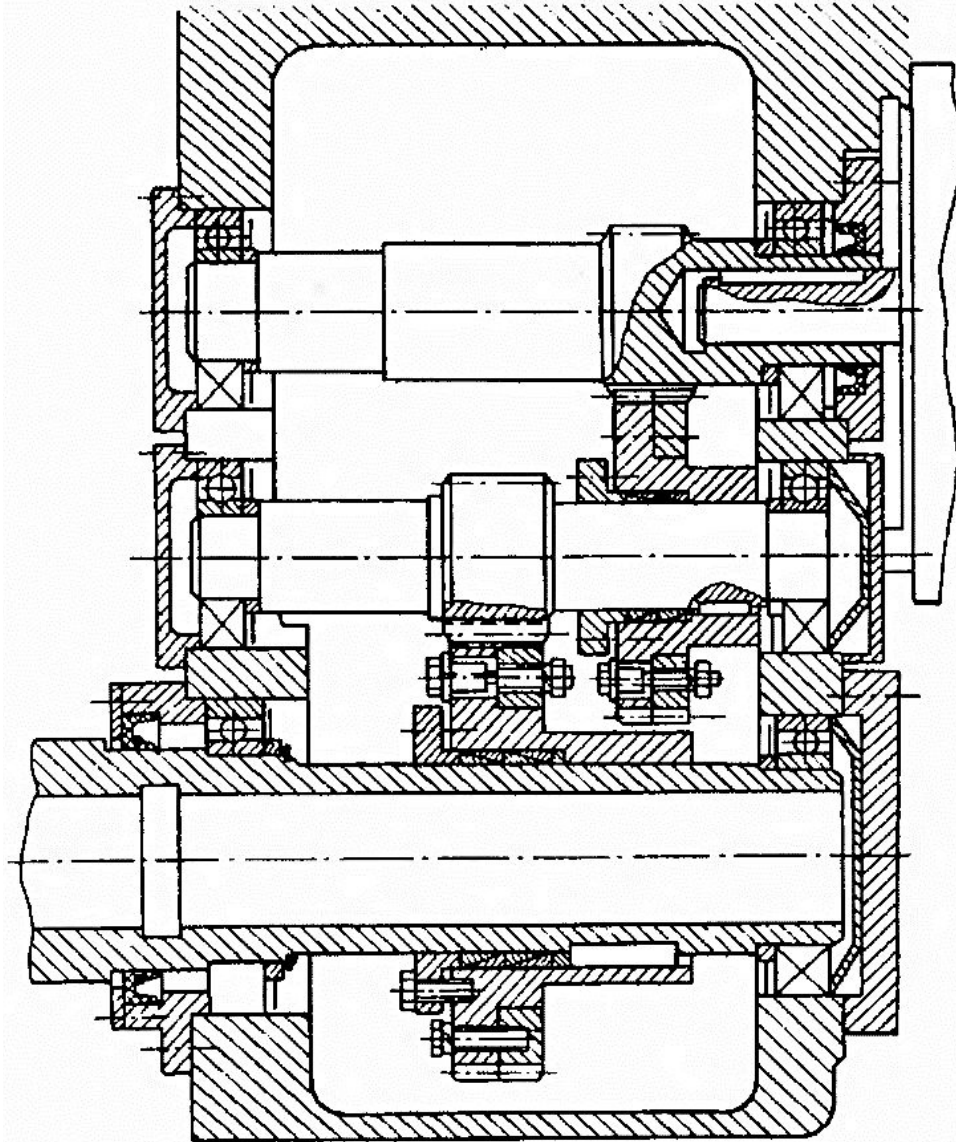


a)

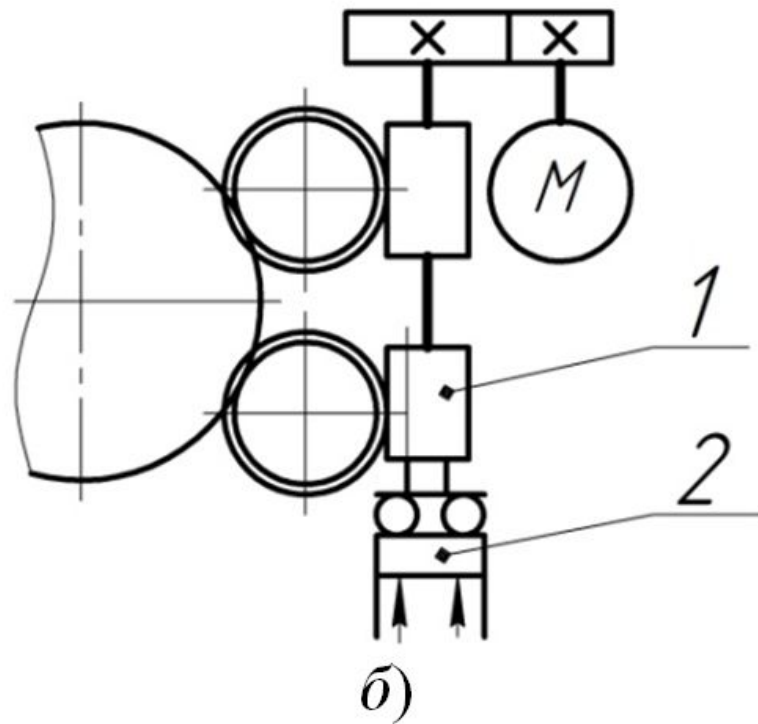
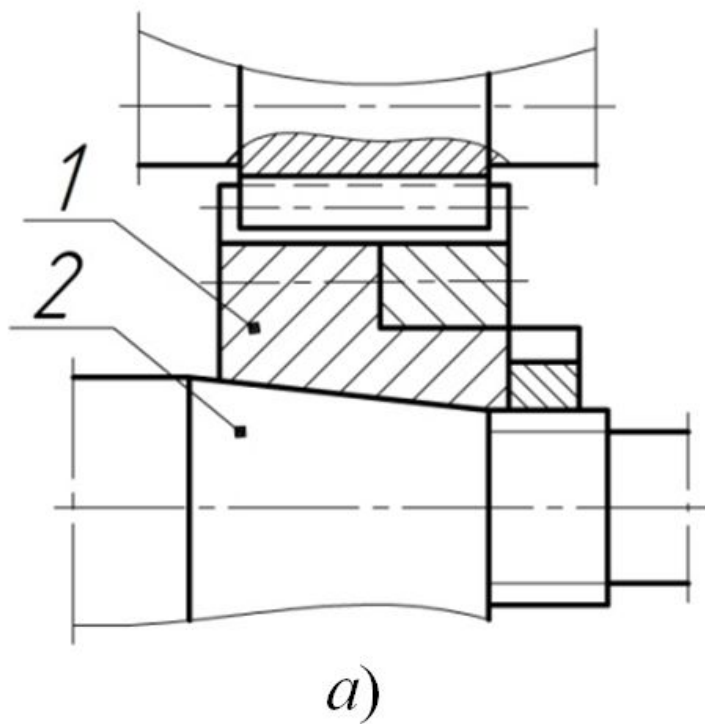


