

Конструкция и проектирование машин и оборудования деревообработки

15.03.02 (151000.62) «Технологические машины и оборудование»

35.04.02 (250400.68) «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств»

Красиков А.С., кафедра ИТОД

| | 15.03.02 | 35.04.02 |
|----------------|-----------------|----------|
| Лекции | 60 ч | 14 ч |
| Лаб. занятия | 30 ч | 22 ч |
| Практ. занятия | 60 ч | |
| | Курсовой проект | РГР |

Конструкция и проектирование машин и оборудования деревообработки

Литература

1. Глебов, И.Т. Проектирование деревообрабатывающего оборудования [Текст] / И.Т. Глебов //: Учеб. пособие ; Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. 253 с.
2. Сулинов В.И. Курс электронных лекций по дисциплине «Проектирование деревообрабатывающего оборудования»
3. Маковский, Н.В. Проектирование деревообрабатывающих машин [Текст] / Н.В. Маковский // М.: Лесн.пром-сть. 1982. 304 с.
4. Санников А.А. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Методология проектирования, прогнозирование, оптимизация машин и оборудования лесного комплекса / А.А. Санников, Н.В. Куцубина //: Учеб. пособие ; Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. 121 с.

Введение

Потребности современных людей требуют производства большого количества разнообразных и высокоэффективных машин. Процесс создания таких машин в большей степени становится **наукоемким и коллегияльным**, когда в разработке машин используется большой объем знаний и принимает участие большой коллектив разнообразных специалистов. Машин становятся все более разнообразными, технически сложными, сроки их создания и старения сокращаются. Так количество различных классов технических решений **удваивается в среднем через каждые десять лет**. Сложность машин по числу деталей и узлов **удваивается через 15 лет**, а время создания машины при компьютеризации творческого труда **сокращается в два раза через 25 лет**. По этой же причине сокращается время морального старения машин. Объем используемой научно-технической информации **удваивается через каждые восемь лет**.

В общем виде проектирование сводится к выявлению вариантов разрабатываемого объекта, после чего определяется оптимальный вариант, который и становится основой при конструировании.

Для подготовки вариантов объекта техники известно более 30 методов технического творчества, объединенных в следующие группы: мозгового штурма; морфологического анализа; контрольных вопросов; эвристических приемов; алгоритмов решения изобретательских задач; стандартов на решение изобретательских задач, выявления и разрешения технического противоречия.

Глава 1. Методология проектирования

1. Техническая система

1.1. Генезис теории проектирования

К 1970 г. в мировой практике сложилось два подхода: отечественный, названный **комплексным подходом**, и американский, названный **системным подходом**.

Комплексный подход базируется на диалектическом материализме и требует объективного, конкретного и всестороннего (комплексного) исследования объекта.

Системный подход рассматривает объект исследования как систему, а процесс исследования – системным.

Оба подхода в отечественной практике считаются эквивалентными.

Кибернетический подход. Это универсальный подход проектирования современной техники, который включает в себя системный подход, эволюционный и управленческий подходы.

С позиций инженерно-кибернетического подхода объекты техники рассматриваются как технические системы, которые эволюционно развиваются и преобразуются путем управленческого воздействия на них.

При определении кибернетики на первое место выдвигались законы получения, хранения и передачи информации (А.Н. Колмагоров, В.М. Глушков).

Понятие технической системы

Техническим объектом называют созданные человеком реально существующие устройство, способ, материал, предназначенные для удовлетворения определенных потребностей.

Потребность – это физиологическое или психологическое ощущение недостатка чего-либо. По классификации А. Маслоу можно выделить следующие виды потребностей человека:

- физиологические потребности (пища, вода, жилье, отдых, здоровье, защита от боли, и т.д.);
- потребность в безопасности, уверенности в будущем;
- потребность принадлежать к какой-то общности (семье, компании людей);
- потребность в уважении, признании;
- потребность в самореализации.

Техническая система – это совокупность взаимосвязанных элементов технического объекта, объединенных для выполнения определенной функции, обладающая при этом свойствами, не сводящимися к сумме свойств отдельных элементов.

Например, возьмем три элемента: трубопровод с потоком ацетилена, трубопровод с потоком кислорода и корпус. Объединив их в единое целое, получим газовую горелку. Ее суммарный эффект равен сумме эффектов указанных элементов, да еще кое-что. Это “еще кое-что” есть факел пламени с высокой температурой, способный резать металл.

Типы технических систем

- Элементы, образующие техническую систему, только относительно неделимые части целого. Например, деревообрабатывающий станок включает много сложных частей: станину, механизмы главного движения, подачи, базирования, регулирования, настройки, управления и приводы.
- В то же время в системе «деревообрабатывающий цех» с большим количеством разнообразных станков отдельный станок можно считать элементом, т. е. неделимым целым. В связи с этим по отношению к **системе** «станок» «деревообрабатывающий цех» называют **надсистемой**, а выше перечисленные части станка – **подсистемами**.
- Для любой системы можно выделить подсистему и надсистему. Для системы «механизм главного движения станка» части корпус подшипников, вал, режущий инструмент будут подсистемами, а станок – надсистемой.
- Для системы «лесопильный цех» можно выделить более крупную часть надсистему «деревообрабатывающий комбинат» (на комбинате функционируют несколько цехов) и более мелкую часть подсистему «круглопильный станок» (в цехе работает много различных станков). Для системы «лес» можно выделить надсистему «биосфера» и подсистему «дерево».

Правила, характеризующие систему

- Реализацию системного подхода при проектировании оборудования можно свести к выполнению следующих правил.
- 1. *Правило целостности.* Свойства системы не сводятся к сумме свойств ее элементов. Из свойств элементов системы нельзя вывести свойства системы.
- 2. *Правило структурности.* Структура системы машины (конструкция машины) есть сеть связей и отношений системы. Существование системы обусловлено ее отдельными элементами (детальями, сборочными единицами) и свойствами ее структуры.
- 3. *Правило взаимозависимости системы и среды.* Система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой.
- 4. *Правило иерархичности.* Для каждой системы можно выделить подсистему и надсистему.
- 5. *Правило множественности описания системы.* В техническом решении можно выделить системы и агрегаты. В системах функционирование одного узла влияет на функционирование другого узла, а в агрегатах – не влияет.

Жизненный цикл образцов технических систем

- Период создания и функционирования образцов технических систем характеризуется их жизненным циклом. Начинается жизненный цикл с момента начала разработки образца и заканчивается снятием его с производства и утилизацией.

| Жизненный цикл | | | |
|-------------------|--------------|---------------------|--------------------|
| Промышленный цикл | | Функциональный цикл | |
| Разработка | Производство | Эксплуатация | Целевое применение |

Проектирование – начальная стадия ОКР. Проектирование – творческий процесс, в ходе которого формируется конкретный облик и основные характеристики нового образца ТС. При этом принимаются все проектно-конструкторские, технологические, эксплуатационные, организационные и другие решения, необходимые для реализации всего жизненного цикла образца ТС.

Промышленный цикл заканчивается производством объекта техники.

Функциональный цикл состоит из циклов эксплуатации и целевого применения. В цикл эксплуатации входят циклы ремонтные и обслуживания, когда объект техники находится в неработоспособном состоянии. В период цикла целевого применения изделие используется по прямому назначению, выполняет свою целевую функцию.

В общем виде жизненный цикл технической системы включает следующие этапы.

1. Изучение спроса и потребности в новом техническом объекте.
Выполнение НИР.
2. Выдача технического задания на проектирование.
3. Комплекс проектных работ по всем стадиям проектирования.
4. Изготовление опытных образцов.
5. Испытания опытных образцов.
6. Доводка и исправление технической документации.
7. Подготовка производства.
8. Процесс производства.
9. Эксплуатация объекта техники.
10. Капитальный ремонт.
11. Эксплуатация после капитального ремонта.
12. Списание объекта (утилизация).

Эволюция технических систем

Эволюцию технических систем рассмотрим на примере развития круглопильных дереворежущих станков. Под эволюцией станков понимается история их развития. Знание этой истории наилучшим образом ориентирует интуицию проектировщика и конструктора и помогает им выявить основные устойчивые связи, влияющие на развитие технического объекта. Знание истории часто подсказывает удачные идеи улучшения объекта, а пренебрежение закономерностями эволюции приводит к неудаче при проектировании.

Техническая эволюция – объективный процесс, в течение которого в объекте последовательно реализуются следующие основные функции: **технологическая, энергетическая, управления и планирования**. Реализация в объекте технологической функции превращает его в рабочую машину, в которой выполняются все рабочие движения, необходимые для обеспечения технологической функции. Если рабочие движения обеспечивают обработку заготовки путем срезания с нее стружки, то такую рабочую машину называют станком.

Продолжение

Под эволюцией технических систем понимается история развития того или иного технического объекта. Знание этой истории наилучшим образом ориентирует интуицию конструктора и помогает ему выявить основные устойчивые факторы, влияющие на развитие технического объекта. Знание истории часто подсказывает удачные идеи улучшения объекта, а пренебрежение закономерностями эволюции приводит к неудаче при проектировании.

В период эволюционного развития объекты техники выполняют все большее количество функций и становятся сложнее, разнообразнее, производительнее. При этом развитие техники подчиняется следующему правилу: **если новые технические средства способны более производительно выполнять функции, ранее выполняемые человеком, то они должны заменять человека.**

Формы эволюции. При изучении эволюции различают следующие ее формы: видовая, цикловая и фазовая эволюция.

Электронный архив УГЛТУ

История развития

Первый круглопильный станок для пиления древесины появился в Европе в 1777 г. Этапы изменения конструкций станков характеризуются поколениями. Новое поколение станков существенно отличается технико-экономическими показателями, надежностью, функциональными возможностями от станков, выпускающихся ранее. Развитие станков от поколения к новому поколению было связано с внедрением новых видов приводов. В станках использовались и используются следующие двигатели:

- **водяное колесо, вращающееся потоком воды;**
- паровая машина, преобразующая энергию водяного пара в механическую работу (разработана И.И. Ползуновым в 1763 г. и Дж. Уаттом в 1774-1784 г.г.);
- **двигатель внутреннего сгорания** (создан Э. Ленуаром в 1860 г.), который применяется в станках, эксплуатируемых на открытом воздухе или на передвижных станках, используемых в лесу для распиловки круглых лесоматериалов при выполнении рубок ухода, например;
- **электрические двигатели переменного тока**, используемые в механизмах главного движения, двигатели постоянного тока, обеспечивающие плавное регулирование скорости подачи, электромагниты, применяемые в тормозных системах станков;
- **гидравлические двигатели**, использующие энергию сжатой жидкости – это двигатели вращательного движения – гидромоторы и двигатели поступательного движения – гидравлические цилиндры, диафрагмы; гидравлические двигатели обеспечивают плавное регулирование скорости рабочего движения;
- **пневматические двигатели**, использующие энергию сжатого воздуха, – это пневмоцилиндры, диафрагмы, камерные (рукавные) двигатели.

Продолжение

В 30-х годах прошлого столетия страна остро нуждалась в шпалорезных станках. Тюменскому станкозаводу была поставлена задача организации выпуска таких станков. Своей технической документации у завода не было. В 1928 г. за границей на золото был куплен шпалопильный станок модели «Тюнер» (см. сайт станкозавода). Были выполнены чертежи и необходимая для внедрения техническая документация. В 1929 г. была выпущена первая опытная партия (5 станков), а в 1930 г. было выпущено 430 шпалорезных станков. Станки позволяли выпиливать из круглых лесоматериалов шпалы, брусья, доски. Простота конструкции и обслуживания, невысокая цена обеспечили высокий спрос на станок. Конечно, технический уровень станков был не выше, чем у станка «Тюнер», однако социальная потребность деревообрабатывающей отрасли в станках удовлетворялась.

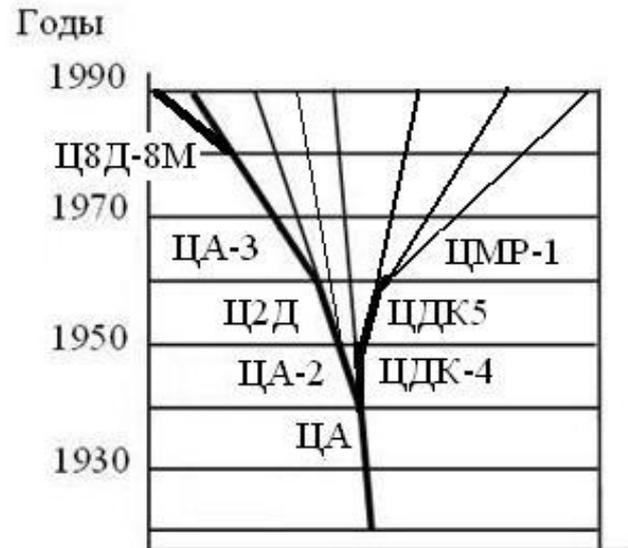
В послевоенный период в стране выпускались станки для продольной распиловки круглых лесоматериалов на брусья, шпалы и доски моделей ЦДТ-4 (круглопильный делительный с подачей бревна на тележке), ЦДТ-5, ЦДТ-6, ЦДТ-7, ША (шпалорезный автомат). Станок ЦДТ-5 предназначен для раскроя коротких бревен длиной 0,5 - 2,0 м. Станок ЦДТ-7 имеет двухвальный механизм главного движения: один пильный вал расположен под бревном, другой – над бревном. В последние годы для продольной распиловки бревен в России популярны финские станки KARA .

Видовая форма эволюции

Видовая техническая эволюция характеризуется изменениями структурных и квалиметрических параметров видов технической системы.

Опираясь на опыт производства шпалорезных станков, в довоенный период был выпущен станок для продольного пиления пиломатериалов с вальцовой подачей модели ЦА (круглопильный с автоматической подачей).

До 40-х годов в станке использовался один электродвигатель для привода механизмов главного движения и подачи (в стране не хватало электродвигателей). Для привода механизма подачи производился отбор мощности с механизма главного движения. В станке ЦА-2 используется уже два электродвигателя для привода механизмов резания и подачи. Скорость подачи регулируется ступенчато.



Продолжение

Цикловая техническая эволюция характеризуется изменениями структурных и квалиметрических параметров за время жизненного цикла технической системы.

Фазовая техническая эволюция характеризуется изменениями структурных и квалиметрических параметров при переходе технической системы от предшествующего поколения (фазы развития) к последующему при реализации эволюционных схем этих видов технических систем. В ходе фазовой структурной эволюции образцы новых поколений, сохраняя некоторые наследственные признаки, обновляются по всем основным подсистемам.

Порядок выполнения проектных работ

Приемы проектирования

Процесс проектирования технических объектов, их подсистем и элементов можно разделить на три этапа: подготовительный, начальный и основной. Каждый из этих этапов делится на две стадии: анализа и синтеза, которые неотделимы друг от друга в едином процессе проектирования.

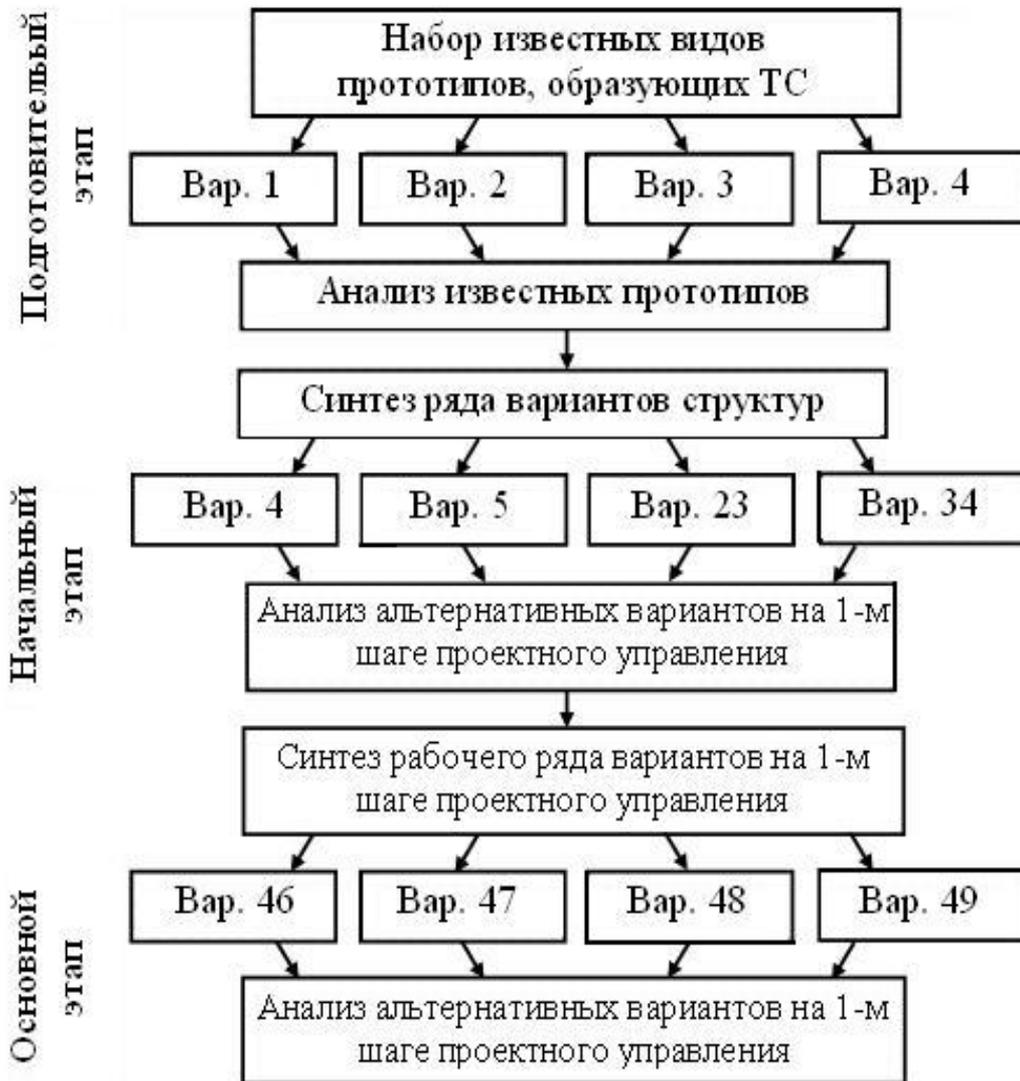
На стадии синтеза формируются различные варианты проектируемой системы, ее подсистем и элементов. На стадии анализа эти варианты сопоставляются между собой с позиции обеспечения необходимых свойств и качества. При анализе готовится материал для реализации очередной стадии синтеза.

Рассмотрим указанные этапы и стадии проектирования подробнее (рис.).

Подготовительный этап. На данном этапе формируются требования к новой конструкции. Намечается область поиска рациональных структур. Формируется общий облик объекта, его подсистем и элементов. Находятся прототипы. Анализируется эволюционное развитие их систем, подсистем и элементов. Общие требования к системе трансформируются в подсистемные и элементные требования.

Обычно этап заканчивается формальным набором возможных прототипов проектируемого объекта с оценкой их пригодности для решения поставленных задач.

Продолжение



Продолжение

- **Начальный этап.** В начальном этапе проводится всесторонний анализ исходного ряда вариантов структур. Отмечаются их слабые и сильные стороны. Сильные решения надо в будущем сохранить, а от слабых следует избавиться. Начинается отбор из числа предварительно намеченных вариантов 4 и вновь появившихся вариантов 5, а также возможных комбинаций их подсистем (варианты 23 и 34) альтернативных вариантов структур образцов ТС.
- При составлении вариантов структур можно обнаружить оригинальный вариант, который на первый взгляд не имеет недостатков и полностью решает поставленную задачу. Возникает большой соблазн реализовать этот вариант в металле. Однако опыт конструкторов показывает, что такого рода варианты редко оказываются лучшими. На последующих этапах проектирования после учета всех проясняющихся позже особенностей и взаимодействий объекта с окружающей средой вариант оказывается не лучшим. **Поэтому не следует сразу останавливаться на привлекательных вариантах, поиск их надо проводить до конца.**
- Начальный этап характерен для стадии подготовки технического предложения.

Продолжение

- **Основной этап.** На основном этапе многократно проводится анализ и синтез образцов ТС и подсистем с постепенным сокращением числа вариантов. Повышается глубина проработки и детализация вариантов.
- **Анализировать варианты структур надо столько, сколько позволяет время на выполнение данной работы. Чем больше вариантов прорабатывается, тем выше вероятность того, что самое рациональное решение будет найдено. Искусственно сокращать продолжительность основного этапа не следует.**
- Этот этап характерен для стадии эскизного проектирования. Заканчивается он выбором рационального варианта образца технической системы. Исходные данные для дальнейшего конструирования подготовлены, можно приступать к разработке полного комплекта чертежей и другой технической документации.

Проектирование и конструирование

Проектирование и конструирование не являются словами синонимами. Они несут различную смысловую нагрузку.

Работа над изделием начинается с выявления общественной потребности.

Потребность в новом изделии возникает при эксплуатации старого изделия.

Процесс удовлетворения потребности схематично показан на рис.



Проектирование

Проектирование – первый операционный элемент процесса удовлетворения общественной потребности. Начинается проектирование с осмысления действий, необходимых и достаточных для удовлетворения потребности. Намечается следующий комплекс действий: патентно-информационные исследования, научно-технические исследования, изобретательская работа при подготовке множества альтернативных вариантов, пригодных для решения поставленной задачи, анализ и выбор одного наилучшего решения из альтернативных вариантов. Формируется облик проектируемой технической системы, для чего составляется технологическая схема, выполняются технологические расчеты, создается *техническое задание на проектирование*.

Проектирование выполняется проектировщиком. Результат деятельности проектировщика называется **проектом**. В проекте создается основа для конструирования (*техническое предложение и эскизный проект*).

Конструирование

Конструирование – второй операционный элемент процесса удовлетворения общественной потребности. При конструировании создается конкретная, однозначная конструкция изделия, на которую разрабатывается конструкторская документация.

Конструкция – это устройство, в котором части и элементы взаимно соединены между собой целесообразным образом. При конструировании создается общий вид, сборочные единицы и детали изделия, рассчитываются размеры, выбирается материал, устанавливается шероховатость обработанных поверхностей, назначаются технические требования.

Таким образом, конструирование, как составная часть проектирования, представляет собой творческий процесс создания изделия в документах (главным образом в чертежах) на основе теоретических расчетов, конструкторского, технологического и эксплуатационного опыта и экспериментов.

Стадии проектирования

- Разработка конструкторской документации выполняется в строгом порядке, установленном **ГОСТ 2.103-68**. Исходным материалом для работы над проектом служит техническое задание.
- **В техническом задании** приводятся все основные требования заказчика к объекту проектирования. Даются чертежи деталей и заготовок, указываются условия обработки (производительность, точность, шероховатость и т.д.), условия эксплуатации, условия изготовления.
- **Техническое предложение** выполняется с целью выявления и анализа возможных путей решения задачи. В соответствии с **ГОСТ 2.118-73** техническое предложение содержит техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки документации. В нем проводится анализ отечественной и зарубежной информации по аналогичным конструкциям, выбираются прототипы и на их базе разрабатываются новые варианты решений. Из подобранных вариантов выбирается наилучший, который и подлежит дальнейшей разработке.
- После утверждения технического предложения **конструкторский проект** разрабатывается последовательно в трех стадиях: **эскизный проект, технический проект и рабочий проект**. На практике этот порядок выполняется не всегда. Для несложных конструкций и большом опыте конструктора проект машины выполняется в двухстадийном порядке (технический и рабочий проект) или одностадийном (рабочий проект).

- **Эскизный проект (ГОСТ 2.119-73)** разрабатывается после утверждения технического предложения. Он позволяет убедиться в возможности технического осуществления главных положений технического предложения. Для этого в нем разрабатываются технологические, кинематические, гидравлические и другие схемы, чертеж общего вида, пояснительная записка, которая включает техническую характеристику, описание конструкции, расчеты технико-экономических показателей и основные технические расчеты.
- На основании эскизного проекта разрабатывается технический или рабочий проект.
- **Технический проект (ГОСТ 2.120-73)** – это завершающая стадия проектных технических вопросов эскизного проекта. Он дает полное представление о конструкции основных узлов, их взаимодействии и уровне основных квалиметрических* показателей (показателей качества).
- **По методологии этот этап близок к эскизному и выполняется тогда, когда в эскизном проекте не разрабатываются исходные данные на проведение рабочего проекта.**
- В техническом проекте разрабатываются чертеж общего вида, чертежи всех сборочных единиц, схемы, составляется ведомость покупных изделий.

Продолжение

- Пояснительная записка включает описание назначения и области применения изделия, обоснование и описание конструктивных решений, техники безопасности и производственной санитарии, расчет масштаба производства, эффективности внедрения, кинематические и прочностные расчеты.
- На основании технического проекта разрабатывается рабочая конструкторская документация.
- **Рабочий проект** содержит совокупность конструкторских документов, необходимых для изготовления и испытания опытного образца, производства изделий установившегося серийного и массового производства. Состав рабочей документации установлен ГОСТ 2.102-68.
- При переходе от одной стадии проектирования к последующей проект постепенно насыщается подробностями.

* **Квалиметрия** – область знаний, посвященная методам получения количественных оценок качества объектов, используемых человеком, независимо от их природы. Квалиметрические методики позволяют оценить качество продукции, процессов, оборудования и различных других объектов даже в том случае, когда его невозможно непосредственно измерить. Большим достоинством методов квалиметрии является возможность получения комплексных показателей качества.

Методы конструирования

Стандартизация. *Стандартизация – процесс нахождения и применения решений для повторяющихся задач в сфере науки, техники и экономики для достижения оптимальной степени упорядочения.* Стандартизация регламентирует конструкции и типоразмеры широко применяемых машиностроительных деталей, узлов и агрегатов. Все детали и узлы, типовые для данной отрасли машиностроения, стандартизируются. Стандартизация ускоряет конструирование, облегчает изготовление, эксплуатацию и ремонт машин.

Симпликация. Симпликация – упрощение производства путем исключения излишних типоразмеров изготавливаемых деталей, отдельных видов отчетности и документации.

На заводах симпликацию используют при ограничении действия разнообразных стандартов, материалов, покупных изделий, полуфабрикатов.

Унификация. *Унификация – приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей (ГОСТ 23945.0-80).*

Унификация заключается в многократном применении в конструкции одних и тех же элементов. Это способствует сокращению номенклатуры деталей, уменьшению стоимости изготовления, упрощению эксплуатации и ремонта.

Задача конструктора состоит в том, чтобы при разработке новой машины вводить только те новые узлы и детали, которые влияют на повышение производительности, надежности и удобства эксплуатации. Остальные детали и узлы рекомендуется оставлять неизменными.

Если в машине невозможно применить целиком существующий узел, то целесообразно сохранить хотя бы его монтажные размеры.

Обычно в новые машины переносится до 50% сборочных единиц, неоднократно проверенных в старых машинах.

Унификации в первую очередь подлежат посадочные соединения, резьбы, шлицевые и шпоночные соединения, крепежные детали. Кроме того, надо стремиться к унификации оригинальных деталей.

Типизация. Типизация – один из перспективных методов стандартизации. Она предусматривает разработку и использование типовых конструкций в целой отрасли.

Типизация – способ создания на базе исходной модели ряда машин одного назначения различной мощности, производительности, но с одинаковыми узлами.

Агрегатирование. *Агрегатирование – компоновка машин и механизмов из ограниченного количества стандартных или унифицированных деталей и узлов, обладающих геометрической и функциональной взаимозаменяемостью.*

Агрегатирование – высшая степень унификации. Агрегатирование позволяет не создавать каждую новую машину как оригинальную, единственную в своем роде. Машина создается путем перекомпоновки имеющейся машины, используя уже освоенные производством узлы и агрегаты.

Подготовка вариантов проектных решений

Современные методы технического творчества позволяют получать большое количество разнообразных и сильных вариантов решения любой технической задачи. Некоторые приемы приведены ниже.

Формальный подбор вариантов. Формальный подбор альтернативных вариантов проектных решений осуществляется с учетом возможностей современной технологии и техники.

Пример. Требуется подготовить возможные варианты устройства для распиловки лесоматериалов на доски.

Основные требования, предъявляемые к лесопильной установке:

- минимум энергопотребления;
- максимальная производительность;
- максимальный выход пиломатериалов за счет сокращения доли опилок;
- минимальная металлоемкость;
- надежность, безотказность в работе.

Решение. Учитывая современный уровень техники, можно предложить четыре варианта установок: лесопильную раму, ленточнопильный станок вертикальный, ленточнопильный станок горизонтальный, круглопильный станок.

В таком решении разнообразие альтернативных вариантов наблюдается только на уровне систем (типов станков). Разнообразие вариантов на уровне подсистем (механизмов главного движения, подач и др.) не предложено. В связи с этим сильного решения в предложенном списке вариантов может не оказаться.

Неформальный подбор вариантов

Неформальный подбор альтернативных вариантов проектных решений осуществляется путем решения технической задачи одним из известных методов технического творчества. Много вариантов дает метод морфологического анализа.

- **Содержание метода**
- Для проведения морфологического анализа необходима точная формулировка проблемы для рассматриваемой системы. В итоге даётся ответ на более общий вопрос посредством поиска всевозможных вариантов частных решений, независимо от того, что в исходной задаче речь шла только об одной конкретной системе.
- Основные этапы применения метода.
- 1. Выясняется цель задачи — поиск вариантов функциональных схем, либо принципов действия, либо структурных схем, либо конструктивных разновидностей разрабатываемой системы. Возможно исследование одновременно по нескольким признакам.
- 2. Выделяют узловые точки (оси, отдельные части задачи), которые характеризуют разрабатываемую систему с позиции ранее сформулированной цели. Это могут быть частные функции подсистем, принципы их работы, их форма, расположение, характеристики и свойства (состояние вещества и энергии, вид совершаемого движения, физические, химические, биологические, психологические, потребительские свойства и т. д.).

- Количество узлов обычно выбирается из условия обозримости и реальности анализа получаемых впоследствии вариантов: при ручной обработке — 4...7 узлов, при работе на компьютере — в пределах физической возможности вычислительной техники и отведенного на решение задачи времени. Удобно задачу решать в ряд этапов: сначала по ограниченному числу наиболее важных узловых точек, а затем — для дополнительных, второстепенных или выявленных в ходе анализа и представляющих интерес новых узлов.
- 3. Для каждой узловой точки предлагаются варианты решений: либо исходя из личного опыта (зависит от эрудиции), либо беря их из справочников и банков (баз) данных (то есть на каждую ось нанизываются возможные решения, по аналогии со счетами).
- Варианты должны охватывать всю область возможных решений для данной узловой точки. Но чтобы задача была обозримой, рекомендуется сначала выделять укрупненно-обобщенные группы вариантов, которые при необходимости впоследствии конкретизируются. Варианты могут быть не только реальные, но и фантастические.
- 4. Проводят полный перебор всех вариантов решений (каждый раз берут по одному варианту для каждой оси) с проверкой комбинаций на соответствие условиям задачи, на несовместимость отдельных вариантов в предлагаемой их общей группе, на реализуемость и иные условия.

Продолжение

Пример. Требуется подобрать варианты проектных решений линии, обеспечивающей склеивание отрезков пиломатериалов немерной длины на зубчатые шипы. Основные узлы линии – механизм формирования пакета пиломатериалов и торцовый пресс. Пусть, используя методы технического творчества, подобраны их варианты. Функциональные узлы и варианты их выполнения заносятся в таблицу

Морфологическая таблица

| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| Механизм формирования пакета пиломатериалов | A_1 | A_2 | A_3 |
| Торцовый пресс | B_1 | B_2 | B_3 |

Варианты проектных решений составляются методом перестановок данных таблицы. Всего можно получить девять вариантов: $A_1 B_1$, $A_1 B_2$, $A_1 B_3$, $A_2 B_1$, $A_2 B_2$, $A_2 B_3$, $A_3 B_1$, $A_3 B_2$, $A_3 B_3$.

Факторы, учитываемые при анализе и синтезе

Общие требования к изделию

- При конструировании любого технического объекта надо руководствоваться во всех случаях следующими основными требованиями :
 - – наибольшей безопасности;
 - – экологической безопасности;
 - – рентабельности;
 - – надежности;
 - – контролируемости параметров;
 - – оптимальности технических параметров;
 - – обеспечения гарантированного срока службы;
 - – ремонтпригодности.
- **Требования наибольшей безопасности и экологической безопасности** заключаются в том, что проектируемому объекту должны быть приданы свойства, максимально исключающие вредное воздействие на человека и окружающую среду. При этом требования безопасности важнее рентабельности и всех других требований. Создание объектов с непредсказуемыми последствиями, угрожающими жизни и здоровью людей, недопустимо.
- **Требование рентабельности** означает, что основные технико-эксплуатационные показатели объекта должны обеспечить высокий уровень эффективности. Полезный эффект при использовании объекта должен быть достигнут при минимальных затратах трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

Выбор прогрессивного технологического процесса

- **Технологический процесс** – законченная часть основного производства, в результате выполнения которой достигается изменение формы, размеров и свойств материалов в соответствии с требованиями технической документации.
- **Технологический процесс** может включать несколько стадий сушки, механической обработки резанием, гнутья и т.д. Каждая стадия обработки делится на ряд технологических операций.
- **Технологическая операция** – законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте при изготовлении одной и той же продукции.
- В составе операции различают рабочее место, технологический переход, проход, установку и позицию.
- **Рабочее место** – это часть производственной площади, предназначенной для выполнения данной операции, с находящимися на ней оборудованием, материалами и инструментами.
- **Технологическим переходом** называют законченную часть технологической операции, выполняемую одним и тем же инструментом при обработке одной и той же поверхности заготовки, без изменения режимов работы. На четырехстороннем продольно-фрезерном станке, например, четыре фрезы одновременно обрабатывают четыре поверхности заготовки. Это означает, что одновременно выполняется четыре перехода.

Продолжение

- Переход, в свою очередь, может состоять из одного или нескольких проходов. **Проход** (рабочий ход) представляет собой часть технологического перехода, при котором снимается один слой материала и который выполняется за одно перемещение инструмента относительно заготовки.
- **Установкой** называется часть технологической операции, выполняемая при одном закреплении заготовки в станке или приспособлении.
- **Позиция** – это часть технологической операции или установки, выполняемая при заданном положении заготовки относительно режущего инструмента или станка без ее раскрепления.
- Таким образом, одна и та же технологическая операция может быть выполнена при одной установке и одной позиции, при одной установке и нескольких позициях, при нескольких установках и нескольких позициях. Производительность станка будет зависеть от числа установок и позиций.
- Время, затраченное непосредственно на технологические операции называется **технологическим циклом**. Чем короче производственный цикл изготовления изделия, тем выше производительность и проще конструкция станка.

Пример

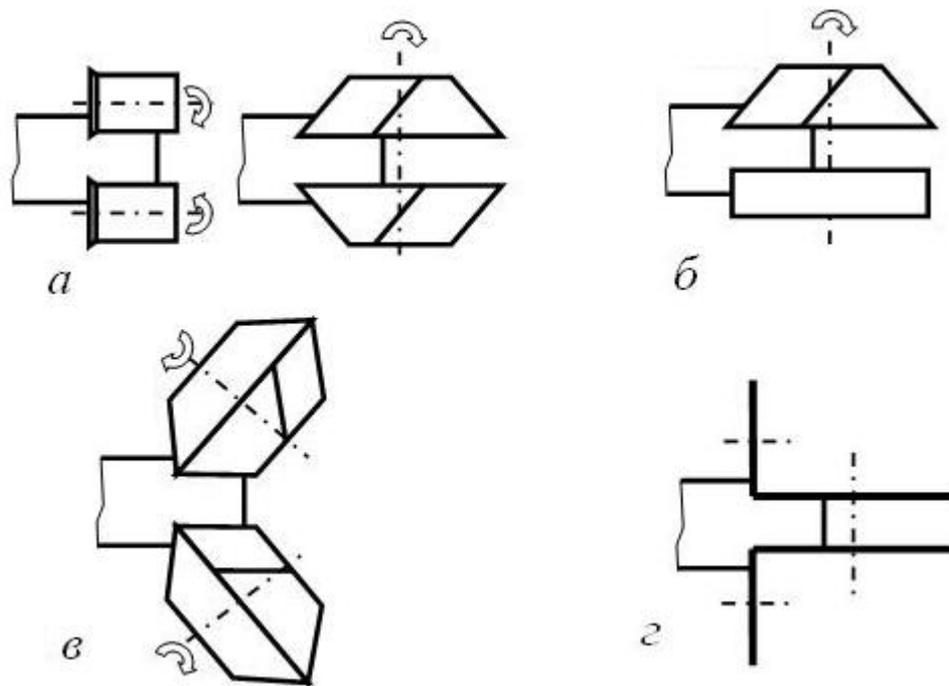


Рис. Варианты выполнения операции нарезания прямых рамных шипов: *а* – цилиндрическими фрезами с последующей подсечкой плечиков; *б* – торцово-коническими фрезами; *в* – коническими фрезами; *г* – пилами

Для первого способа (рис. *а*) необходимо четыре шпинделя, для второго (рис. *б*) – один или два, для третьего (рис. *в*) – два и для четвертого (рис. *г*) – три шпинделя.

Кратность заготовок

- Заготовки и даже сборочные единицы могут быть кратными по длине, ширине и толщине. Это позволяет повысить производительность машины и использование древесины. Например, при производстве карандашей берут дощечку шестикратной ширины (рис. 9), делают в ней шесть пазов. Затем поверхность дощечки смазывают клеем, в пазы укладывают стержни грифелей и сверху закрывают такой же дощечкой. После склеивания собранный блок делят на карандаши.



Дифференциация и концентрация операций

- При создании современных производительных машин широко используются принципы дифференциации и концентрации операций. Применяя принцип **дифференциации (разделения)**, можно сложный технологический процесс расчленить на составные элементы. Для их последовательного выполнения можно предложить несколько **однооперационных станков**. Используя принцип **концентрации (объединения)**, операции технологического процесса объединяются с целью их выполнения на одном **многооперационном станке**.
- Современное машиностроение развивается в направлении повышения степени концентрации операций при обработке деталей и их сборке. Это благоприятно сказывается на стоимости обработки, повышении точности, организации производства.

Выбор структурной схемы станка

- Технологический процесс обработки деталей может быть реализован на различных станках: проходных, позиционных, позиционно-проходных, проходно- позиционных.
- Примеры типов станков:
- **проходные** – четырехсторонний продольно-фрезерный, двусторонний шипорезный, карусельно-фрезерный;
- **позиционные станки** – сверлильно-пазовальный, односторонний шипорезный, карусельный круглопильно-сверлильно-долбежный, токарный;
- **позиционно-проходные** – станок для заточки дисковых пил, линия обработки гнезд и установки фурнитуры модели ОК213С1.10. (Линия имеет четыре рабочих позиции: на первой позиции производится обработка гнезд под петли спаривания; на второй – установка петель спаривания; на третьей – долбление гнезд под петли навески; на четвертой – установка петель навески. Створки перемещаются с позиции на позицию непрерывно упорами штангового транспортера);
- **проходно-позиционные станки** – двухсторонний шипорезный станок для прямого шипа. Заготовка подаётся цепным конвейером с упорами и торцуется на проходе между пил. Затем заготовка останавливается, прижимается и два шипорезных вала нарезают шипы на торцах.

Выбор способа базирования

- **Базирование** – это процесс ориентирования заготовки в пространстве относительно режущего инструмента. Базирование всегда выполняется перед процессом резания и сохраняется в течение обработки с помощью зажимов или прижимов.
- Базирование может быть неподвижное и подвижное.
- **При неподвижном базировании** заготовка своими технологическими базами взаимодействует с установочными поверхностями базирующих элементов станка и фиксируется в таком положении зажимами. Базирующие элементы выполняются в виде столов, кареток, суппортов, направляющих линеек, угольников, упоров и т.д.
- **При подвижном (скользящем) базировании** главная или главная и вспомогательная базы заготовки скользят по установочным поверхностям станка. Положение заготовок при этом фиксируется прижимами. Установочные поверхности выполнены в виде плоскостей стола, направляющей линейки.

Примеры решения творческих задач

Потребность и противоречие

- «Нет худа без добра и добра без худа». В этой поговорке показана диалектическая, противоречивая природа нашего мира. Объекты техники, как и весь мир, развиваются по закону единства и борьбы противоположностей, а само развитие выглядит как процесс зарождения, обострения и разрешения противоречий.
- Технические системы создаются человеком для удовлетворения своих потребностей. Поэтому технический прогресс как процесс развития технических систем следует рассматривать в системе «общество – техника» как орудие разрешения противоречия между потребностями общества и возможностями их удовлетворения с помощью технических средств. Это противоречие называют социально-техническим.
- При возникновении новой потребности социально-техническое противоречие возникает сразу. Потребность есть, а средства для ее удовлетворения нет. Давно у людей возникла потребность побывать на Луне, Марсе, но необходимых для этого технических средств нет.
- ***Такое единство улучшения и ухудшения сторон технической системы, единство положительного и нежелательного эффектов при изменении части системы, называется техническим противоречием.***

Выявление технического противоречия

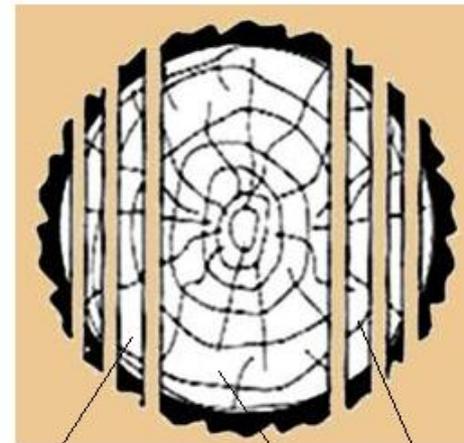
- **Анализ ситуации выполняется в следующем порядке.**
- 1. Описать ТС – название, назначение, состав.
- 2. Описать среду, взаимодействующую с ТС.
- 3. Выявить основной недостаток ТС (НЭ – 1 Нежелательный эффект) ..
- 4. Описать обычный (очевидный) способ устранения (СУ) недостатка.
- 5. Определить НЭ–2 , который возникает при применении очевидного СУ для НЭ–1 по п.4.
- 6. Сформулировать ТП–1 по схеме: "Если использовать СУ по п. 4, то устраняется НЭ–1, но при этом возникает НЭ–2 по п. 5".
- 7. Сформулировать ТП–2 по схеме: "Если создать состояние, противоположное состоянию по п. 4, то НЭ–1 не устраняется, но и не возникает НЭ–2".

Задача 1. Направляющие ножи лесопильной рамы



1

2



3

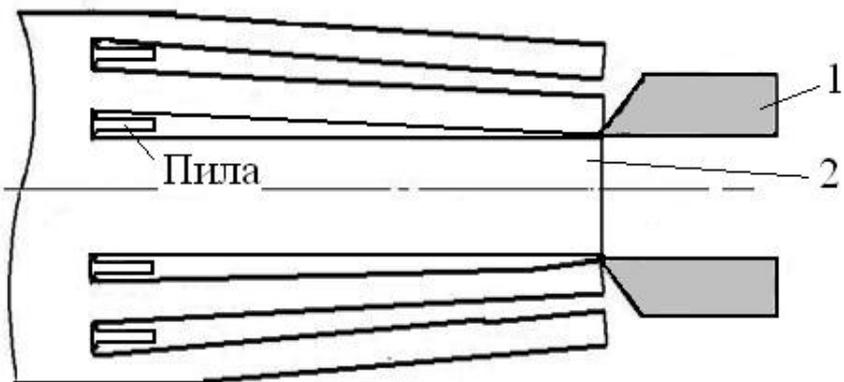
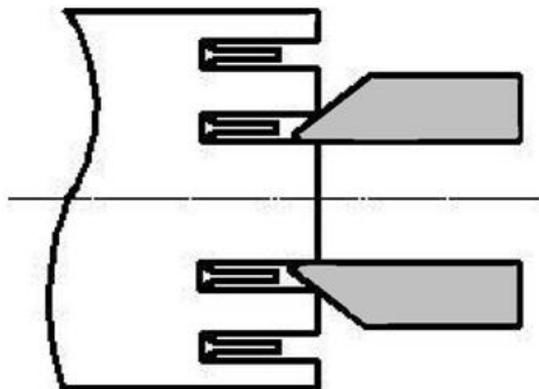
2

3

Ситуация

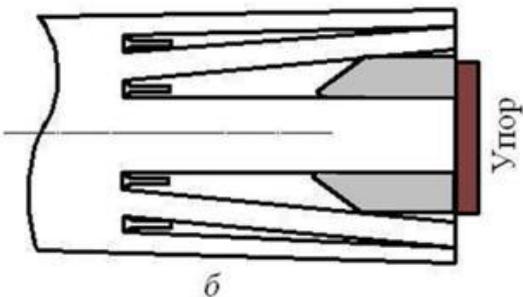
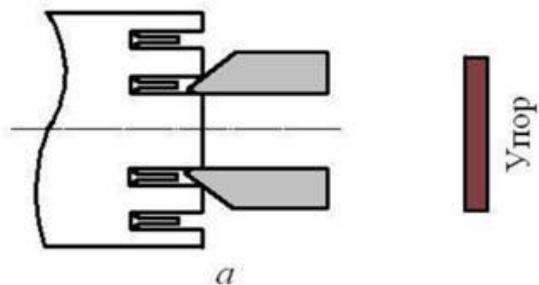
- Станок "Лесопильная рама" (рис. 11) снабжен направляющим ножевым устройством, предназначенным для базирования бревна при его распиловке. Устройство включает раму, жестко закрепленную на станине за станком, и два раздвижных ножа 1, которые могут входить в пропилы между брусом 2 и боковыми досками 3. Часто ножи не попадают в пропилы, что требует вмешательства рабочего, и снижает производительность. Как быть?
- 1. Направляющее устройство для базирования распиливаемого бревна на лесопильной раме включает неподвижную раму и два ножа.
- 2. Среда включает брус и боковые доски.
- 3. НЭ–1: ножи не попадают в пропилы.
- 4. СУ: ножи подвинуть как можно ближе к пилам
- 5. Ножи толщиной 10 мм будут входить в пропил шириной 4 мм. При отгибе досок (плечо равно ширине пилы) возникает большое давление досок на ножи, увеличивается сила трения ножей в пропилах, что негативно повлияет на прочность конструкции и мощность привода подачи.
- 6. ТП–1: если ножи подвинуть ближе к пилам, то они будут попадать в пропилы, но увеличатся силы трения на ножах.
- 7. ТП–2: если ножи отодвинуть дальше от пил, то силы трения значительно уменьшатся, но ножи не будут попадать в пропилы

Продолжение

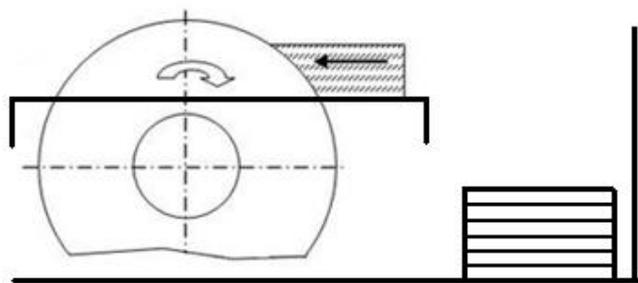
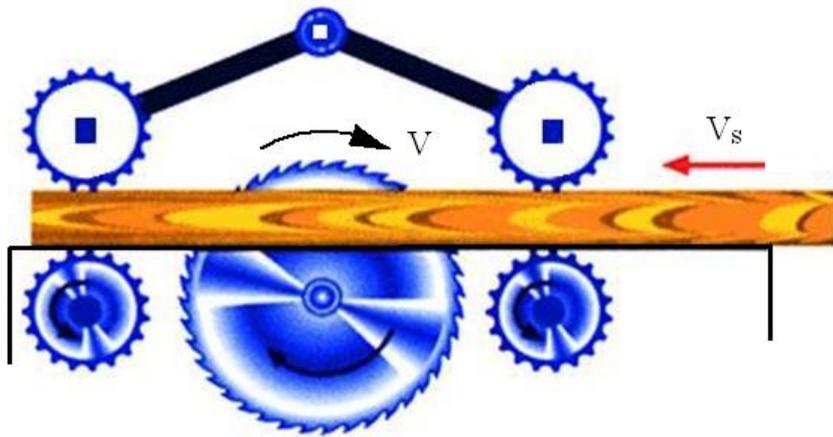


Варианты

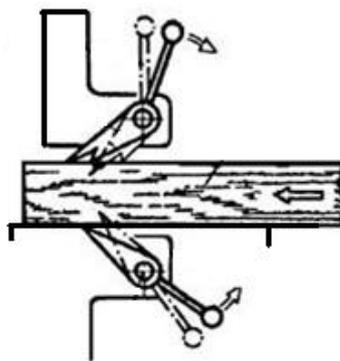
1. Ножи передвигаются пневмоцилиндром
2. Ножи передвигаются грузом, подвешенным на тросе через блок
3. Ножи закреплены стационарно и имеют сложный профиль



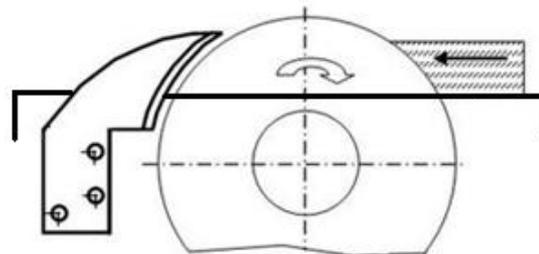
Задача 2. Защитное устройство круглопильного станка для продольного пиления древесины



a

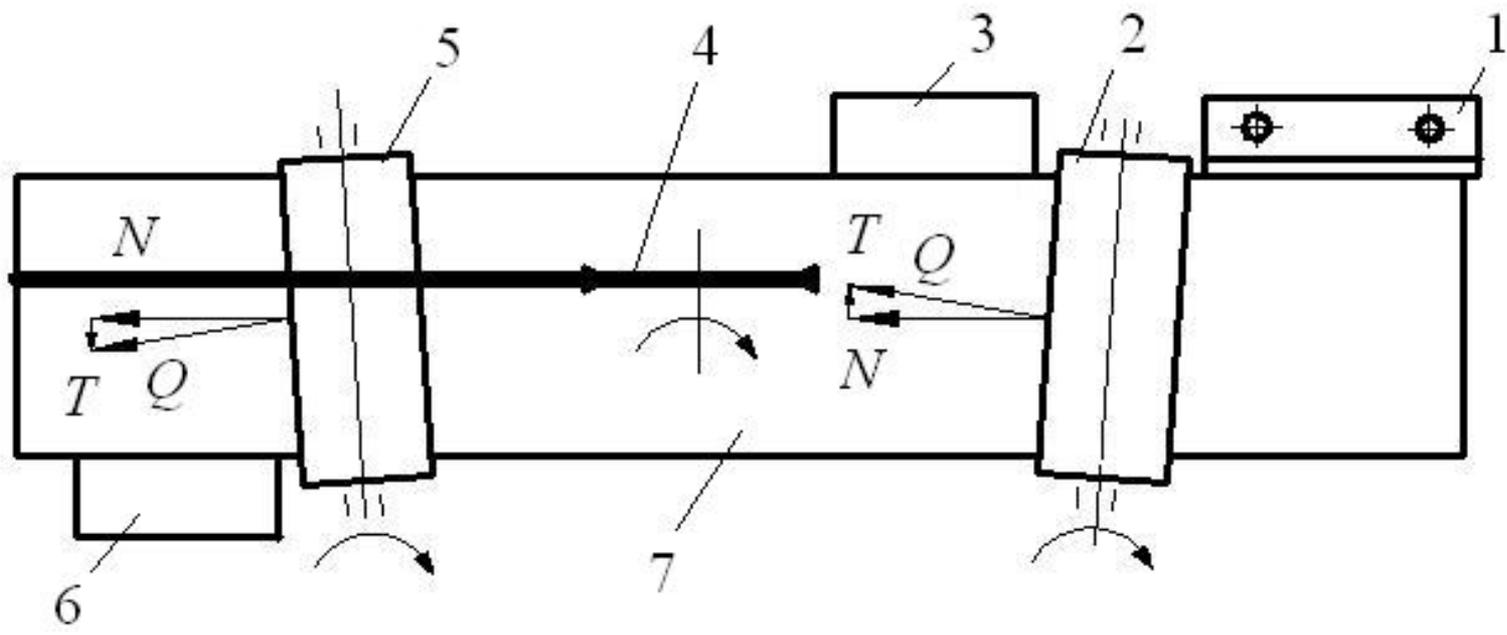


б

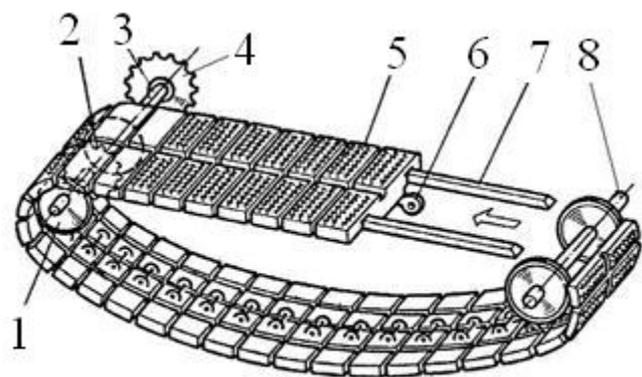


в

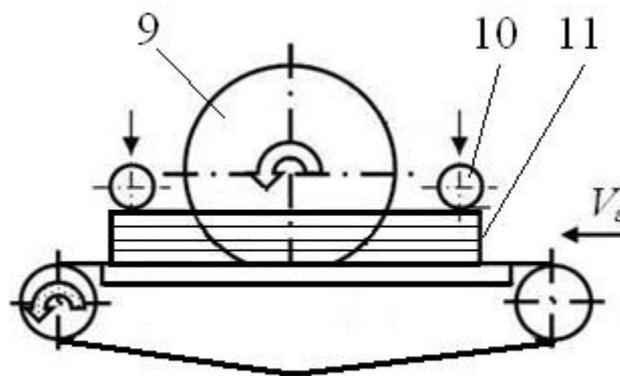
Задача 3. Анализ работы круглопильного станка с вальцовым механизмом подачи



Проектирование конструкции круглопильного станка с конвейерной подачей

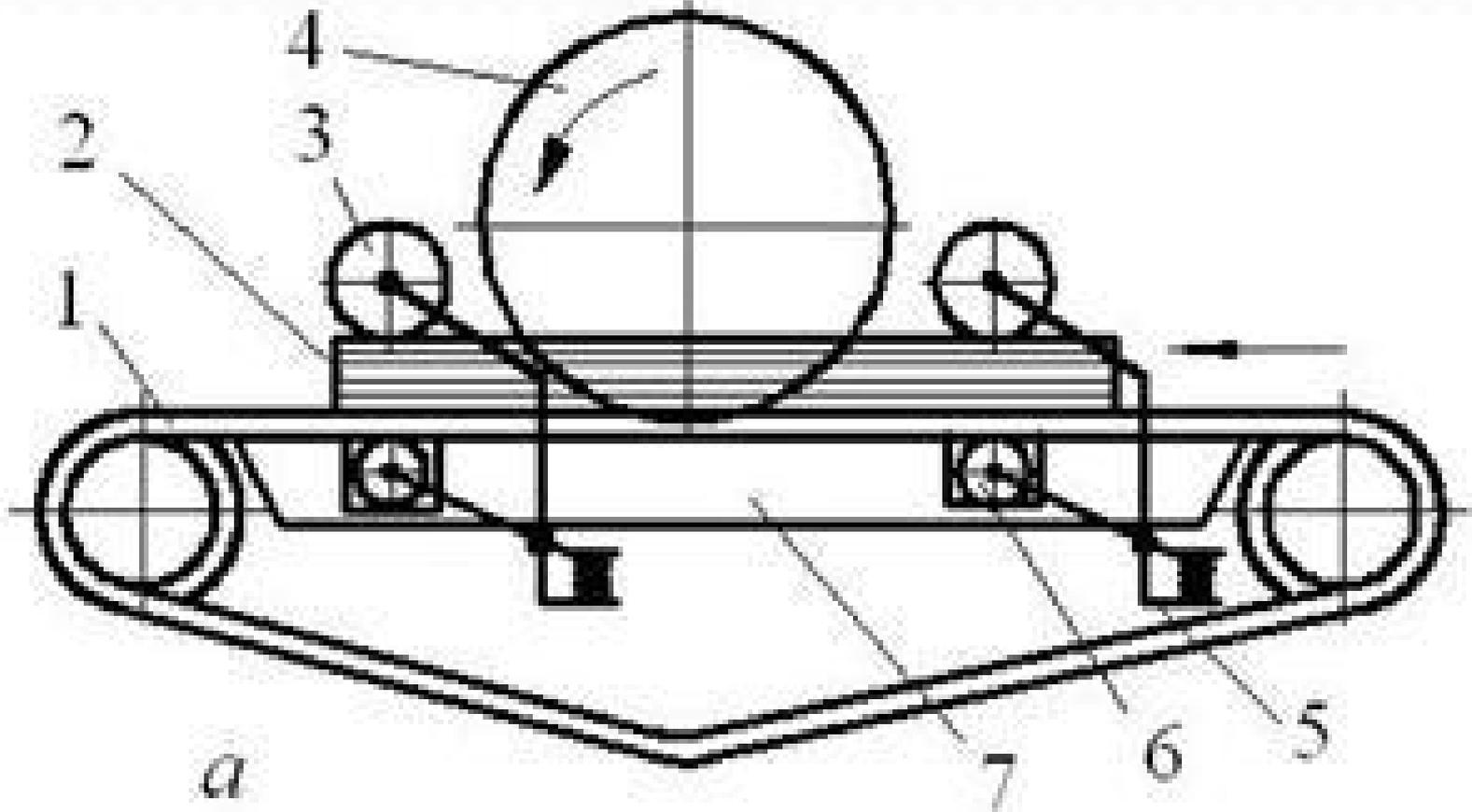


a

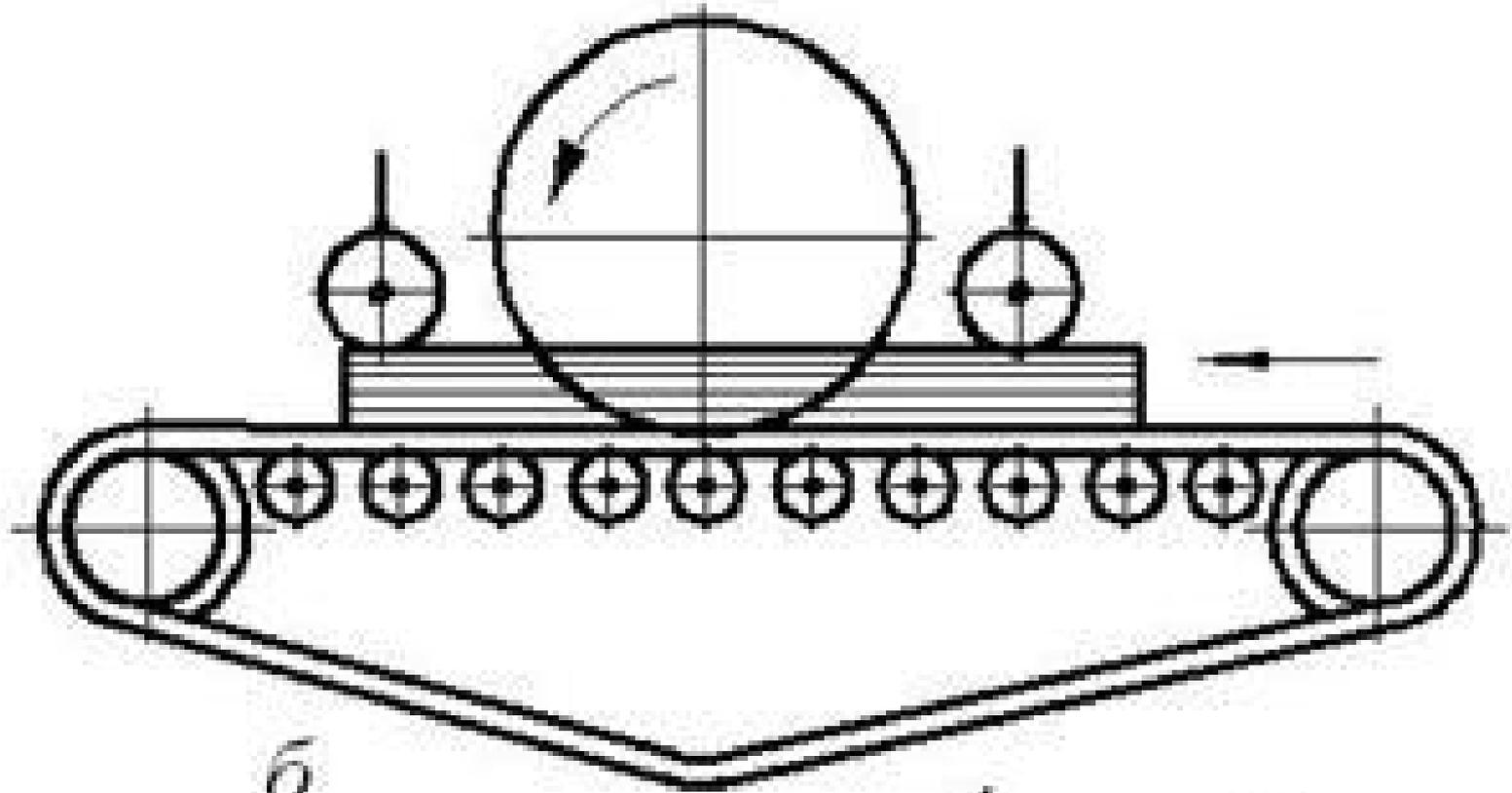


б

Варианты решений

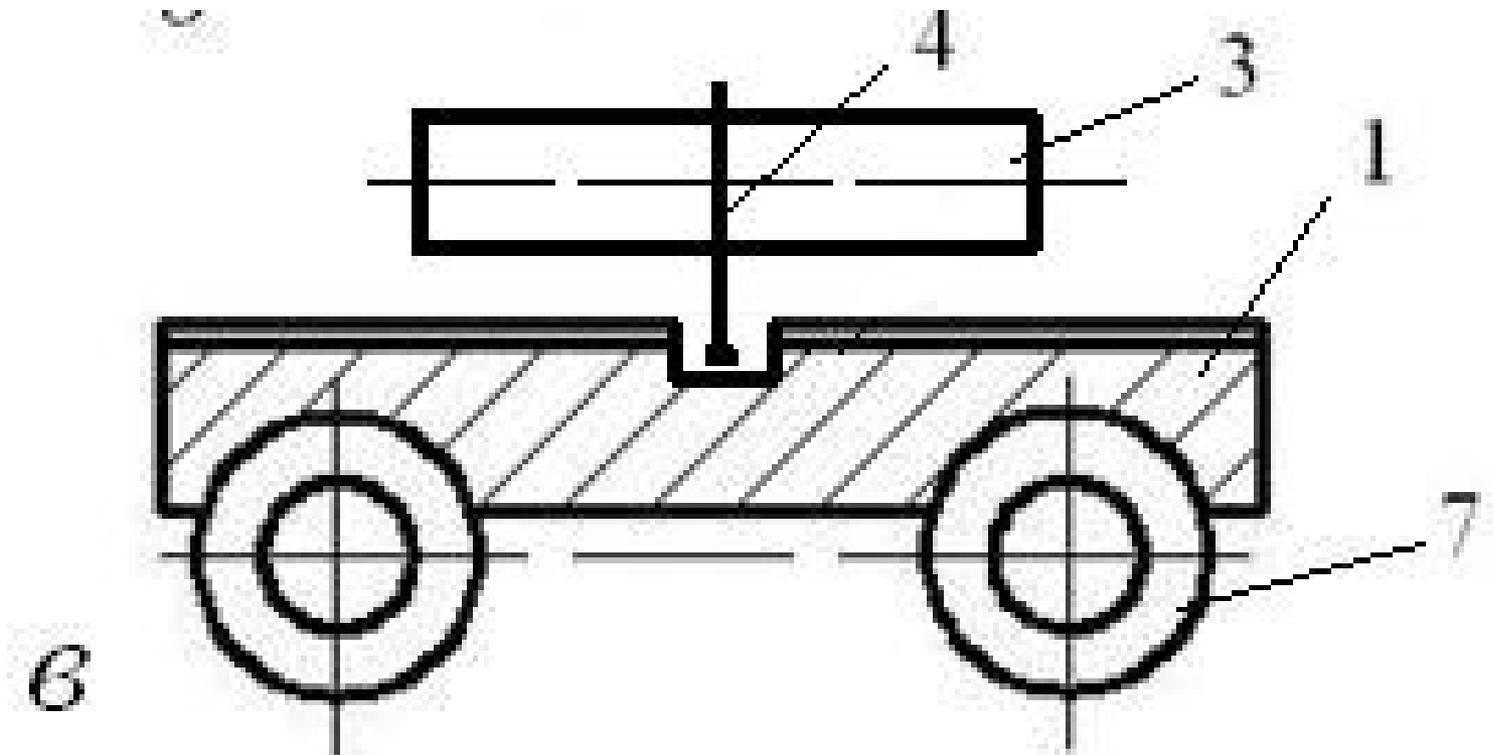


Варианты решений

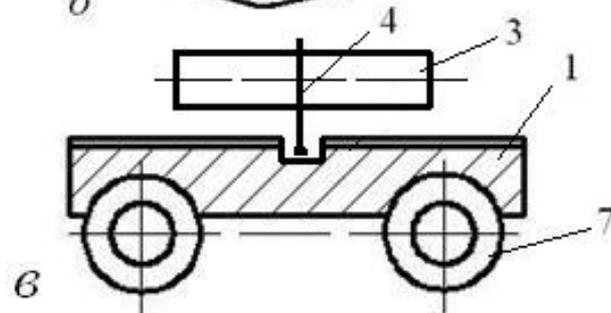
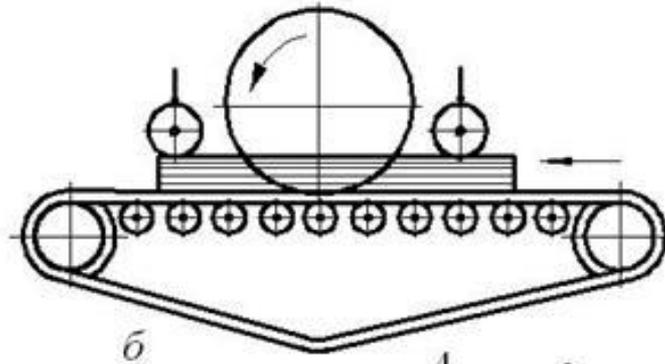
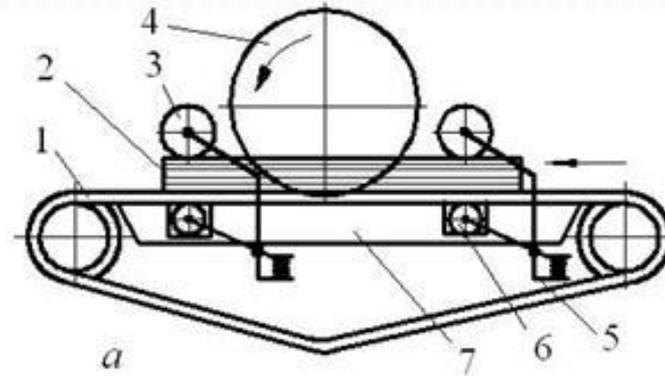


б

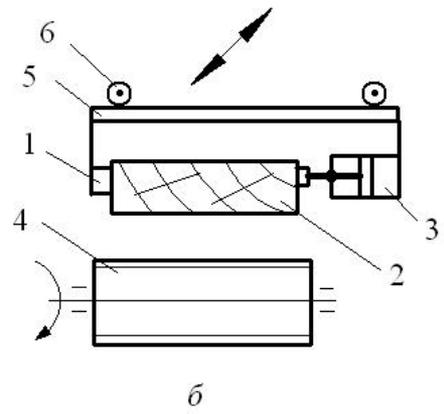
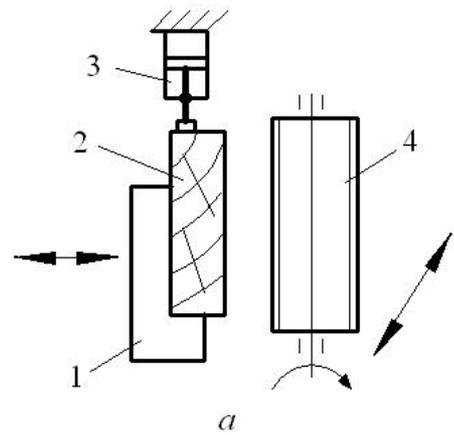
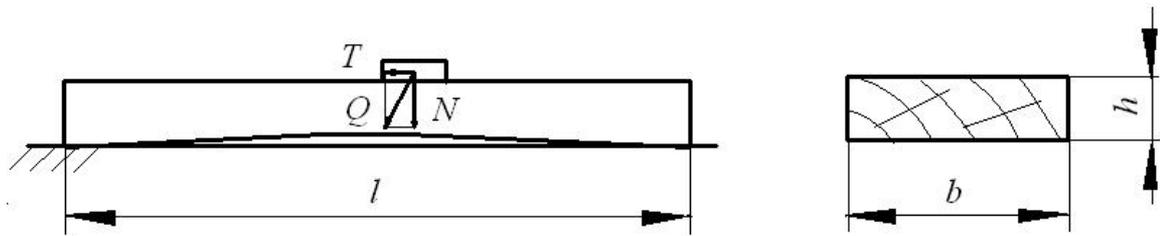
Варианты решений



Варианты решений



Задача 5. Проектирование конструкции фуговального станка



Выбор решения. Критерии развития

- **Критерии развития – это те параметры технического объекта, которые на протяжении длительного времени монотонно изменяются, приближаясь к своему пределу, и выступают мерой совершенства и прогрессивности.**
- Технические объекты совершенствуются в направлении улучшения критериев. Поскольку качество любой машины оценивается по нескольким критериям, то принцип прогрессивного развития заключается в улучшении одних и не ухудшении других критериев.
- Общее количество критериев, применяемых для оценки деревообрабатывающих машин, можно разделить на две группы: общие для всех случаев (глобальные) и критерии, характерные для частных случаев.
- Из числа **глобальных** наиболее важными считают следующие:
 - – повышение уровня автоматизации основных технологических операций;
 - – повышение уровня механизации и автоматизации вспомогательных операций;
 - – повышение непрерывности процесса обработки;
 - – увеличение надежности работы станка;
 - – снижение уровня трудозатрат живого труда в изделии;
 - – снижение общей трудоемкости изделия;

Продолжение

- – снижение материалоемкости (металлоемкости) станка;
- – достижение оптимального расчленения станка на части;
- – снижение энергопотребления;
- – уменьшение габаритов станка;
- – улучшение условий эксплуатации и обслуживания станка;
- – повышение безопасности работы и обслуживания станка;
- – улучшение внешнего вида (красоты) станка;
- – повышение экологичности станка.
- **Частные критерии**, используемые при оценке станков:
- – высокая скорость резания;
- – широкий диапазон регулирования подачи;
- – плавность регулирования подачи;
- – точность и стабильность базирования;
- – точность обработки;
- – качество обработки;
- – устойчивость к вибрациям;
- – высокая износостойкость;
- – низкий уровень шума;
- – легкость обслуживания;
- – простота системы управления;
- – простота и удобство наладки станка.

Удельные критерии

- Удельные критерии оцениваются величиной отношения основного показателя машины (цена, материалоемкость и др.) к основному параметру машины (просвет пильной рамки, высота пропила, производительность, мощность). Например, удельная материалоемкость станка

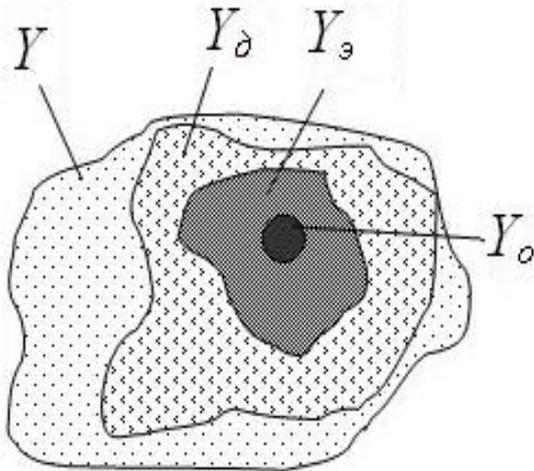
$$M = \frac{m}{P} = \frac{1000\text{кг}}{4\text{кВт}} = 250\text{кг} / \text{кВт}$$

Например, средняя цена станков европейских производителей составляет 19,8...22,6 тыс. евро/кв.м занимаемой площади.

Выбор рационального решения

1. Общие сведения

- Для решения задачи оптимизации необходимо иметь множество возможных (альтернативных) решений Y (рис. 13). В этом множестве можно выделить множество **допустимых** решений Y_{∂} . Решение называют допустимым, если оно удовлетворяет ограничениям (требованиям, предъявляемым к объекту): ресурсным, социальным и т.д. При этом
 - $Y_{\partial} \subseteq Y$,
- где символ \subseteq означает, что множество Y_{∂} есть часть или совпадает с множеством Y возможных решений.



В множестве допустимых решений можно выделить множество эффективных решений Y_{ε} , которое включает в себя несравнимые между собой наилучшие решения (несколько таких решений):

$$Y_{\varepsilon} \subseteq Y_{\partial}.$$

В множестве эффективных решений есть одно оптимальное решение, которое надо найти. Решение Y_o называется оптимальным, если оно обеспечивает экстремум (максимум, минимум) одновременно всех критериев. Оптимальное решение находится в множестве эффективных решений:

$$Y_o \subseteq Y_{\varepsilon}.$$

Продолжение

- Таким образом, задача оптимизации направлена на определение наилучшего (рационального) решения, путем последовательного сужения множеств Y , Y_d , Y_z в соответствии с допустимыми ограничениями и принятыми критериями:
 - $Y_0 \subseteq Y_z \subseteq Y_d \subseteq Y$.
- Чем больше подобрано альтернативных вариантов, и чем более удачно подобраны критерии, тем больше вероятность того, что найденное решение будет самым лучшим.
- **Субъектом** всякого решения является лицо, принимающее решение (ЛПР). Это собирательное понятие, включающее как одно индивидуальное лицо, так и группу лиц (групповое ЛПР).
- ЛРП осуществляет выбор решения. Выбор – это ключевая процедура процесса оптимизации. Выбор может быть критериальный, волевой и случайный.
- С помощью критериев решаются одно- и многокритериальные задачи. Выбор с помощью критериев – самый точный.
- **Волевой выбор** решения представляет собой осознанный и ответственный выбор в условиях, когда отсутствует полный комплекс критериев.
- **Случайный выбор** применяется при полном незнании критериев оценки. Им можно пользоваться, когда область допустимых решений минимальна.

- Для выбора, варианты оцениваются количественно и качественно. Количественное измерение важности и предпочтительности вариантов решений выполняется методом ранжирования.
- **Ранжирование – это процедура упорядочения.** Выполняется она ЛПР. При ранжировании варианты решений расставляются в порядке предпочтения по отношению к каждому критерию.
- Если наиболее предпочтительному варианту присвоить число 1, то получим числовую последовательность
 - $1 < 2 < 3 < \dots < m$.
- Здесь числа 1, 2, 3, ..., m называют рангами.
- При ранжировании наиболее предпочтительному варианту присваивается ранг, равный единице, второму по предпочтительности – ранг, равный двум и т.д.

Выбор эффективных решений

- Выбор решений – это заключительный и наиболее ответственный этап процесса принятия решений. Выбор выполняют путем последовательного сужения области решений и уменьшения неопределенностей. При этом множество допустимых вариантов решений сужается до множества эффективных вариантов решений. Процедура эта выполняется следующим образом.
- Для определения эффективных решений значения всех критериев развития по вариантам приводят к рангам, и результаты заносят в таблицу

| Решения | Критерии развития | | | | | |
|---------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 | A_6 |
| Y_1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Y_2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Y_3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Y_4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 |

Продолжение

- **Определение области эффективных решений** делается путем попарного сравнения вариантов решений. Сравнение выполняются по принципу **Парето**, согласно которому одно решение Y_i предпочтительнее другого решения Y_j , если выполняется векторное отношение “не хуже”:
- **Таким образом, одно решение предпочтительнее другого, если все значения рангов первого решения не хуже значений соответствующих рангов второго решения и, по крайней мере, для одного критерия имеет место строгое предпочтение.**
- Будем сравнивать решения попарно. Сравниваем ранги решений Y_1 и Y_2 . Первое решение будет предпочтительнее второго, так как его ранги выше, а шестой ранг не хуже чем у второго. Второе решение исключается из дальнейшего рассмотрения.
- Затем сравниваем Y_1 и Y_3 . Все ранги первого решения выше, чем у третьего, но второй ранг хуже и поэтому третье решение исключить из рассмотрения нельзя.

Определение единственного решения

- Определение единственного решения – заключительный этап процедуры выбора. Для решения задачи нужна дополнительная информация. Если такой информации нет, то решение можно выбрать из области эффективных решений волевым порядком. Волевое решение будет близко к оптимальному.
- Дополнительная информация может быть подготовлена группой экспертов, которые могут установить вес ω_j для каждого выбранного критерия. Вес критерия назначают в пределах $0 \dots 1$. Для оптимального решения

$$y^* \leftarrow \min \sum_{s=1}^d K_s \omega_j$$

| Решения | Критерии развития | | | | | | |
|----------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 | A_6 | |
| Y_1 | 1/1 | 2/2 | 1/0,5 | 1/0,4 | 1/0,2 | 1/0,1 | 3,2 |
| Y_3 | 3/3 | 1/1 | 3/1,5 | 3/1,2 | 3/0,6 | 2/0,2 | 7,5 |
| Вес ω_j | 1 | 1 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | |

Примечание. В числителе – значения рангов; в знаменателе произведение значения ранга на вес.

Пример выбора оптимального решения

- **Дано:** на начальной стадии проектирования лесопильной установки для распиловки бревен на пиломатериалы было предложено три варианта установки: лесопильная рама Р, ленточнопильный станок Л, круглопильный станок Ц.
- Основные требования, предъявляемые к лесопильной установке:
- минимум энергопотребления;
- максимальная производительность;
- максимальный выход пиломатериалов за счет сокращения доли опилок;
- минимальная металлоемкость;
- надежность, безотказность в работе.
- Требуется выбрать для дальнейшего проектирования лучшую лесопильную установку.
- **Решение.** За критерии оценки вариантов приняты указанные требования:
- К1 – критерий энергопотребления;
- К2 – критерий производительности;
- К3 – критерий выхода пиломатериалов;
- К4 – критерий надежности;
- К5 – критерий металлоемкости.

- **Определение множества эффективных решений.** Для этого составим табл. и проведем ранжирование вариантов по каждому критерию.
- **Критерий K1** – энергопотребление. Энергопотребление будет меньше для того станка, у которого пила будет тоньше.
- **Критерий K2** – производительность. Анализ производительности сделан по максимальной скорости подачи V_{sm} , приведенной к одной пиле:
- **Критерий K3** – выход пиломатериалов. Предпочтение вариантов связано с толщиной пилы станка. Чем тоньше пила, тем меньше образуется опилок
- **Критерий K4** – надежность, безотказность в работе. О надежности работы станка будем судить по безотказной работе пилы (возможные отказы – обрыв полотна пилы, потеря плоского напряженного состояния).
- **Критерий K5** – металлоемкость. Считаем, что самым легким станком будет круглопильный, ему присвоим ранг 1.

| Варианты | Критерии | | | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | K ₅ |
| Р | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 |
| Л | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| Ц | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 |

- Сравнение вариантов ведем попарно по принципу Парето. Согласно принципу Парето первый вариант решения предпочтительнее второго, если ранги первого решения по всем критериям не хуже соответствующих рангов второго решения.
- Попарное сравнение вариантов показало, что эквивалентных и заведомо плохих вариантов станков нет. Все варианты можно отнести к эффективным решениям.
- **Поиск единичного, наилучшего решения.** Для выбора наилучшего варианта необходимо дополнительно знать весовой коэффициент K_s для каждого критерия. Значения коэффициентов находятся экспертной комиссией на основании личных предпочтений каждого из экспертов. Оптимальное решение находится минимизацией суммы эффективных вариантов

$$\sum K_s R$$

| Варианты | Критерии | | | | | |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | K_1 | K_2 | K_3 | K_4 | K_5 | |
| Р | 2/1 | 2/0,4 | 2/1 | 1/0,4 | 3/0,9 | 3,7 |
| Л | 1/0,5 | 3/0,6 | 1/0,5 | 2/0,8 | 2/0,6 | 3,0 |
| Ц | 3/1,5 | 1/0,2 | 3/1,5 | 3/1,2 | 1/0,3 | 4,7 |
| K_s | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | |



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ =)**



Конструкция и проектирование машин и оборудования деревообработки

Схемы машин

15.03.02 (151000.62)" Технологические машины и оборудование "

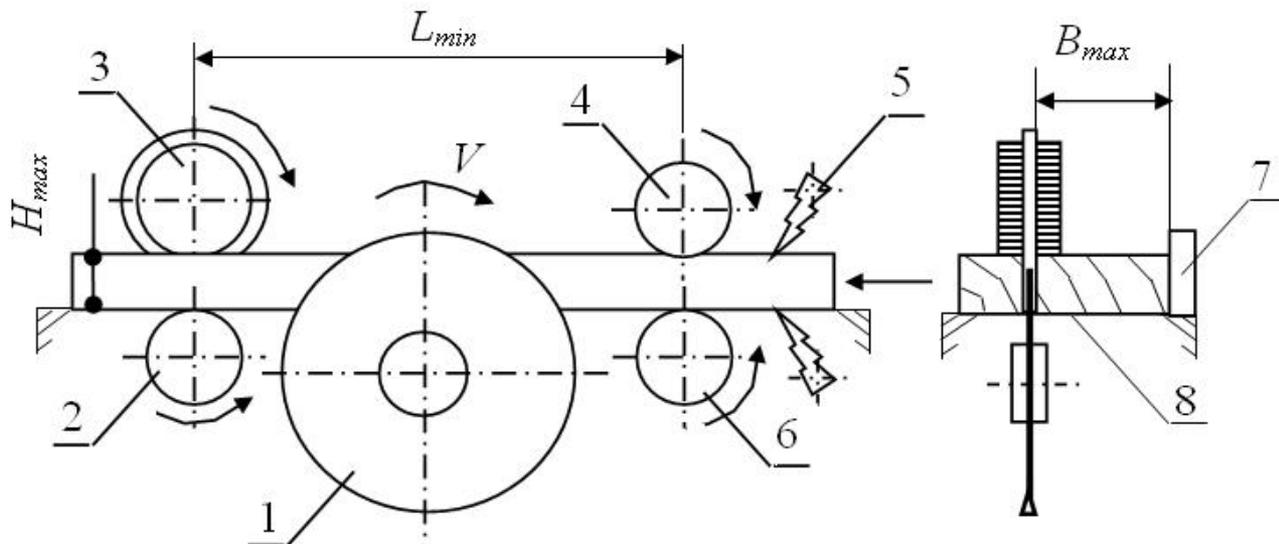
Кафедра инновационных технологий и оборудования деревообработки

Общие сведения

- ***Схемы – это конструкторские документы, на которых условными символами графически изображены составные части машины, их взаимное расположение и связи.***
- Схема позволяет быстро разобраться в конструкции и последовательности действий элементов устройства.
- Виды, типы и общие требования к выполнению схем установлены ГОСТ 2.701-84. Для проектирования и изучения конструкций деревообрабатывающего оборудования используются схемы: функциональная, кинематическая, гидравлическая, пневматическая, электрическая. Схемы выполняются без соблюдения масштаба. Пространственное расположение частей изделия можно не учитывать.

Функциональные схемы

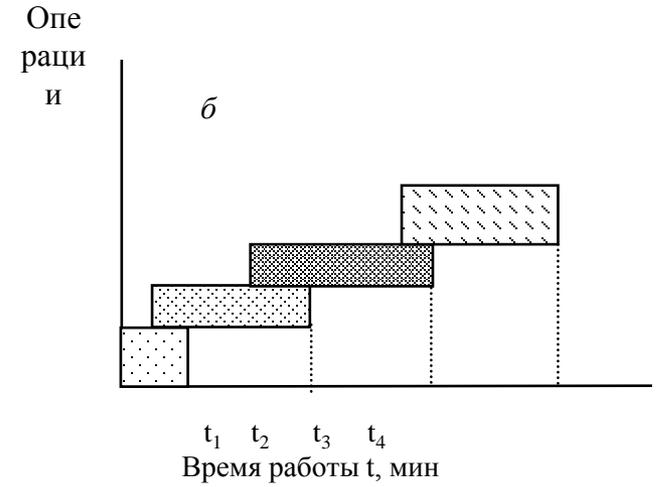
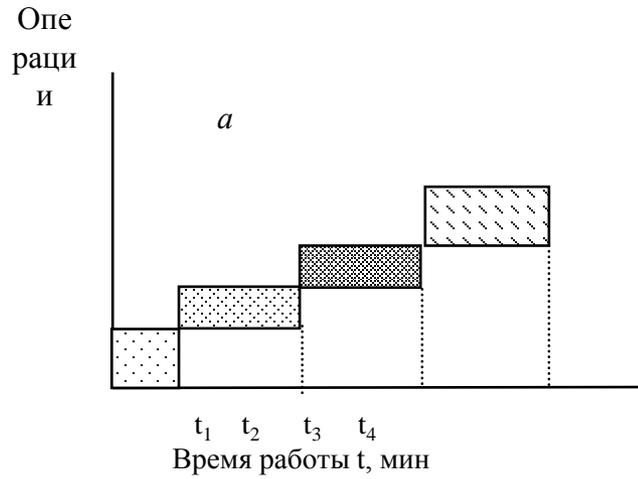
- **Функциональной называют схему машины, отражающую принцип ее работы и характер движений ее рабочих органов и обрабатываемой детали.**
- Функциональная схема показывает, какие движения рабочих органов должны быть сделаны для обеспечения нормальной безопасной работы станка. На ней показываются условными очертаниями обрабатываемая деталь и инструмент, базирующие, направляющие, прижимные и подающие органы, их взаимное расположение и направление движения. На рис. изображена функциональная схема круглопильного станка для продольной распиловки пиломатериалов.



Производительность машин

- **Фактическая сменная производительность** станка, шт./смена:
- для проходных станков
- $Q_{см.п} = (V_s T / K_{пКи}) / (L i_{п})$,
- для цикловых и циклопроходных станков
- $Q_{см.п} = T K_{и} i / t_{ц}$,
-
- где T – продолжительность смены, мин;
- V_s – скорость подачи, м/мин;
- i – количество одновременно обрабатываемых деталей;
- L – длина детали, м;
- $i_{п}$ – число проходов для полной обработки деталей.
- $t_{ц}$ – продолжительность цикла обработки детали, мин.

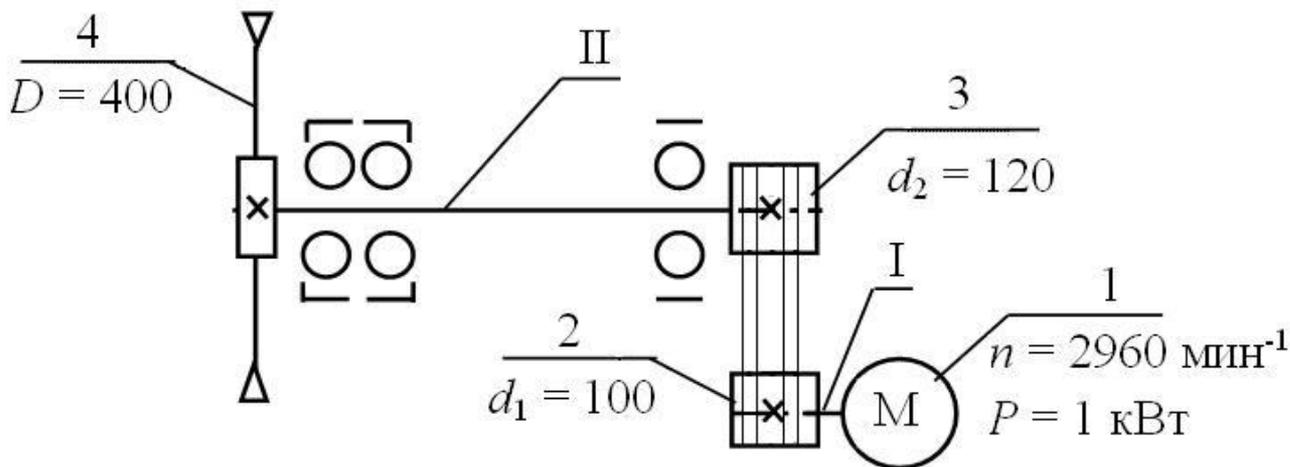
Циклограмма



Кинематическая схема

- Каждый станок состоит из кинематических элементов (звеньев) – валов, шестерен, шкивов, звездочек и т.п. Взаимодействующие друг с другом звенья образуют кинематические пары. Из кинематических пар образуются кинематические цепи, которые связывают двигательные механизмы станка с исполнительными.
- Кинематическая схема станка отражает способ передачи движений в машине от двигательных механизмов к исполнительным.
- Условные обозначения элементов кинематических схем выполняются по ГОСТ 2.770-68. Правила выполнения изложены в ГОСТ 2.703-75.
- На рис. приведена кинематическая схема механизма главного движения круглопильного станка.
- Кинематическая схема позволяет рассчитать скорости рабочих движений станка или подобрать кинематические пары по заданным скоростям рабочих движений. Для этого на схеме приводится обозначение и характеристика всех входящих в нее элементов.
- **Передаточное число.** При выполнении кинематических расчетов всегда определяется передаточное число кинематической цепи.