б)

# Коробка подач с выборкой зазоров в соединениях

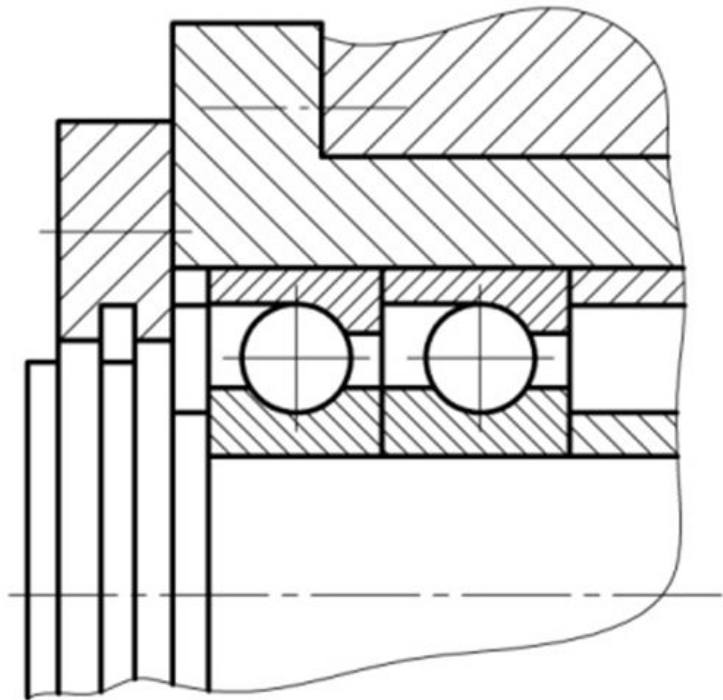


# Автоматическое управление натягом

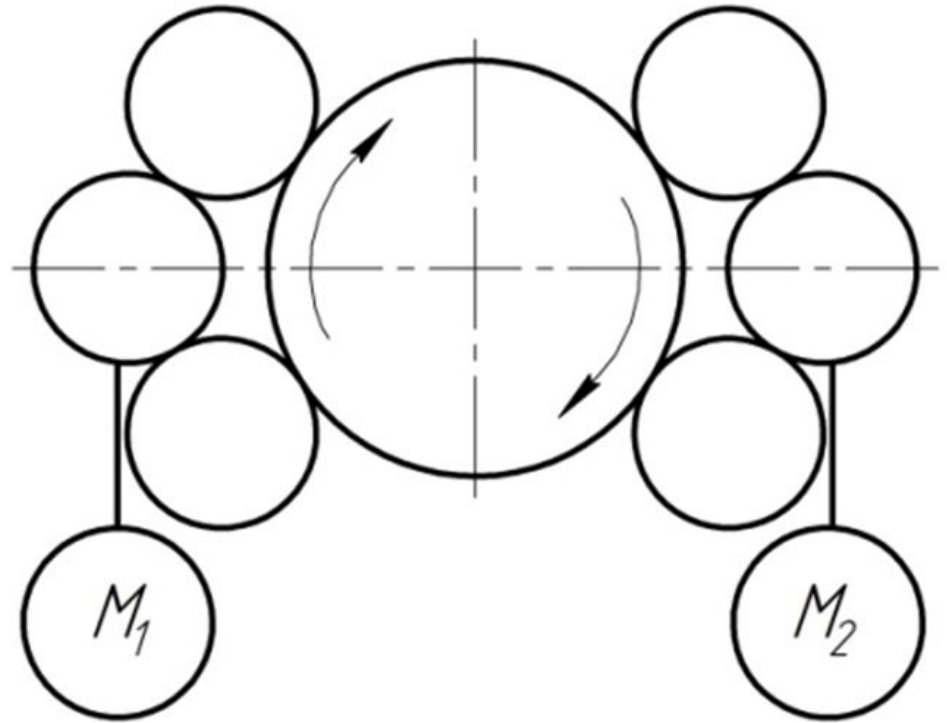




# Применение параллельных звеньев

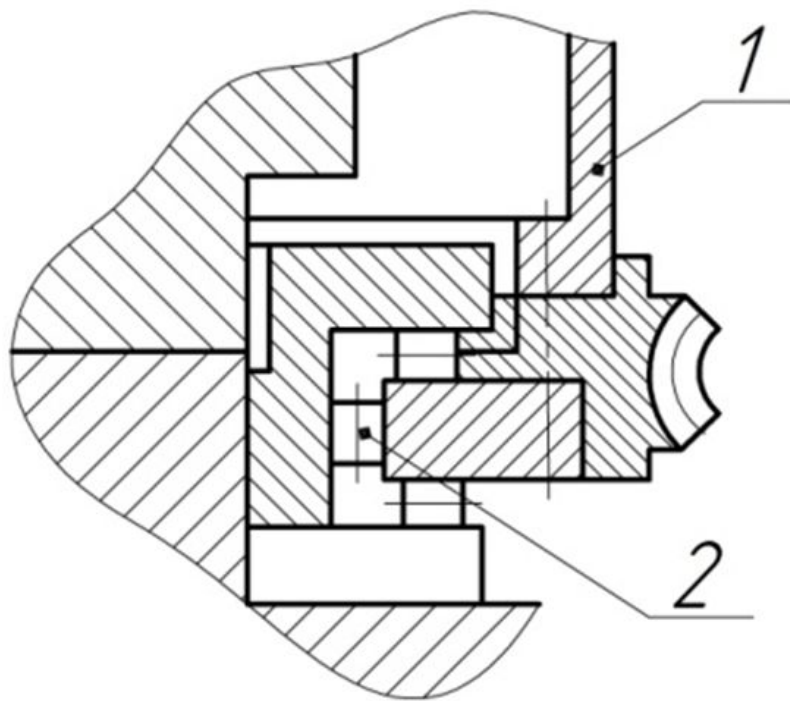


a)