Продолжение



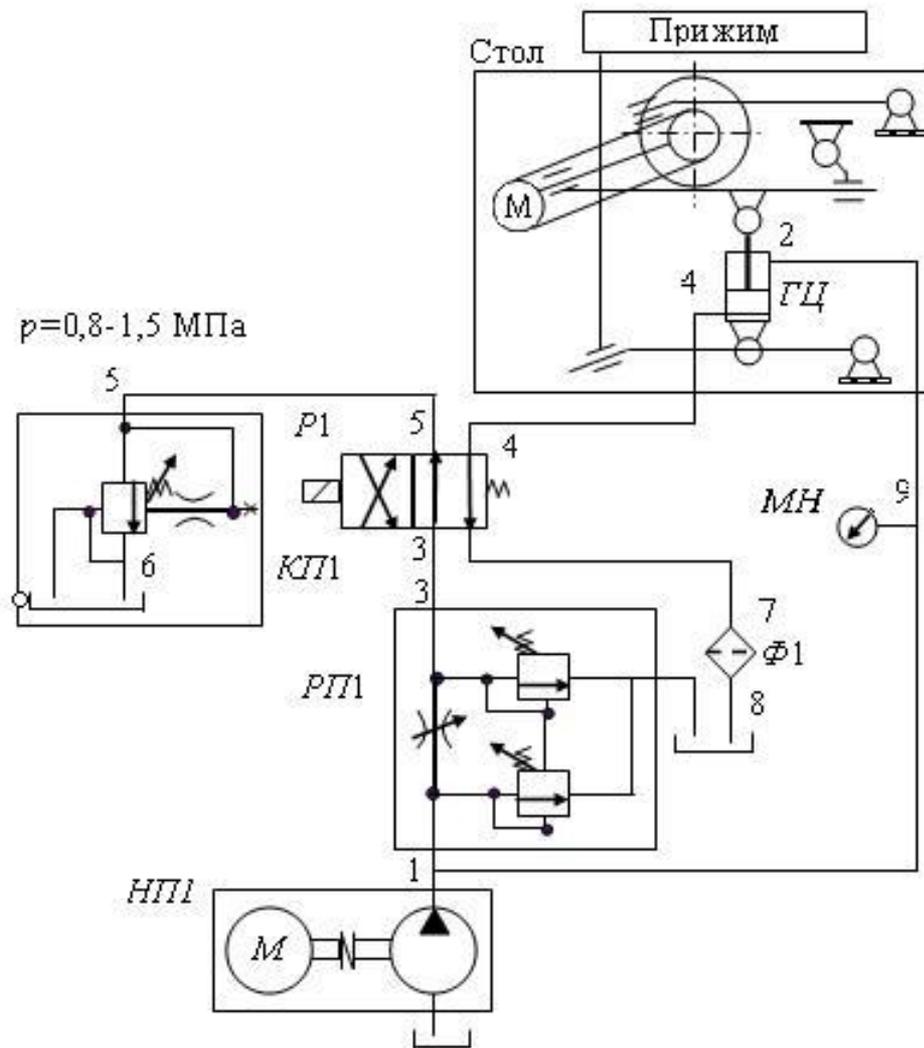
Передаточное число кинематической цепи равно отношению частоты вращения вала двигателя к частоте вращения вала исполнительного элемента и равно произведению передаточных чисел отдельных кинематических пар, при этом передаточное число кинематической пары равно отношению диаметра ведомого шкива (числа зубьев шестерни, звездочки) к диаметру ведущего шкива (числу зубьев шестерни, звездочки).

Это правило можно записать следующим образом:

$$U = \frac{n_{дв}}{n_{и.о}} = U_{p.n} U_{з.n} \dots U_{ц.n} = \frac{d_2}{d_1} \frac{z_4}{z_3} \dots \frac{z_6}{z_5}$$

- ***Гидравлической называют схему, отражающую состав и соединение элементов, входящих в гидравлический механизм.***
- В состав гидравлических систем входят следующие элементы: насосная установка (гидростанция), трубопроводы (шланги гибкие), распределительная и контрольно-регулирующая аппаратура, гидродвигатели (гидроцилиндры и гидромоторы).
- На рис. приведена гидравлическая схема торцовочного станка ЦКБ-40-01. В исходном положении механизмов станка масло нагнетается насосом в штоковую полость гидроцилиндра. При этом шток гидроцилиндра шарнирно соединен с рамкой, а корпус – с рычагом, который взаимодействует с прижимом.

Продолжение

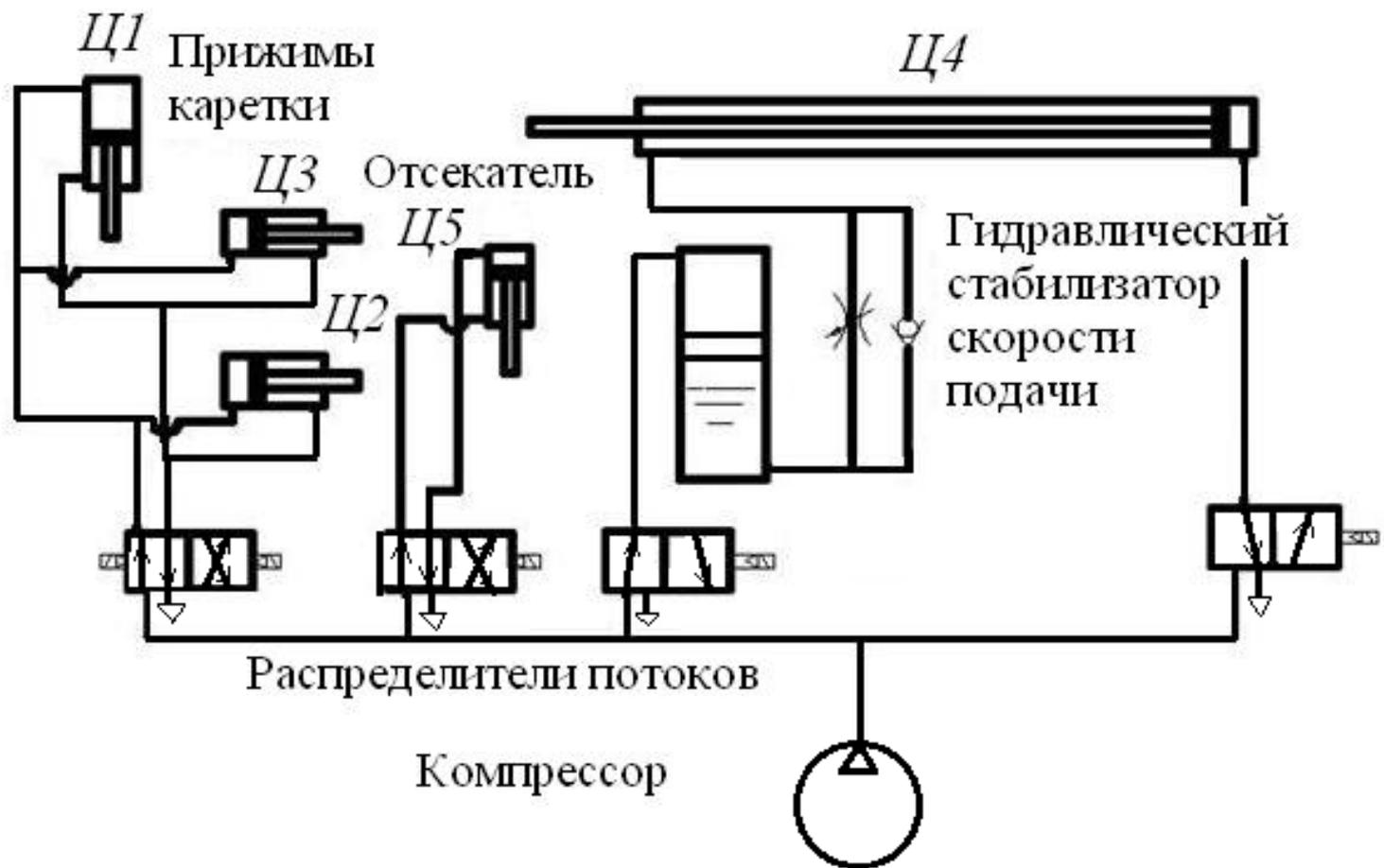


Направление потока масла
будет следующее:
НП -- РП1 -- 3 -- Р1 -- 4 --
ГЦ ↑/ ГЦ -- 2 --
-- 9 -- МН

Пневматическая схема

- ***Пневматической называют схему, отражающую состав и соединение элементов, входящих в пневматический механизм машины.***
- Начертание пнев-матических схем сходно с начертанием гидросхем, но проще, поскольку пневматические механизмы работают обычно от централизованной установки сжатого воздуха (компрессора), который не изображается на схеме. Кроме того, эти механизмы не требуют трубопроводов для отвода отработанного воздуха. Отработанный воздух выбрасывается в атмосферу.
- Пневматический привод чаще всего используется в механизмах прижима, прессования. В приводах механизмов подачи для обеспечения плавности хода используется гидравлическое демпфирование.
- На рис. показана пневматическая схема шипорезного станка. На станке зажим пакета заготовок производится вертикальным пневмоцилиндром Ц1 и горизонтальными пневмоцилиндрами Ц2 и Ц3. Подача каретки по направляющим выполняется пневмоцилиндром Ц4, а движение отсекателя обеспечивается пневмоцилиндром Ц5.

Продолжение



Пневматическая схема привода каретки шипорезного станка

Электрическая схема

- **Электрическая схема** изображает состав и соединение электрических элементов станка. Для их начертания приняты условные обозначения, установленные ГОСТ 2.701-76.
- В электрической схеме различают две цепи: силовую цепь и цепь управления. В силовую цепь включают электродвигатели, силовые электромагниты, вводные рубильники, предохранители, силовые контакты контакторов, нагревательные элементы и др. Силовая цепь замыкается и размыкается под действием цепи управления.
- В цепь управления включаются кнопки управления, обмотки контакторов, путевые выключатели, реле управления и защиты и другие элементы управления. По цепи управления должен протекать электрический ток небольшой величины. Для повышения надежности и безопасности эксплуатации цепь управления подключается на пониженное напряжение с помощью трансформатора. Так, например, силовая цепь имеет напряжение 380 В, а цепь управления питается напряжением 36, 110, 220 В.

Продолжение

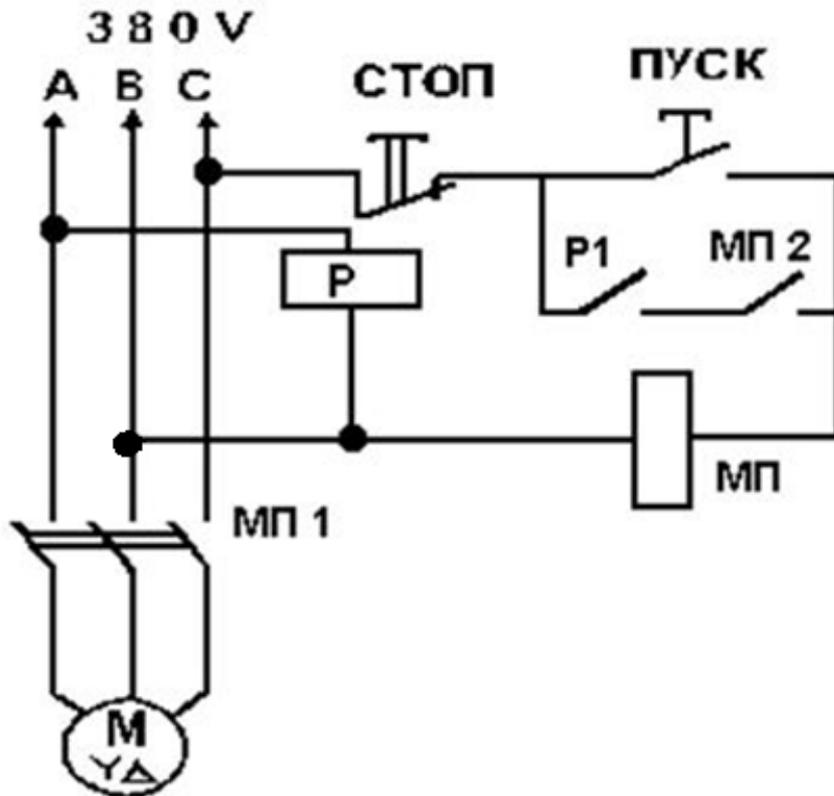


Схема электрическая принципиальная для пуска электродвигателя

Виды и типы схем

- Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяют на следующие виды (ГОСТ 2.701–84):
 - К кинематические ;
 - Г гидравлические; С комбинированные
 - П пневматические В вакуумные и др.
 - Э электрические;

В зависимости от основного назначения различают следующие типы схем:

- 1 структурные;
- 2 функциональные;
- 3 принципиальные (полные);
- 4 соединений (монтажные);
- 5 подключения;
- 6 общие;
- 7 расположения;
- 0 объединенные.

Общие принципы разработки схемы

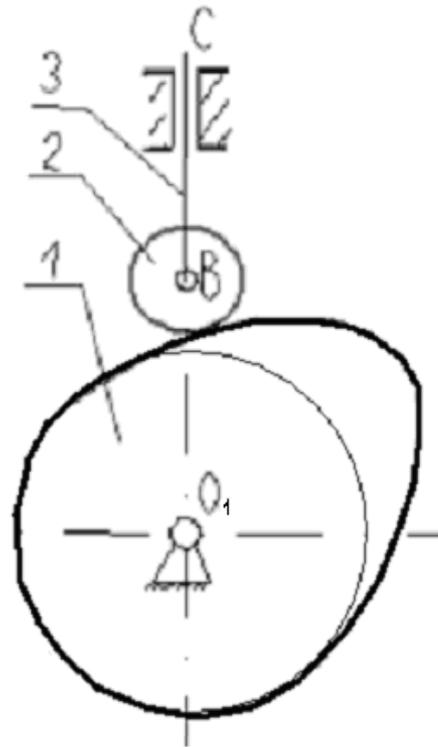
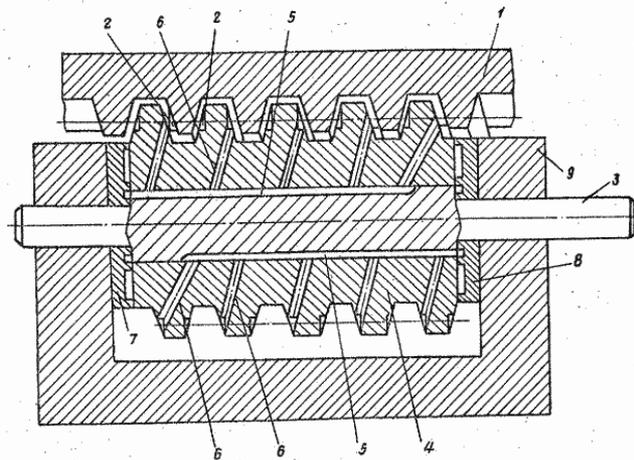
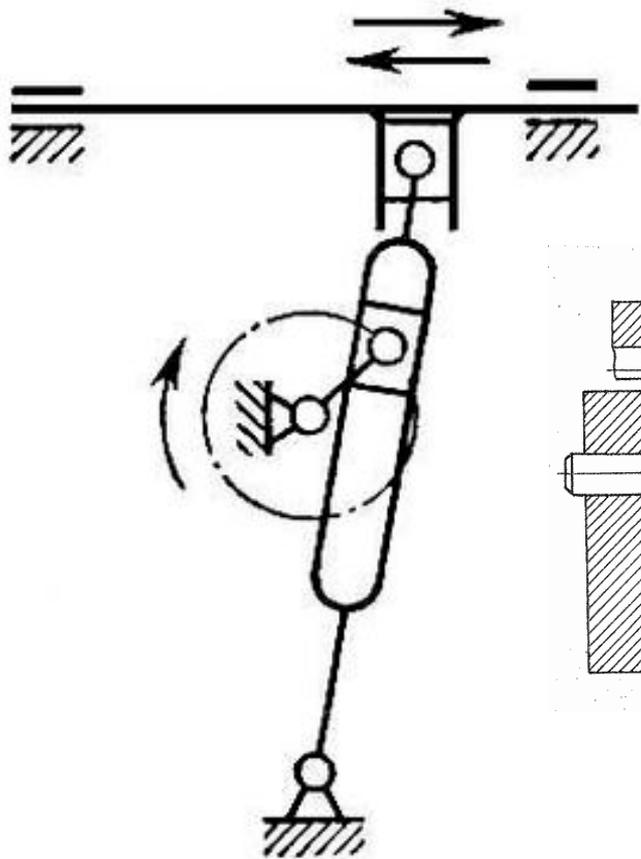
- При разработке кинематической схемы учитываются следующие принципы [14].
- **Максимально возможная простота.** Чем проще кинематическая схема станка, тем более простой и менее трудоемкой в изготовлении получается созданная по ней конструкция. Кроме того, станки со сложной кинематической схемой труднее в обслуживании и менее надежны в эксплуатации.
- Общую кинематическую схему следует разбить на несколько автономных цепей с отдельными двигателями и минимальным количеством кинематических пар. Надо стремиться к сокращению или исключению механизмов сложных при изготовлении и сборке. К таким механизмам относятся червячные, планетарные, мальтийские передачи и др. Надо стремиться, чтобы все валы и оси были только параллельны или перпендикулярны.
- **Максимально возможная степень автоматизации** по основным и вспомогательным движениям.
- Выполнение этого требования обеспечивает большую производительность и повышает безопасность работы на станке. Однако это приводит к усложнению конструкции станка. Поэтому вопрос о целесообразности степени автоматизации проектируемого станка следует решать исходя из масштабов производства, возможной экономии вспомогательного времени

Продолжение

- **Возможно более высокий КПД** тех кинематических цепей, в которых расходуется большая часть энергии (Это касается цепей механизма главного движения). В остальных механизмах передаваемая мощность мала, поэтому и при низком КПД потери мощности будут невелики.
- Общий КПД кинематической цепи находится как произведение КПД отдельных передач, поэтому повышение КПД достигается путем сокращения числа передач и исключением передач с низким КПД (винтовых, червячных и т. д.).
- **Обеспечение требуемой точности** работы механизмов станка. Погрешности движения отдельных механизмов обусловлены многими ошибками и прежде всего неточностью изготовления и монтажа. В результате износа в кинематических парах появляются зазоры, в ременных и фрикционных передачах возникает проскальзывание, кинематические пары начинают передавать движения неравномерно, в механизмах наблюдается изменение скорости, утечка масла в гидроприводе и т. д.
- **Использование нормализованных, стандартизованных и унифицированных узлов.** Нормализованные, стандартизованные и унифицированные узлы, многократно проверенные на практике, должны использоваться в максимальном объеме. Применение в кинематических цепях электродвигателей постоянного тока, моторов-редукторов, моторов-вариаторов-редукторов, гидромоторов позволит без промежуточных передач присоединять их к рабочим органам машин.

Факторы, определяющие структуру кинематических цепей

- Структура кинематической схемы станка зависит от следующих факторов. **Форма траектории начального и конечного звеньев цепи.** Траектории движений начального и конечного звеньев кинематической цепи могут быть различными. Для преобразования одного вида движения в другой используются следующие передачи и механизмы.
- **Преобразование вращательного движения во вращательное** может быть осуществлено такими передачами:
 - при параллельных осях ведущего и ведомого валов – ременной, цепной, зубчатой;
 - при пересекающихся осях – конической зубчатой или фрикционной, червячной.
- **Преобразование вращательного движения в поступательное**
 - обеспечивается передачами реечно-шестеренчатой, реечно-червячной, винтовой, механизмами кривошипно-шатунным, кулисным, кулачково-рычажным или гидро- и пневмо устройствами.
- **Преобразование поступательного движения во вращательное** достигается реечно-шестеренчатой передачами, кривошипно-шатунным механизмом или гидроприводом.



Кулисный механизм;

реечно-червячная передача;

кулачковый механизм

- **Преобразование равномерного вращения ведущего вала в периодическое движение ведомого** может быть выполнено механизмом с мальтийским крестом или шаговым механизмом.
- **Преобразование вращательного движения в плоское** с криволинейной траекторией достигается копирами или пантографами.
- **Значение передаточного числа кинематической цепи.** Во всех случаях следует стремиться к уменьшению значения передаточного числа кинематической цепи понижающих передач и увеличению передаточного числа повышающих передач. В идеальном случае частота вращения рабочего вала равна или незначительно отличается от частоты вращения вала двигателя. Для решения такой задачи промышленность выпускает электродвигатели низко- и высокооборотные, односкоростные и многоскоростные, а также гидравлические роторные моторы.
- **Регулирование скорости конечного звена.** При необходимости регулирования скорости конечного звена в заданном диапазоне в кинематическую цепь вводятся коробки скоростей, вариаторы, электромагнитные муфты скольжения, применяются регулируемый электро- или гидропривод.

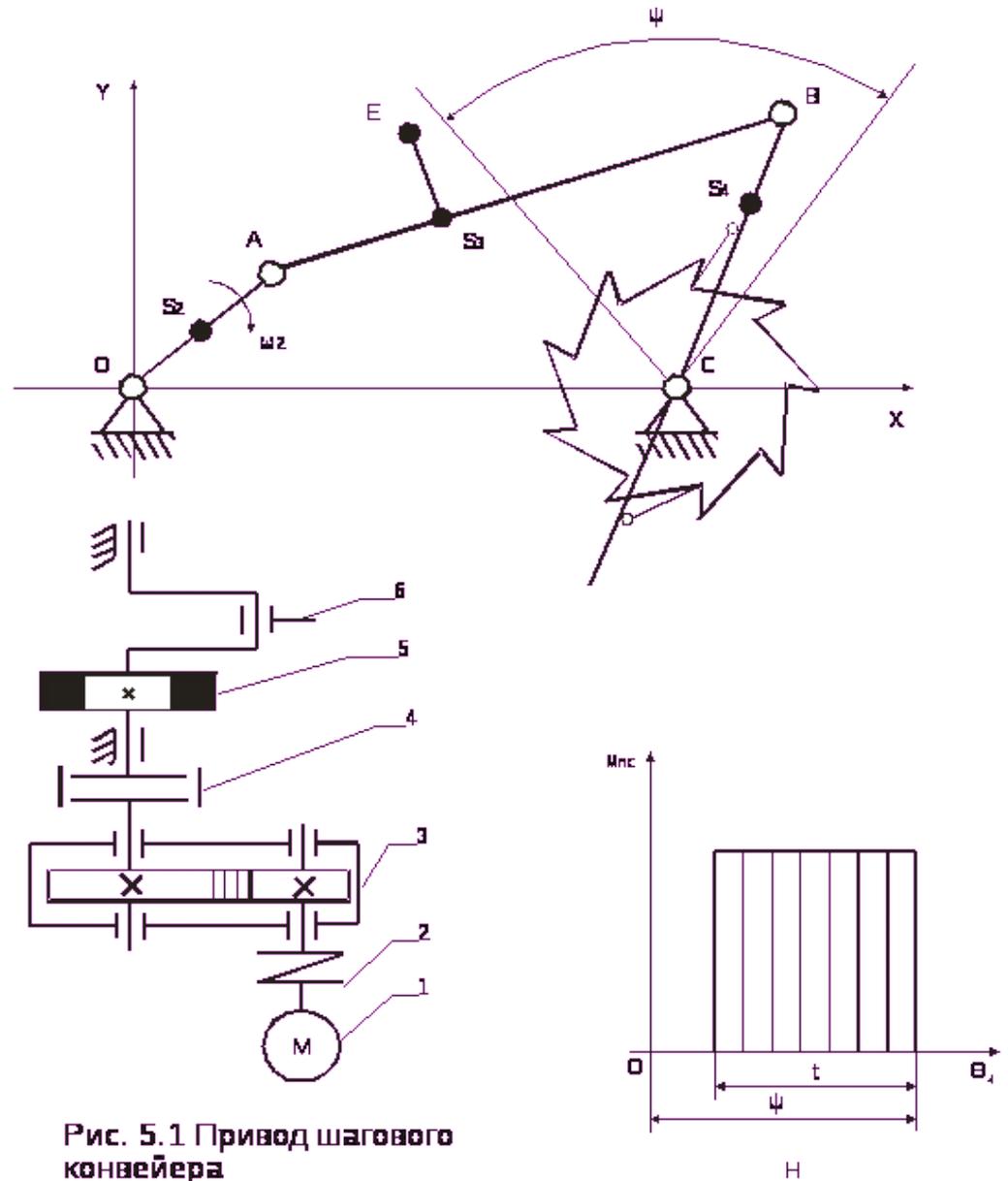
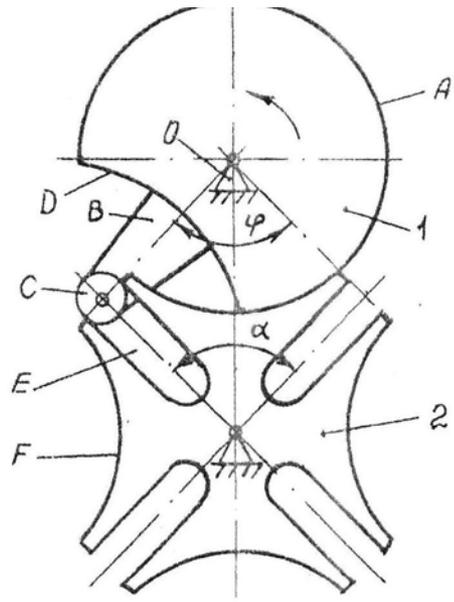


Рис. 5.1 Привод шагового конвейера

Продолжение

- **Сохранение постоянства скорости рабочего органа во время его движения.** Если скорость рабочего органа должна быть строго постоянна, то в кинематической цепи не должны применяться ременные, фрикционные передачи или механизмы с пневмоприводом. В таких механизмах под действием нагрузки неизбежны проскальзывания и неточности в перемещениях, что неизбежно ведет к изменению скорости рабочего звена.
- **Реверсирование поступательных движений рабочего органа.** Прямолинейное возвратно-поступательное движение рабочего органа машины при небольшом его ходе достигается кривошипно-шатунным или кулисным механизмом, пневмо- или гидроцилиндром. Если длина хода рабочего органа большая, то задача решается применением реечно-шестеренной передачи, ходового винта с гайкой или цепной передачи, соединенной мультипликатором с гидроцилиндром.

Порядок разработки кинематической схемы

- Разработка схемы ведется в несколько этапов.
- **Этап 1.** На первом этапе фиксируется перечень необходимых кинематических цепей механизмов: механизма главного движения, подачи, настроечных перемещений и др.
- **Этап 2.** Устанавливаются предельные значения или диапазон регулирования скоростей рабочих органов. Назначается частота вращения или величина хода двигателя. Определяется частота вращения вала рабочего органа или величина его хода.
- **Этап 3.** Изображается конструкция кинематической цепи, определяется ее передаточное число.
- В идеальном случае передаточное число должно быть равно единице или незначительно отличаться от единицы. Количество передач должно стремиться к минимуму.
- Если в кинематической замедляющей движение цепи несколько передач, то они должны быть расположены в такой последовательности, чтобы **частота вращения валов убывала как можно медленнее**. Передаточные числа отдельных кинематических пар, начиная от двигателя, в этом случае должны располагаться в порядке возрастания значений $u_1 \leq u_2 \leq u_3 \leq \dots \leq u_n$. Например, $u_0 = 80$ можно разложить на частные передаточные числа следующим образом: **$80 = 2 \times 4 \times 10$** . При таком расположении передач их габариты и материалоемкость уменьшаются.
- Рекомендуемые значения передаточных чисел некоторых передач приведены в табл. 6.

Продолжение

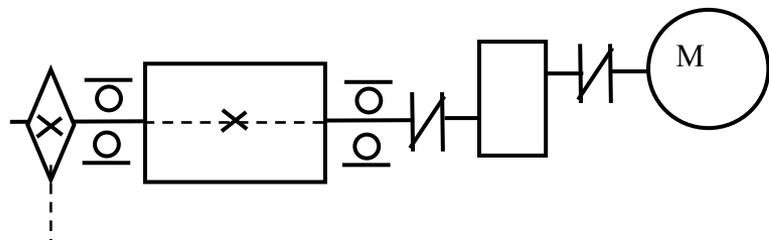
Рекомендуемые средние и максимально допустимые значения передаточных чисел передач

| Вид передачи | U_{cp} | U_{max} <i>x</i> | Вид передачи | U_{cp} | U_{max} |
|-------------------------|----------|-----------------------|-----------------------------|----------|-----------|
| Цилиндрическая зубчатая | 2-4 | 6 | Плоскоременная | 2-3 | 5 |
| Коническая зубчатая | 2-3 | 4 | Клиноременная | 2-4 | 6 |
| Цепная | 2-3 | 7 | Ременная с натяжным роликом | 2-4 | 7 |

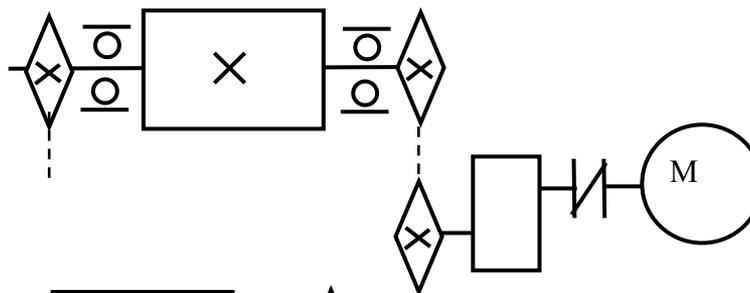
Ременные передачи применяют только на быстроходных участках кинематической цепи.

Подготовка вариантов кинематических цепей

Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3

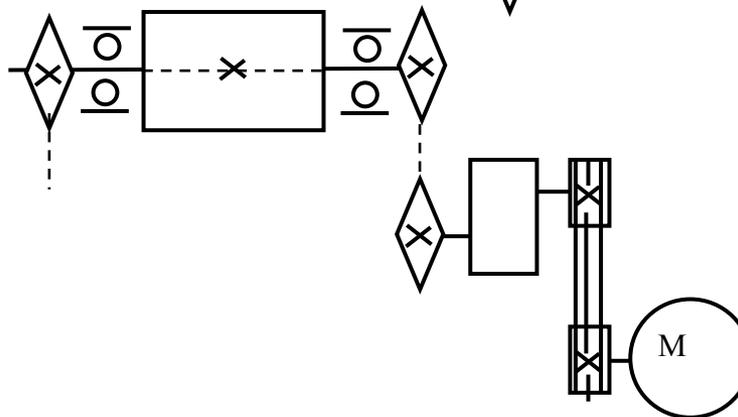
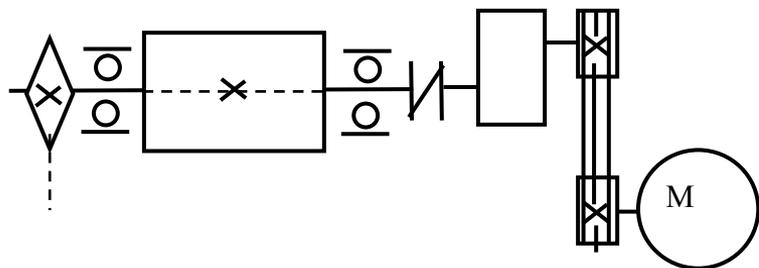


Рис. 18. Варианты кинематических схем привода роликового конвейера

Выбор привода машины

- ***Приводом называется совокупность двигателя и кинематической цепи, подсоединенных к рабочему органу машины.***
- В современных деревообрабатывающих станках применяются электродвигательный, гидравлический и пневматический приводы. Выбор того или иного привода зависит от многих факторов, таких как назначения механизма станка, наличия того или иного источника энергии, величины потребной мощности, КПД, потребности в регулировании скорости рабочего органа и др.
- **Асинхронные электродвигатели**
- **Общие сведения.** Асинхронные электродвигатели находят самое широкое распространение в приводах машин. Они отличаются простотой конструкции и технического обслуживания, экономичностью и надежностью.
- В России электродвигатели выпускаются по ГОСТ Р 51689 [11] несколькими предприятиями: Открытым акционерным обществом “Владимирский электромоторный завод”, Открытым акционерным обществом “Ярославский электромашиностроительный завод” и др.
- Выпускаются различные типы машин: АИР, А, 5А, 5АИ, 5АМ, 4АМУ и др. Например, электродвигатель с условным обозначением:
- **АИР 100S2 У3 1М1081.**

- Это означает:
- АИР – "А" - асинхронный двигатель, - "И" - Интерэлектро, - "Р" - привязка мощностей к установочным размерам в соответствии с ГОСТ Р 51689 ;
- 100 – габарит двигателя (высота оси вала от основания), мм;
- S – установочный размер по длине станины;
- 2 – число полюсов;
- УЗ – климатическое исполнение и категория размещения;
- 1М1081 – исполнение на лапах, 2081 – лапы и фланец, 3081 - фланец.
- Если асинхронный двигатель имеет p пар полюсов и подключен к питающей сети с частотой f_1 , то синхронная частота вращающегося магнитного поля n_0 может быть рассчитана по формуле (1).
- При работе ротор двигателя преодолевает сопротивление и вращается медленнее с частотой n_1 .

$$n_0 = \frac{60 f_1}{p} \quad n_1 = \frac{60 f_1}{p} (1 - s) \quad s = \frac{n_0 - n_1}{n_0}$$

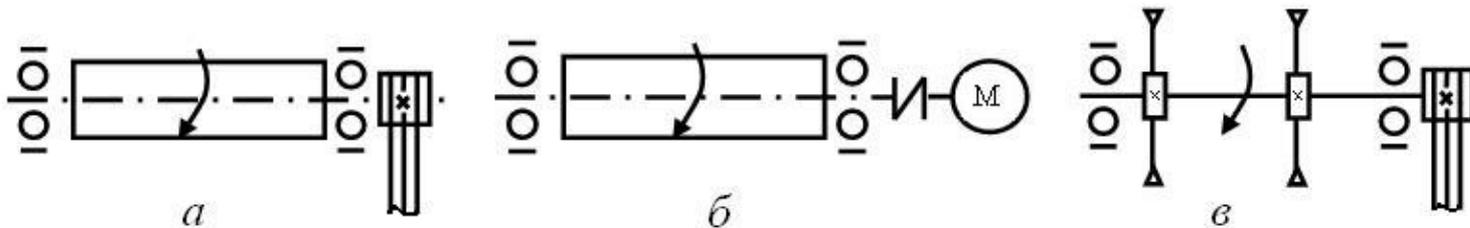
Регулирование частоты вращения двигателя

- Частоту вращения асинхронного двигателя можно регулировать путем изменения скольжения, числа пар полюсов или частоты тока питающей сети.
- **Меняя величину сопротивления ротора, можно изменить величину критического скольжения. При этом изменится частота вращения двигателя.** Этот метод регулирования частоты вращения двигателя применяется в приводах деревообрабатывающих машин, работающих в повторно-кратковременном режиме, когда двигатель часто включается и выключается.
- **Частоту вращения двигателя можно регулировать изменением числа пар полюсов. Это достигается переключением обмоток статора по схемам: звезда – двойная звезда; треугольник – двойная звезда.** Такой способ регулирования отличается простотой, экономичностью. При этом частота вращения двигателя изменяется только ступенчато. По этому принципу работают многоскоростные двигатели.
- **Частоту вращения можно регулировать также изменением частоты тока питающей сети.** При частоте тока 300 с^{-1} частота вращения двигателя достигает 18000 мин^{-1} . Частоту вращения вала электродвигателя можно изменить, если двигатель подключить к питающей сети через промышленный электронный преобразователь (инвертор) частоты электрического тока. На рынке России можно найти различные преобразователи отечественного и иностранного производства. Например, инвертор фирмы **Toshiba серии VF – S11.**

Механизмы главного движения



Рабочим валом называют быстроходный вал станка с закрепленным на нем режущим инструментом в промежутке между подшипниковыми опорами.



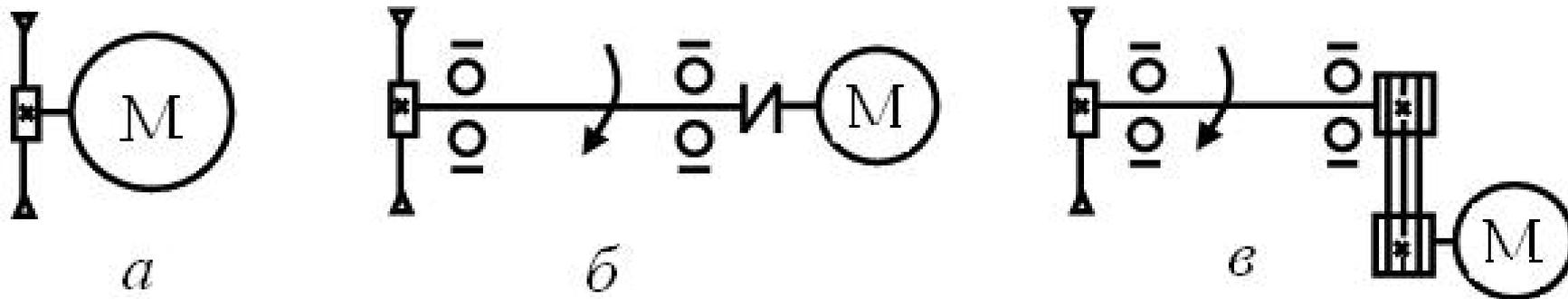
Рабочие валы:

a, б – ножевые валы; *в* – пильный вал

$$V = \frac{\pi D n}{60000}$$

Шпиндели

- Шпиндель – быстроходный вал станка с креплением режущего инструмента на его консольной части.

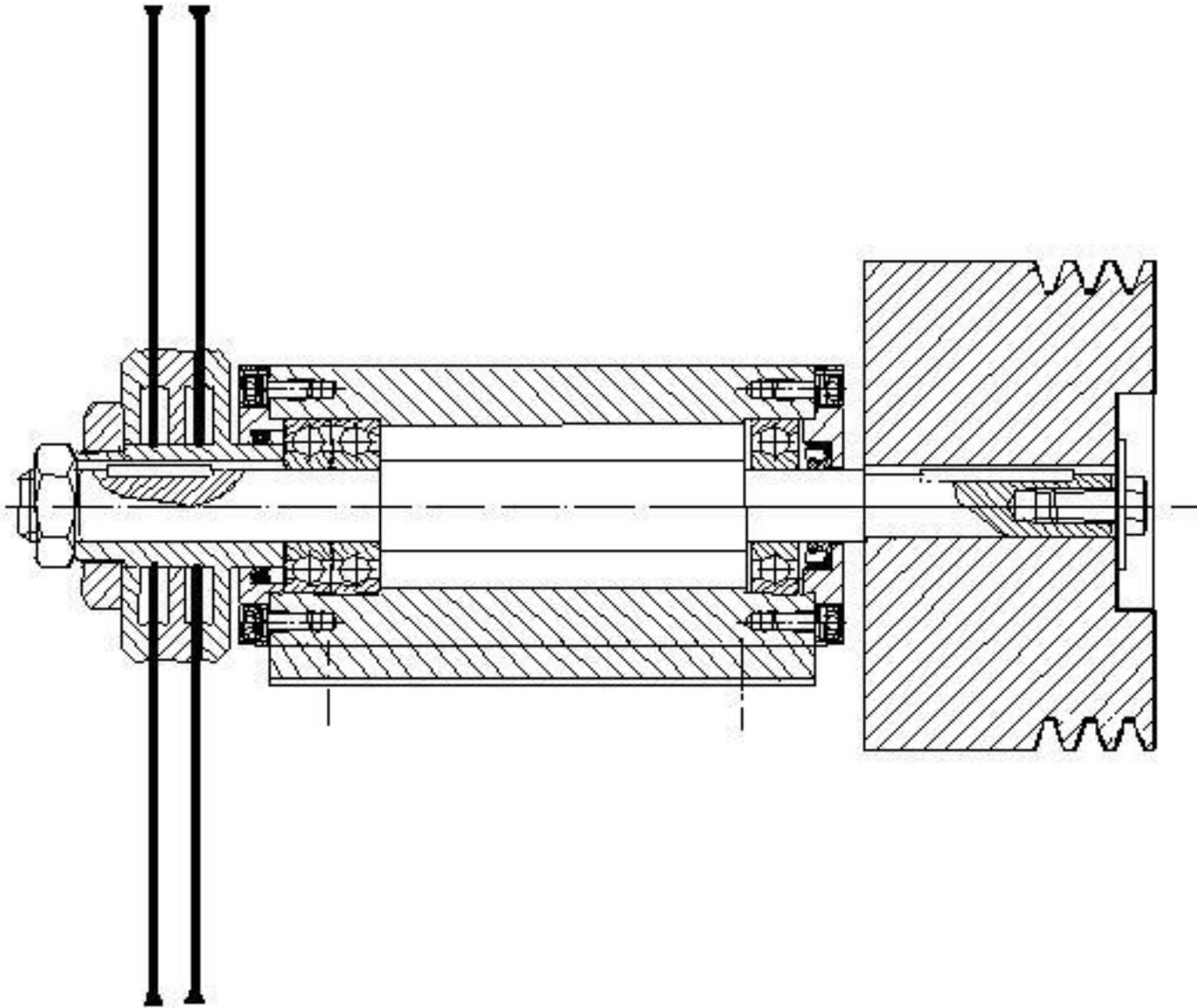


Способы соединения шпинделя с электродвигателем:

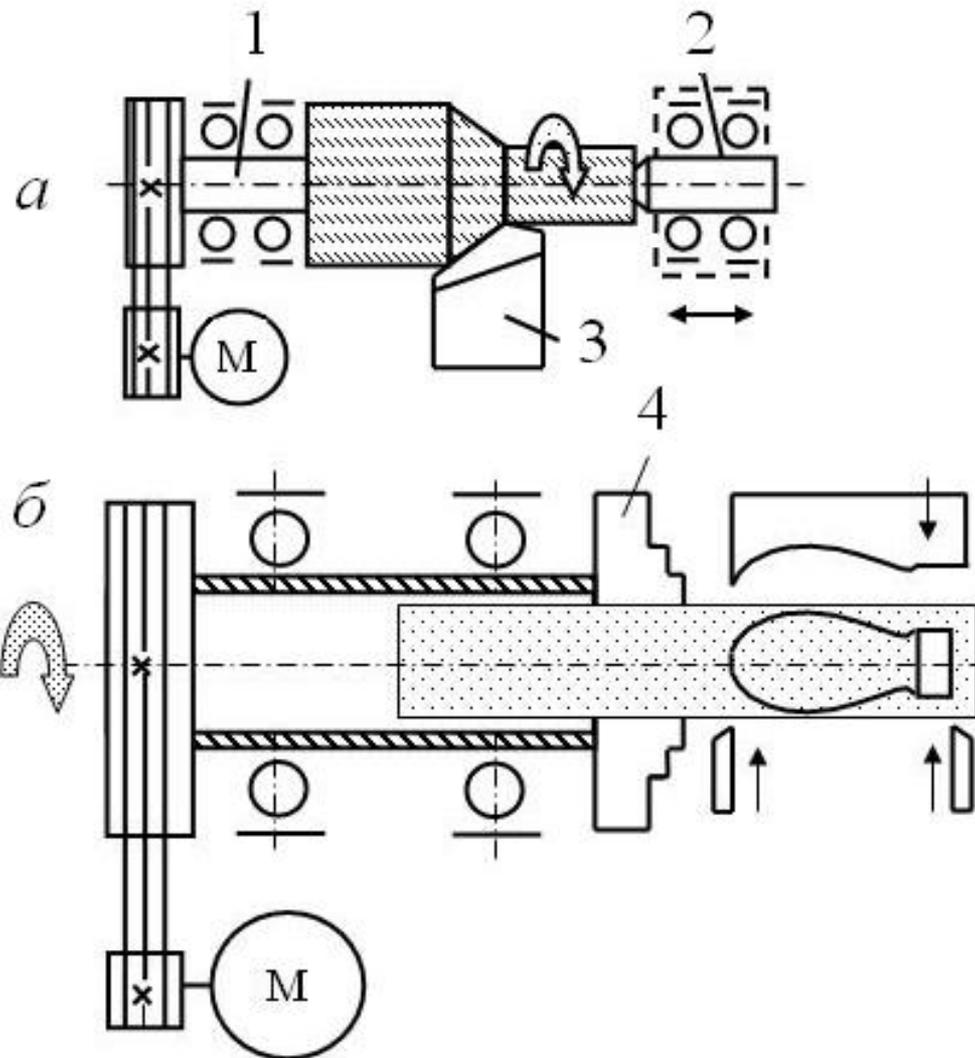
a – в качестве шпинделя использован вал двигателя;