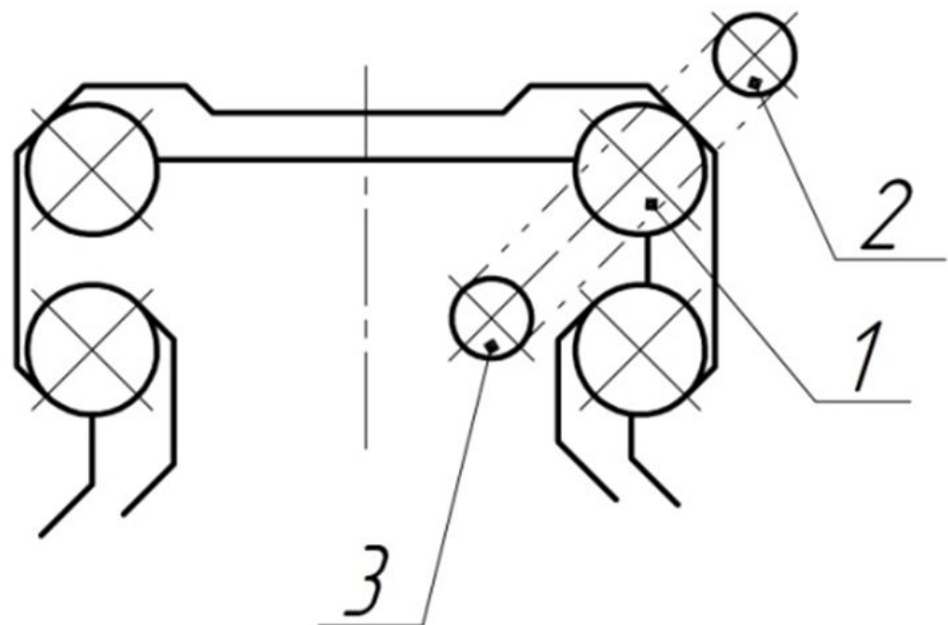


б)

# Замена точечного контакта



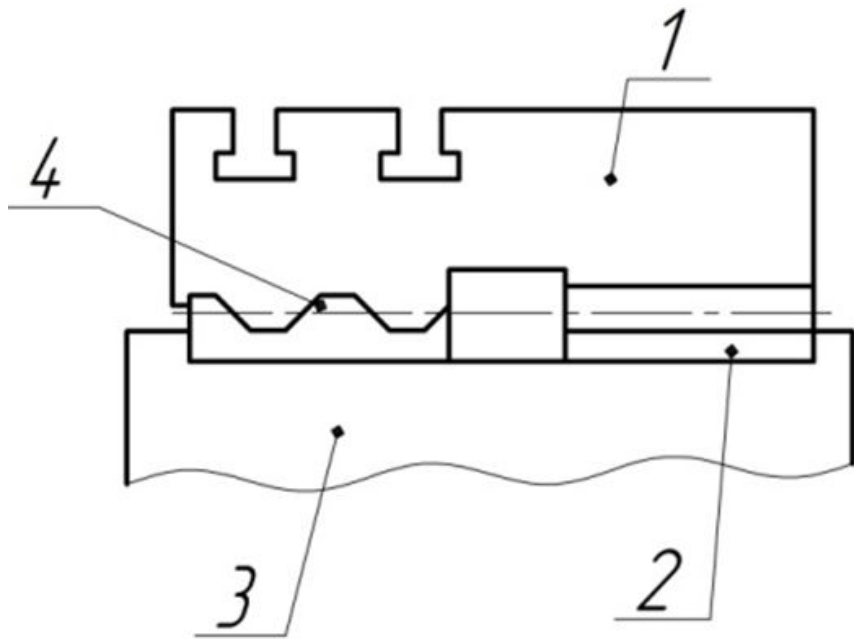
а)



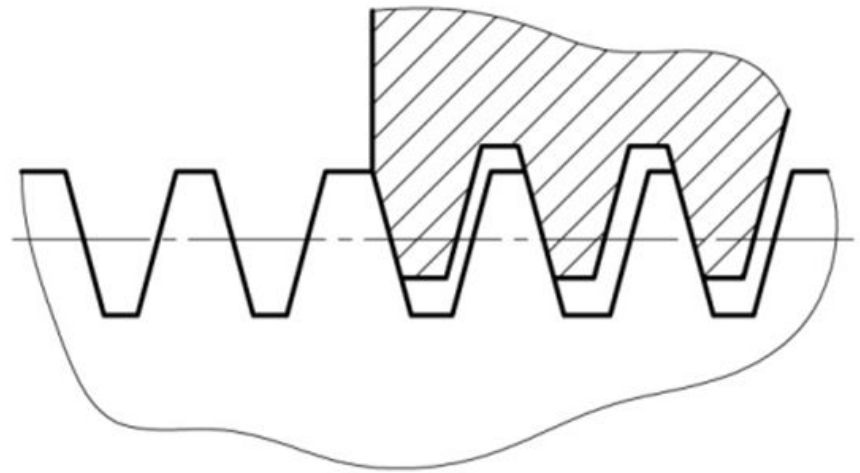
б)



# Применение многоконтактных передач

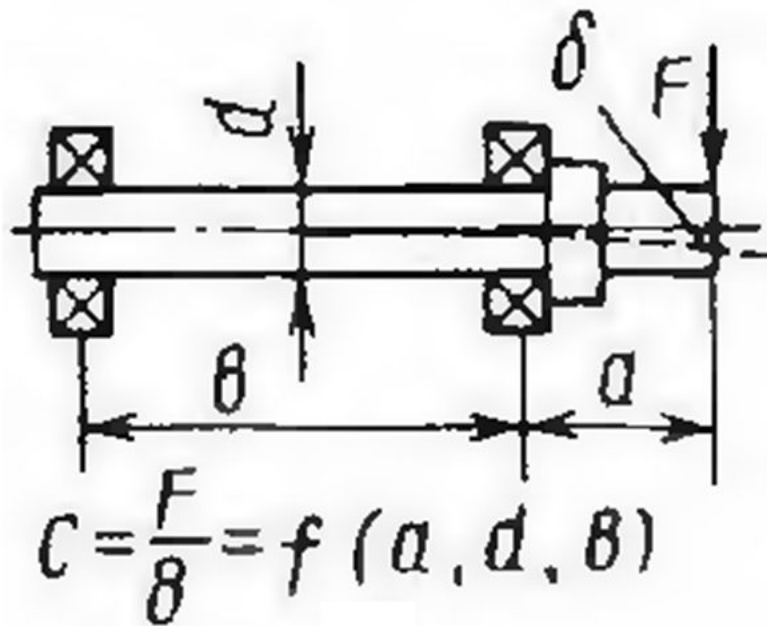


a)

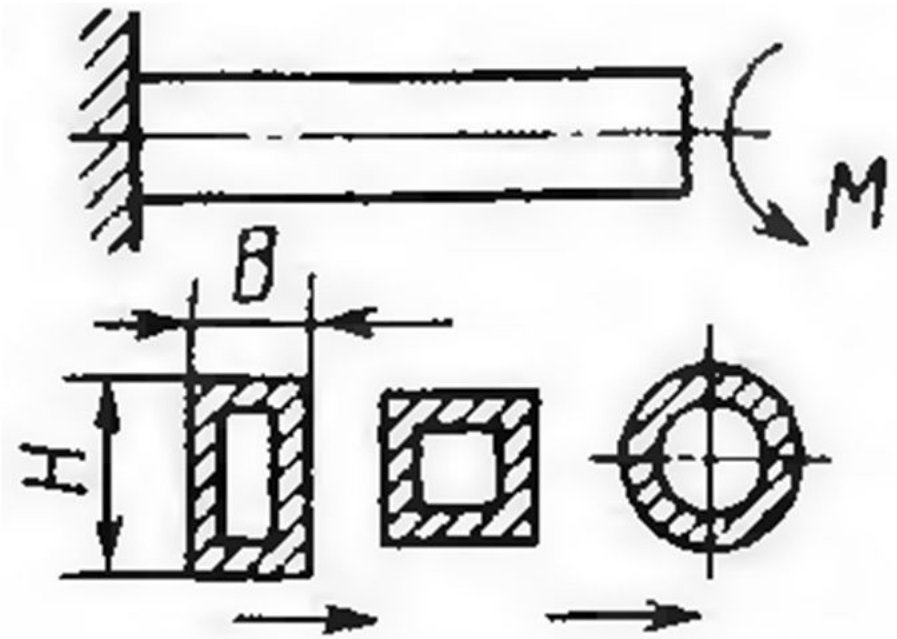


б)

# Оптимизация параметров

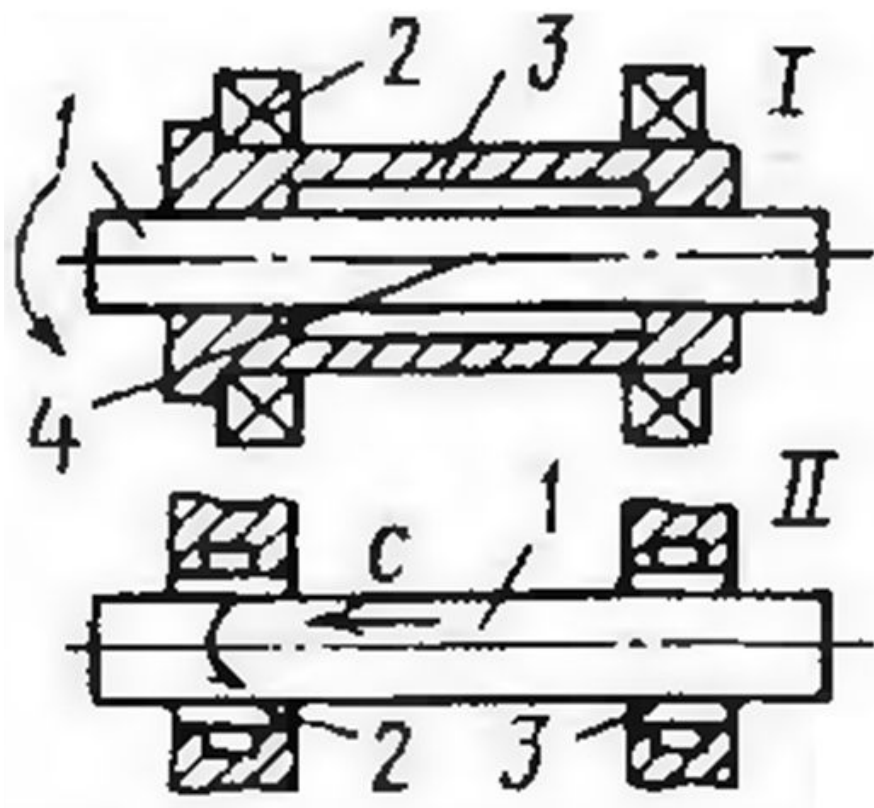


a)

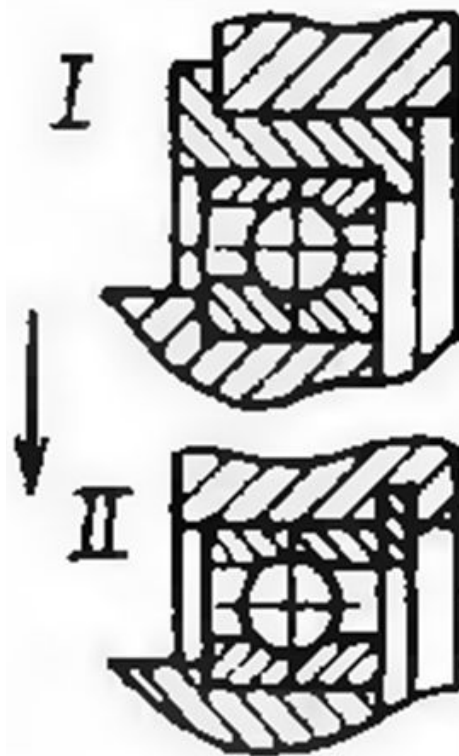


b)