б – муфтой; *в* – ременной передачей

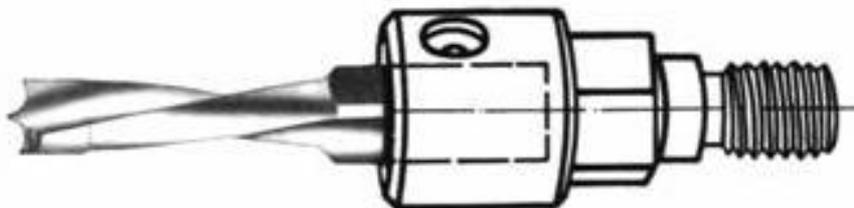
Шпиндель



Центры, патроны



Патроны



a



б

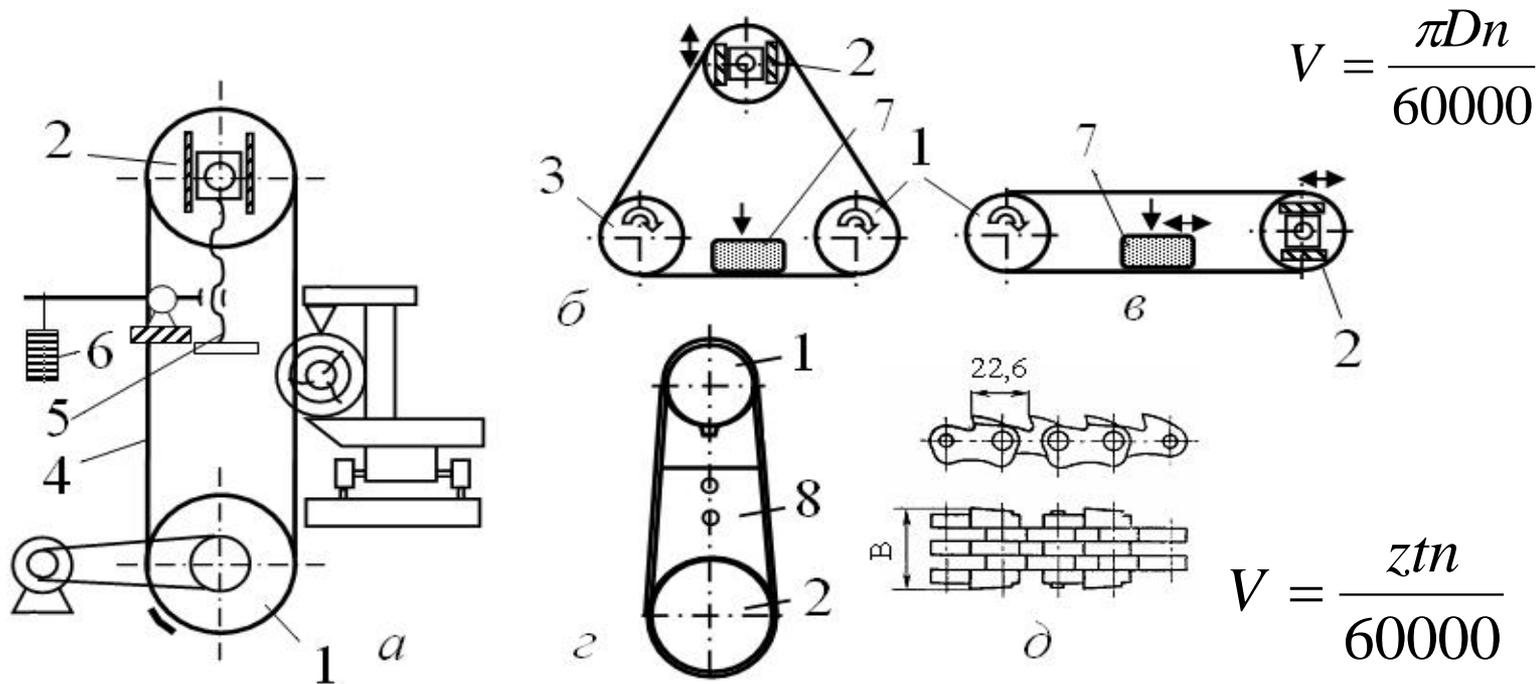
Крепление сверла в патроне:

a – со стопорным винтом;

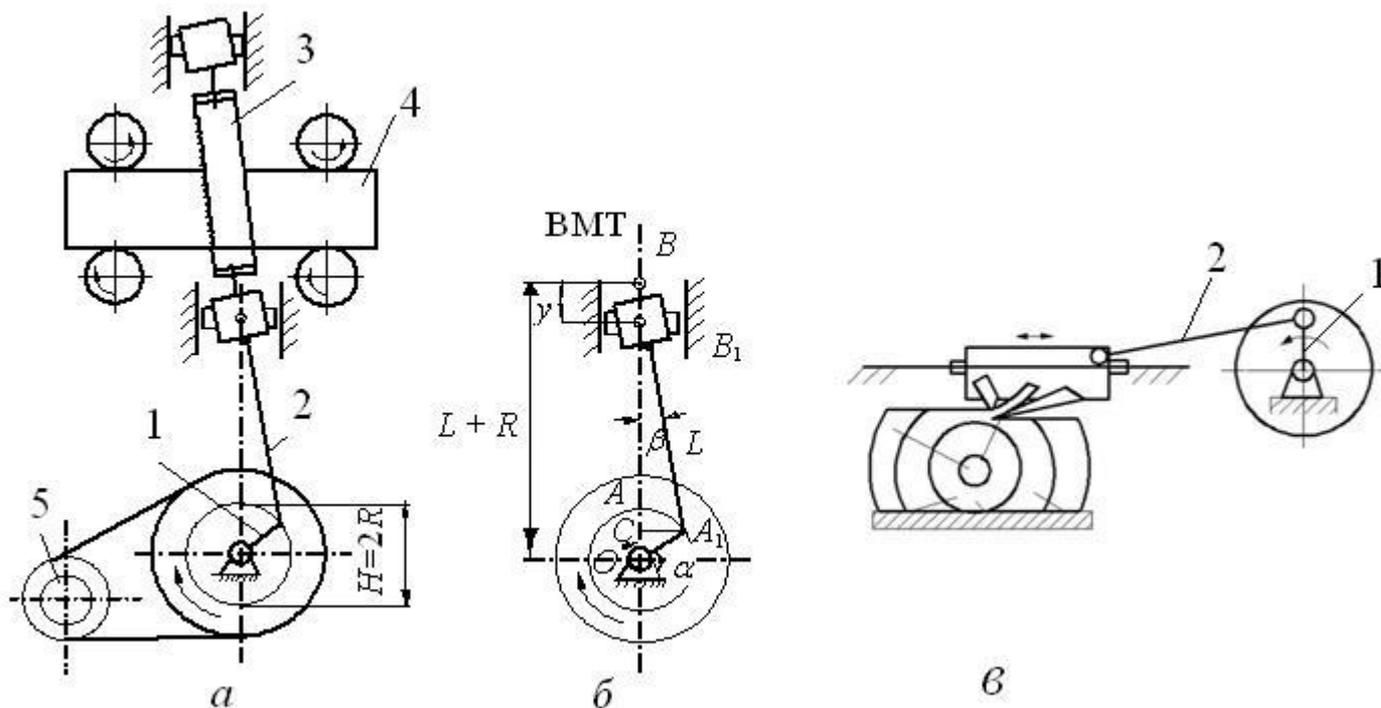
б – со стопорным винтом и сменной головкой

Механизмы с поступательным движением

- Механизм отличается выполнением режущего инструмента в виде замкнутой гибкой ленты, надетой на несколько шкивов (ленточной пилы, замкнутой ленты, склеенной из шлифовальной шкурки, фрезерной цепи и др.)



Механизмы с возвратно-поступательным движением



Механизмы главного движения

с возвратно-поступательным движением:

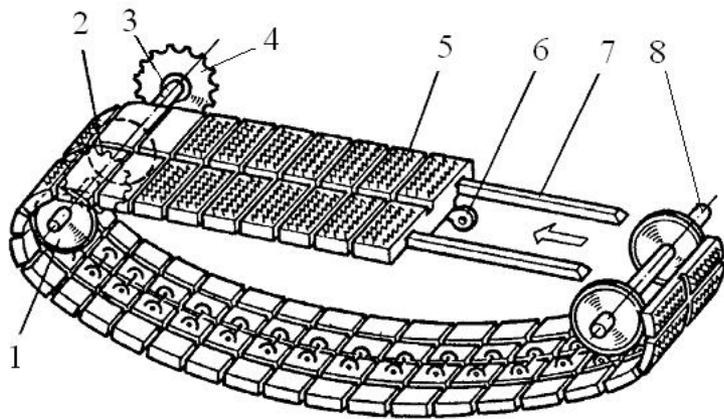
a, б – лесопильной рамы; *в* – строгального станка

Механизмы подачи

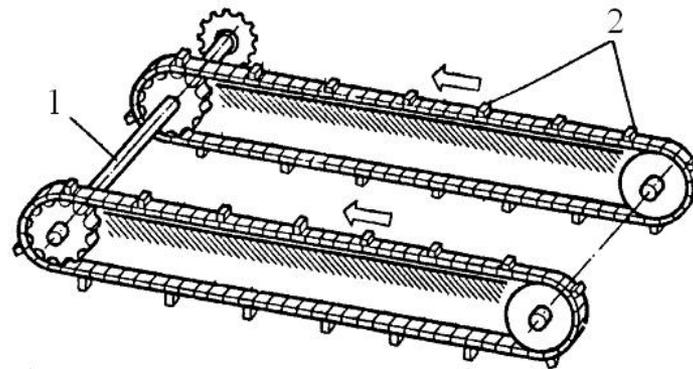
- **Механизмы подачи** - это устройства машин, осуществляющие движение подачи. Подача выполняется движением заготовок, а иногда движением режущего инструмента.
- **Классификация**



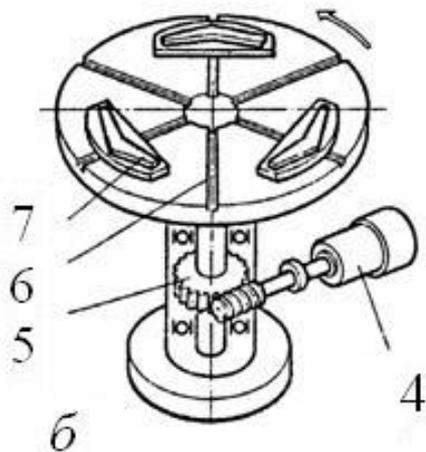
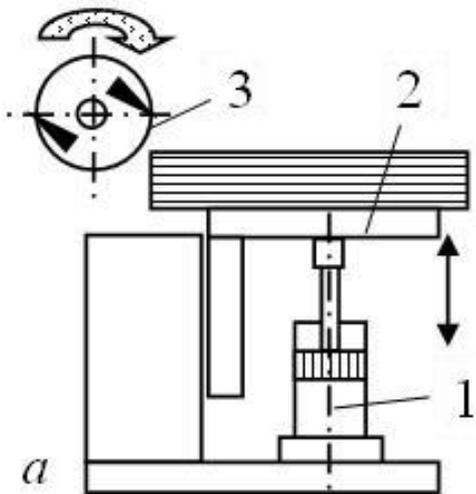
Механизмы подачи



Гусеничный конвейер



Цепной конвейер

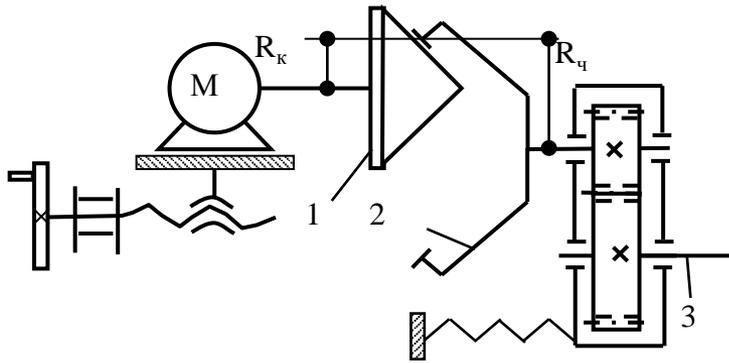


Столы: *a* – для вертикальной подачи;
б – карусельный

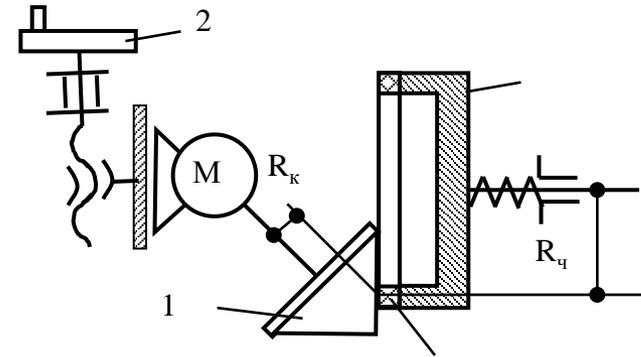
Привод механизмов подачи

- **В нерегулируемом приводе** используется асинхронный электродвигатель трехфазного переменного тока с каким-либо редуктором или мотор-редуктор. В приводах используются различные редукторы: цилиндрические одноступенчатые узкие типа ЦУ с передаточным числом $u = 2-6,3$, двухступенчатые типа Ц2У с $u = 8-40$, конические цилиндрические типа КЦ1 с $u = 6,3-28$, червячные редукторы РЧУ с $u = 8-80$ и др.
- Мотор-редукторы выпускаются одноступенчатые типа МЦ и двухступенчатые соосные типа МЦ2С. Частота вращения выходного вала мотор-редуктора первого типа выбирается в диапазоне 224-450 мин⁻¹, а для второго типа – 28-180 мин⁻¹.
- **Для ступенчатого регулирования** в приводе используют многоскоростные асинхронные электродвигатели или коробки скоростей, или многоступенчатые шкивы.
- **В приводах с бесступенчатым регулированием** используют электродвигатели переменного тока с частотным преобразователем или постоянного тока, или гидромоторы, которые позволяют плавно изменять частоту вращения вала в широком диапазоне.

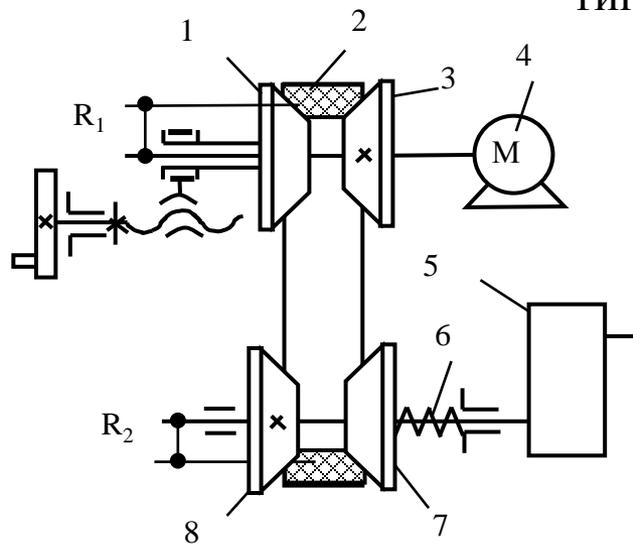
Вариаторы скоростей



Конусный вариатор с параллельными валами



Конусный вариатор типа "Вебо"



Клиноременный вариатор



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ =)**



Конструкция и проектирование машин и оборудования деревообрабатывающих производств

Гидропривод, пневмопривод

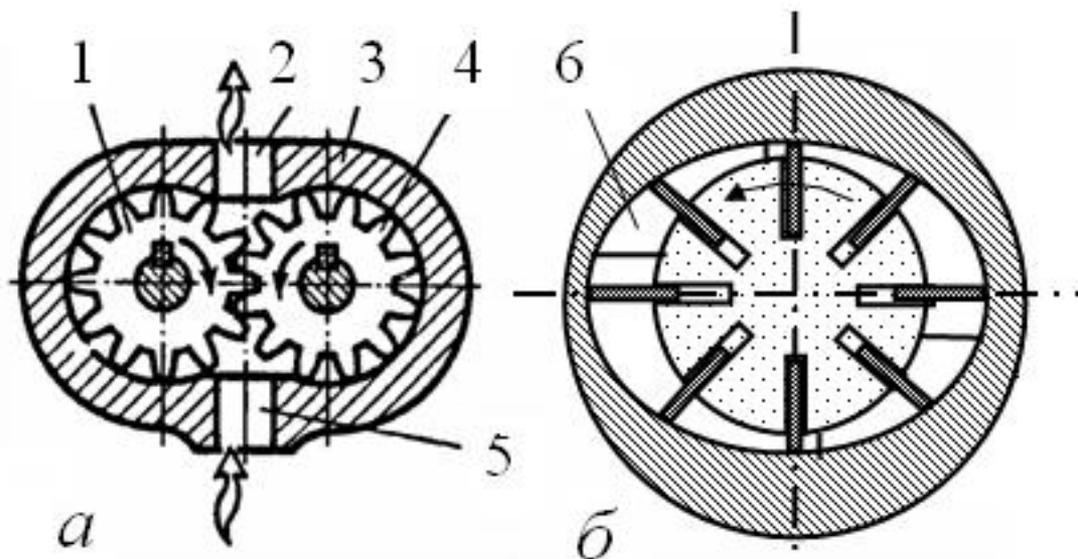
15.03.02 (151000.62)" Технологические машины и оборудование "

Кафедра инновационных технологий и оборудования деревообработки

Гидравлический привод

- **Гидросистемой называется совокупность устройств, работающих под давлением рабочей жидкости и предназначенных для приведения в движение механизмов машин.**
- В состав гидравлических систем входят следующие элементы: насосная установка (гидростанция), трубопроводы (шланги гибкие), распределительная и контрольно-регулирующая аппаратура, гидродвигатели (гидроцилиндры и гидромоторы).
- **Насосная установка.** Насосная установка (гидростанция) представляет собой совокупность одного или нескольких насосных агрегатов и гидробака для минерального масла, конструктивно оформленных в одно целое. Как правило, она комплектуется гидроаппаратурой (предохранительным, обратным клапаном и др.), манометром, фильтром, системой терморегулирования. Предназначена она для подготовки потока масла к работе.

Гидростанция

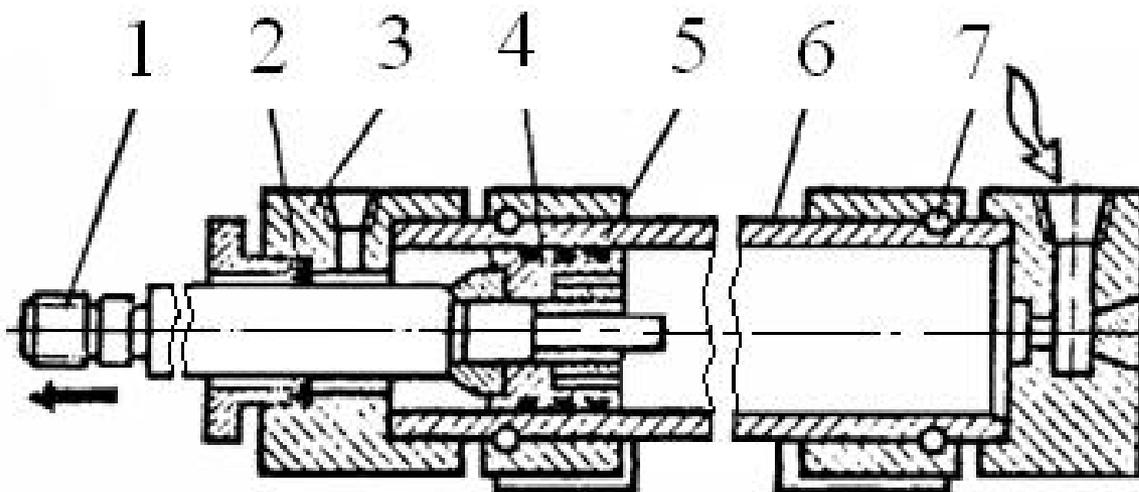


Гидробак. Применяются баки объемом 60; 100; 160 и 250 л.

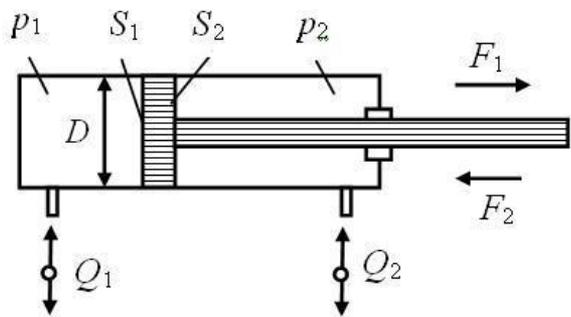
Внутренняя поверхность бака должна быть гладкой и окрашенной маслостойкой краской. Дно должно быть наклонным, обеспечивающим слив масла, и приподнято над полом на высоту не менее 100 мм, чтобы улучшить охлаждение масла. Верхняя крышка бака крепится герметично. На ней монтируются насосные агрегаты и гидроаппаратура. Полость бака соединяется с атмосферой только через воздушный фильтр.

Гидроцилиндры

- **Гидроцилиндры.** Гидроцилиндры применяют для возвратно-поступательного перемещения рабочих органов станка. В выпускаемом деревообрабатывающем оборудовании применяются поршневые гидроцилиндры с односторонним штоком.



Расчет гидроцилиндра



$$S_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{D^2}{1,27} \quad S_2 = \frac{D^2 - d^2}{1,27}$$

$$F_1 = k_{mp} (p_1 S_1 - p_2 S_2)$$

$$F_2 = k_{mp} (p_2 S_2 - p_1 S_1)$$

- Выбор гидроцилиндров производится с учетом условий, обеспечивающих заданное тяговое усилие, величину хода и скорость движения в обе стороны.
- **Расчет тягового усилия**
- где $k_{mp} = 0,9 \dots 0,98$ – коэффициент, учитывающий потери на трение в цилиндре;
- p_1 – рабочее давление масла в поршневой полости. МПа;
- p_2 – рабочее давление масла в штоковой полости, МПа.
- Рабочее давление в напорной линии можно принять, например 2,5 - 6,3 МПа, а в сливной – 0,3...0,5 МПа.

Гидромоторы

В приводах деревообрабатывающего оборудования применяются регулируемые аксиально-поршневые гидромоторы типа Г15-2*Н и Г15-2*М, развивающие крутящий момент от 9,4 до 133 Н·м. Они позволяют бесступенчато регулировать скорость вращения выходного вала от 12-30 до 2500 мин⁻¹. В обозначении типа гидромотора вместо знака * ставится цифра-код, характеризующая рабочий объем мотора: цифре 1 соответствует рабочий объем 11 см³, цифре 2 – 20 см³, 3 – 40 см³, 4 – 80 см³, 5 – 160 см³.

Крутящий момент, развиваемый на валу гидромотора, Н·м

$$M = \frac{\Delta p w}{2\pi}$$

где Δp – перепад давления в камерах гидромотора, МПа. Перепад давления назначается 4-5 МПа при давлении, развиваемым насосом, 6,3 МПа;
 w – рабочий объем двигателя, см³.

Мощность на валу мотора, кВт при расходе масла Q , л/мин

$$P = \frac{Mn}{9550} = \frac{\Delta p Q}{60}$$

Гидромоторы

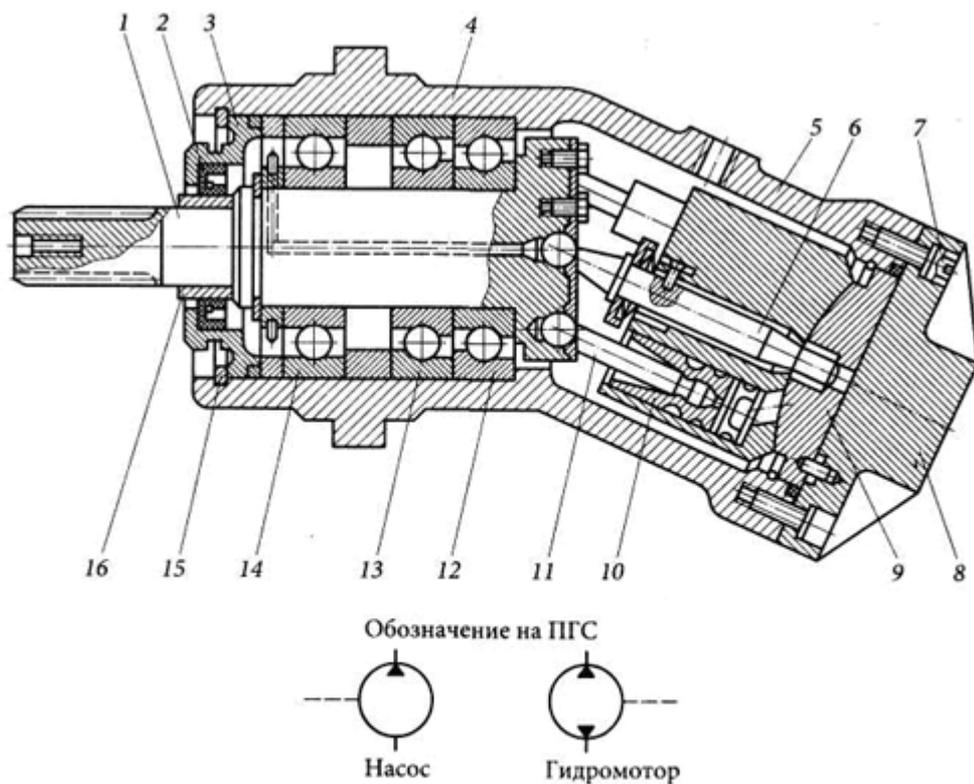
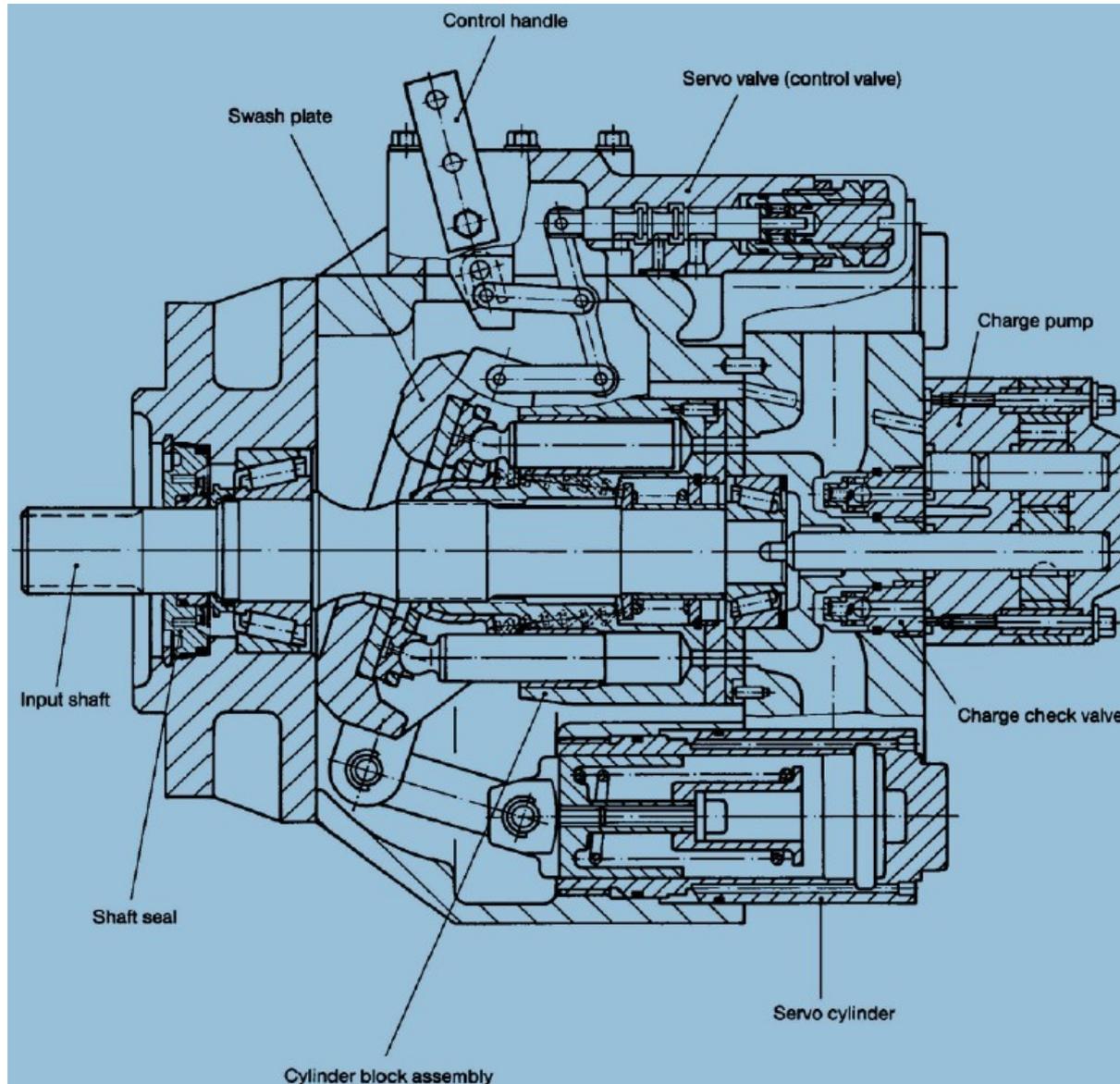


Рис. 4.1. Нерегулируемый аксиально-поршневой насос (гидромотор):

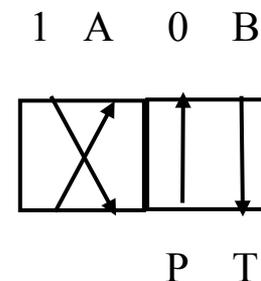
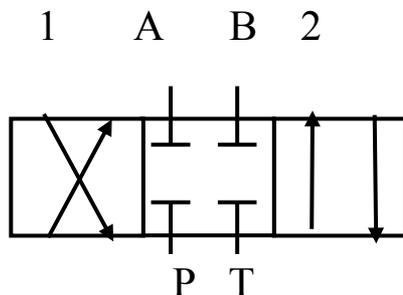
1 — вал; 2 — уплотнение; 3, 8 — крышки; 4 — корпус; 5 — блок цилиндров; 6 — шип; 7 — болт;
 9 — распределитель; 10 — поршень; 11 — шатун; 12—14 — подшипники; 15 — стопорное кольцо;
 16 — втулка

Регулируемый аксиально-поршневой насос (гидромотор)

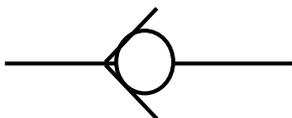


Направляющие гидроаппараты

- Изменяют направление потока масла путем полного открытия или полного закрытия рабочего проходного сечения. К ним относятся гидрораспределители золотникового или кранового типа, обратные клапаны, а также некоторые гидроклапаны давления, которые могут работать в режиме направляющих гидроаппаратов.
- Предназначены гидроаппараты для реверсирования движения и остановки рабочих органов станков.
- **По способу установки золотника в позицию** различают исполнения распределителей с фиксацией золотника во всех позициях, а также с пружинным возвратом золотника в среднюю или одну крайнюю позицию.
- Присоединительные каналы аппаратов обозначаются следующим образом:
- P – подвод напорной линии; A, B – отверстия присоединения аппарата к потребителю; T – сливная линия; 0; 1; 2 – фиксированные позиции.



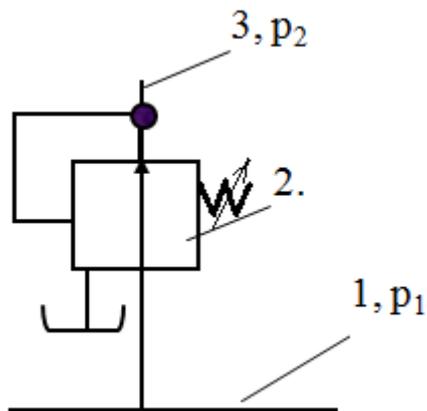
Обратные клапаны



. Условное
обозначение
обратного клапана

- Обратный клапан состоит из полого корпуса с подводным и отводным каналами. В полости корпуса помещен плунжер, перекрывающий подводной канал и поджатый пружиной с помощью винта. Если при работе давление масла будет больше давления пружины, то масло оттолкнет плунжер и перельется в отводной канал. Обратный клапан пропускает масло только в одном направлении: в отводной канал. Обратный клапан (Г51-2) оказывает минимальное сопротивление потоку масла. Если же пружину клапана усилить, то его можно использовать для создания подпора на сливной линии.

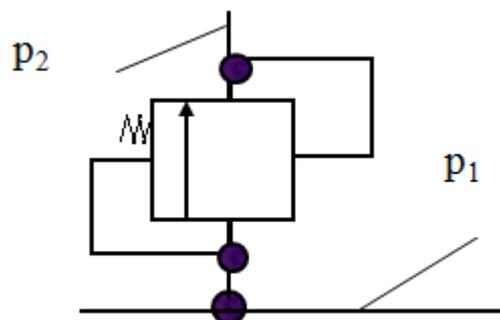
Редукционный клапан (регулятор давления)



- применяется для понижения и стабилизации давления на участке гидротрассы за клапаном. Если в линии 1 поток масла имеет давление p_1 , а в линии 3, питающей гидродвигатель, давление масла должно быть понижено до p_2 , то это можно сделать с помощью редукционного клапана 2 (Г57-1).
- Давление $p_2 < p_1$.

Редукционный клапан

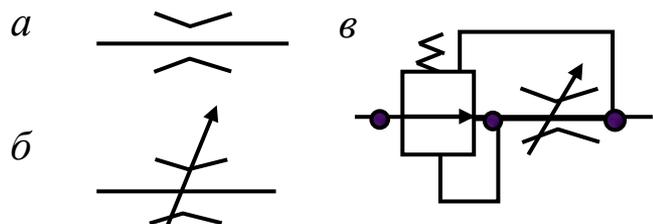
Напорный золотник (дифференциальный клапан)



Напорный золотник

Предназначен для ограничения давления масла на заданном участке гидросистемы. Напорный золотник Г54-1 настраивается на заданное давление, поэтому за ним устанавливается постоянное давление p_2 . Масло с повышенным давлением p_1 в напорном золотнике частично пропускается на слив.

Дроссель



Обозначение

дросселей:

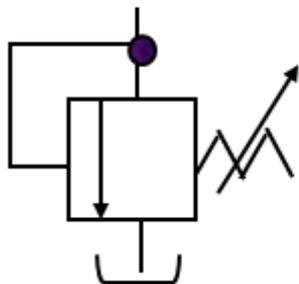
a – обычного;

б – регулируемого;

в – с регулятором
давления

- **Дроссель (Г77-3)** используется для регулирования скорости перемещения исполнительного механизма. Количество жидкости, проходящей через дроссель, зависит от ее давления. Чтобы скорость исполнительного механизма не зависела от изменения давления, применяют дроссель с регулятором давления Г52-2

Предохранительный клапан



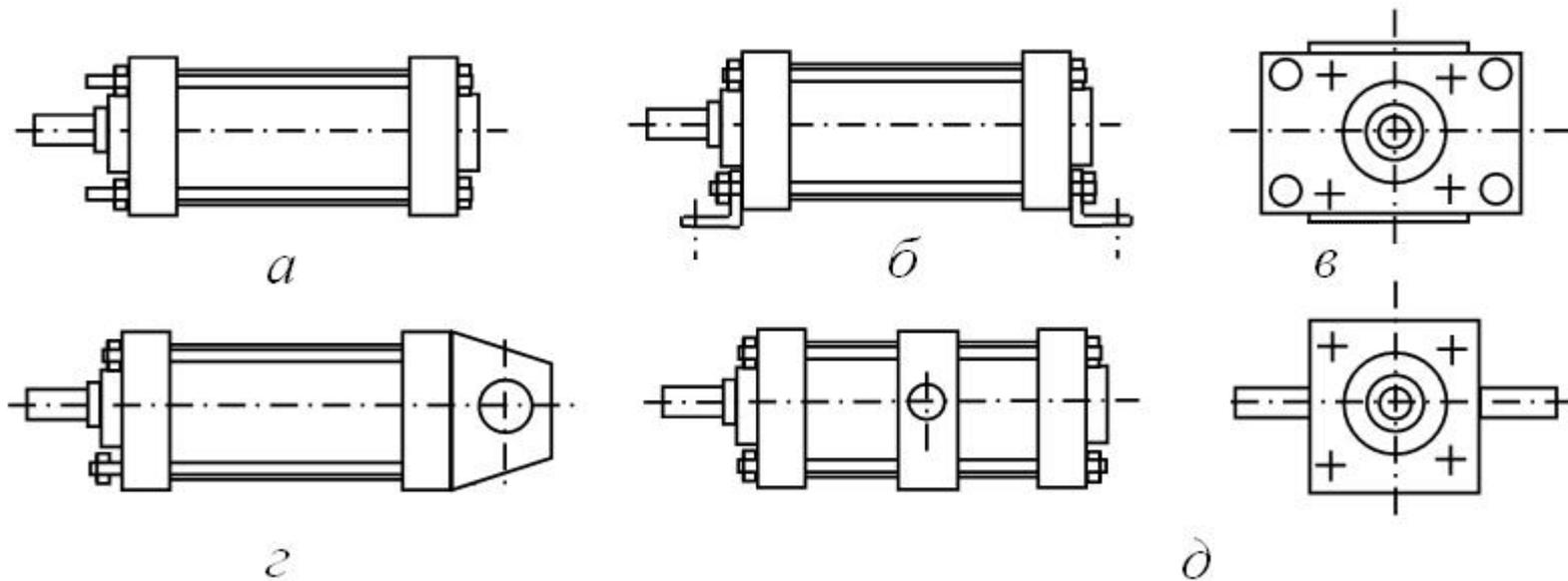
Предохранительный клапан

- **Предохранительный клапан Г52-1** с переливным золотником служит для защиты гидросистемы от перегрузки.
- Давление в системе устанавливается настройкой пружины клапана. Если давление масла превышает заданное значение, то часть жидкости поступает на слив. Обычно клапан устанавливается на насосной установке.
- **Реле давления** применяется для управления работой гидродвигателями. При достижении в системе заданного давления реле Г62-21 выдает электрический импульс, который используют при управлении электромагнитными распределителями.
- **Манометры** применяются для контроля величины давления масла в линии.

Пневматический привод

- Пневмопривод применяется для осуществления движения подачи, реже – главного движения, а также для выполнения вспомогательных операций зажима, прижима, переворачивания заготовок и т. д. Широкое применение пневмопривод находит в сборочных станках. В деревообрабатывающем оборудовании иногда применяют пневмогидравлическую систему, которая делает ход рабочих органов плавным.
- Сжатый воздух для функционирования элементов привода получают от индивидуального компрессора или из сети. Для устранения пульсации и выравнивания давления воздух, поступающий от компрессора, накапливают в воздухозаборнике (ресивере).
- Давление воздуха для систем контроля, регулирования, измерения и управления должно быть 0,02-0,16 МПа, а для силовых двигательных механизмов привода – 0,6-1,0 МПа .

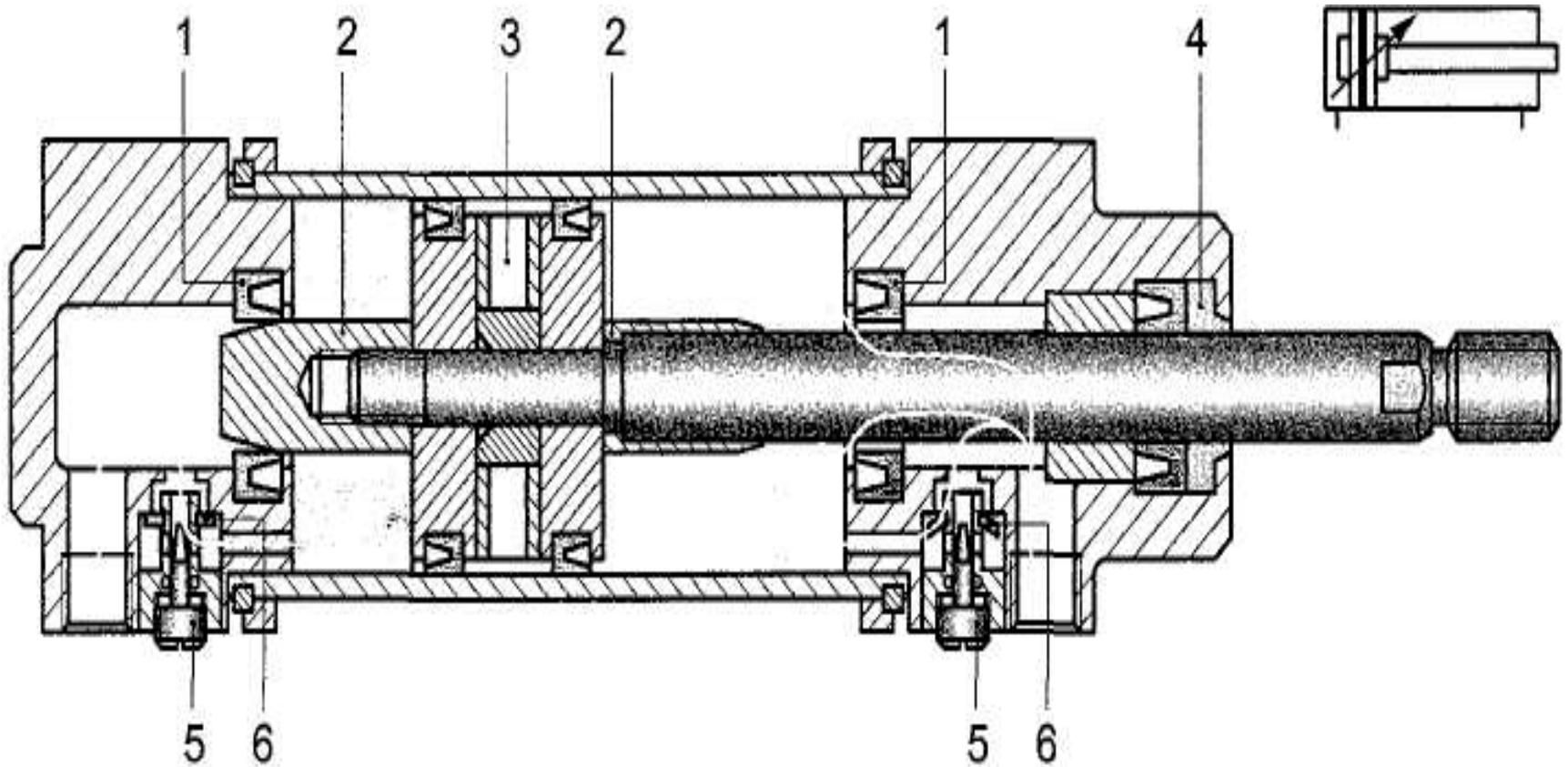
Пневмоцилиндры



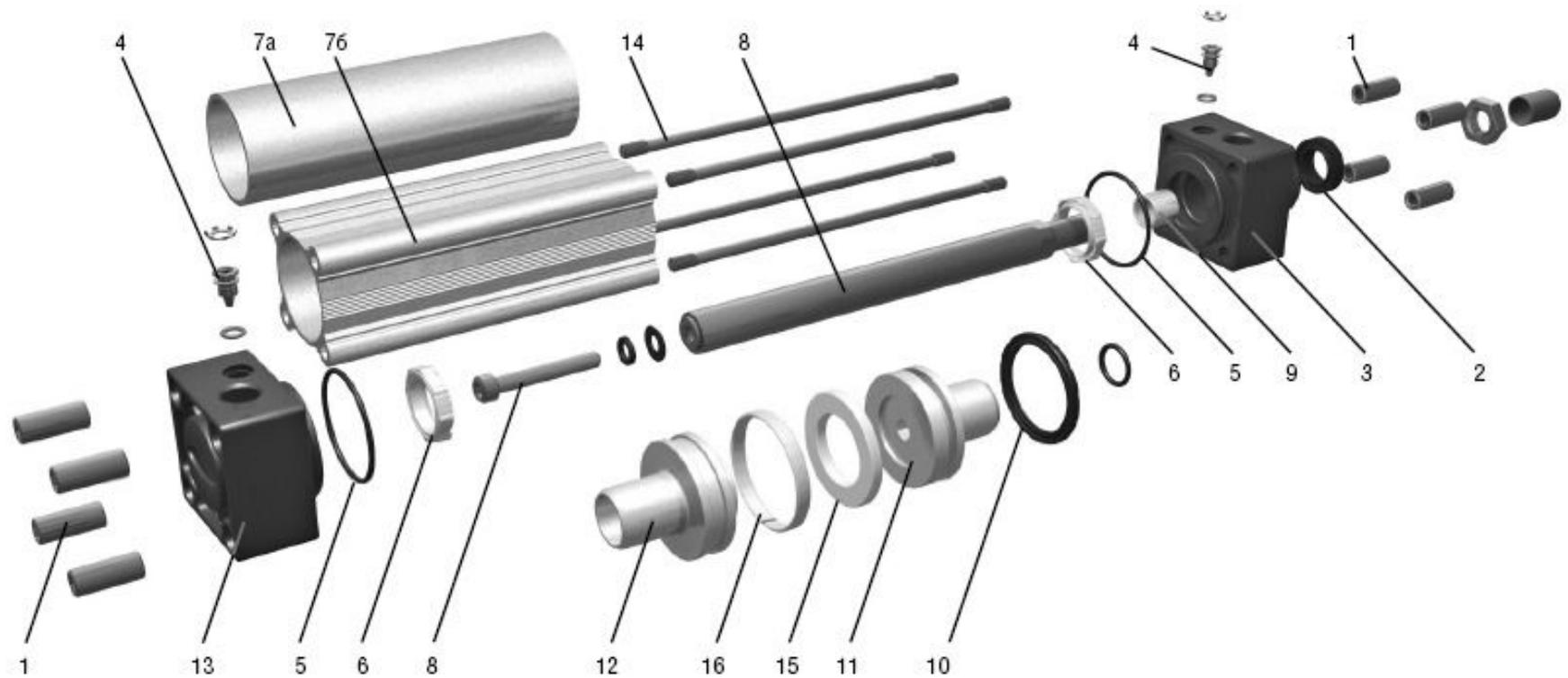
Способы крепления силовых цилиндров:

a – на удлиненных стяжках; *б* – на лапах; *в* – на фланцах; *г* – на проушине;
д – на цапфах

Пневмоцилиндры



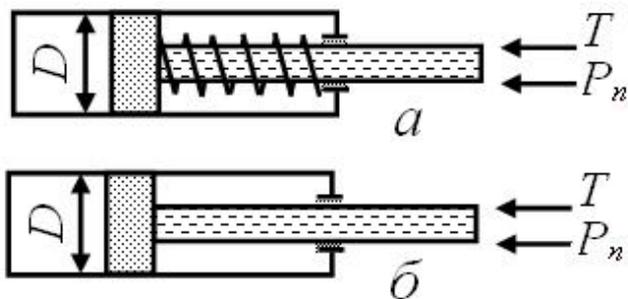
Пневмоцилиндры



1. Гайка шпильки
2. Манжета штока (полиуретан)
3. Передняя крышка (упрочненный алюминиевый сплав)
4. Винт регулировки демпфера
5. Уплотнительное кольцо (пербунан)
6. Манжета демпфера (пербунан)
- 7а. Гильза АF (анодированный алюминий)
- 7б. Гильза ВF (анодированный алюминий)
8. Шток (сталь с покрытием хромом)

9. Передний поршень демпфера (алюминий)
10. Уплотнительное кольцо (пербунан)
11. Поршень
12. Задний поршень демпфера (алюминий)
13. Задняя крышка (упрочненный алюминиевый сплав)
14. Шпилька
15. Магнитное кольцо
16. Несущее кольцо

Расчет пневмоцилиндров



Силовые
пневмоцилиндры:

a – одностороннего действия;
б – двустороннего действия

Усилие на штоке F , Н:

$$F = p \frac{\pi D^2}{4} - \left(p_a \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} + P_n + T + P_n \right)$$

для цилиндра
одностороннего действия

$$F = p \frac{\pi D^2}{4} - \left(p_a \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} + T + P_n \right)$$

для цилиндра
двустороннего действия

где p – давление в поршневой полости цилиндра, МПа;

D – диаметр поршня, мм;

d – диаметр штока, мм;

p_a – давление в штоковой полости цилиндра, близкое к атмосферному, МПа;

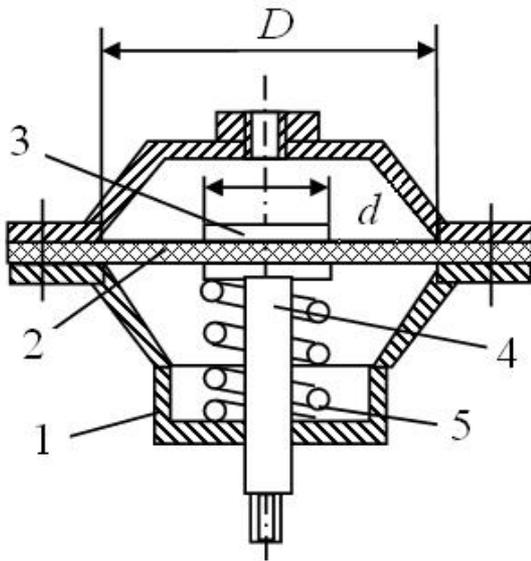
P_n, P_n – соответственно усилие сжатия пружины и сила сопротивления рабочего органа, Н;

T – сила трения в уплотнениях, Н.