# Уменьшение числа звеньев

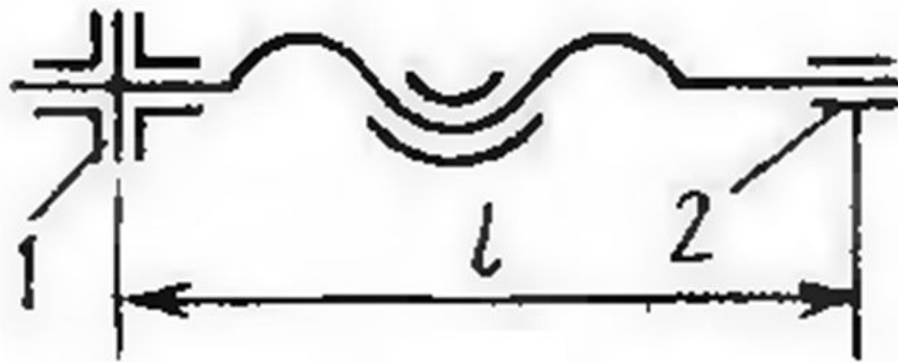


a)

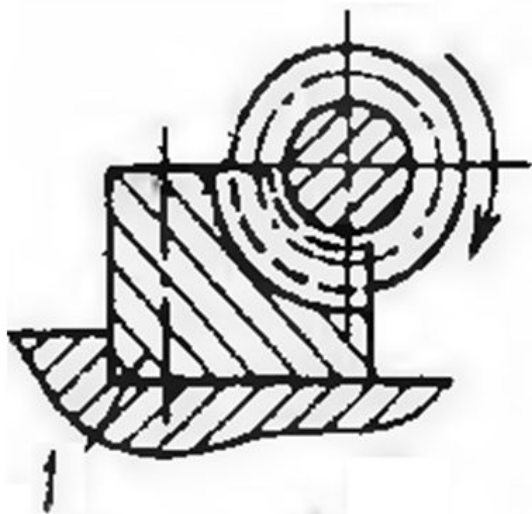


b)

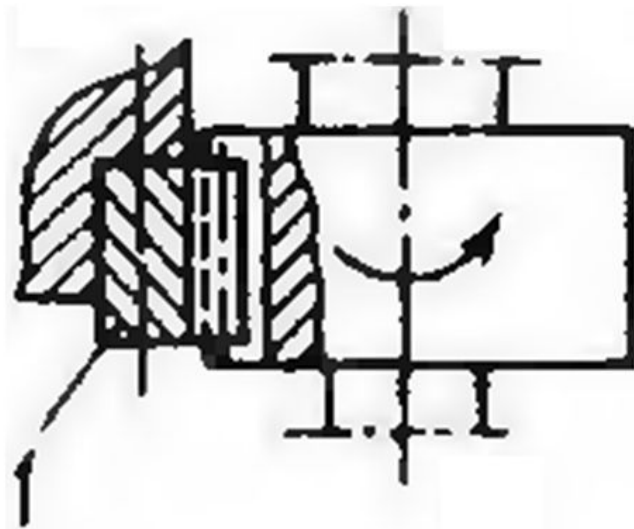
# Выбор тяговых устройств



a)

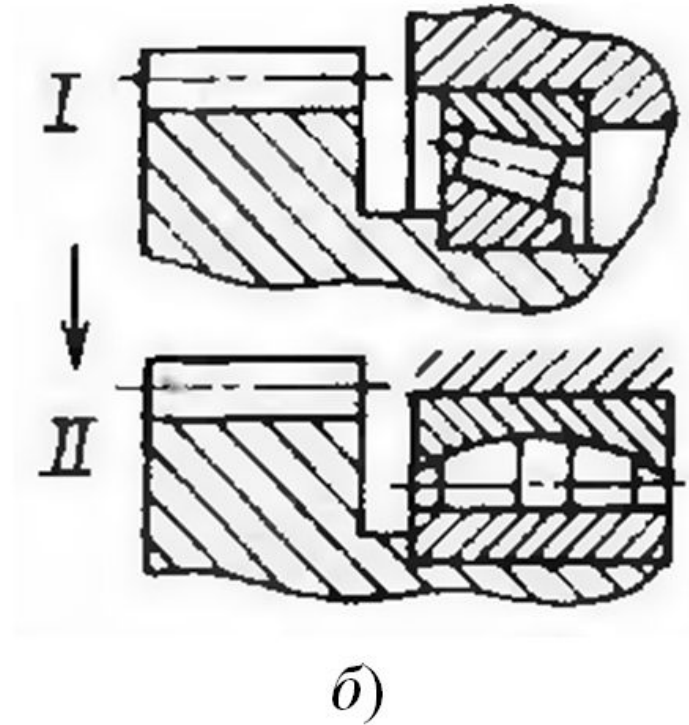
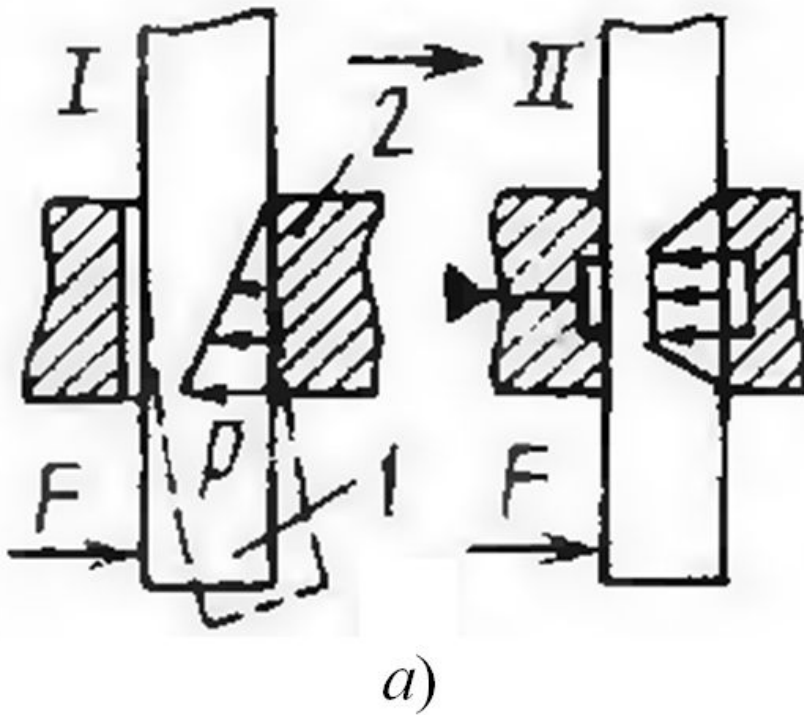


б)

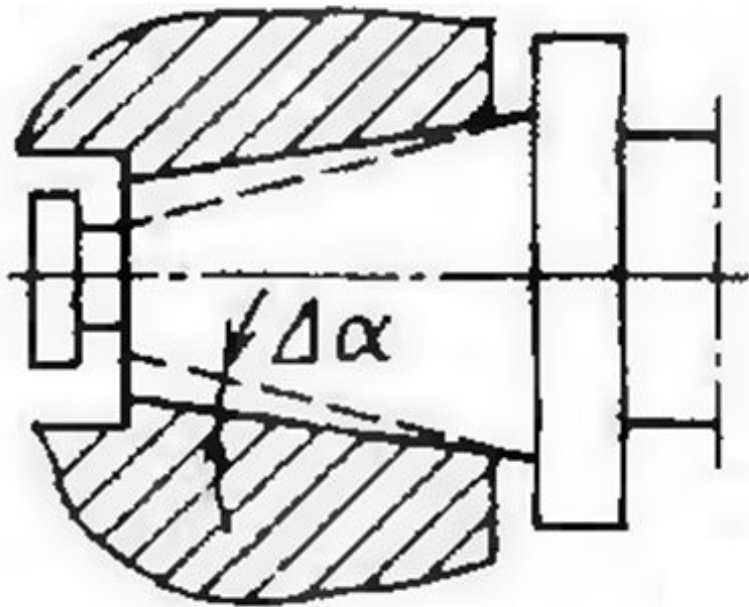


в)

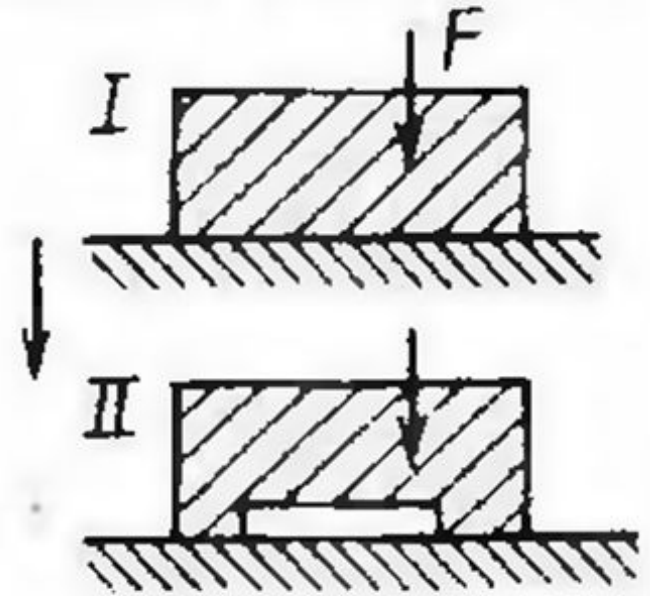
# Уменьшение кромочных контактов



# Повышение точности элементов

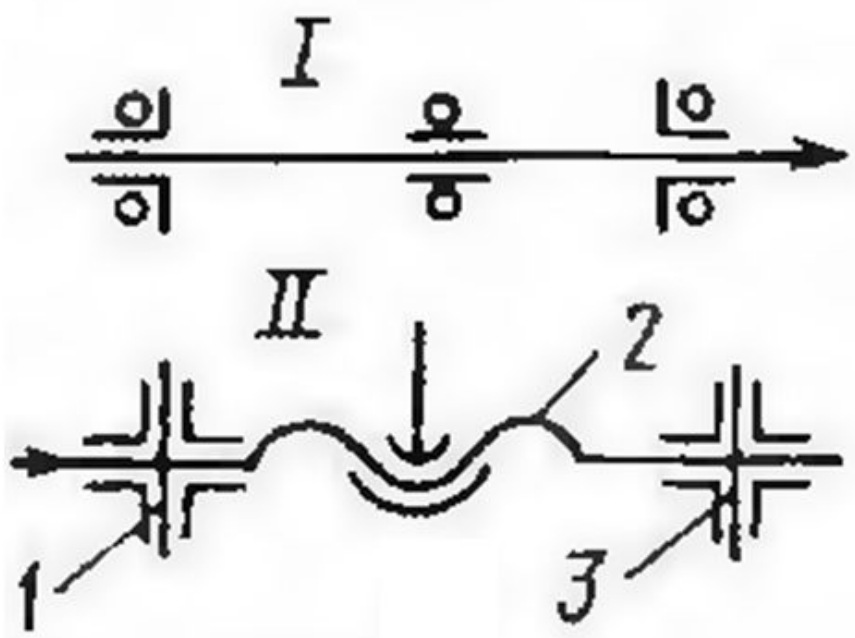


a)

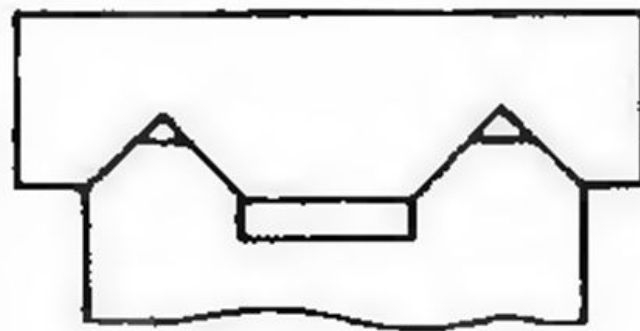


b)