Диафрагменные пневматические механизмы

- применяются в зажимных, фиксирующих, тормозных и прессующих устройствах станков. Выполняются они с односторонним или двусторонним действием и имеют небольшой ход штока. Диафрагмы могут быть плоскими и тарельчатыми. Они изготавливаются из многослойной прорезиненной ткани. Усилие на штоке $F_{шт}$, Н:

$$F_{шт} = \frac{\pi p}{12} (D^2 + Dd + d^2) - S - T$$



p – давление сжатого воздуха в камере, МПа;

D – свободный наибольший диаметр диафрагмы, мм;

d – диаметр диска штока, мм;

S – усилие возвратной пружины, Н;

T – сила трения в уплотнении штока, Н.

Ход штока h :

– для тарельчатой диафрагмы $h = (0,25 - 0,35)D$;

– для плоской диафрагмы из прорезиненной ткани:

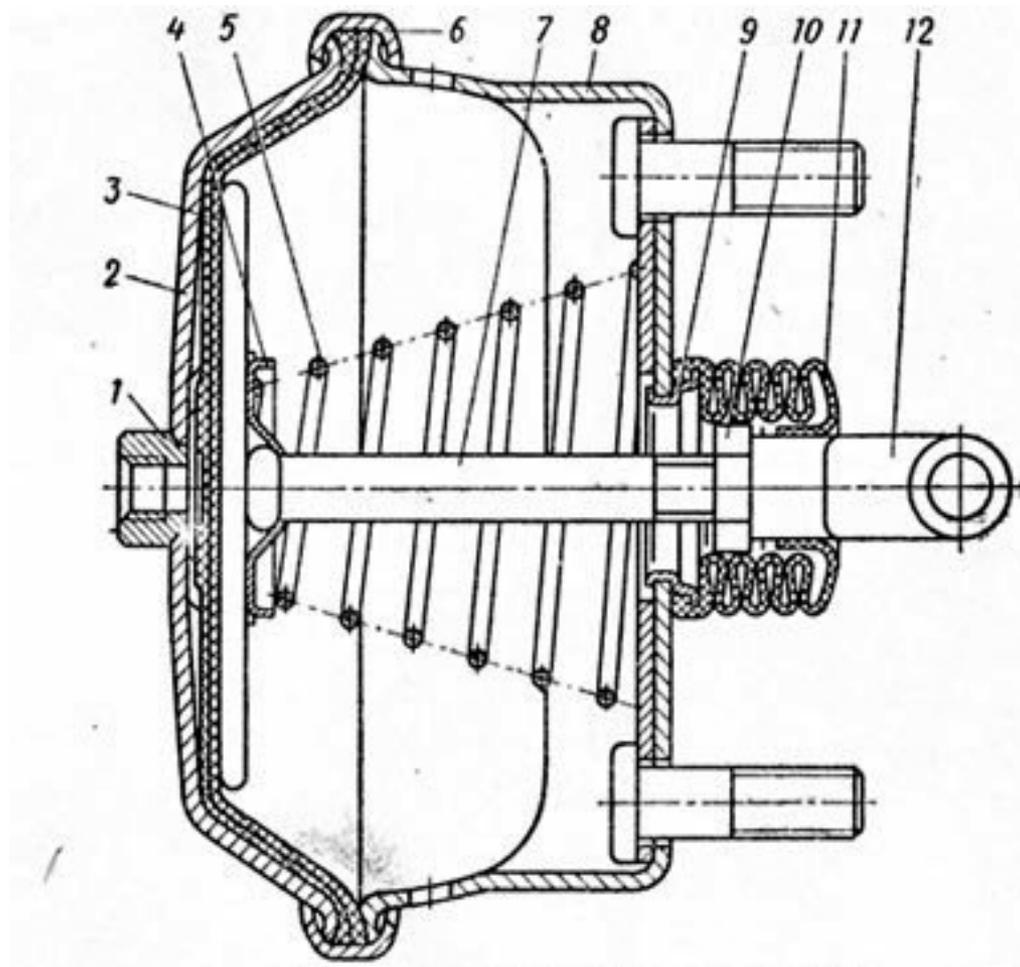
вперед от среднего положения $h_1 = (0,06 - 0,07)D$;

назад от среднего положения $h_2 = (0,12 - 0,15)D$;

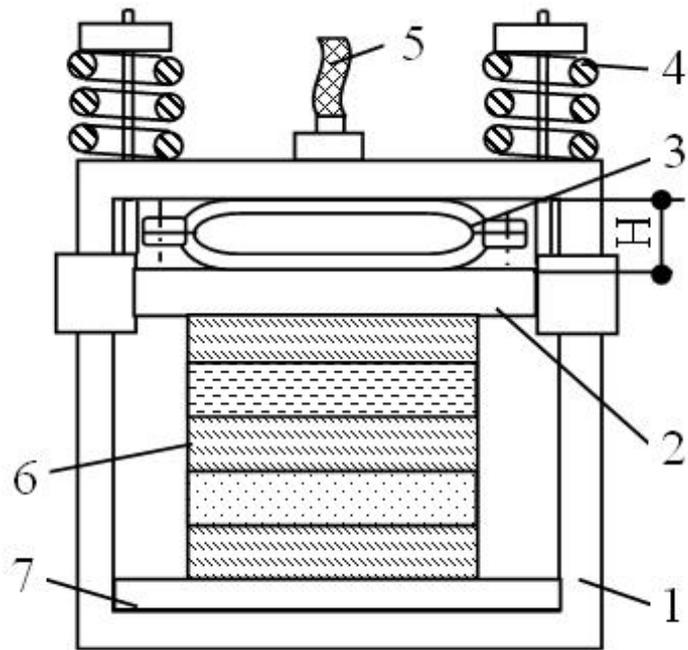
полный рабочий ход $h = (0,18 - 0,22)D$.

Диафрагменные пневматические механизмы

Тарельчатый



Пневматические камерные механизмы



$$F_{\text{п}} = p \pi l (D + 2\delta - H) / 2$$

- применяются в прессах, ваймах. Включают раму 1, стол 7, подвижную балку 2, установленную в направляющих рамы и поджатую пружинами 4, эластичную камеру 3, подсоединенную к трубопроводу 5 для сжатого воздуха.
- Склеиваемый пакет 6 кладут на стол 7 и в камеру 3 подают сжатый воздух. Камера расширяется и перемещает балку 2 к столу. Происходит сжатие пакета. После снятия давления балка 2 под действием сжатых пружин возвращается в исходное положение, вытесняя воздух из камеры.
- Упругие камеры изготовляют из пожарных прорезиненных рукавов по ГОСТ7877-78. Внутренний диаметр пожарных рукавов равен 51; 66; 77; 89; 150 мм, а толщина стенок около 3 мм.

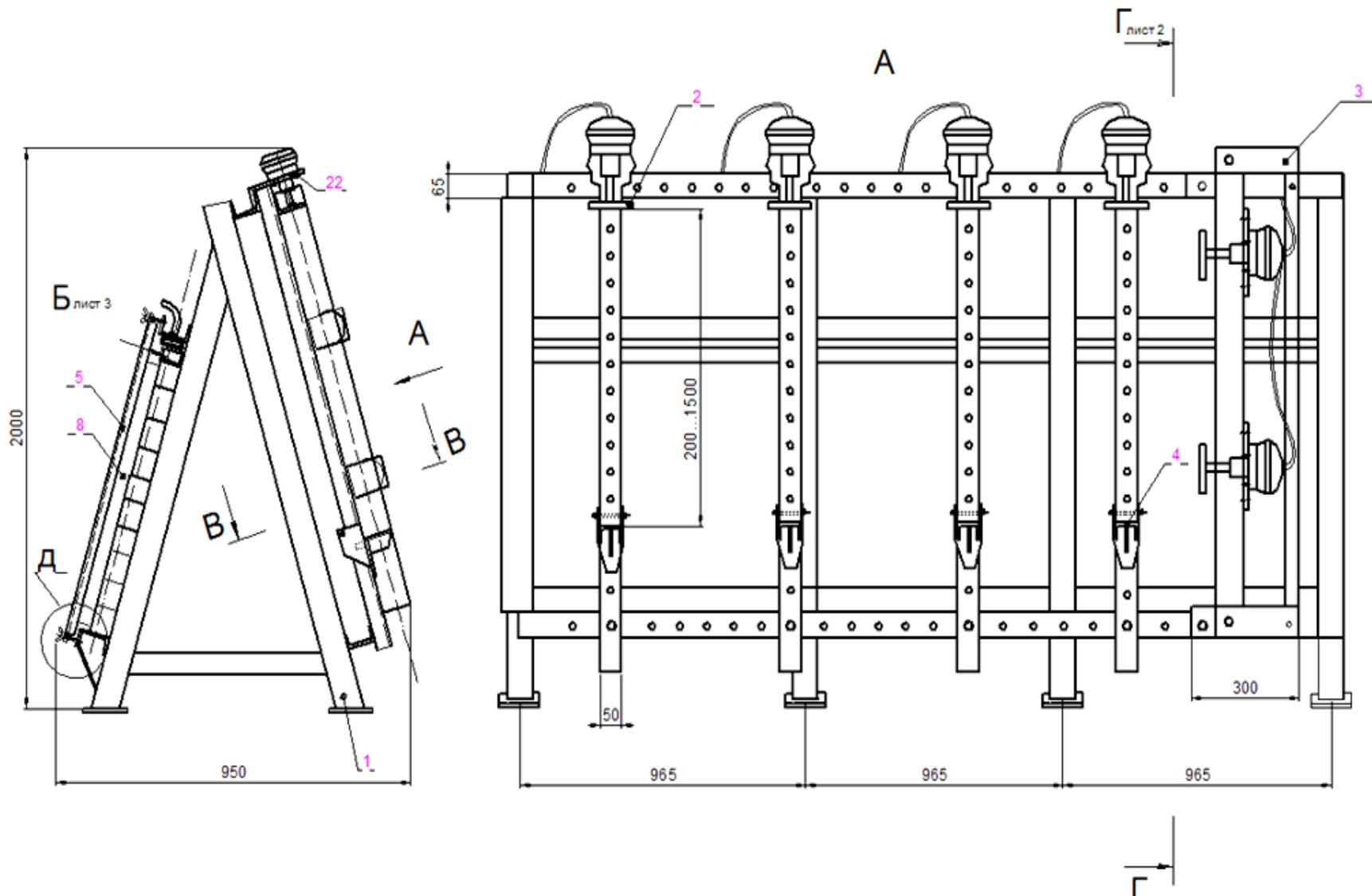
p – давление сжатого воздуха в камере, МПа; $p = 0,4 - 0,6$ МПа;

l – активная длина пневмокамеры, мм;

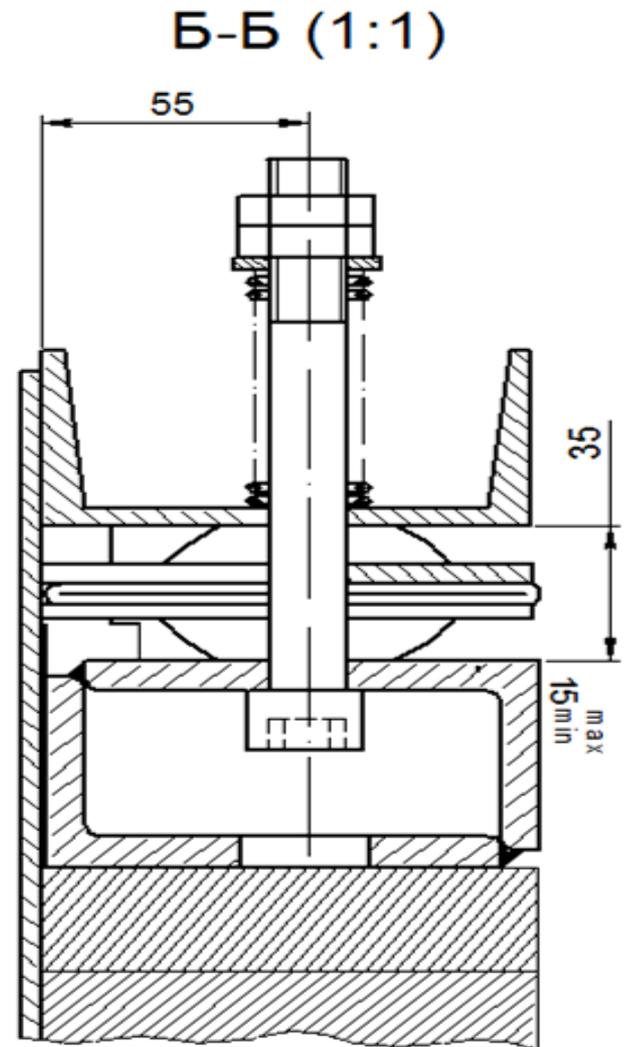
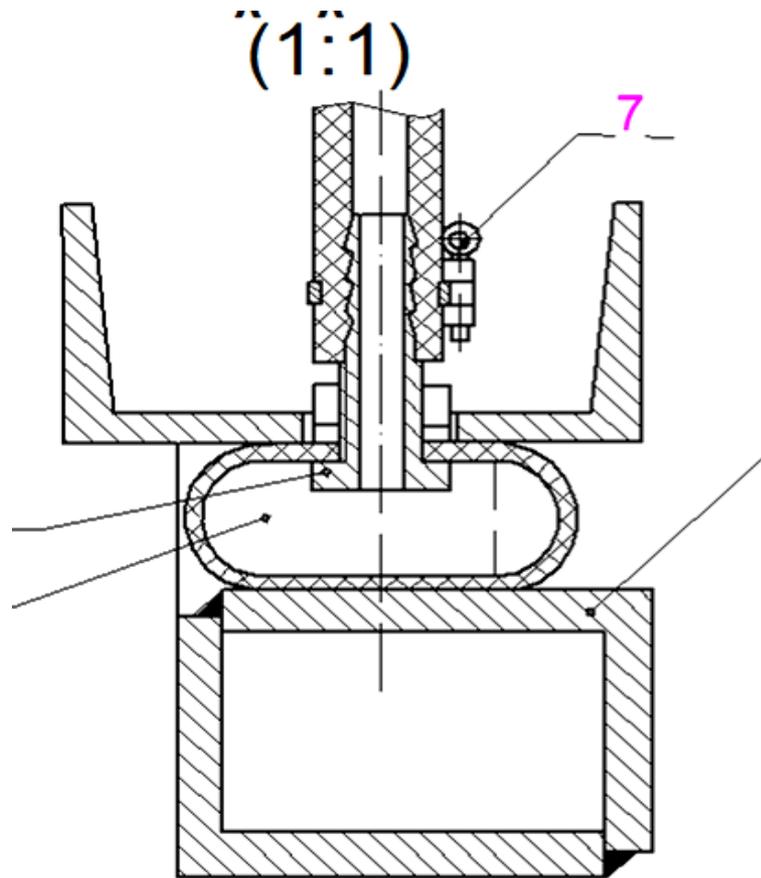
δ – толщина стенок рукава, мм;

H – расстояние между рамой и балкой, мм.

Пневматические камерные механизмы



Пневматические камерные механизмы





**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ =)**



**Конструкция и проектирование машин и оборудования
деревообрабатывающих производств**

Компоновка общих видов и функциональных узлов

15.03.02 (151000.62)" Технологические машины и оборудование "

**Кафедра инновационных технологий и
оборудования деревообработки**

Методология конструирования машин

- Под методологией в данном случае понимается система методов, учитываемых и применяемых при проектировании деревообрабатывающих машин.
- **Метод – это логическая основа способа действия, согласно которой в процессе конструирования осознанно применяются определенные правила.**
- Таких правил за многовековую историю конструирования машин накопилось много. Главные из них сводятся к следующему: **максимально возможная производительность, высокое качество обработки, простота и легкость обслуживания, малые металлоемкость и габариты, достаточно низкая первоначальная стоимость и малые эксплуатационные расходы, технологичность конструкции, безопасность работы и др.**
- Содержание некоторых правил, которые вытекают из требований, предъявляемых к машине, более подробно изложено ниже.

Увеличение производительности

- Увеличение производительности – один из важнейших принципов, которым руководствуется конструктор при создании машин. Производительность машин зависит от различных параметров.
- **Повышение скоростей рабочих движений.** Увеличение скорости обработки детали позволяет увеличить количество обработанных деталей в единицу времени
- **Непрерывность технологического процесса.** Под непрерывностью понимается процесс безостановочной обработки детали.
Непрерывность – один из главных способов повышения производительности труда.
- **Непрерывность технологического процесса.** Под непрерывностью понимается процесс безостановочной обработки детали с вращательным, поступательным, поточным движением. **Непрерывность – один из главных способов повышения производительности труда.**
- Прерывистые технологические процессы выполняются с возвратно-поступательными движениями, с остановками или прерываниями при переходе к следующей операции. В проходных станках заготовки подаются в станок с межторцовыми разрывами.

Продолжение

- **Механизация и автоматизация.** Механизация уменьшает или частично избавляет человека от тяжелого ручного труда.
- Автоматизация полностью исключает непосредственное участие человека в работе. Автомат самостоятельно выполняет все рабочие и холостые ходы цикла по программе, заранее составленной и отлаженной человеком. В этом случае рабочая машина заменяет уже не только мускулы, но и в известных пределах мозг человека. За человеком остается только функция контроля, наладки машины, подготовки и замены программ.

Повышение точности

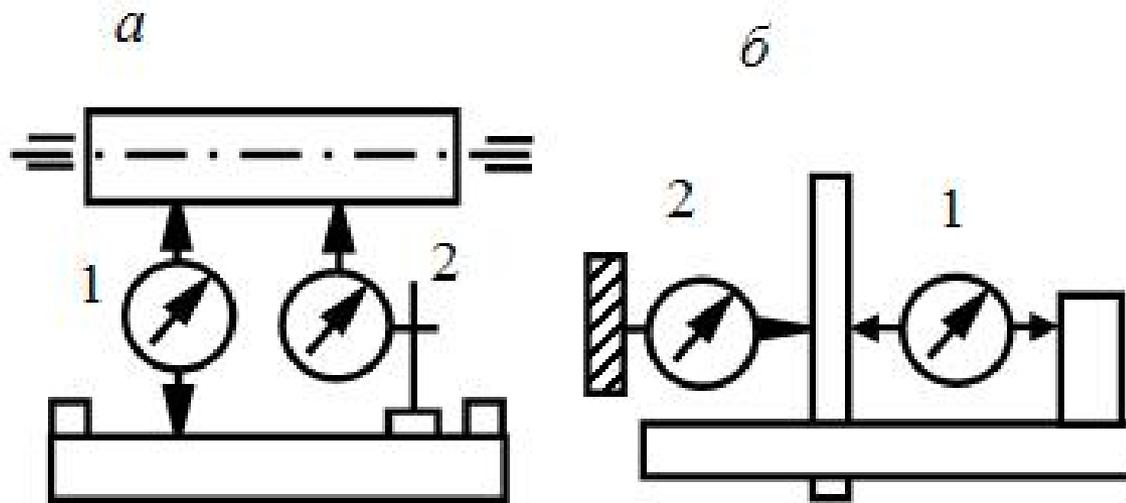
- Точность обработанных деталей на станках зависит от ряда факторов: геометрической точности станков, погрешностей в геометрии лезвий режущих инструментов, погрешностей размеров заготовок, наладки и настройки станков, неточности кинематических цепей, нестабильности режимов резания, температурных перепадов и др.
- **Геометрическая неточность** станка является следствием относительного расположения его узлов и деталей, неточности базовых элементов. В результате этого в шпиндельных узлах, например, появляется радиальное и осевое биение вала.
- **Непрямолинейность** направляющих конвейерных механизмов подачи прирезных станков приводит к искажению размеров и формы деталей.
- **Непрямолинейность** режущих кромок ножей фуговальных и рейсмусовых станков тоже вызывает искажение размеров и формы деталей.
- **Неплоскостность** столов фуговальных и рейсмусовых станков приводит к перебазированию заготовки и искажению формы детали.

Продолжение

- **Обеспечение нормативной геометрической точности, предотвращение повышения температуры деталей станка и режущего инструмента, а также обеспечение технологической стабильности рабочей машины - залог получения деталей требуемой точности.**
- **Деревообрабатывающую машину называют технологически стабильной, если ее уровень настройки и поле рассеивания размеров сохраняются неизменными в течение времени обработки партии деталей.**

Жесткость узлов станка

- Под жесткостью понимается сопротивление, которое оказывает тело или система тел деформирующему действию внешних сил в данной точке.



Схемы измерения жесткости станков: *а* – рейсмусового; *б* – фрезерного

Иногда при расчетах удобно пользоваться не статической жесткостью, а ее обратной величиной, называемой **податливостью**. Податливость, мкм/Н

Виброустойчивость станков

- **Виброустойчивость станков - это их способность оказывать сопротивление вибрациям, т.е. периодическим колебаниям большой скорости.**
- В обычных условиях в колебаниях участвуют три группы сил: поддерживающие колебания - силы упругости; вызывающие колебания (периодические) - возмущающие силы; гасящие колебания - силы сопротивления среды
- Частота вынужденных колебаний, равная частоте собственных колебаний, называется **резонансной**.
- **Конструкция изделия должна исключать возникновение резонансных колебаний.**

Точность изготовления изделий

- **Точность изготовления изделий** из древесины регламентирована ГОСТ 6449.1-82 "Изделия из древесины и древесных материалов. Поля допусков для линейных размеров и посадки". ГОСТ устанавливает 9 квалитетов допустимых отклонений размеров (с 10 по 18 квалитет).
- Точность станка характеризуется отклонениями формы и расположения его поверхностей и валов (выпуклость, вогнутость плоскостей, их отклонения от параллельности, перпендикулярности, непараллельность валов и т.д.), погрешностями вращения валов (радиальное и осевое биение) и др. Точность станка определяется путем исследования отклонений поверхностей от плоскостности, перпендикулярности, параллельности, исследования радиального и осевого биения валов и сравнения их с принятыми нормами. Нормы установлены для каждого типа станка и приведены в паспорте станка.
- Точность работы станка, точность обработанных деталей на станке определяется при исследовании выборок деталей и их статистической обработке, определении поля рассеяния размеров и других параметров.

Повышение надежности

- **Свойство машины выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования называется надежностью**
- Надежность машины обеспечивается совокупностью трех свойств: безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью.
- **Безотказность** характеризуется полным сохранением работоспособности в течение определенного периода работы в эксплуатационных условиях. **Потеря работоспособности станка из-за неисправностей называют отказом.**
- **Долговечность.** Долговечность - это свойство машины длительно, с учетом ремонтов, сохранять работоспособность в условиях эксплуатации до разрушения или другого состояния, при котором невозможна дальнейшая нормальная эксплуатация.
- **Ремонтпригодность** - это свойство объекта техники, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов

Технологичность конструкции

- Под технологичностью конструкции понимается возможность изготовления ее деталей с наименьшими трудовыми затратами при рациональном расходовании материала.
- Для обеспечения технологичности конструкции изделия следует пользоваться следующими правилами.
- **1. Соответствие** конструкции масштабам выпуска и условиям производства. Одна и та же конструкция может быть технологичной для крупносерийного производства, т.к. в ней заложено использование прогрессивных методов производства, и будет нетехнологичной для мелкосерийного производства, т.к. на таком предприятии нет необходимого для этого оборудования, и современные технологии не применяются.
- **2. В технологичной** конструкции форма и размеры деталей максимально соответствуют форме и размерам заготовок, а обработка их происходит с одного станка с исключением ручного труда. Для создания технологичной конструкции конструктор должен четко представлять себе технологию изготовления каждой детали и сборки изделия **в условиях конкретного предприятия.**
- **3. Простота** и целесообразность конструкции. Проектируемый станок должен иметь максимальное количество простых, минимальной массы деталей, которые удобны для изготовления и сборки. Детали должны иметь по возможности только цилиндрические и плоские поверхности, а обработке должны подвергаться минимальное количество поверхностей.

Продолжение

- **4. Экономичный способ получения заготовок.** Заготовки для изготовления деталей могут быть получены из проката, поковок, путем штамповки, литья в песчаные формы, в кокиль и др.
- Выбор заготовок всегда связан с выбором материала деталей. В качестве материала служит чугун, стальное литье и прокат, литье и прокат цветных металлов. Выбранный материал должен обеспечить необходимую прочность детали и заданную долговечность при приемлемой себестоимости.
- Уже на стадии конструирования выбирается материал деталей и вид заготовок. Сделанный выбор влияет на технологичность конструкции.
- **5. Экономически обоснованные точность и шероховатость обработанных поверхностей.** Повышение точности изготовления деталей и изделия в целом требует применения более точного оборудования, сложной дорогостоящей оснастки, высокой квалификации рабочих и выполнения пригоночных работ при сборке. Все это повышает трудоемкость и себестоимость изделия.
- Шероховатость обрабатываемых поверхностей тоже назначается из условий работы сопрягаемых поверхностей. Излишне завышенные требования к шероховатости повышают трудоемкость изготовления деталей и требуют применения специального оборудования и инструмента. **Шероховатость и точность сопрягаемых поверхностей взаимосвязаны между собой. Средняя высота микронеровностей не может быть больше величины допуска.** Иногда шероховатость не связывается с точностью размеров, например при обработке трущихся поверхностей, поверхностей, которые готовятся для металлопокрытия (хромирования и т.д.).

Продолжение

- **6. Минимальный** объем механической обработки. При конструировании деталей, подлежащих механической обработке, должны соблюдаться следующие рекомендации.
- **Детали** должны быть достаточно жесткими и удобными для крепления на станке. Ширина канавок, величина радиусов закругления должны соответствовать форме и размерам нормализованного режущего инструмента.
- **Детали** сложной формы следует разделить на ряд простых по конфигурации деталей, соединенных сваркой, запрессовкой, склеиванием и т.д.
- **Плоские** поверхности деталей должны располагаться на одном уровне параллельно или перпендикулярно одна другой.
- **Деталь**, обрабатываемая на токарном станке, должна иметь минимальный припуск на обработку и минимальное количество ступеней вала.
- Большое значение для технологичности деталей имеет правильный выбор технологических баз и принятая система простановки размеров на рабочих чертежах. **Система простановки размеров должна позволить с минимальными затратами, надежно и просто обмерять деталь на станке а также указать рациональную последовательность обработки детали.**

Продолжение

- **7. Многократное использование опробованных изделий.** Технологичность машины повышается при использовании в ее конструкции стандартизованных, нормализованных и унифицированных деталей и изделий.
- Любая машина может быть сделана из пяти типов элементов (агрегатов, узлов, деталей):
- Ас - стандартных или покупных элементов, получаемых в готовом виде;
- Ау - унифицированных элементов, заимствованных из выпускаемых машин, многократно проверенных;
- Ан1 - новых элементов, изготовление которых не вызывает затруднений, но требует разработки и отладки технологии их изготовления;
- Ан2 - новых элементов, изготовление которых вызывает значительные затруднения (требуются разработка новой технологии с изготовлением сложной технологической оснастки, приобретение дорогого оборудования и т.п.);
- Ан3 - новых элементов, изготовление которых вызывает пока непреодолимые трудности.
- Конструктор часто стремится удовлетворить высокие требования к машине известными, традиционными структурами, При излишнем увлечении преемственностью, заимствованием, унификацией, попыткой воспользоваться тем, что уже создано и опробовано, невозможно обеспечить требуемого роста уровня показателей машин, невозможно лидировать на мировом рынке.

Продолжение

- Спроектированные таким образом машины быстро морально стареют и через короткое время нуждаются в дополнительной модернизации.
- Однако это не значит, что надо разрабатывать только новые машины. Как правило, желаемый результат можно достичь при комбинации известных решений с новыми структурными решениями, построенными на современных физических и технологических принципах.
- **Обычно в новые современные машины из ранее разработанных прототипов переносится в среднем до 50% конструктивных решений без переделок или с частичными изменениями. При этом высокие значения показателей преемственности достигаются за счет в основном второстепенных структурных элементов, переносимых из одного поколения машин в другое.**
- **8. Расчленения** машины на элементы. С целью упрощения технологии разработки, доводки, изготовления, ремонта, модернизации, машины делятся на узлы и детали.
- Чем меньше в машине сборочных единиц и деталей, тем меньше ее масса, выше жесткость и надежность, меньше трудоемкость механической обработки и сборки.
- Большее расчленение машины на сборочные единицы и детали тоже имеет свои преимущества. Большее расчленение машины с новыми элементами позволяет сократить время и трудоемкость разработки и доводки машины в целом. В процессе разработки и доводки нового станка экономичнее и проще устранять недостатки отдельных более простых узлов и деталей.

Снижение массы машины

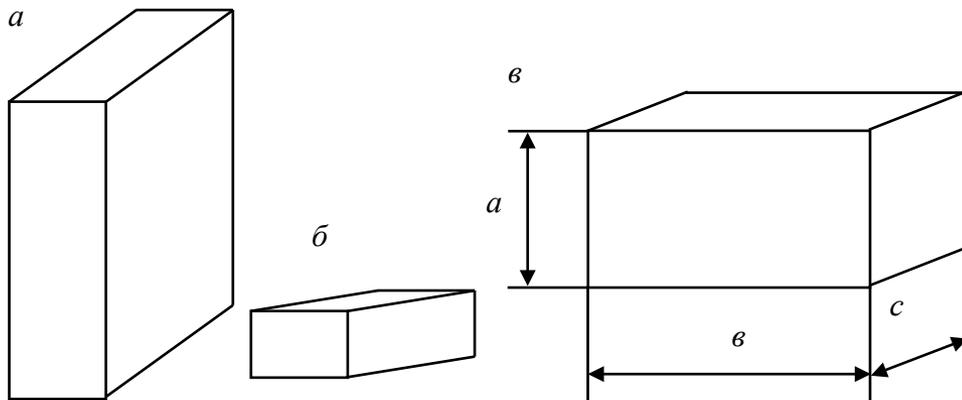
- Снижение массы новых машин имеет большое технико-экономическое значение. Снижение массы достигается различными способами. Наиболее прогрессивные из них следующие:
- - применение повышенных частот вращения валов. Применение больших скоростей позволяет избавиться от тяжелых и громоздких редукторов, упростить передающую часть машины, снизить нагрузки на детали и сделать детали легкими;
- - изготовление деталей из более прочных и легких материалов: легированных сталей, пластмасс и других материалов;
- - применение в кинематике станка прогрессивных видов привода, узлов бесступенчатого регулирования;
- - применение более точных методов расчета деталей на прочность и жесткость.
- Металлоемкость станков характеризуется **критерием металлоемкости** K_M , который равен отношению массы машины G к ее главному показателю эффективности Q (установленная мощность, кВт; максимальная ширина обработки, см, для фуговальных, рейсмусовых и других станков; производительность, шт./мин, м/мин и т.д.): $K_M = G/Q$.

Продолжение

| Станки | Критерий металлоемкости K_M | | | Параметр Π , см |
|---|-------------------------------|--|---------------------|------------------------|
| | по параметру Π , кг/см | по производительности, кг/(м·мин ⁻¹) | по мощности, кг/кВт | |
| Лесопильные рамы двухэтажные | 250...300 | 2000 | 250...300 | Просвет |
| Круглопильные станки: для бревен для досок: | 80 | 100 | 70...90 | Высота пропила |
| обрезные | 200 | 30...40 | 40...60 | То же |
| прирезные | 180 | 70 | 140...160 | То же |
| Ленточнопильные для бревен | 30...350 | 700...800 | 200...250 | То же |
| Фуговальные | 12...15 | 60...70 | 150...170 | Ширина стола |
| Рейсмусовые | 25...30 | 90...100 | 180...220 | То же |
| | | | | |

Обеспечение художественно-эстетического внешнего вида

- При конструировании общего вида и сборочных единиц машины большое внимание уделяется их внешнему виду, т.е. технической эстетике. Их внешнее оформление должно производить на человека благоприятное впечатление.
- Красивый внешний вид машины обеспечивается инженерами дизайнерами. Общие представления о принципах художественного конструирования должен иметь и конструктор. Основных принципов технической эстетики известно несколько, например: симметрия, ритм, контрастность и др.
- **Пропорциональность габаритных размеров машины, узлов.** Известно, что наилучшее зрительное впечатление производит предмет, размеры сторон которого образуют так называемое "золотое сечение".



$$\frac{a}{b} = \frac{b-a}{a} = \frac{c}{a}$$

Примерно как 3:5

Рис. 39. Варианты внешнего вида изделий:

a – изделие неустойчивое; *b* – изделие придавленное;
v – изделие соответствующее правилу "золотого сечения"

Компоновка машины

Общие правила компоновки

- Под компоновкой машины понимают объединение (синтез) ее отдельных функциональных узлов и механизмов в единое целое. При компоновке добиваются такого пространственного расположения узлов и деталей, при котором наилучшим образом достигаются заданные свойства машины (высокая производительность, точность, удобство при эксплуатации, наименьшие габариты и т.д.) и реализуются правила конструирования.
- Компоновка выполняется в два этапа: эскизный и рабочий. При **эскизной компоновке** общую конструкцию машины разрабатывают на базе кинематической схемы. Составляется обычно несколько вариантов эскизных компоновок. Затем выбирается один рациональный эскизный вариант.
- В качестве критериев оптимизации принимаются уменьшение массы и габаритов машины, повышение точности, удобства обслуживания, безопасности, бесшумности, эстетичности и др.
- На базе эскизной компоновки составляется **рабочая компоновка**. В ней уточняется конструкция машины. Рабочая компоновка служит основой для дальнейшего конструирования узлов машины.
- Параллельно с рабочей компоновкой производятся кинематические и технологические расчеты. Рассчитываются ременные и цепные передачи, их межосевые расстояния. Определяются мощности и размеры электродвигателей. Рассчитываются или назначаются длины валов, габаритные размеры. Полученные таким образом размеры позволяют уточнить рабочую компоновку машины.

- При компоновке необходимо предусмотреть места установки механических и электрических блокировочных устройств, необходимых ограждений, которые являются подсистемами единого целого. Необходимо предусмотреть последовательность сборки с возможностью наиболее простого соединения узлов между собой. В процессе компоновки следует четко поделить машину на узлы с обеспечением необходимой жесткости станка. Деление на узлы позволяет вести их параллельное проектирование, параллельную сборку, испытание.
- При рабочей компоновке решаются вопросы технической эстетики. Устанавливаются размеры сторон корпуса машины согласно правилу "золотого сечения". Однако правило "золотого сечения" не должно вступать в противоречие с функциональным назначением и технической целесообразностью изделия. Правило "золотого сечения" устанавливает только идеальные размеры, фактические же размеры принимаются с учетом технической целесообразности.

Типовые варианты компоновок

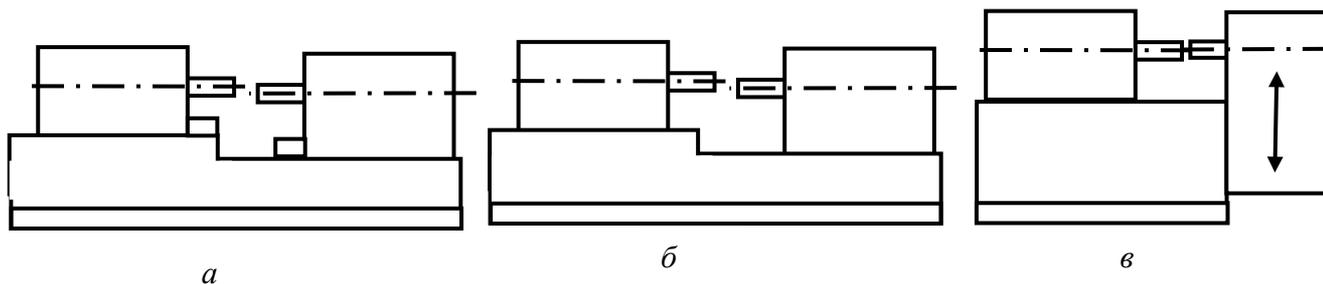
Выделив в машине координатные оси X , Y , Z , можно различать следующие типовые компоновки:

- – продольно-горизонтальную, при которой узлы машины расположены вдоль оси X ;
- – поперечно-горизонтальную, когда узлы машины расположены вдоль оси Y ;
- – вертикальную – при расположении узлов машины по оси Z ;
- – наклонно-горизонтальную – при расположении узлов машины наклонно к оси Z ;
- – барабанную – при расположении узлов на барабане, смонтированном на вертикальной или горизонтальной оси;
- – карусельную – при расположении основных узлов на горизонтальном диске.

По характеру движения заготовок и деталей различают разомкнутые и замкнутые компоновки. У разомкнутых компоновок загрузка заготовок и выгрузка деталей производится в разных местах машины, у замкнутых – в одном и том же месте.

Возможны и другие компоновки. Часто они представляют собой комбинацию из указанных типовых компоновок, когда сборочные единицы монтируются на горизонтальных, вертикальных или наклонных опорных площадках.

- При установке узлов на горизонтальных опорных площадках с базированием по буртикам (рис. а) процесс сборки упрощается, но механическая обработка базовых поверхностей усложняется. Сборка на горизонтальных площадках без буртиков (рис. б) требует дополнительных регулировок, выравнивания по высоте с помощью компенсаторных подкладок или клиньев. Базовые плоскости плиты могут быть расположены взаимно перпендикулярно (рис. в). Это позволяет путем регулировки узлов в вертикальной и горизонтальной плоскости добиться совпадения осей валов.
- С точки зрения удешевления сборки машины наилучшей схемой компоновки является та, по которой во время сборки не требуется производить никаких выверок, пригонок, регулировок. Узлы и детали при их установке должны сразу занимать правильное положение.



Схемы компоновок:

- а* – на горизонтальных площадках по буртикам;
- б* – на горизонтальных площадках;
- в* – на горизонтальной и вертикальной площадках

Варианты эскизных компоновок

- Эскизные варианты компоновок машины разрабатываются на базе выбранной рациональной схемы проектного решения машины и рациональной кинематической схемы. Для наглядности разработка вариантов компоновок разобрана на примере.

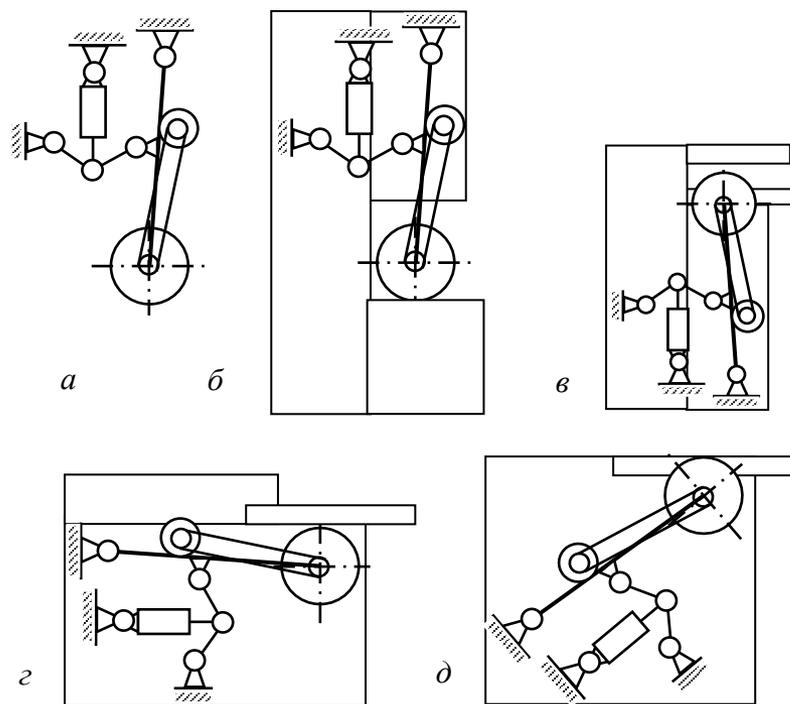


Рис. 34. Схемы эскизных компоновок:

- a* – рациональная схема проектируемого станка;
- б*, *в* – вертикальные компоновочные схемы;
- г* – схема горизонтального исполнения;
- д* – наклонное исполнение станка

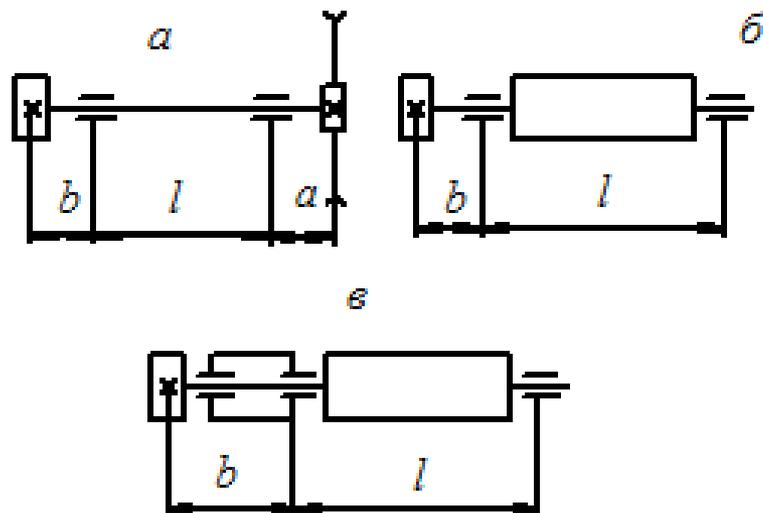
- Станок с горизонтальным расположением маятника может быть выполнен в двух вариантах: с надвиганием пилы снизу вверх или сверху вниз. Все компоновки замкнутые, загрузка заготовок и выгрузка деталей производятся на одном месте.
- Вертикальная компоновка позволяет уменьшить площадь, занимаемую машиной, но может создать неудобства при обслуживании механизмов. При горизонтальной компоновке машина занимает большую производственную площадь. Для выбора рациональной компоновочной схемы надо подобрать критерии, которые наилучшим образом характеризовали бы требования, предъявляемые к станку. В качестве критериев можно принять, например, возможность обработки широких досок пилой небольшого диаметра, минимальные габариты и масса станка, удобство обслуживания механизмов станка, удобство удаления опилок, эстетичный внешний вид и др.

Компоновка валов и шпинделей

Общие положения

- В зависимости от назначения валы подразделяются на простые, шпиндели и рабочие валы механизмов главного движения.
- **Простые валы** - это валы, применяемые в различных передачах типа валов редукторов, вариаторов, открытых передач, цепных, зубчатых, ременных, валов конвейеров, транспортеров и т.д.
- Механизмы главного движения в дереворежущих станках часто выполняют в виде рабочих валов и шпинделей.
- **Рабочим валом называют быстроходный вал станка, на котором режущий инструмент закреплен в промежутке между подшипниковыми опорами.** Вал закрепляется на станине без регулировочных перемещений.
- **Шпиндель - быстроходный вал станка, на котором режущий инструмент закреплен на его консольной части.** Шпиндели, как правило, имеют настроечные перемещения.

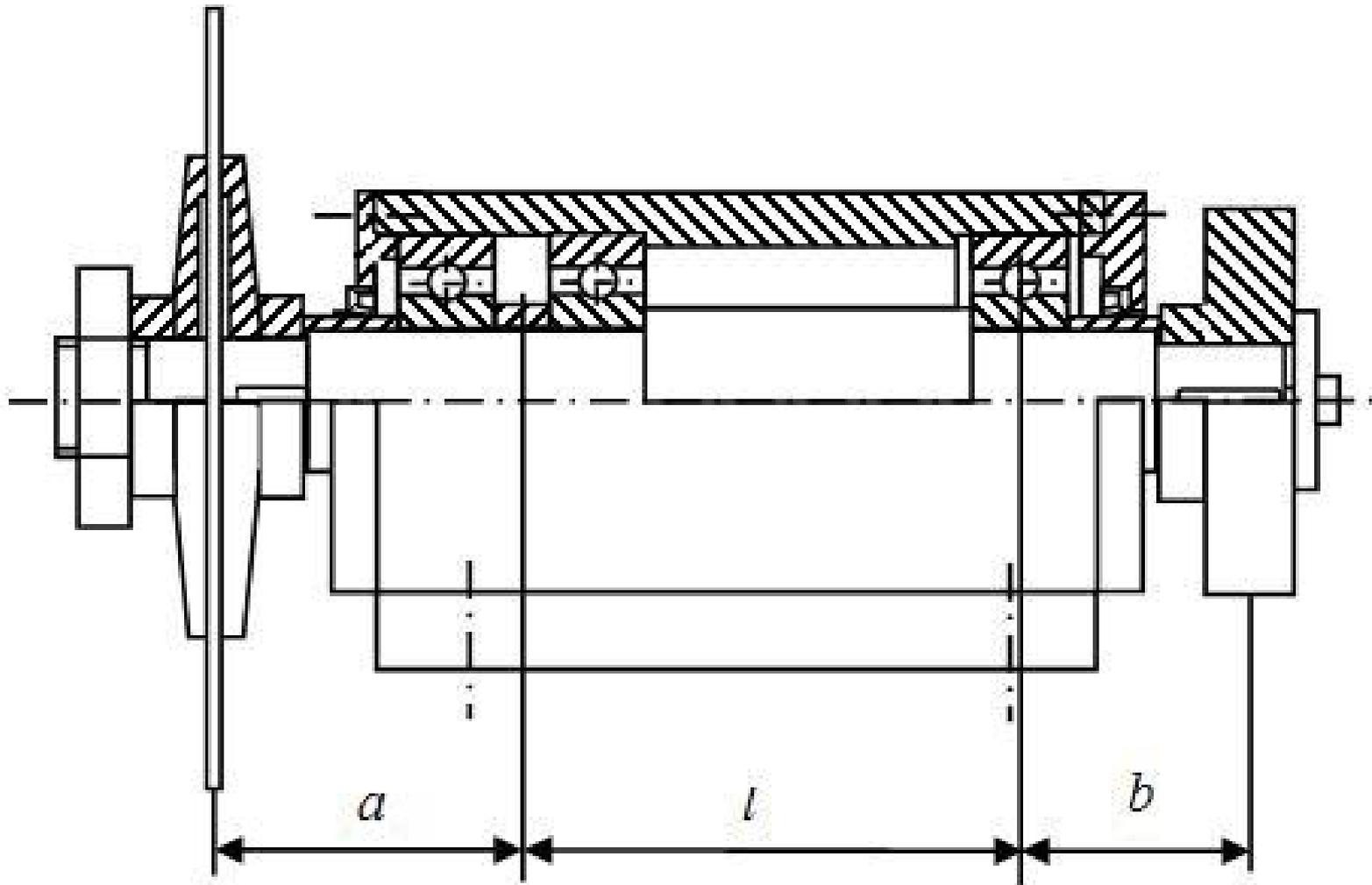
- Наиболее характерными являются три конструктивные схемы механизмов главного движения станков:
 - шпиндель на двух опорах с консольно расположенным режущим инструментом (рис. а). Применяется при длине консоли $a < 230$ мм;
 - ножевой вал на двух опорах с инструментом, расположенным между опорами (рис. б);
 - шпиндель на трёх опорах, из которых две опоры стационарные, а одна съёмная (поддерживающая), режущий инструмент расположен между стационарной и съёмной опорами (рис. в).



- Рис. Схемы механизмов главного движения: а – шпиндель; б, в – ножевой вал

- Компоновка должна обеспечить удобную сборку и разборку узла, условия смазки, а также достаточную жесткость узла действию внешних сил и точность работы режущего инструмента.
- При компоновке делается эскизный чертеж шпинделя без подробного вычерчивания деталей. На эскизе проставляются размеры деталей, зазоров, формирующих длину каждой консоли. Указанные размеры задаются конструктивно с учетом размеров существующих конструкций, узлов и деталей. Длину ступицы, например, назначают $(1,5-2)d$, длину шеек под подшипники качения - $(0,3-0,5)d$, длину шеек под подшипники скольжения - $(0,8-1,0)d$, где d - диаметр вала в шейке подшипника (задается пока приближенно). Путем сложения назначенных размеров находят длины консолей a и b , которые должны быть по возможности минимальными.
- Расстояние между подшипниковыми опорами принимается равным $l \geq 2a$. После назначения длин элементов вала его диаметр в шейке подшипника рассчитывается.

Компоновка шпинделя



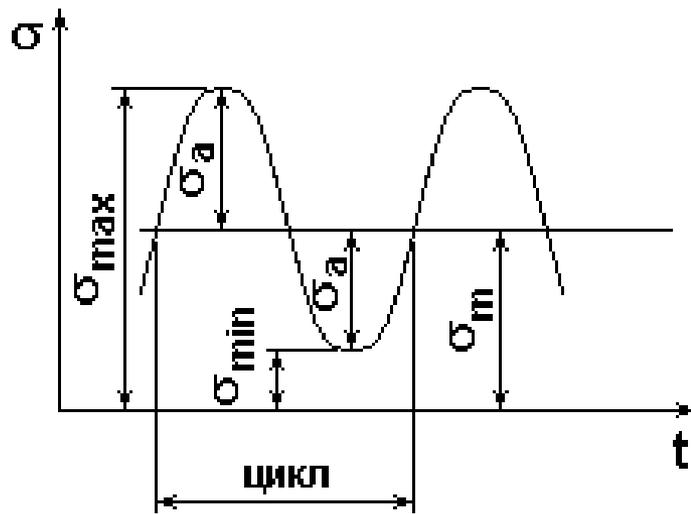
Расчет валов и шпинделей

- Количественная оценка надежности работы валов и шпинделей ведется с учетом их циклической прочности, жесткости и виброустойчивости. Методики расчета валов и шпинделей изложены в специальной литературе по деталям машин. Ниже приведены основные положения расчета.

Напряжения в валах

- Основным видом напряжений, действующих в валах при их кручении и изгибе, являются касательные и нормальные напряжения. Во вращающемся вале эти напряжения переменные, величина их периодически меняется от наименьшего значения σ_{\min} до наибольшего σ_{\max}
- Среднее напряжение цикла

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$



Изменение напряжений
вала

Амплитуда переменных напряжений:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

Цикл называется симметричным, если σ_{\min} и σ_{\max} равны по величине, но противоположны по знаку.

Коэффициентом асимметрии цикла называют отношение

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

Для симметричного цикла $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$ и $r = -1$, тогда среднее напряжение $\sigma_m = 0$.

Для других марок сталей можно пользоваться следующими приближенными соотношениями:

Предел выносливости сталей

- **Наибольшее переменное напряжение, при котором материал, не разрушаясь выдерживает неограниченное число циклов, называется пределом выносливости.**
- Предел выносливости обозначается для симметричного цикла σ_{-1} (для этого цикла коэффициент асимметрии $r = -1$). За базу испытания для сталей принимают 10^7 степени циклов (10 миллионов).
- Пределы выносливости некоторых сталей, применяемых для валов:

| Марка стали | Термообработка | $\sigma_{\sigma-1}$, МПа | σ_T , МПа | σ_{-1} , МПа | τ_{-1} , МПа |
|-------------|----------------|---------------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| 45 | Закалка | 660 | 440 | 330 | 157 |
| 50 | Закалка | 740 | 540 | 340 | 167 |
| 40X | Закалка | 940 | 780 | 470 | 240 |
| 50X | Закалка | 1150 | 880 | 580 | 260 |
| 38X2MЮА | Закалка | 880 | 730 | 420 | 250 |

Для других марок сталей можно пользоваться следующими приближенными соотношениями:

$$\sigma_{-1} \approx (0,4 \div 0,6) \cdot \sigma_{\sigma-1}, \quad \tau_{-1} \approx (0,4 \div 0,7) \cdot \sigma_{-1}$$

Давления внешних сил на вал

- **Нагрузка на вал от шкивов ременной передачи.** При параллельных ветвях ремня и полуторном запасе натяжения на вал действует сила, Н

$$Q = 3\sigma_0 Fz$$

При непараллельных ветвях ремня и полуторном запасе натяжения нагрузка на вал, Н

$$Q = 3\sigma_0 Fz \sin \frac{\alpha}{2}$$

где σ_0 – допускаемое напряжение в ремне, МПа;

F – площадь сечения ремня, мм² (табл.);

z – количество ремней в передаче;

α – угол обхвата шкива ремнём (рекомендуется не менее 150°).

Значения σ_0 принимаются следующим образом: $\sigma_0 = 1,6$ МПа – при малом межосевом расстоянии либо при вертикальном расположении привода; $\sigma_0 = 1,8$ МПа – при достаточном межосевом расстоянии и при угле наклона передачи к горизонту не более 60°; $\sigma_0 = 2,0$ МПа – для передач с автоматическим натяжением;

| Обозначение сечения ремня | <i>Z</i> | <i>A</i> | <i>B</i> | <i>C</i> | <i>D</i> | <i>E</i> | <i>EO</i> |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Площадь поперечного сечения ремня F , мм ² | 47 | 81 | 138 | 230 | 476 | 692 | 1170 |

Продолжение

Угол обхвата меньшего шкива

$$\alpha = 180^\circ - \frac{57^\circ(d_{\max} - d_{\min})}{a} \geq [\alpha],$$

где a – межосевое расстояние, мм;

d_{\max} , d_{\min} – диаметры шкивов соответственно максимальный и минимальный, мм;

$[\alpha]$ – минимальный допускаемый угол обхвата для меньшего шкива (для клиноременной передачи $[\alpha] = 120^\circ$).

Количество ремней и их сечение выбирается по передаваемой передачей мощности.

Продолжение

Нагрузка на вал от цепной передачи, Н:

$$F_{ц} = k_{\theta} F_t + 2F_o \quad ,$$

где k_{θ} – коэффициент нагрузки вала ($k_{\theta} = 6$ – для горизонтальной передачи, $k_{\theta} = 3$ – для наклона к горизонту до 40° , $k_{\theta} = 1$ – для вертикальной передачи);

F_t – окружная сила, Н,

$$F_t = 10^3 P / V \quad ,$$

где P - передаваемая мощность, кВт, V – окружная скорость, м/с;

F_o – предварительное напряжение цепи, Н,

$$F_o = k_f g a q \quad ,$$

где q - масса одного погонного метра цепи, кг/м; a - межосевое расстояние, м;

g - ускорение свободного падения, м/с²; k_f – коэффициент провисания цепи ($k_f = 6$ – для горизонтальной передачи, $k_f = 3$ - для наклонной к горизонту до 40° , $k_f = 1$ – для вертикальной передачи).

Нагрузка на вал от режущего инструмента. Силы резания F_x , F_z , действующие на режущий инструмент (пилу, фрезу, ножевой вал и т.д.), определяют по методикам теории резания древесины [13, 19]. Силы резания рассчитываются для самого тяжелого режима резания.

Расчет вала на прочность

- Валы рассчитываются на динамическую прочность и на жесткость. Диаметр вала, полученный при расчете на прочность, по величине бывает меньше, чем при расчете на жесткость. Поэтому расчет валов на динамическую прочность рекомендуется вести приближенно.
- При расчете вала на прочность строятся эпюры изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также эпюра крутящих моментов. Затем для опасного сечения вала находится момент сопротивления по формуле, мм³:

$$W = \frac{100 \sqrt{M_{x \max}^2 + M_{y \max}^2 + 0,75 M_{кр}^2}}{[\sigma_{из}]}$$

где M_x , M_y – максимальные изгибающие моменты в горизонтальной и вертикальной плоскости опасного сечения вала, Н·мм;

$M_{кр}$ – максимальный крутящий момент в опасном сечении вала, Н·мм;

$[\sigma_{из}]$ – допускаемое напряжение, Мпа.

Момент сопротивления $W \approx 0,1d^3$. Отсюда находим d .

Алгоритм поверочного расчета вала

- Рекомендуется выполнять расчет в следующем порядке.
- 1. В левом верхнем углу страницы изобразить координатные оси для ориентации направлений векторов сил и эпюр моментов.
- 2. Начертить расчетную схему вала в соответствии со схемой его нагружения. Подшипники качения принимают за шарнирные опоры с приложением реакций в их середине. Если в опоре несколько подшипников, точку приложения реакции принимают в середине подшипника, ближнего к пролету. Типы подшипников и их размеры должны быть предварительно определены. Нагрузка на валы от шкивов, звездочек цепных передач, зубчатых колес, режущих инструментов, рассматривают как сосредоточенные силы, приложенные в середине ступицы соответствующих деталей. Если силы расположены в разных плоскостях под углом до 30° , то их можно совмещать в одну плоскость.
- 3. Определить геометрические параметры расчетной схемы: расстояние между точками приложения реакций в опорах, длины консолей, т.е. расстояния от точек приложения сил до реакций в опорах.
- 4. Вычислить опорные реакции в вертикальной и горизонтальной плоскостях из уравнений равновесия сил моментов в каждой плоскости, и затем суммарные реакции в каждой опоре.
- 5. Вычислить изгибающие моменты по плоскостям и построить их эпюры.

- 6. Вычислить суммарные изгибающие моменты в наиболее нагруженных сечениях, Н·м:

$$M_{\max} = \sqrt{M_{x \max}^2 + M_{y \max}^2}$$

- 7. Определить крутящие моменты на валу и построить их эпюры.
- 8. Выбрать марку стали для вала, термообработку, механические характеристики стали: σ_{σ} , σ_{τ} , σ_{-1} , τ_{-1} .
- 9. Определить состояние вала в расчетном сечении: вид концентраторов напряжений, состояние поверхности вала, диаметр и т.д.
- 10. Найти нормальные σ и касательные τ напряжения в опасных сечениях, МПа:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_H} = \frac{M_{\max}}{0,1d^3} \qquad \tau_{\max} = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{M_{кр}}{0,2d^3}$$

- 11. Сравнить найденные напряжения с допустимыми для выбранного материала и сделать вывод о прочности вала.

Жесткость шпинделя

- Целью данных расчетов является определение прогибов и углов поворота в местах установки инструментов и подшипников и сравнение их с допустимыми значениями. От величины прогиба шпинделя с инструментом во время работы зависит точность обрабатываемых на станке деталей и качеств их поверхности. Поэтому для шпинделей главным расчетом является расчет на жесткость.
- Условие жесткости имеет вид:

$$y \leq [y_1] \quad \theta \leq [\theta]$$

где y – максимальный прогиб;

$[y_1]$ – допускаемое значение прогиба;

$\theta, [\theta]$ – угол поворота шпинделя и его допускаемое значение.

Допускаемое значение прогиба шпинделя принимают равным $1/3[y]$, где $[y]$ допускаемого радиального биения по нормам на геометрическую точность в зависимости от точности станка (см. таблицу ниже).

Для рабочих валов с расположением инструмента между опорами:

$$[y] \leq (0,0001 \div 0,0002)l$$

где l – расстояние между опорами шпинделя, м.

Продолжение

- **Нормы допустимых геометрических погрешностей шпинделей дереворежущих станков**

| Характер погрешности | Допускаемая погрешность, мм | | | |
|---------------------------|-----------------------------|------|------|------|
| | Класс точности станка | | | |
| | О | П | С | Н |
| Радиальное биение [y] | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,1 |
| Осевое биение | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,15 |
| Радиальный зазор | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,1 |
| Осевой зазор | 0,01 | 0,03 | 0,1 | 0,5 |

Класс точности станков:

О – особоточный.

П – повышенной точности;

С – средней точности;

Н – низкой точности.

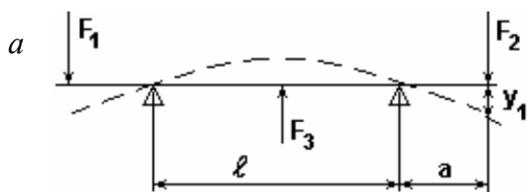
Продолжение

- Допустимые углы поворота в местах установки, рад.:
- - радиального шарикоподшипника $[\theta] \leq 0,01$,
- - конического роликоподшипника $[\theta] \leq 0,005$,
- - сферического шарикоподшипника $[\theta] \leq 0,05$,
- - зубчатого колеса $[\theta] \leq (0,01-0,03)m$, где m – модуль зубчатого колеса.

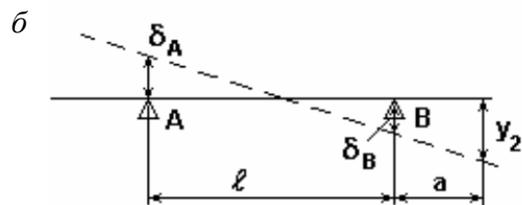
- При расчетах шпинделя на жесткость в качестве сил нагружения принимают те же силы, что и при расчетах вала на прочность, т.е. силы резания, силы от привода шпинделя, силы тяжести, центробежные силы от дисбаланса шпинделя и инструмента.
- Направление этих сил на расчетной схеме (независимо от действительного их направления) принимают таким, чтобы деформация шпинделя в месте установки режущего инструмента была максимальной.

Продолжение

Общее перемещение шпинделя y_0 рассматривают как сумму упругого прогиба y_1 на абсолютно жестких опорах, (рис. а) и перемещения y_2 абсолютно жесткого шпинделя на упругих опорах (рис. б).



$$y_0 = y_1 + y_2$$



Перемещение y_2 обусловлено радиальным зазором между кольцами и телами качения подшипников, что позволяет валу смещаться в радиальном направлении в пределах этих зазоров.

Перемещения шпинделя:
a – консоли; *б* – опор

Радиальное биение δ (см. рис.) двухопорного вала в точке крепления режущего инструмента зависит от величины радиального биения дорожек качения внутренних колец подшипников R_{iA} и R_{iB} передней и задней опор, а также от способа установки внутренних колец подшипников.

Максимальное радиальное биение вала наблюдается при таком положении внутренних колец подшипника, при котором места с их максимальным биением направлены в противоположные стороны (рис. 21, *а*). Уменьшить δ можно, если установить внутренние кольца так, чтобы R_{iA} и R_{iB} были направлены в одну сторону (рис. *б*). Для этого перед сборкой у подшипников измеряют максимальное радиальное биение и найденные места помечают. Более точный подшипник ставят в переднюю опору.

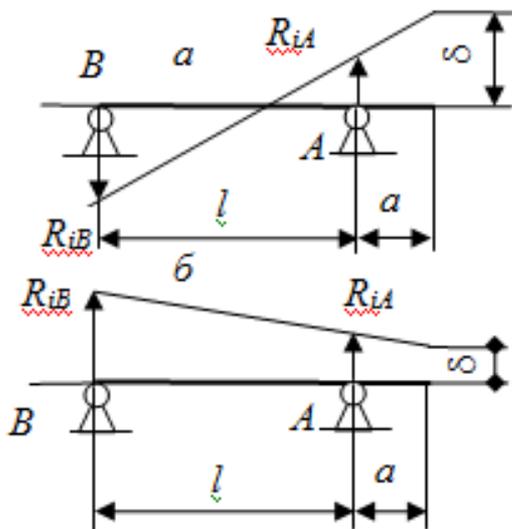


Рис. Радиальное биение вала:

а – биение подшипников направлены в разные стороны;

б – биение подшипников направлены в одну сторону

Согласно ГОСТ 520-89 шариковые подшипники радиальные и радиально-упорные изготавливаются следующих классов точности (указаны в порядке повышения точности): 0, 6, 5, 4, 2, Т. При этом подшипники с повышенными требованиями по осевому и радиальному биению выпускаются с категорией В классов 0, 6Х, 6 и 5.

Радиальный зазор между кольцами и телами качения подшипников обуславливает некоторую свободу взаимного перемещения колец относительно друг друга в радиальном и осевом направлении. Наличие зазоров, а также возникновение деформаций под действием рабочей нагрузки являются причиной радиального и осевого биения.

Геометрическая точность, оценивается радиальным и осевым биением при вращении шпинделя от руки, а также радиальным и осевым зазором в подшипниках.

Зазоры образуются только в шпинделях, подшипники которых установлены без предварительного натяга. В современных конструкциях шпинделей подшипники устанавливаются обязательно с предварительным натягом, что устраняет их радиальный и осевой зазор.



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ =)**

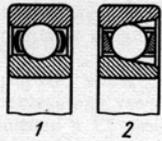


**Конструкция и проектирование машин и оборудования
деревообрабатывающих производств**

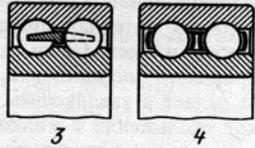
**Конструирование
подшипниковых узлов, механизмов
подач и суппортов**

**15.03.02 (151000.62)" Технологические машины и оборудование
"**

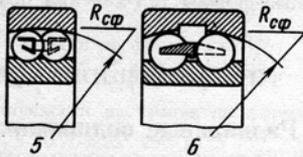
**Кафедра инновационных технологий и
оборудования деревообработки**



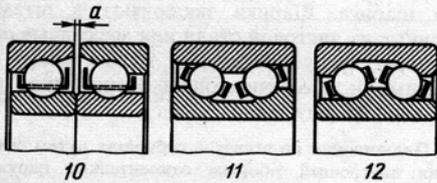
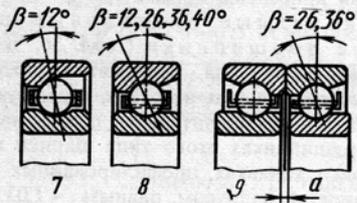
Однорядные радиальные шариковые



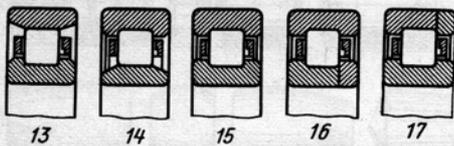
Двухрядные радиальные шариковые



Двухрядные шариковые сферические



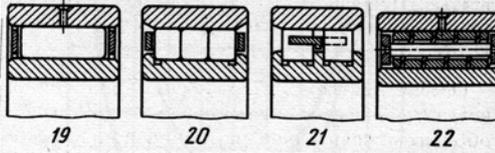
Шариковые радиально-упорные



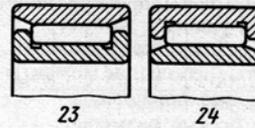
Радиальные роликовые



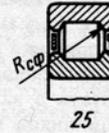
18



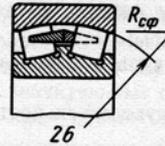
Радиальные роликовые



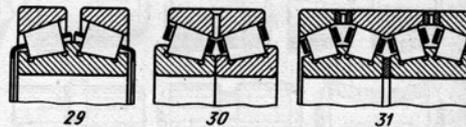
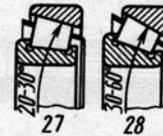
Игольчатые



Цилиндросферические



Сферические с бочкообразными роликами



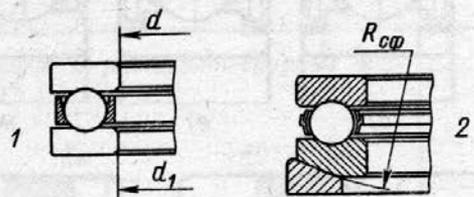
Конические роликовые

Выбор типа подшипника

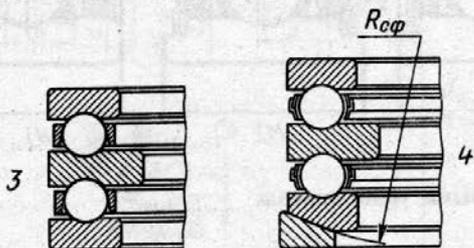
Выбор типа подшипника

37. Упорные подшипники

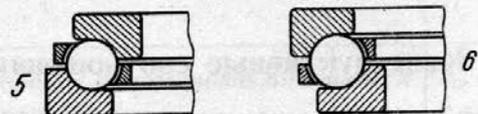
Эскиз



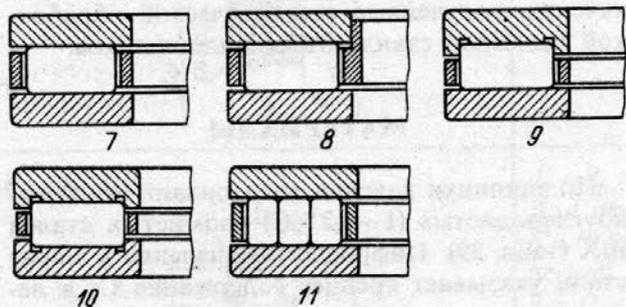
Однорядные шариковые упорные



Двухрядные шариковые упорные

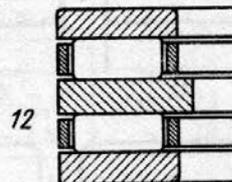


Упорно-радиальные шариковые

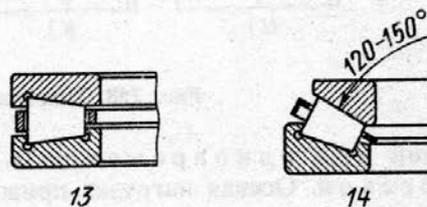


Однорядные упорные с цилиндрическими роликами

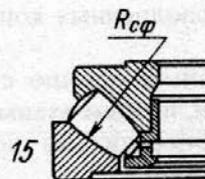
Эскиз



Двухрядные упорные с цилиндрическими роликами



Упорные с коническими роликами



Сфероконические упорные

Выбор типа подшипника

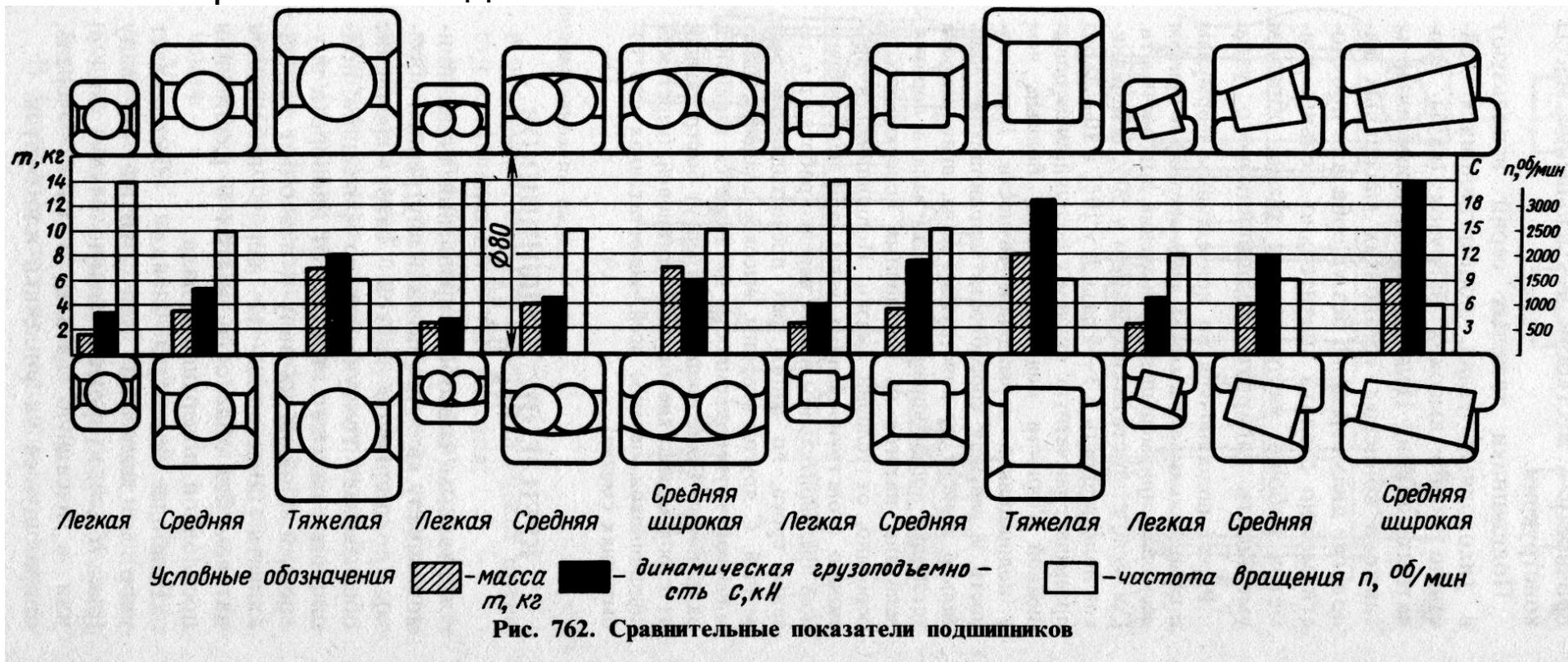
- При выборе типа подшипника необходимо учитывать их стоимость. Самыми дешевыми считаются шариковые радиальные подшипники легкой серии.
- Для подавляющего большинства механизмов общего машиностроения обычно используют подшипники класса точности 0, но если требуется повышенная точность вращения вала, то следует выбирать подшипники более высокого класса 6, 5, 4 или 2.
- Подшипниковый узел – источник шума. Для уменьшения шума быстроходных шпинделей рекомендуется применять подшипники высокого класса точности.
- **Радиальный шариковый однорядный** подшипник – самый дешевый подшипник и поэтому находит широкое применение в машиностроении. Этот подшипник воспринимает радиальную, радиальную и осевую одновременно или чисто осевую нагрузку. Обеспечивает осевое фиксирование вала в двух направлениях. Допускает перекос колец до $1/4^\circ$. Подшипник хорошо работает при высокой частоте вращения.

Подшипники

- **Радиальный шариковый двухрядный сферический** подшипник воспринимает главным образом радиальную нагрузку. Осевую нагрузку воспринимает, но только незначительной величины. При незначительной осевой нагрузке может фиксировать вал от осевых смещений в двух направлениях. Подшипник допускает перекос колец до 2° . Этот тип подшипника применяется в ножевых валах фуговальных и рейсмусовых станков.
- **Радиально-упорный** шариковый подшипник может воспринимать одновременно радиальную и одностороннюю осевую нагрузку или чисто осевую нагрузку. Подшипник хорошо работает при высокой частоте вращения. Подшипники этого типа устанавливают парными комплектами, при этом одноименные торцы наружных колец (узкие или широкие) должны быть обращены друг к другу. Это позволяет фиксировать вал в обоих осевых направлениях.
- При высокой радиальной нагрузке в шпиндельных узлах применяют также роликовые радиальные или радиально-упорные подшипники. При этом следует учитывать, что шариковые подшипники обеспечивают большую точность и частоту вращения, а роликовые – большую грузоподъемность и жесткость.

Подшипники

- Сравнение подшипников



- Относительная долговечность подшипников

| | лёгкая серия | средняя серия | тяжелая серия |
|-----------|--------------|---------------|---------------|
| Шариковые | 1 | 4 | 15 |
| Роликовые | 4 | 25 | 150 |

Подшипники

- **Соосность посадочных мест.** Для предотвращения перекоса колец подшипника и перегрузки его тел качения цилиндрические поверхности посадочных мест под подшипники должны быть соосны. Это достигается просто, если подшипниковые опоры размещаются в общем корпусе. Если используется два корпуса, то их сначала фиксируют на станине штифтами, а затем отверстия под наружные кольца подшипников растачивают с одной установки за один проход. Использование двух корпусов без дополнительной расточки возможно в случае установки в них сферических самоустанавливающихся подшипников.
- Посадочные места на валах всегда должны вытачиваться на станке с одной установки.
- **Жесткость и прочность деталей подшипникового узла** достигается при использовании следующих рекомендаций. Нагрузки, действующие на опоры, не должны вызывать в стенках корпусов и валах прогибов, способных привести к нарушению соосности. Для этого стенки корпусов с расточками под наружные кольца подшипников должны иметь достаточную толщину.

Подшипники

- Для обеспечения нормальной сборки и разборки подшипникового узла необходимо предусмотреть фаски на конце шейки вала и расточки у корпуса. В конструкции узла должна быть предусмотрена возможность применения съемников для снятия подшипника. Для этого в корпусах и на валах выполняются специальные пазы под лапы съемников, расположенные под углом 120° (рис. а). В глухих корпусах следует предусмотреть резьбовые отверстия, через которые с помощью болтов подшипник можно выпрессовать из корпуса б).

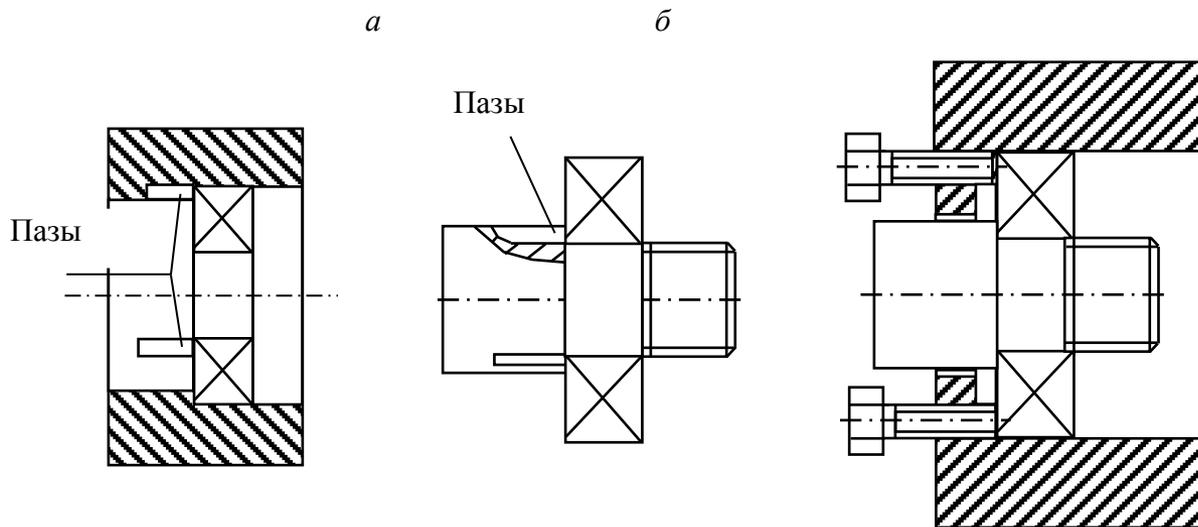
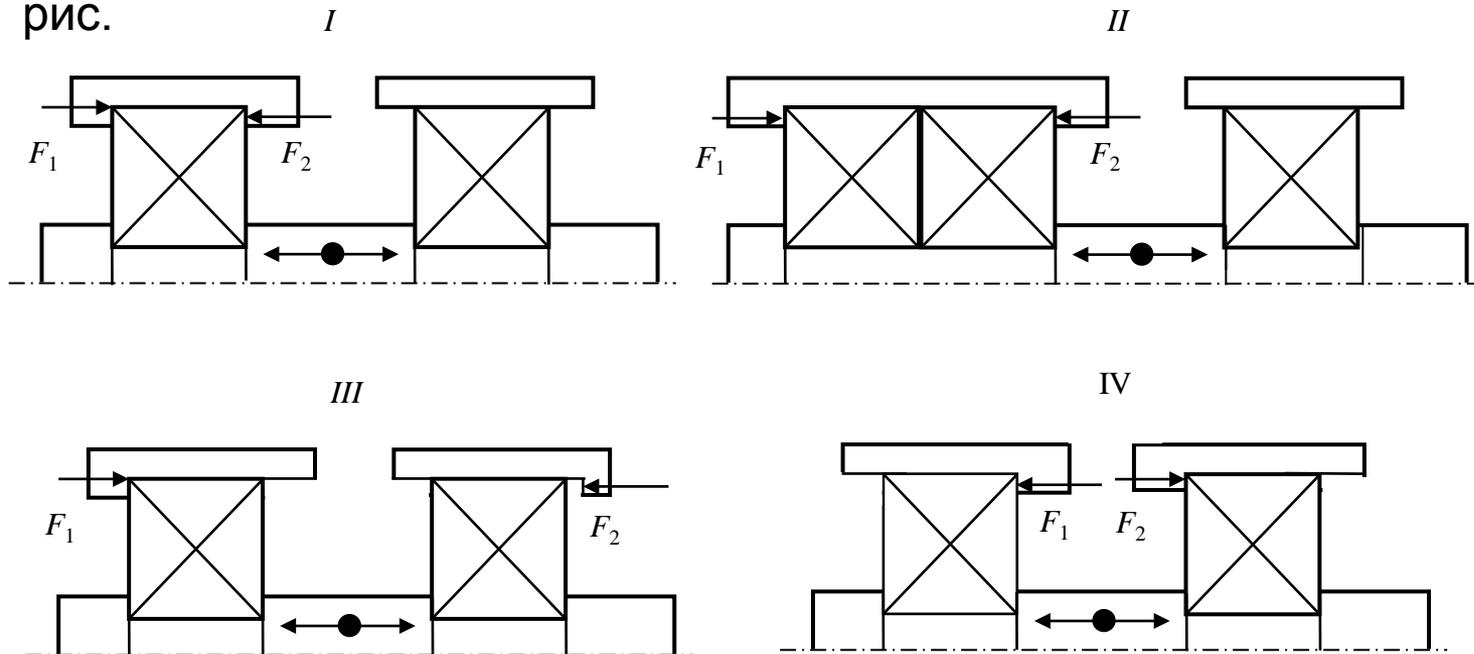


Рис. 48. Способы съема подшипника:
а – съемником, установленном в пазы;
б – болтами

Подшипники

- **Фиксация подшипников.** Валы должны удерживаться подшипниками от осевых смещений, т.е. должны быть зафиксированы в осевом направлении относительно корпуса. Фиксирование подшипников в корпусе осуществляется по одной из четырех схем, приведенных на рис.



Схемы фиксации подшипников в корпусе:

Подшипники

- **Схема I.** В корпусе фиксируется с обеих сторон наружное кольцо одного подшипника. Вторая опора является скользящей (плавающей) не зафиксированной в осевом направлении. Такая конструкция позволяет компенсировать тепловое удлинение деталей узла. Обычно осевой зазор составляет около 0,5 мм.
- При использовании схемы I жесткость вала радиальная, осевая и угловая получается небольшой. Кроме того, затрудняется расточка корпуса, т.к. исключается возможность его обработки с одной установки.
- **Схема II.** В фиксирующей опоре устанавливается два подшипника, которые при регулировании позволяют исключить радиальную и осевую игру вала. Сдвоенный подшипник значительно увеличивает угловую жесткость вала. Однако конструкция подшипникового узла усложняется.
- **Схема III.** Внешние торцы подшипников упираются в торцы крышек или других деталей корпуса. Обеспечивается фиксация в распор. Схема конструктивно проста и находит широкое применение при коротких и жестких валах.
- **Схема IV.** Эта схема обеспечивает осевую фиксацию вала в растяжку. Она исключает заклинивание вала при его нагревании, однако такая схема конструктивно сложна и применяется сравнительно редко.

Предварительный натяг подшипников

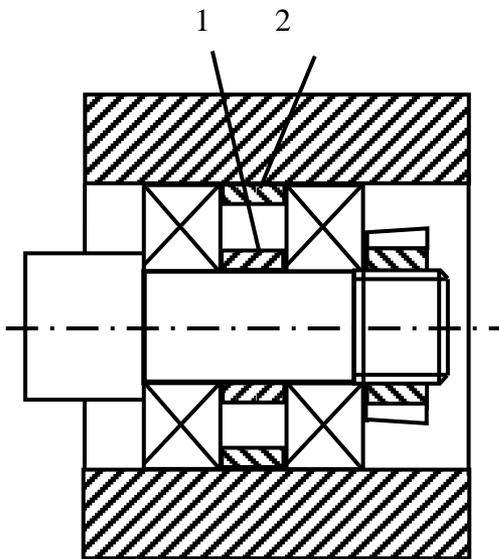
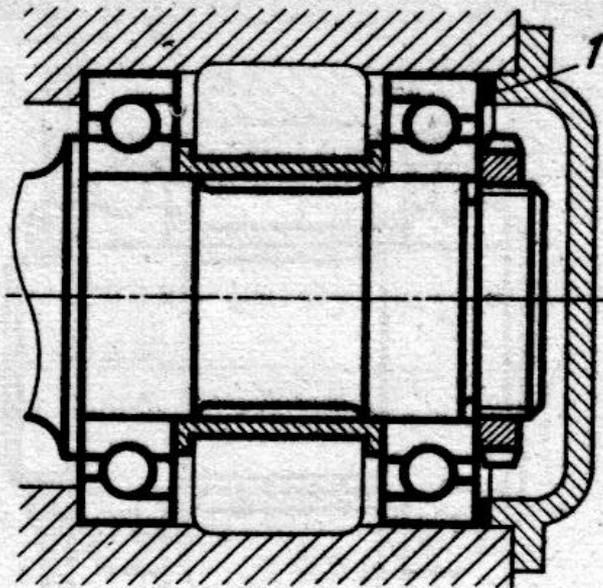


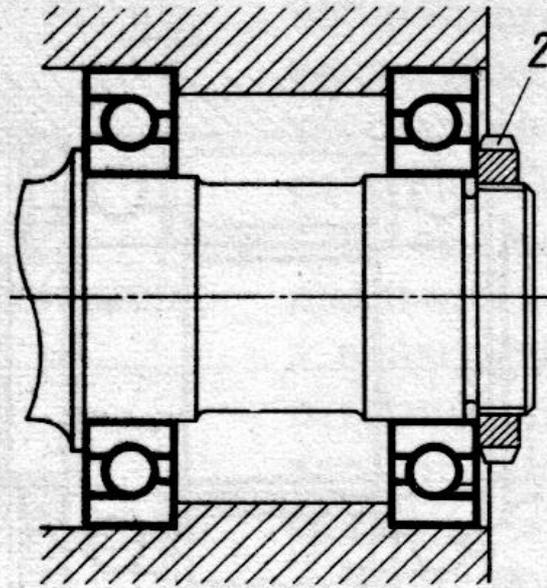
Рис. 50. Создание натяга дистанционными втулками

- Предварительный натяг обязательно создается в спаренных радиально-упорных подшипниках. **Основные способы:**
- – затяжкой подшипников на мерное осевое смещение наружных колец относительно внутренних;
- – затяжкой подшипников до получения определенного момента сопротивления вращению;
- – приложением к подшипникам постоянной осевой силы (пружинный натяг).
- Для реализации указанных способов известно много конструктивных решений.
- При первом способе, например, между внутренними и наружными кольцами парных подшипников устанавливают дистанционные втулки 1 и 2 (рис.) неравной длины. При сжатии колец подшипников в осевом направлении в системе возникает натяг, определяемый разностью a длин втулок. Указанное значение для быстроходных валов принимают равным
- $a = 0,05-0,07$ мм.