# Статически не определимые системы

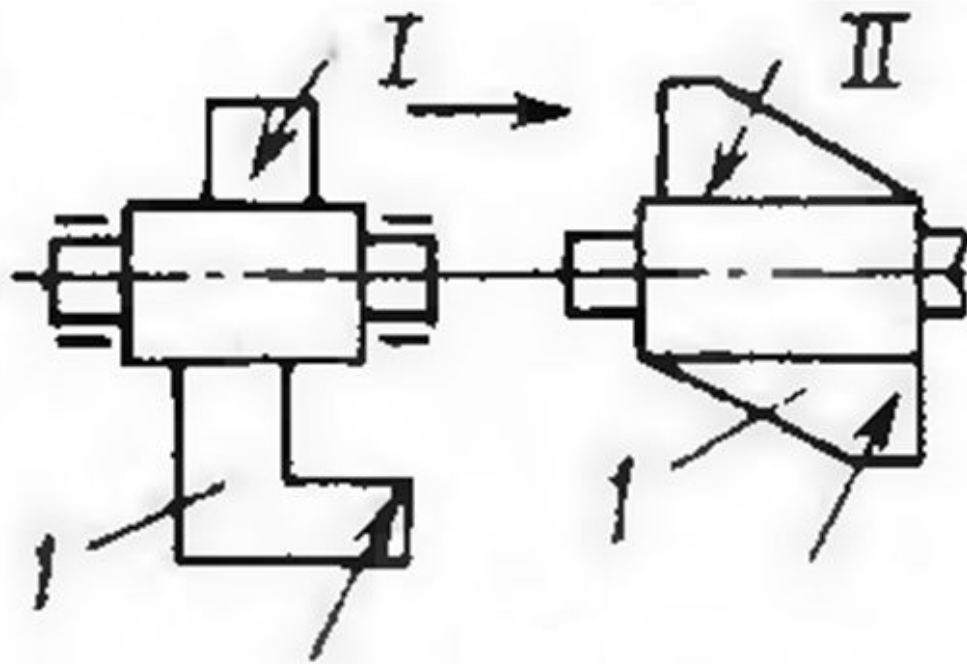


a)

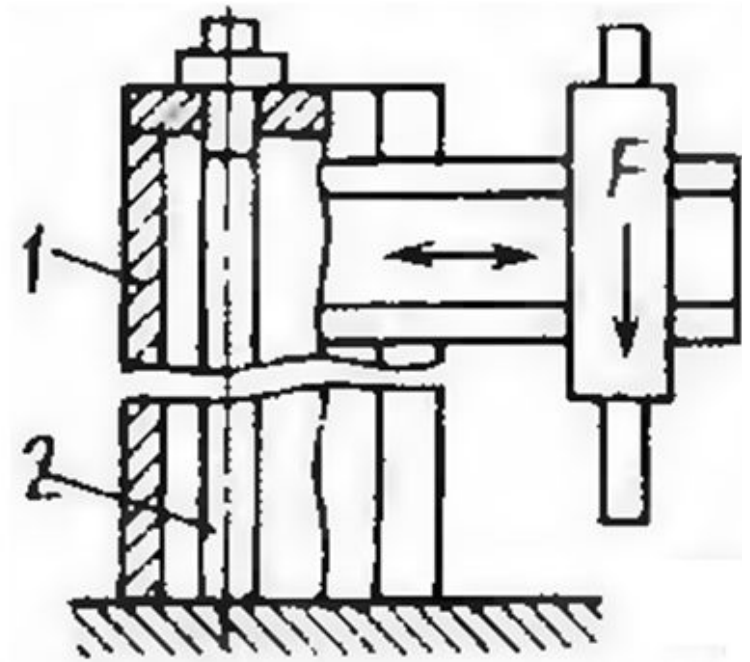


б)

# Замена изгиба и кручения растяжением (сжатием)



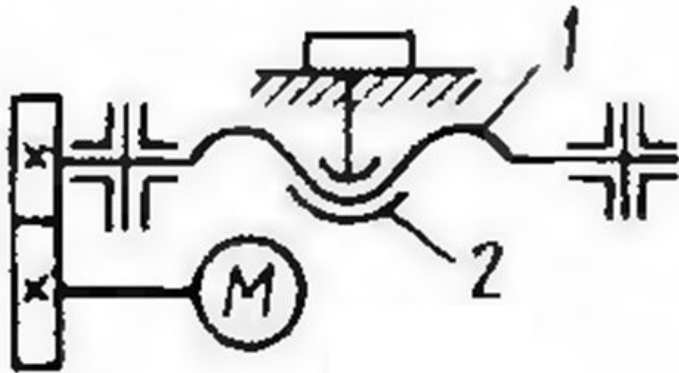
a)



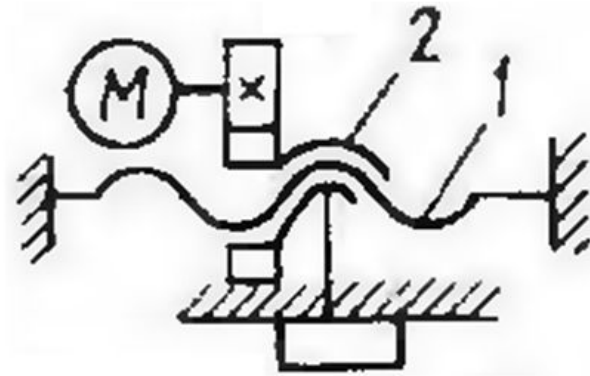
b)



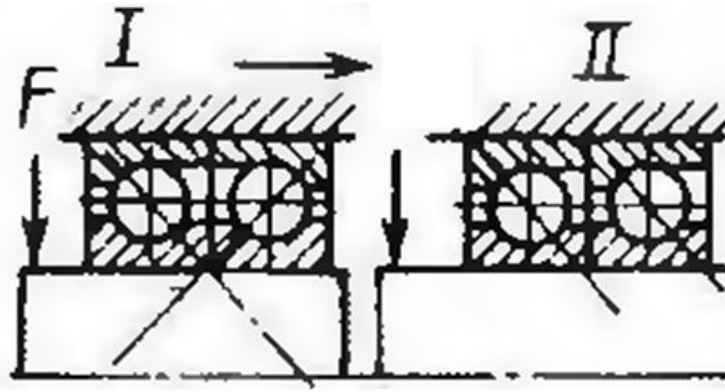
# Совершенствование силовой схемы



a)