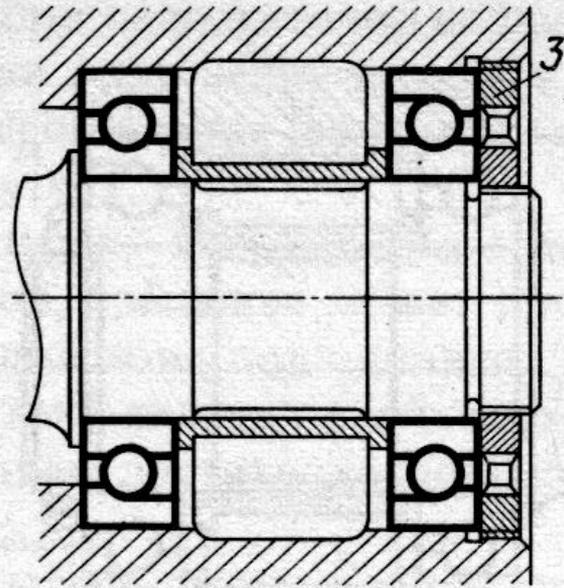
Схемы регулировки натяга подшипников



а)

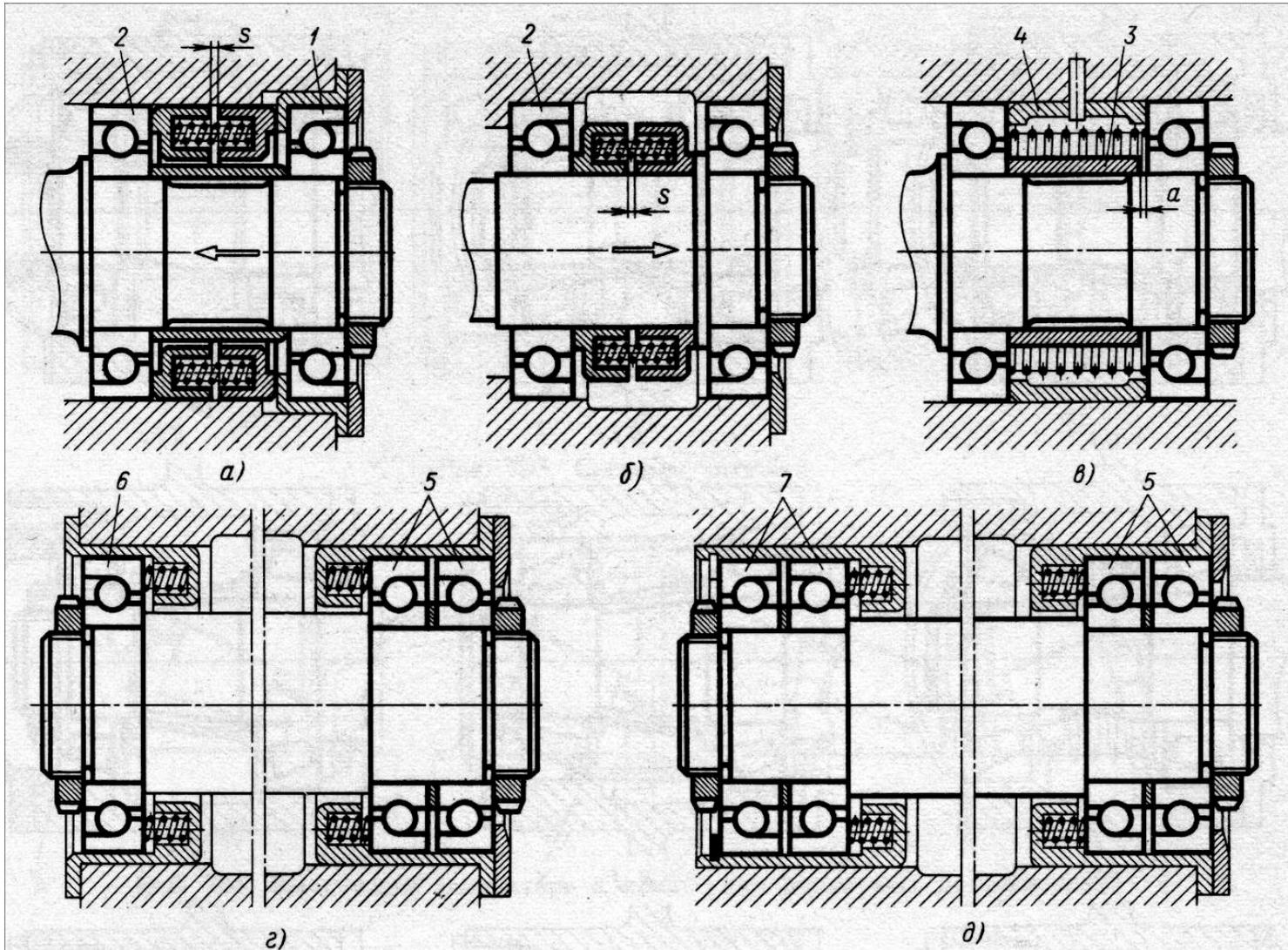


б)

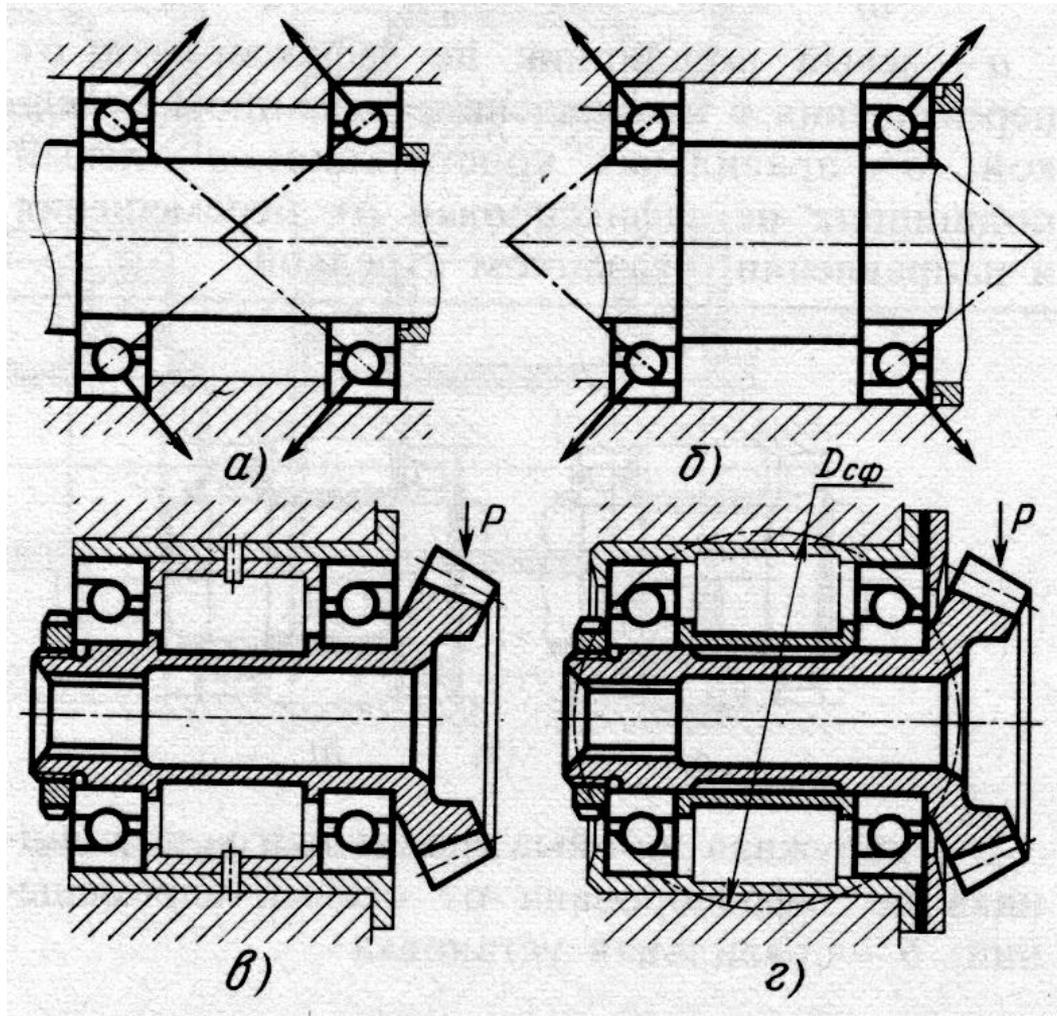


в)

Схемы пружинного предварительного натяга



Установка радиально-упорных подшипников

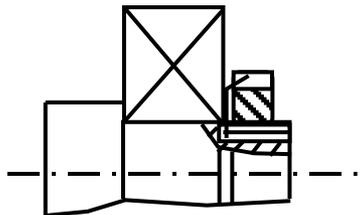


- Способ затяжки и расположение подшипников влияют на работу узла. Затяжка внутренних обойм (рис. а), когда оси качения шариков скрещиваются между подшипниками (схема X), обеспечивает большую жесткость, чем затяжка наружных обойм (рис.б), когда оси качения располагаются вне подшипников.

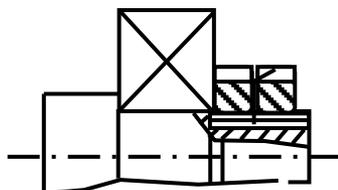
Крепление подшипников

- Торцовые поверхности колец подшипника являются базирующими. Они определяют положение подшипника относительно оси вала (отверстия). От положения этих поверхностей зависит степень перекоса колец. При значительном перекосе колец подшипник быстро изнашивается и выходит из строя. Для предотвращения перекоса кольца подшипников надо точно базировать по их торцам.
- Кольца подшипников имеют небольшую жесткость. При запрессовке подшипника на вал из-за неравномерности приложения внешних сил и сил трения внутреннее кольцо деформируется. Чтобы выправить положение подшипника его внутреннее кольцо надо довести до заплечиков вала и плотно прижать к ним.
- **Таким образом, внутренние кольца подшипников запрессовываются до упора в заплечики вала. Очевидно, что заплечики должны быть строго перпендикулярны к оси посадочной шейки вала.**
- Тип посадки внутреннего кольца при сборке зависит от класса точности подшипника. Для подшипников классов точности 0 и 6 посадочное место вала обрабатывается с основным отклонением $k6$, $m6$, $n6$.
- Кроме того, внутреннее кольцо подшипника должно быть зафиксировано на вале от осевого смещения. Основные способы крепления подшипника на вале приведены ниже.

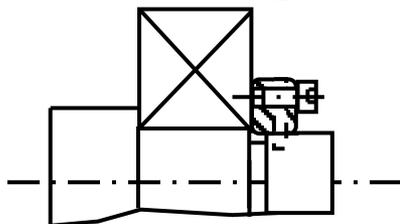
Способы крепления подшипников на валу



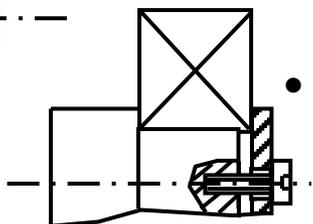
- Круглой гайкой и стопорной шайбой. Язычок шайбы вводят в паз вала, а один из наружных зубцов отгибают в прорезь круглой гайки



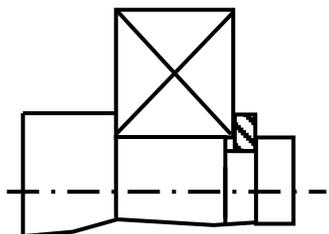
- Двумя круглыми гайками, одна из которых выполняет роль контргайки. Между гайками устанавливают стопорную шайбу. Наружные зубцы шайбы отгибают в один из пазов каждой гайки.



- Упругой гайкой, имеющей радиальную прорезь для стопорения затяжным винтом



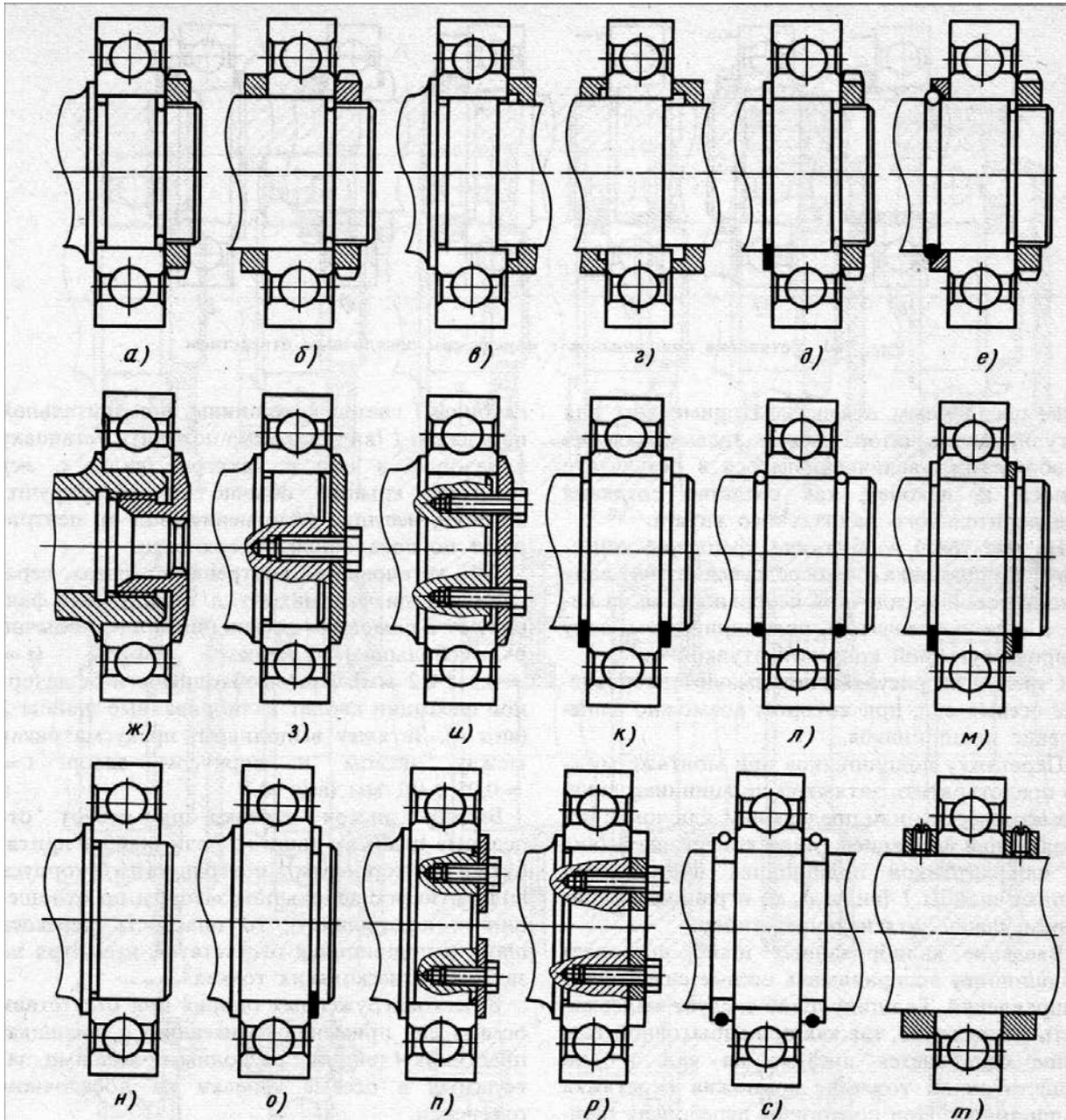
- Упорной плоской шайбой



- Пружинным стопорным кольцом, вставленным в проточку на валу. Крепление применяют при незначительных осевых нагрузках

Подшипники

• Крепление подшипников на валах



Подшипники

Крепление подшипников с коническим посадочным отверстием на валах

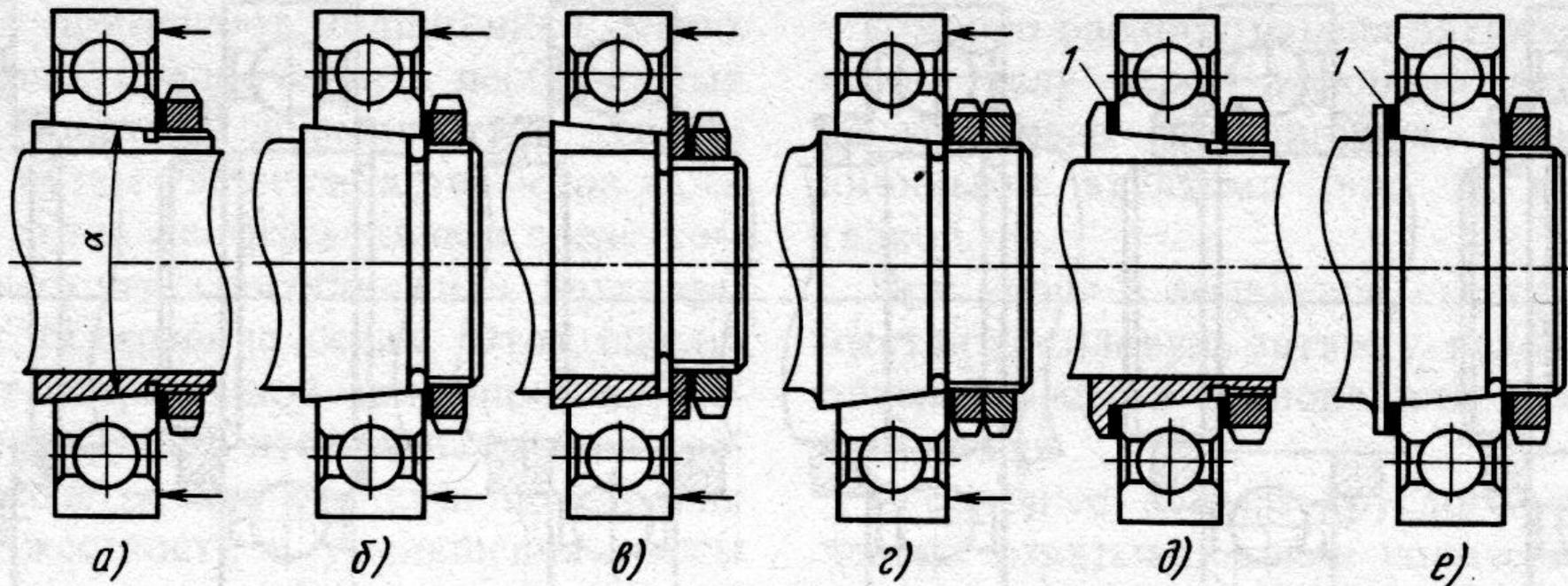
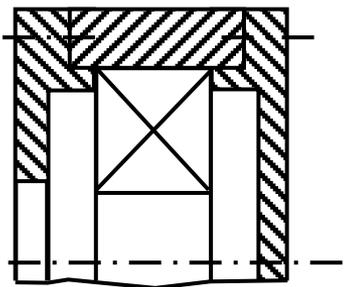
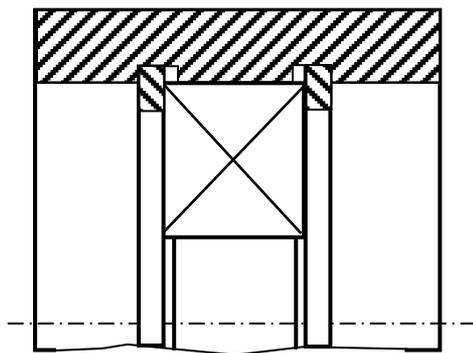


Рис. 764. Установка подшипников с коническим посадочным отверстием

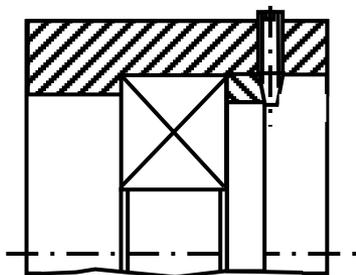
Способы крепления подшипников в корпусе



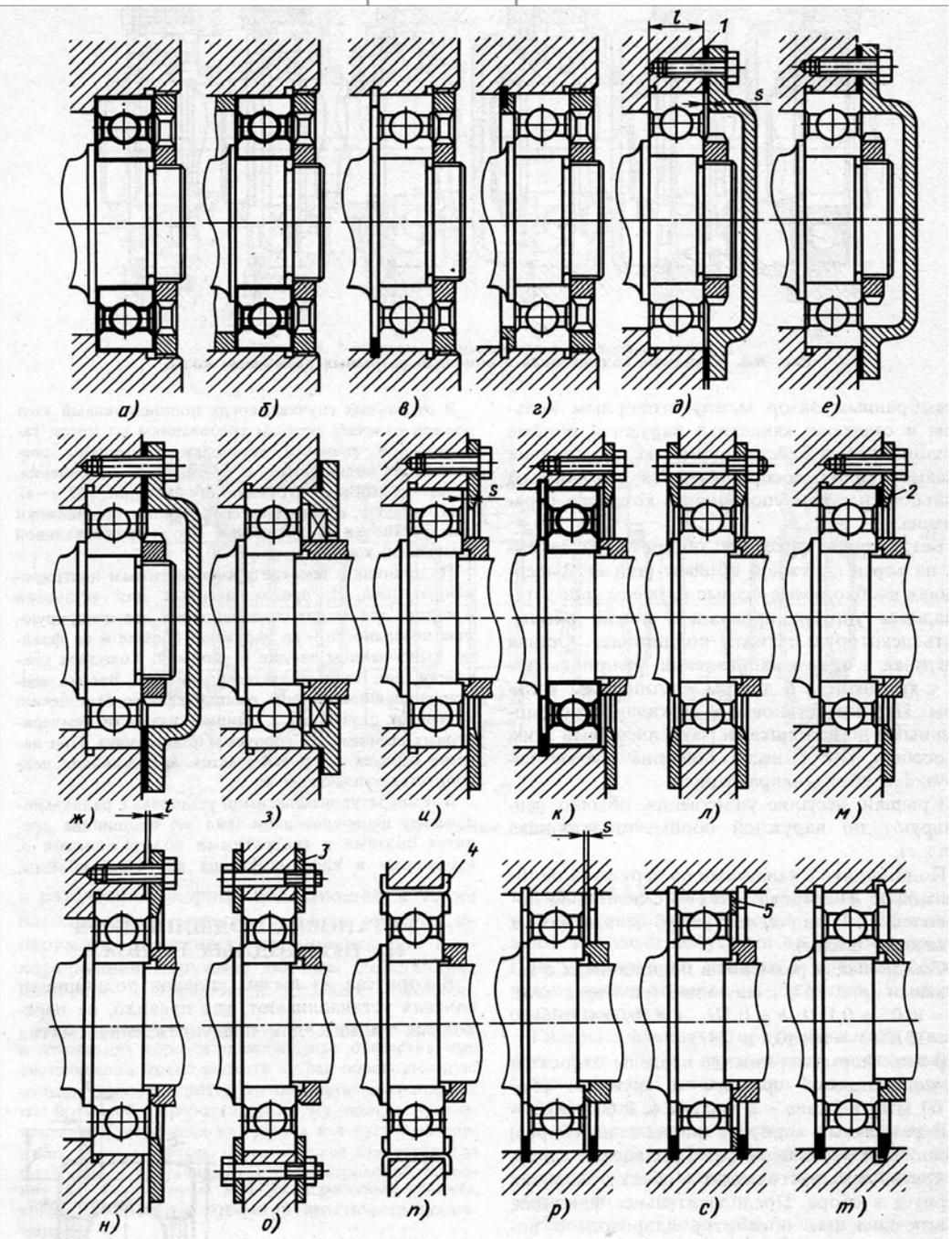
- С помощью глухих или сквозных фланцевых крышек, устанавливаемых в разъемном или неразъемном корпусе



- 1. Пружинными стопорными кольцами, вставленными в проточки неразъемного корпуса. Крепление применяют при незначительных осевых нагрузках.
- 2. Упорными кольцами, устанавливаемыми в проточках разъемного корпуса. Упорное кольцо может состоять из двух половин или иметь прорезь шириной несколько больше диаметра вала, чтобы можно было снять кольцо без демонтажа подшипника



- Винтом с конусным концом, прижимающим распорную втулку к наружному кольцу подшипника



**Способы крепления подшипников
в корпусе**

Способы крепления подшипников в разъемном корпусе

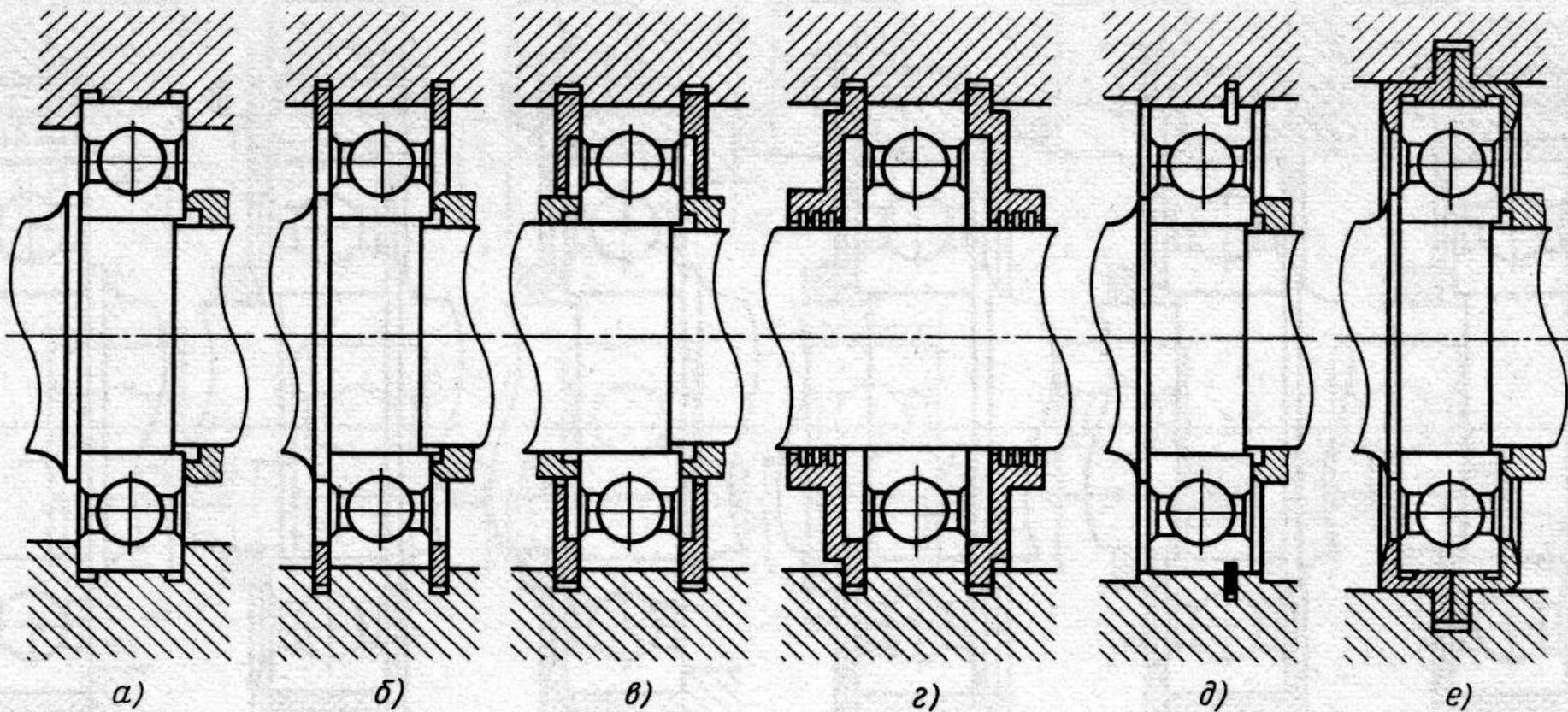
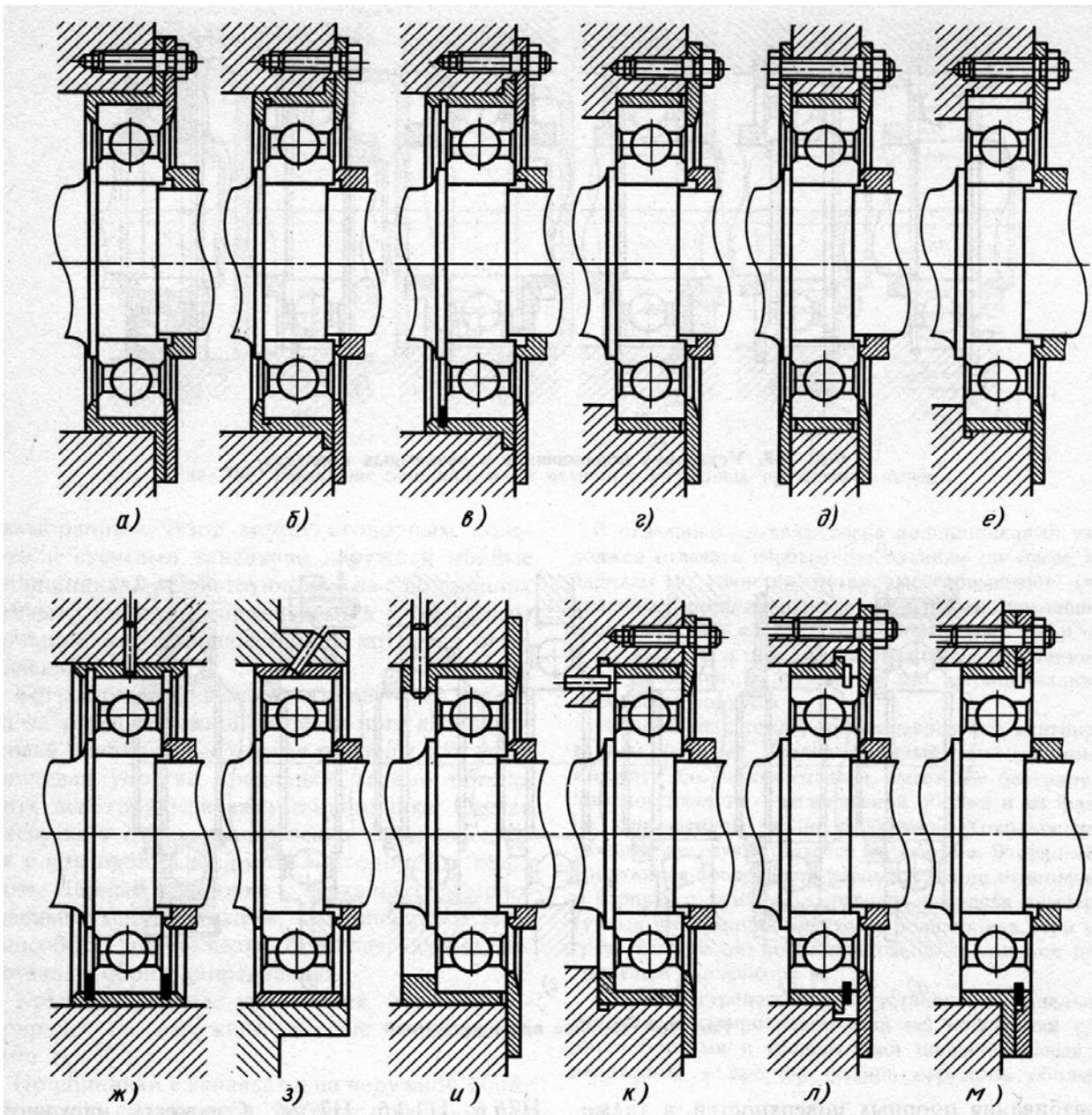


Рис. 768. Установка подшипников в разъемных корпусах

Установка подшипников в гильзах



Высота упорных буртиков

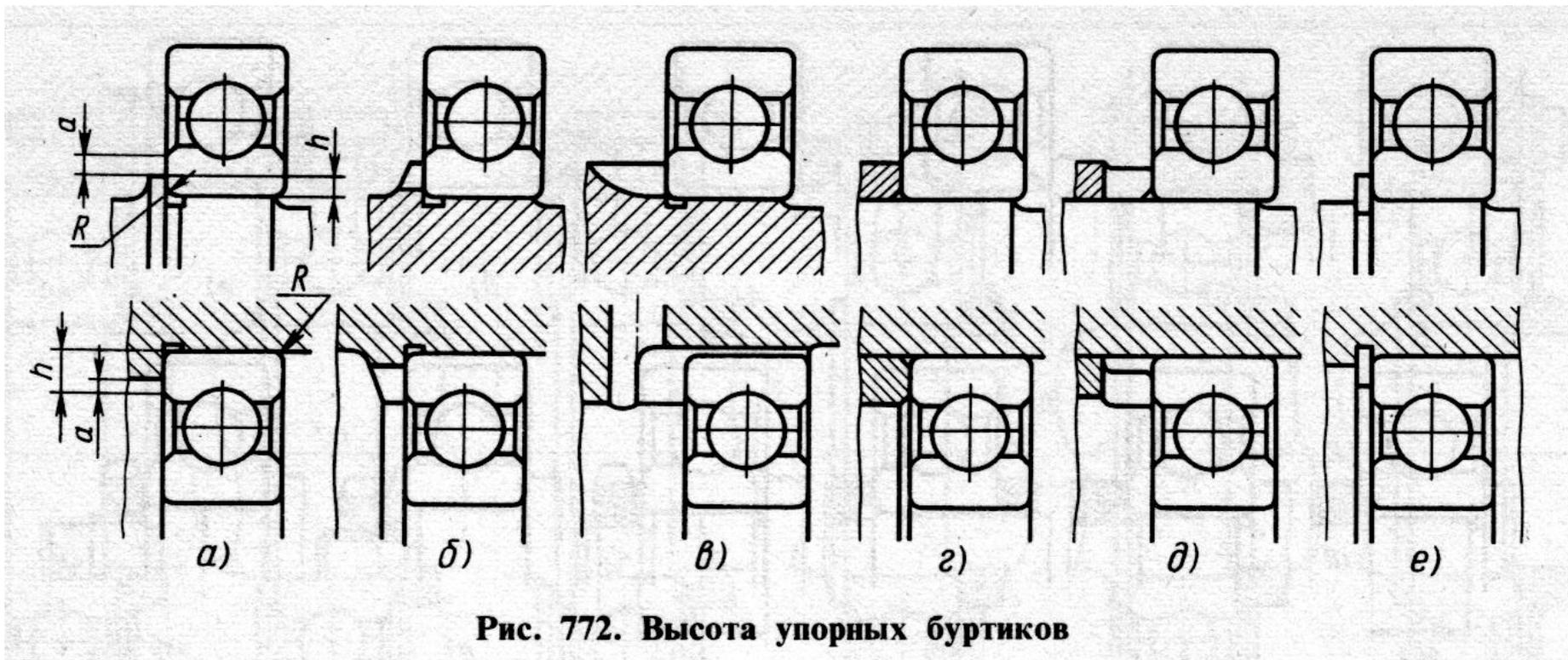
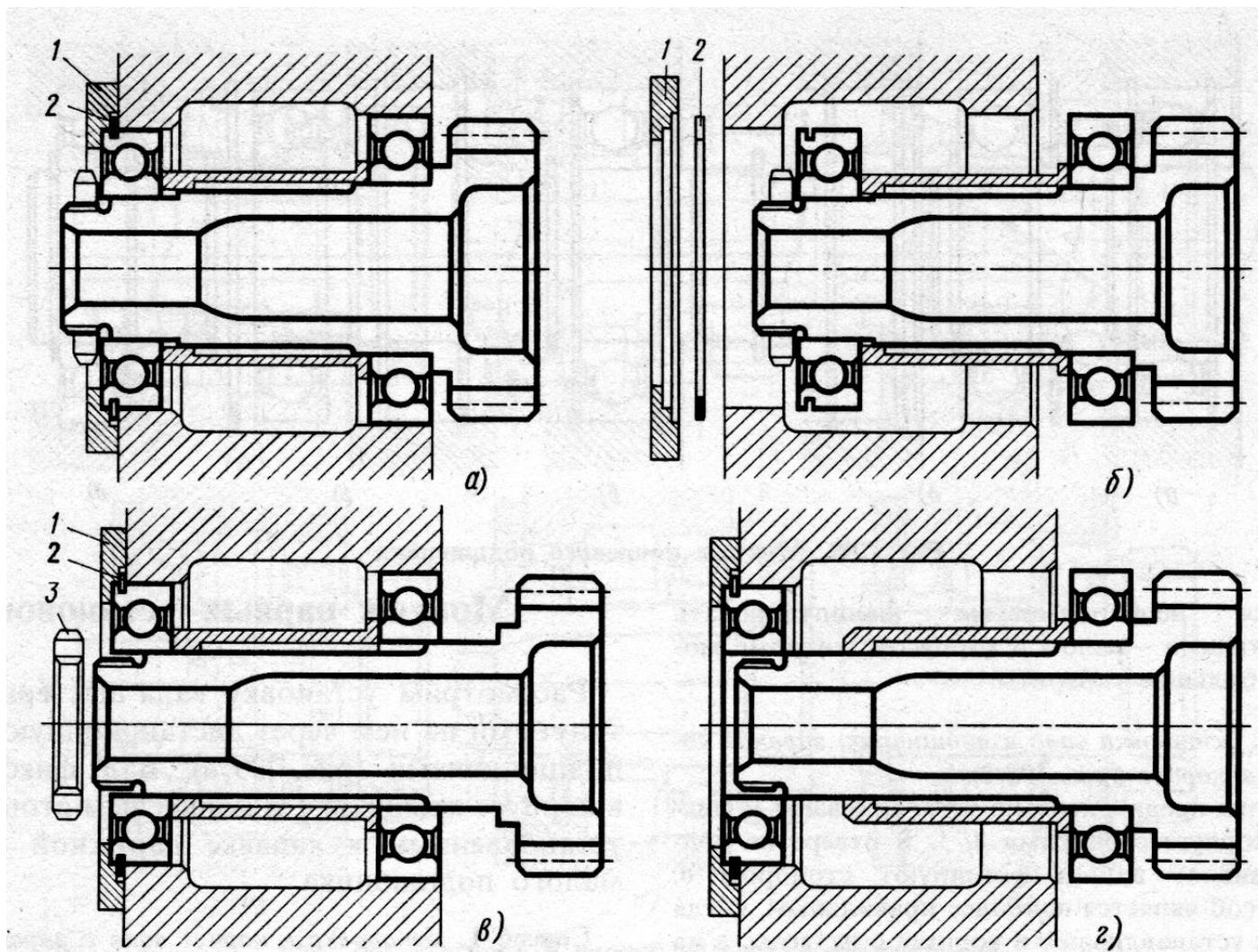


Рис. 772. Высота упорных буртиков

- Предельная высота буртиков регламентируется ГОСТом и она не должна препятствовать демонтажу подшипника.
- Ориентировочно высоту буртиков можно определить по формуле:

$$h = 0.05(D - d) + (2...3) \text{ мм}$$

Монтаж подшипников в парной установке



- Важно, чтобы первый по ходу монтажа подшипник заходил в своё посадочное отверстие первым.

Смазка подшипников

- Известно, что система "шпиндель" работает неудовлетворительно, когда смазывающего материала подается к подшипникам качения **и мало, и много**. Когда смазки в подшипниках мало, то происходит их быстрый износ, повышается уровень шума. Если смазки в подшипниках много, то повышается момент сопротивления вращению вала, увеличиваются потери мощности, подшипник нагревается.
- Таким образом, подсистема смазки должна обеспечить и поддерживать оптимальный режим работы подшипников качения шпинделя. Влияние смазки на работу шпинделя и его надежность не меньше, чем влияние конструктивных форм и размеров деталей. Смазку надо рассматривать как один из элементов конструкции.

Смазывающие материалы

- Подшипники могут работать на жидкой или пластичной смазке. В качестве **жидкой смазки** используются различные масла: индустриальные марок И-5А, И8А, ..., И-100А, авиационные МС-14, МС-20, турбинные Т22, Т30, турбинные масла с присадками Тп-22 и др.
- В состав **пластичных смазок** входят жидкие масла и твердые загустители. Мельчайшие твердые частицы загустителя, сцепляясь друг с другом, образуют каркас, заполненный жидким маслом. Загустители в виде мыла могут быть трех типов: кальциевые, натриевые и литиевые. Для смазки подшипников качения используют следующие пластические материалы:
- **на кальциевых загустителях** – солидол синтетический по ГОСТ-4366-76, солидол С, пресс-солидол, солидол жировой по ГОСТ-1033-79, солидолы УС-1 и УС-2, униол-1, ЦИАТИМ-221 по ГОСТ-9433-80;
- **на натриевых загустителях** – смазка автомобильная по ГОСТ9432-60;
- **на литиевых загустителях** – литол-24 по ГОСТ-21150-87, смазка ВНИИ НП-242 по ГОСТ-18142-80, фиол-1, фиол-2 и др.

Устройства для смазки

- **Устройства на пластичной смазке.** Подшипники заправляются пластичной смазкой при сборке подшипникового узла. Необходимый объем смазки можно определить по формуле, см³:

$$V = fBD_o^2 / 1000$$

где f – коэффициент заполнения, при $d = 40-100$ мм $f = 1$;

D_o – средний диаметр подшипника, мм;

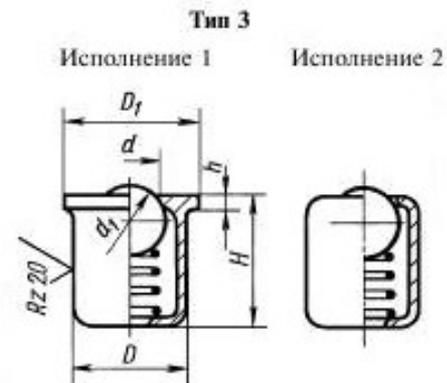
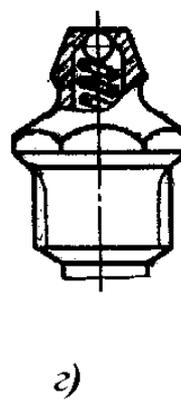
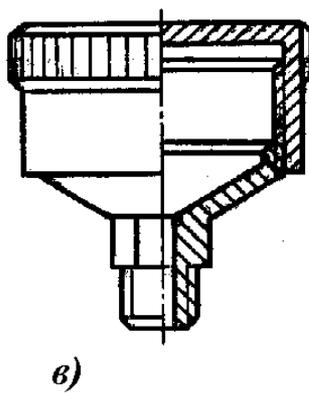
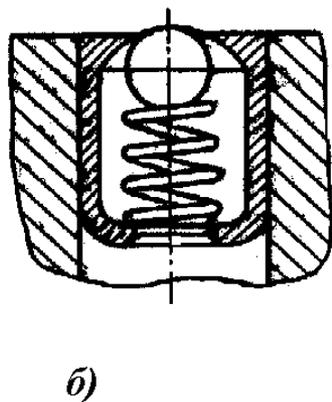
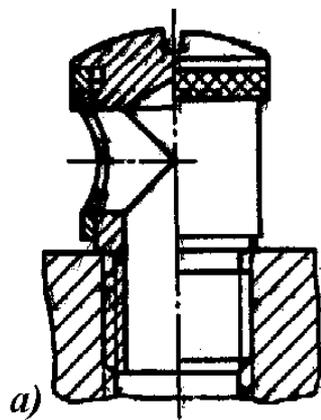
B – ширина подшипника, мм.

Излишнее количество пластичной смазки вызывает нагрев подшипника при работе.

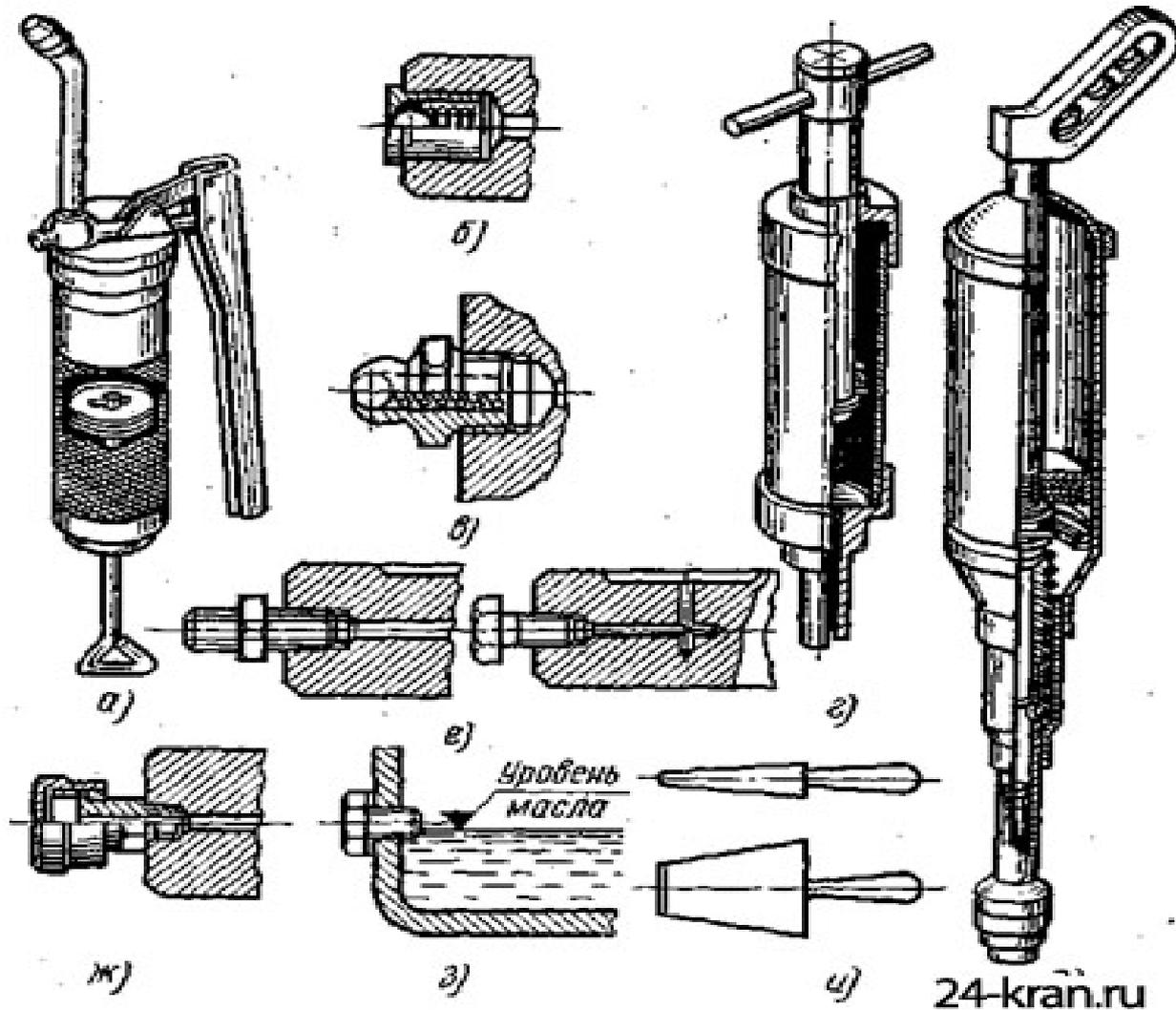
Для добавления пластичной смазки подшипниковый узел должны быть снабжен пресс-масленкой или колпачковой масленкой.