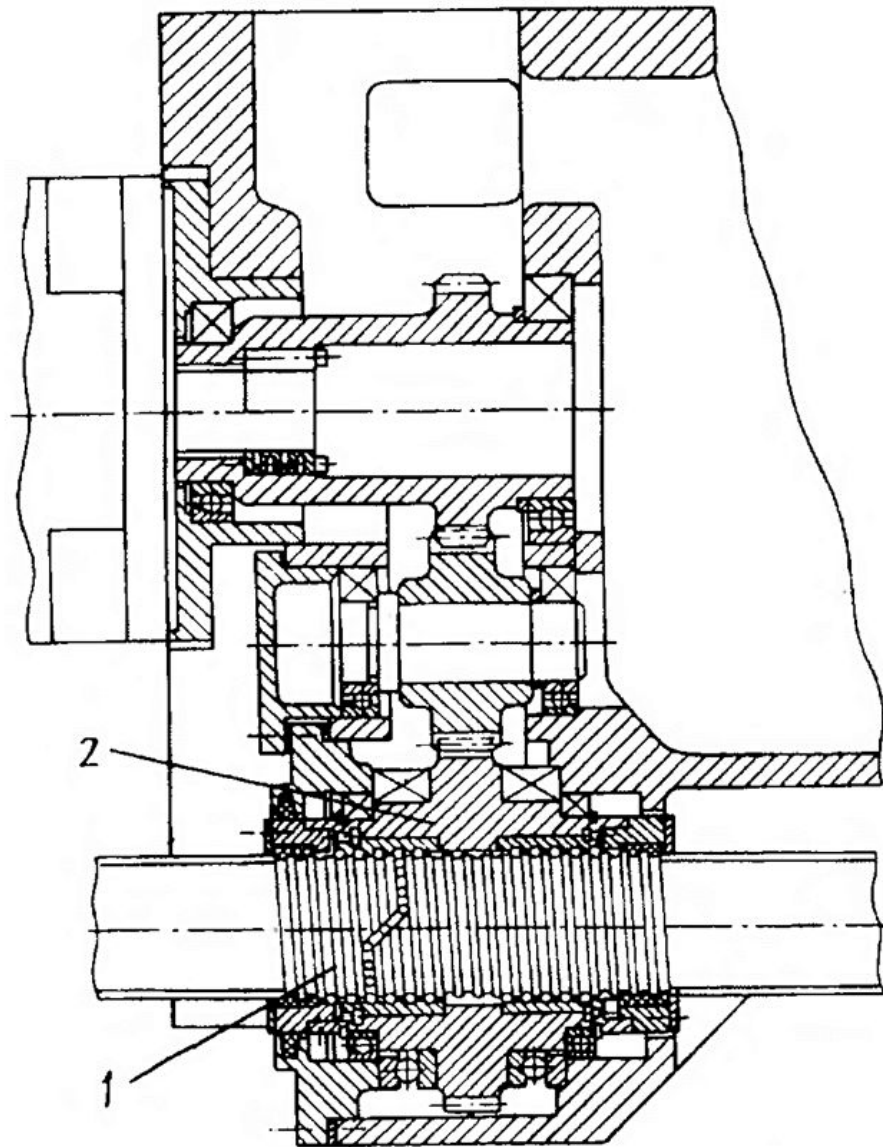


б)

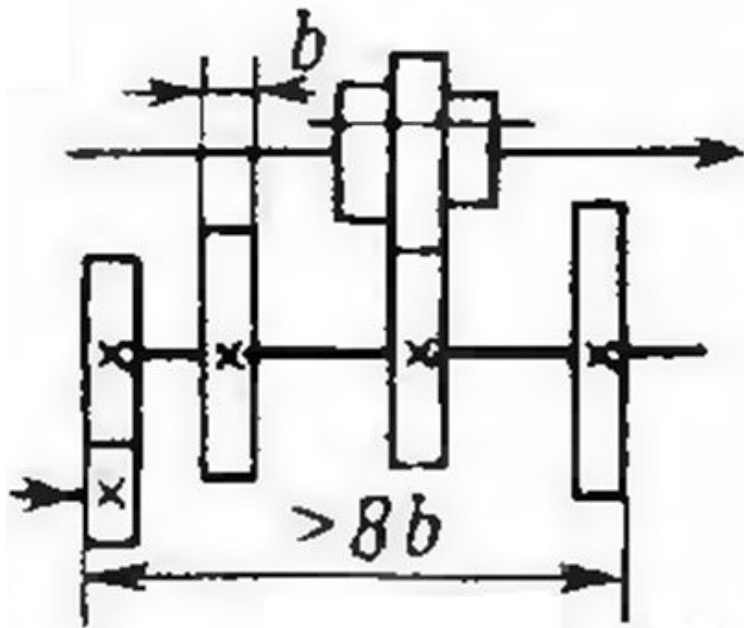


в)

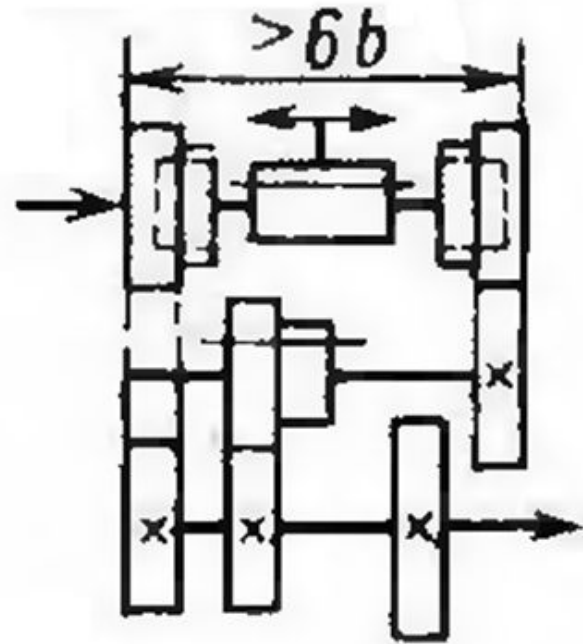
# Шарико-винтовая передача с вращающейся гайкой



# Компактные механизмы



a)



б)