Устройства для смазки

Для добавления пластичной смазки подшипниковый узел должны быть снабжен пресс-масленкой или колпачковой масленкой. При использовании пресс-масленки смазка продавливается до подшипника шприцем. В колпачковую масленку смазка закладывается сверху, а затем продавливается винтом, который ввертывается в колпачок.

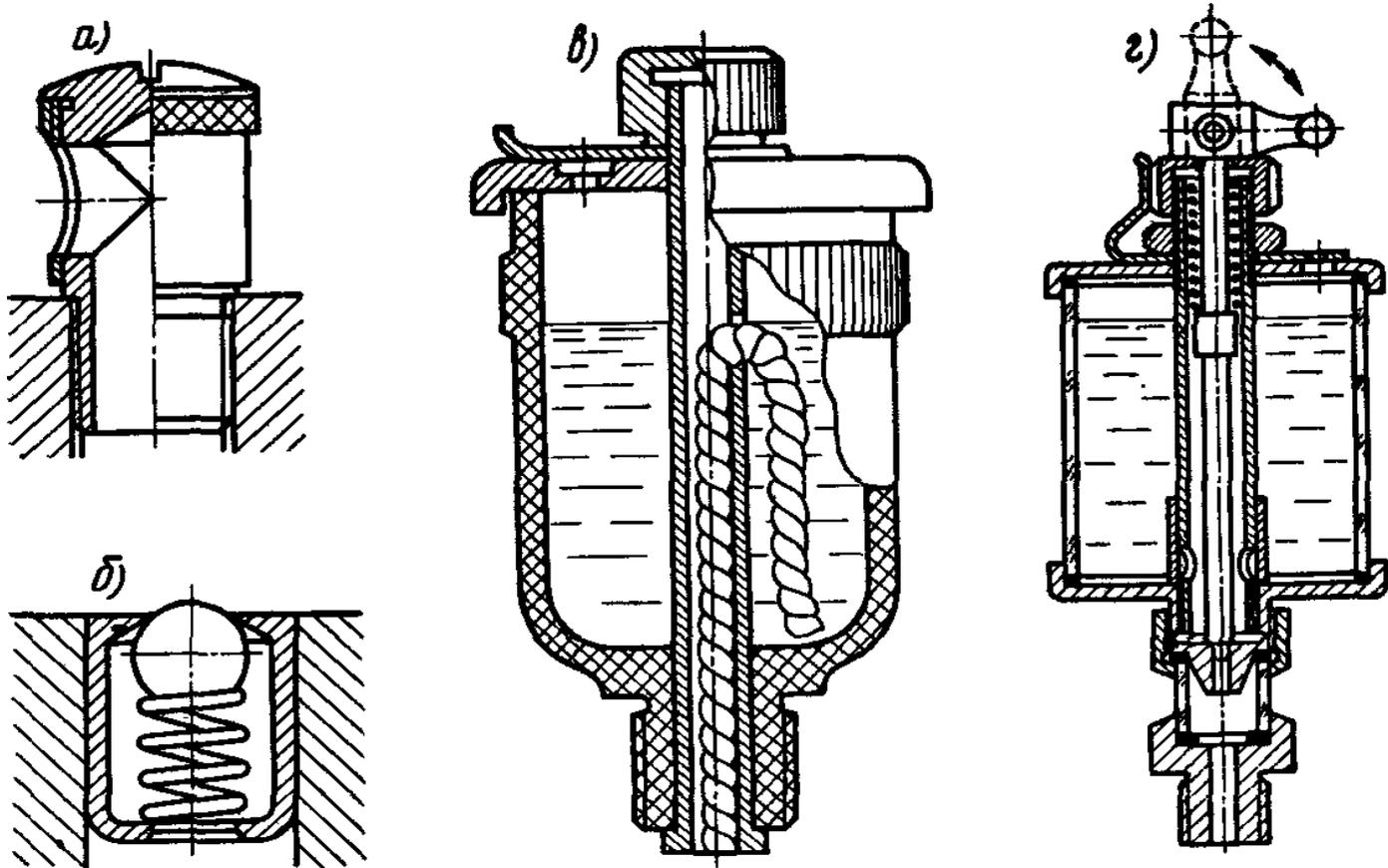


Устройства для смазки

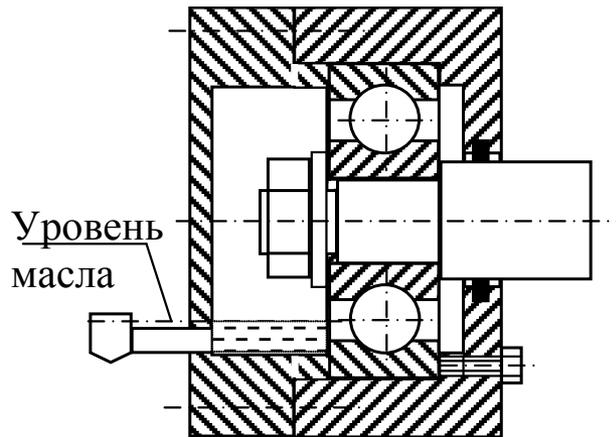


Устройства для смазки

Устройства на жидкой смазке. В подшипниковых узлах наиболее часто используются следующие системы смазки: масляной ванной, фитилями, винтовыми канавками, коническими насадками, масленками, распылением, разбрызгиванием.



- **Смазывание в масляной ванне** применяется для подшипников, посаженных на горизонтальном вале. При частоте вращения вала $n < 3000 \text{ мин}^{-1}$ уровень масла должен доходить до середины нижнего шарика (ролика) подшипника. При $n \geq 3000 \text{ мин}^{-1}$ смазка подшипников в ванне недопустима из-за больших энергетических потерь на перемешивание масла.

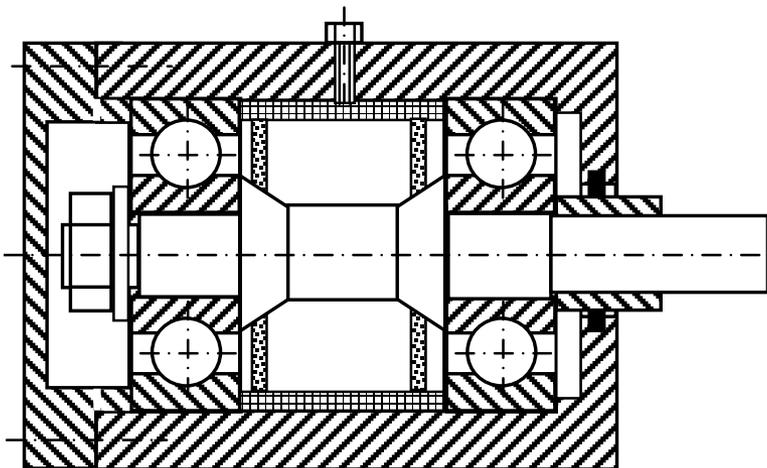


Для поддержания заданного уровня масла в крышке делается отверстие для заливки нового масла, а в корпусе – для слива отработанного масла

Устройства для смазки

- **Фитильное смазывание** применяется как в горизонтальных (рис. 28), так и в вертикальных быстроходных шпинделях, где требуется дозированная подача масла.

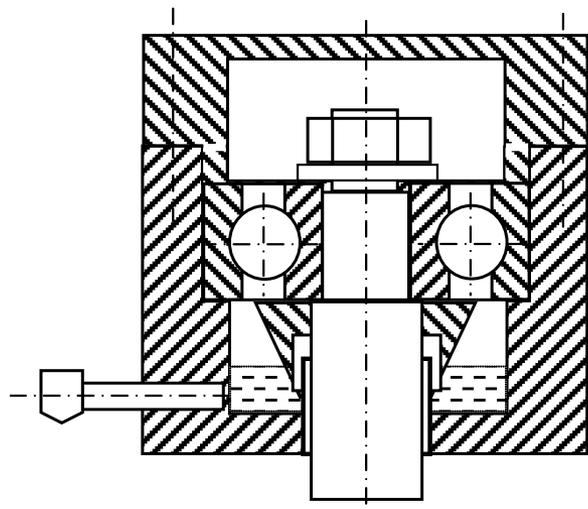
Устройство для смазки состоит из фетровой кольцевой прокладки, которая периодически пропитывается маслом, подаваемом через отверстие в верхней части корпуса. К прокладке прикреплены два кольцевых фитиля, которые соприкасаются с коническими поверхностями вала. Прокладка и фитили не только проводят масло, но и фильтруют его.



При работе капельки масла, поступающие на конические поверхности вала, под действием центробежных сил отбрасываются по радиусу вращения вала. При этом центробежная сила, действующая на капельку, раскладывается на нормальную и касательную составляющую, которая перемещает капельку по конусной поверхности в сторону большего диаметра конуса, т.е. в сторону подшипника. Если в подшипник попадет несколько капелек масла, то этого достаточно на долгие часы работы.

Устройства для смазки

- **Смазывание разбрызгиванием** применяется в подшипниковых опорах горизонтальных валов, работающих с высокой частотой вращения. На валу возле подшипниковой опоры крепится диск, который на 1-5 мм погружается в масляную ванну. При вращении диск разбрызгивает капельки масла на стенки корпуса. Капельки, стекая по стенкам корпуса вниз, частично попадают в подшипник. При использовании данного способа смазки следует беспокоиться о том, чтобы масляная струя, сходящая с диска, была не сильной и не залила подшипник.



Смазывание подшипников насадками применяется в узлах с вертикальным расположением вала. Насадка в виде конической чашки крепится на валу под подшипником и погружается в масляную ванну (рис.). При вращении конической чашки одна из составляющих центробежной силы, действующей на капельку масла, направлена в сторону большего диаметра чашки. В результате этого капли масла поступают из ванны к подшипнику. Смазывание насадками применяют при частоте вращения подшипников $8000-10000 \text{ мин}^{-1}$.

Технологии изготовления и сборки

- **Требования к изготовлению.** Конструкция вала должна быть технологичной для изготовления.
- 1. Номенклатура резцов, радиусы галтелей и углы фасок на одном вале должны быть по возможности одинаковыми.
- 2. Для выхода резьбонарезного и шлифовального инструмента в конструкции вала следует предусмотреть проточки. Ширину проточек надо делать одинаковой.
- 3. Если по длине вала имеется несколько шпоночных пазов, то они должны обрабатываться одной фрезой с одной установки вала и иметь одинаковую ширину.
- 4. Длинные шпоночные пазы должны обрабатываться дисковой фрезой, так как производительность фрезерования ею выше, чем концевой фрезой. В этом случае в конструкции вала следует предусмотреть выход для дисковой фрезы.
- 5. Призматическая шпонка должна сидеть в пазу вала с натягом. Ширину паза следует принимать с допуском по *P9*. Поля допусков ширины шпоночного паза отверстия принимают следующие:
 - для неподвижного соединения нереверсивной передачи – *Js9*;
 - для неподвижного соединения реверсивной передачи – *P9*;
 - для подвижного соединения – *D10*.
- 6. На поверхности, подлежащей шлифованию, выполнять продольные пазы нежелательно. Такую поверхность трудно шлифовать.
- 7. На торцах и ступенях участков вала следует делать фаски, облегчающие сборку и притупляющие острые кромки.

Рекомендации по проектированию подшипниковых узлов

- Проектирование узла включает следующие этапы.
- 1. Эскизная компоновка узла.
- 2. Определение величины и направления сил, действующих в опоре.
- 3. Выбор типа подшипника с учетом нагрузок, частоты вращения, монтажа, условий эксплуатации. (Шариковые подшипники обеспечивают большую точность вращения с большей частотой вращения, чем роликовые, но грузоподъемность их ниже.)
- 4. Определение размера подшипника по нагрузке, долговечности, частоте вращения.
- 5. Определение класса точности подшипника: 0, 6, 5, 4, 2.
- 6. Определение сопряжения колец подшипника с учетом вращающегося кольца, выбор типа посадки.
- 7. Выбор типа смазочных материалов.
- 8. Самоустанавливающиеся подшипники целесообразно устанавливать в обоих опорах, что увеличивает возможность самоустанавливания.

Соосность посадочных мест

- Соосность требует полного совпадения геометрических осей шеек вала и отверстий корпусов после монтажа. Иначе узел будет работать ненормально из-за перекоса колец, перегрузки тел качения (шариков).

Обеспечение соосности

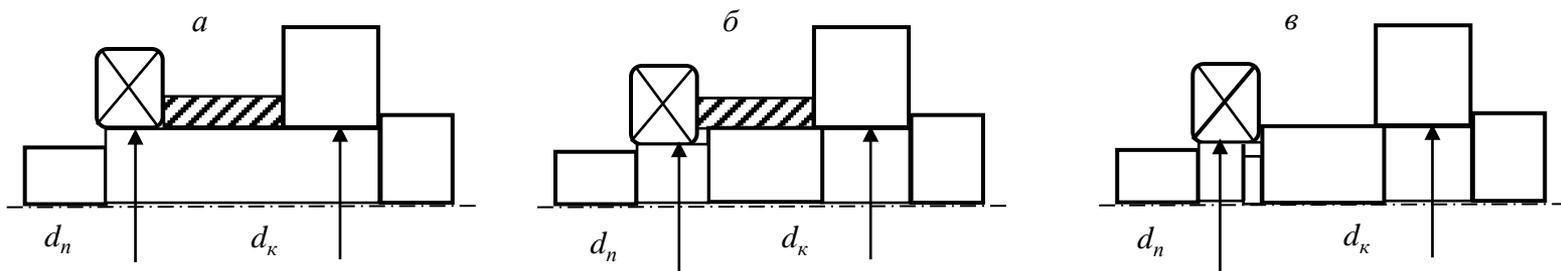
- 1. Размещение подшипников в общем корпусе.
- 2. Размещение разных корпусов на общей станине, фиксация их положения штифрами и последующее растачивание отверстий под наружные кольца подшипников с одной установки и за один проход.
- 3. Обработка посадочных мест на валах с одной установки на станке.
- 4. Применение в опорах самоустанавливающихся подшипников, если это не противоречит требованиям к жесткости узла.
Самоустанавливающийся подшипник обеспечивает поворот колец на 2...3 градуса.

Жесткость и прочность деталей

- 1. Размеры сопрягаемых с подшипниками деталей и их механические свойства должны быть оптимальными, чтобы противодействовать внешним нагрузкам.
- 2. Нагрузки в опорах не должны вызывать в стенках корпусов и валах деформаций, способных нарушить соосность.
- 3. Стенки корпусов должны быть жесткими (можно использовать ребра жесткости).
- 4. Высота заплечиков вала и корпусов должны быть достаточными для восприятия осевых нагрузок в узле.
- 5. Торцовые крышки должны иметь достаточную толщину, чтобы надежно прижать подшипник к заплечикам и не допустить перекося колец.
- **Сборка-разборка узла**
- 1. Предусмотреть фаски на валу и в отверстиях корпуса.
- 2. Обеспечить последовательность монтажа всех элементов вала и корпуса.
- 3. Обеспечить возможность использования съемников при разборке.

Требования к сборке

- По технологии сборки к валу предъявляется одно требование: **вал должен иметь такую конструкцию, чтобы каждая сидящая на нем деталь проходила при сборке до места посадки свободно.** Поэтому, если на вал с одной стороны устанавливается несколько деталей с натягом, то этот участок вала должен быть ступенчатым.

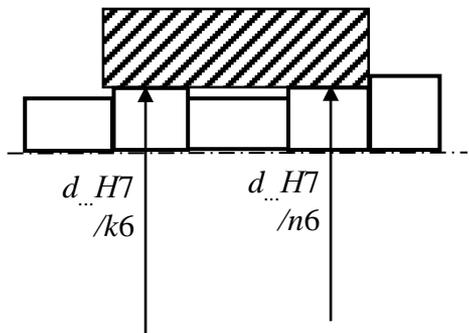


Варианты установки деталей на вал

При установке деталей на гладкий участок вала (рис. *a*) сборка узла затруднена. Путь запрессовки колеса большой, что делает сборку и разборку трудоемкой и приводит к искажению посадочной поверхности отверстия колеса. Кроме того, колесо деформирует поверхность вала и ослабляет посадку подшипника.

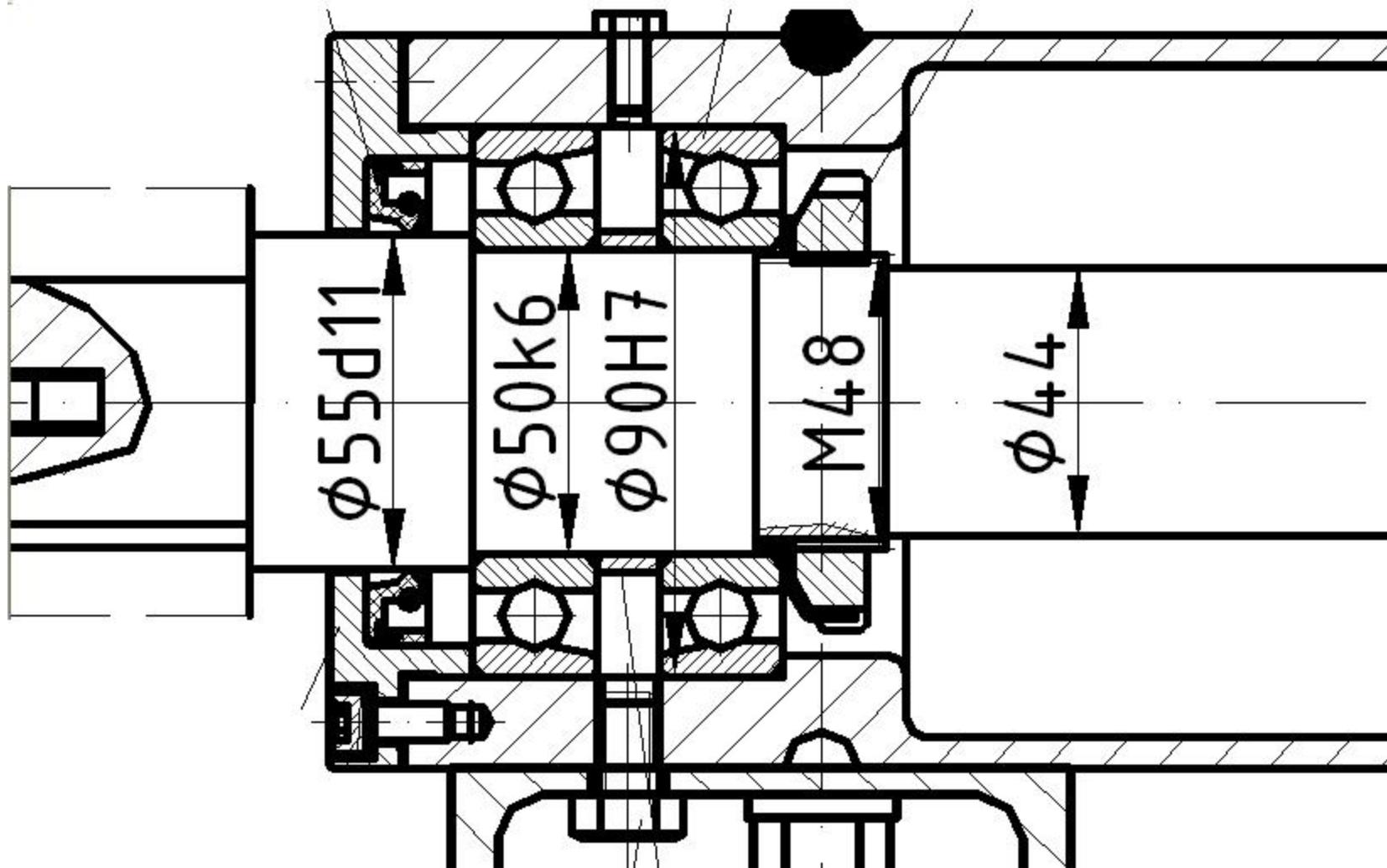
Требования к сборке

- Вал, показанный на рис. б, имеет для каждой детали свой участок. До места посадки детали свободно перемещаются вручную и не деформируют другие участки. Однако вал получается многоступенчатым, изготовление его трудоемко.
- При исполнении вала по рис. в колесо и подшипник упираются в буртики. В этом случае от распорной втулки можно отказаться и упростить конструкцию. Однако на посадочной поверхности под подшипник необходимо выполнить канавку для выхода шлифовального круга.
- Если на вал устанавливается с натягом длинная втулка (рис.), то выполнять шейки вала разного диаметра нежелательно из-за неизбежной несоосности посадочных мест вала и втулки и значительных деформаций поверхностей при сборке. В этом случае обе шейки вала следует выполнить одного диаметра и ослабить натяг на первой по направлению сборки шейке.

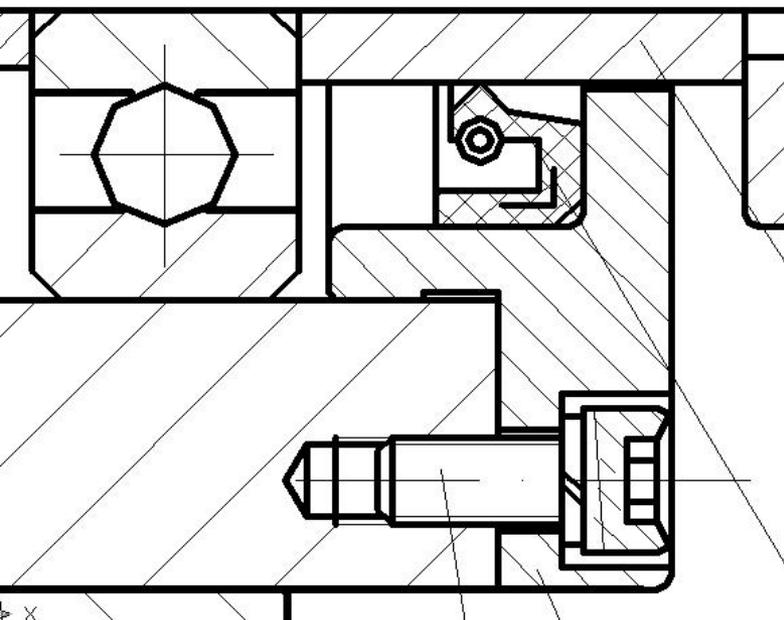


Установки длинной
втулки на вал

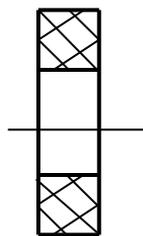
Уплотняющие устройства



Продолжение



- Уплотняющие устройства могут быть:
- - с трущимися эластичными элементами из войлока в форме кольца трапецевидной, прямоугольной или круглой формой поперечного сечения;
- - манжетного типа;
- - кольцевые зазоры, канавки, лабиринты.
- Войлок используется часто. Он хорошо адсорбирует масло, эластичен, предохраняет поверхность вала, полируя его, коэффициент трения 0,22 для сухого и 0,15 с маслом. Применяют при использовании пластичной смазки.
- Войлочные кольца не рекомендуется применять при высокой загрязненности окружающей среды при температуре выше 90 град.



Войлочнок кольцо

Манжеты резиновые армированные для валов

Электронный архив УГПТУ

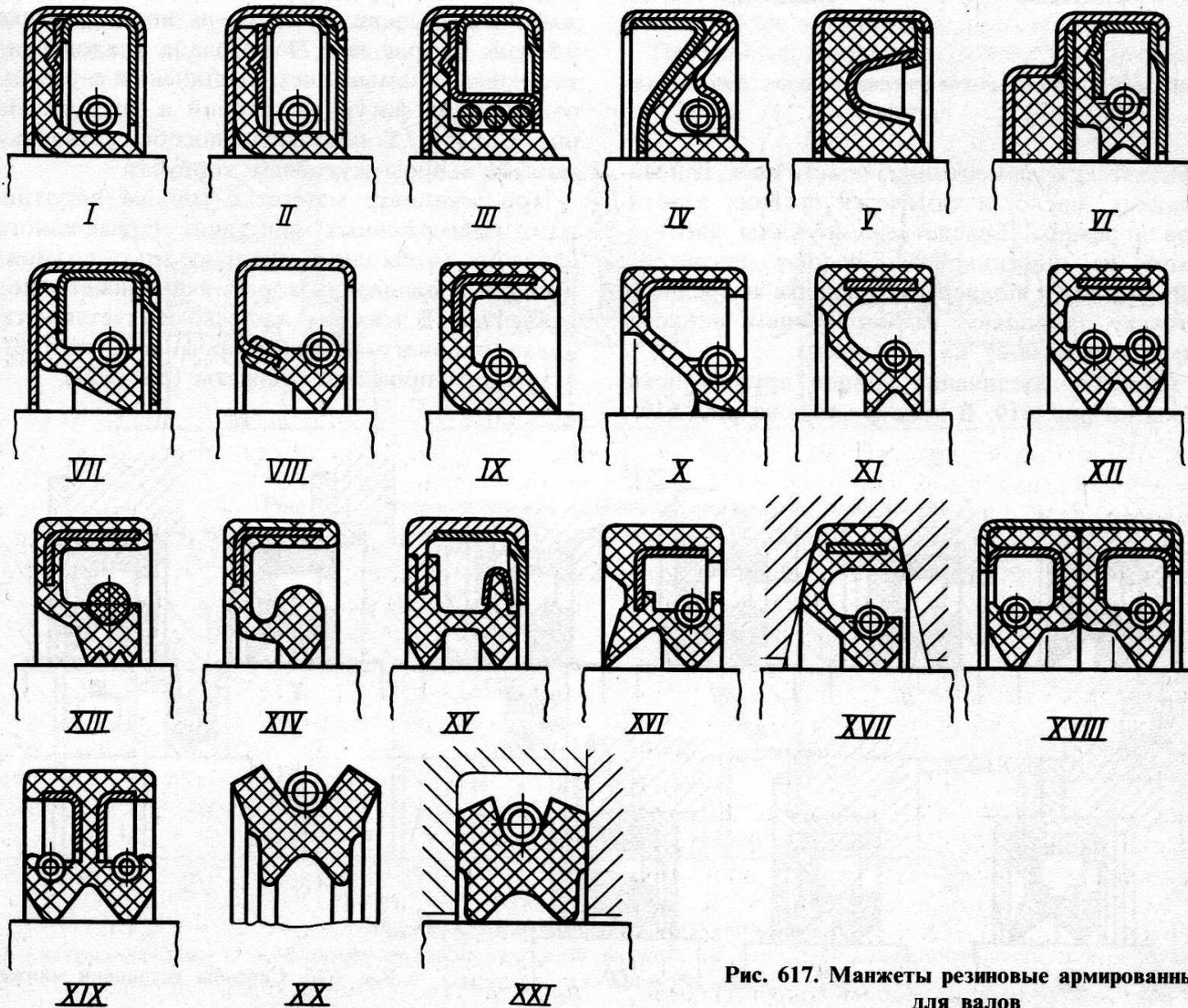


Рис. 617. Манжеты резиновые армированные для валов

Установка манжетных уплотнений

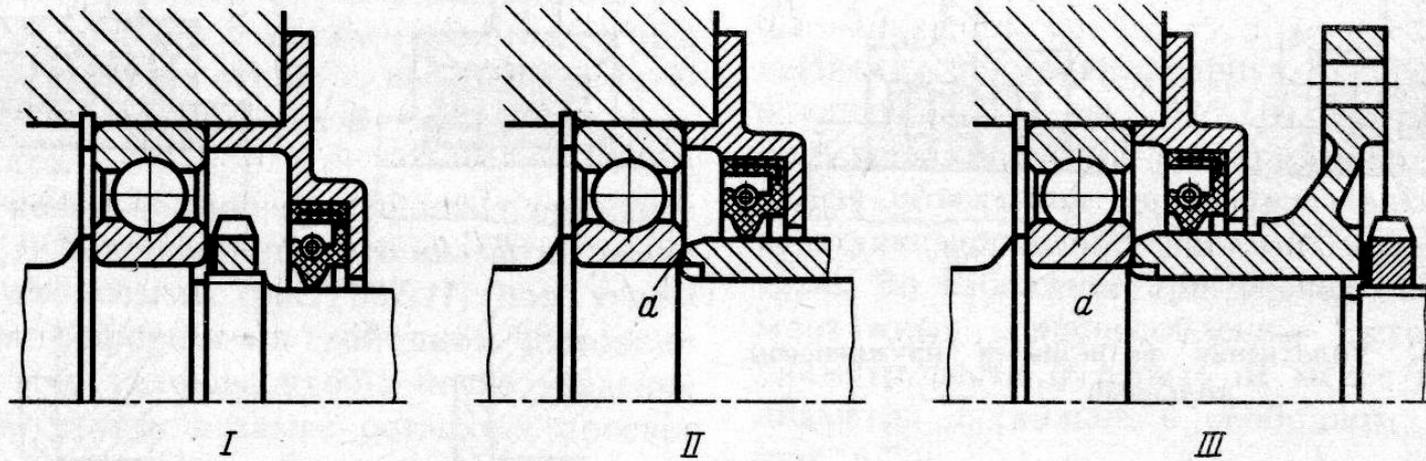


Рис. 622. Основные случаи установки манжетных уплотнений:
I – на вал; *II* – на промежуточную втулку; *III* – на ступицу насадной детали

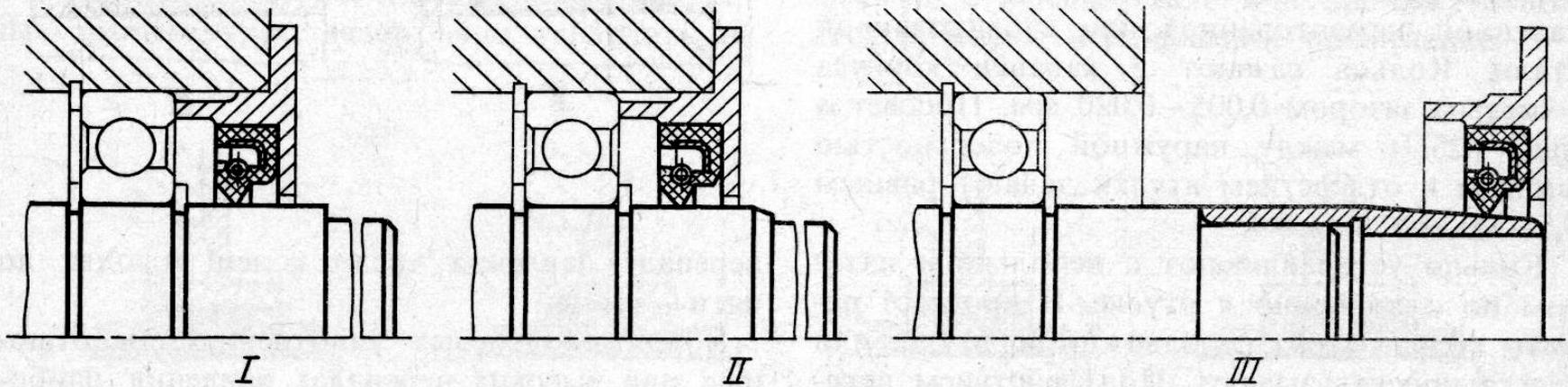


Рис. 623. Монтаж манжетных уплотнений:

I – затруднителен; *II* – облегчен полой заходной фаской на валу; *III* – приспособление для монтажа манжет на ступенчатые валы

Уплотнения резиновым кольцом, щелевые и отгонной резьбой

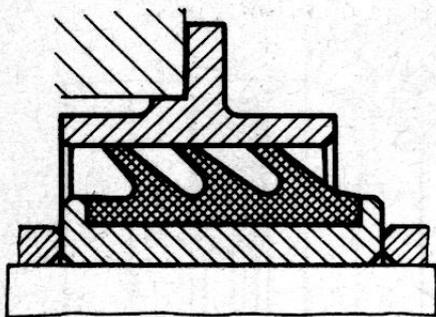


Рис. 631. Уплотнение резиновым кольцом с использованием центробежного эффекта

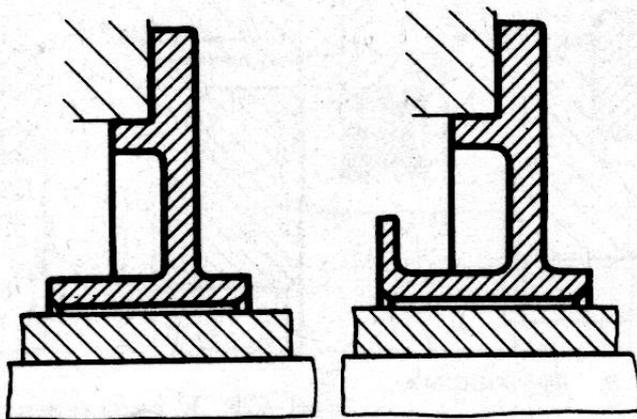


Рис. 632. Щелевые уплотнения

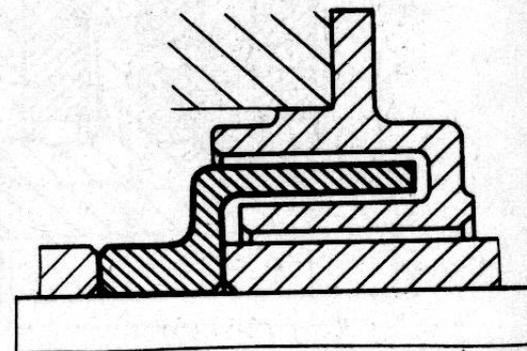


Рис. 633. Двухъярусное щелевое уплотнение

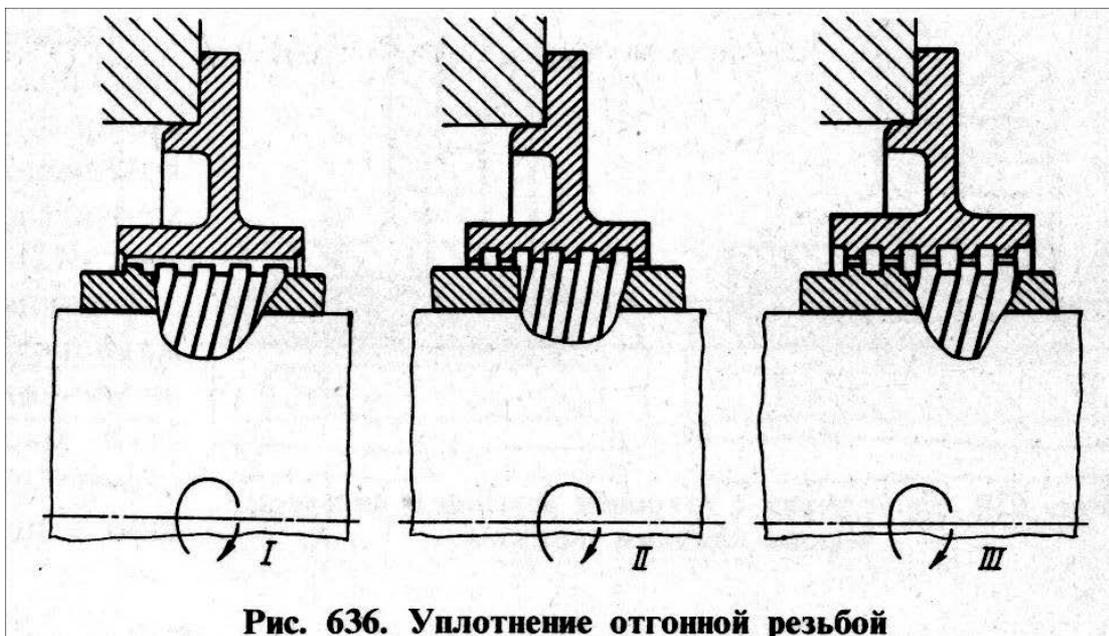


Рис. 636. Уплотнение отгонной резьбой

Лабиринтные уплотнения

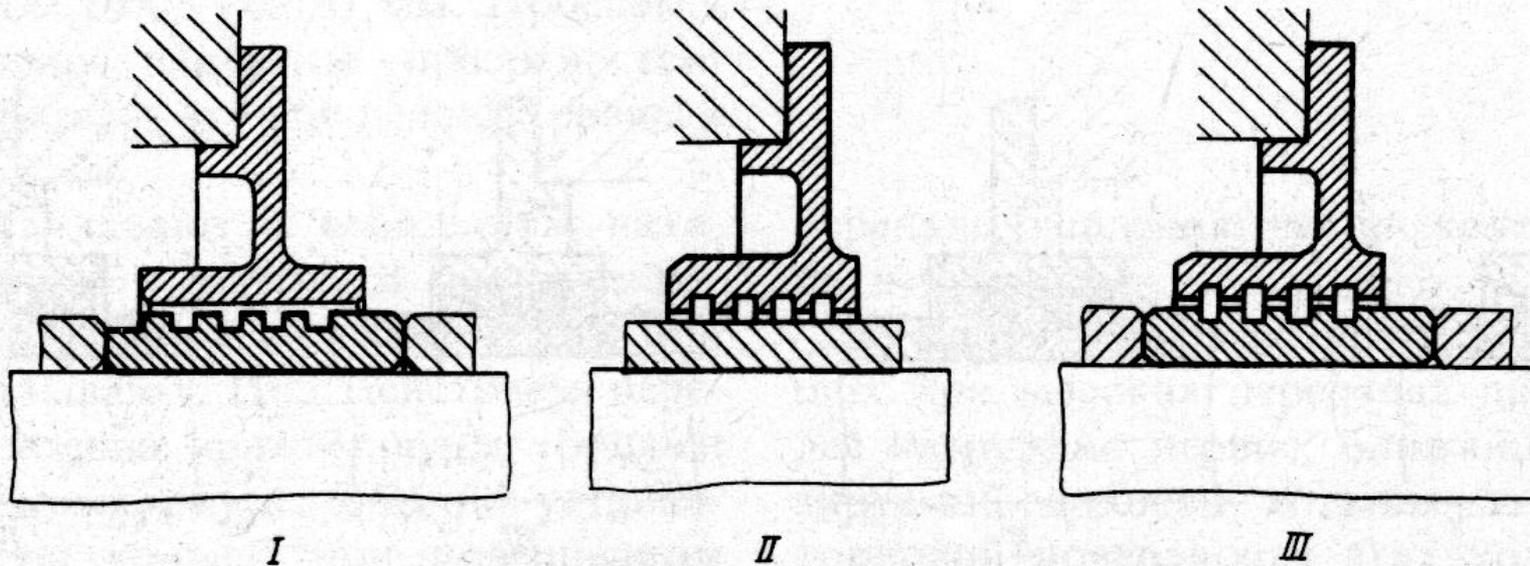


Рис. 634. «Лабиринтные» уплотнения

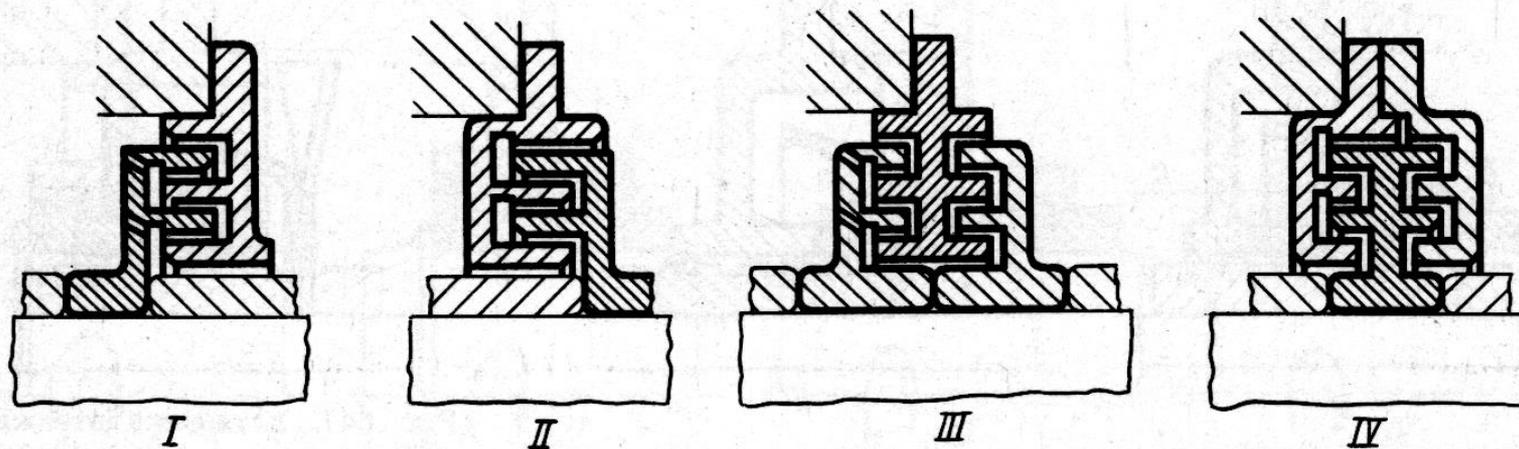
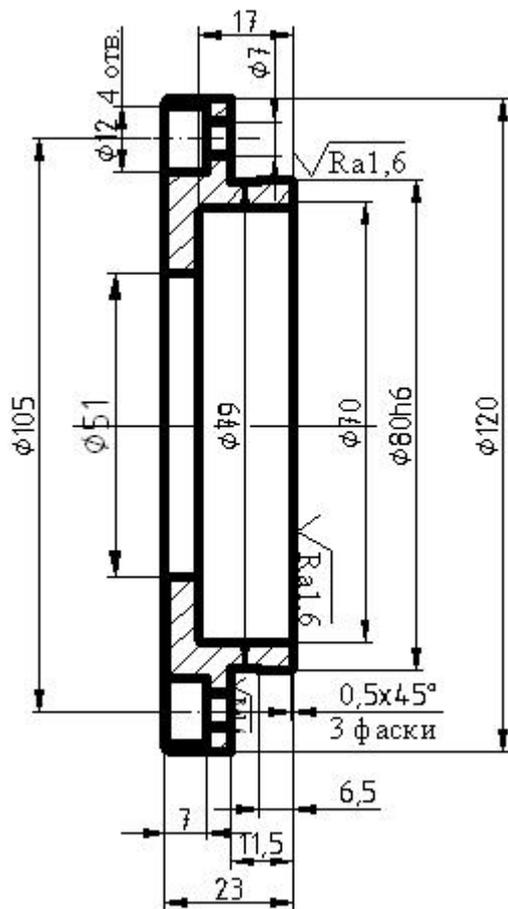


Рис. 653. Осевые «лабиринтные» уплотнения

Крышка



- Крышки сквозные или глухие делают из стали Ст.3...Ст.6 ГОСТ 380-88 или чугуна СЧ10, СЧ15.

Назначение шероховатости деталей

Ориентировочное значение шероховатости поверхности детали находят по величине среднеквадратичной высоты микронеровностей, мкм:

$$h_{срк} = k\Delta,$$

- где k – коэффициент пропорциональности ($k = 0,15 \dots 0,25$);
- Δ – допуск на размер детали, мкм, т.е. разность между верхним и нижним предельными отклонениями размера.
- По найденному $h_{срк}$ назначают шероховатость поверхности в соответствии с ГОСТ 2789-73.
- **Пример.** На детали поставлен размер отверстия $\varnothing 100H8$.
- **Назначить** шероховатость поверхности. По справочным таблицам находим предельные отклонения размера, а по ним – допуск на размер детали $\Delta = 54 - 0 = 54$ мкм. Среднеквадратичная высота микронеровностей мкм.

$$h_{срк} = k\Delta = 0,15 \cdot 54 = 8,1$$

- Назначаем шероховатость поверхности с параметром $Ra = 6,3$ мкм.

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Классы шероховатости (ГОСТ 2789-73)**

| Классы шероховатости | Параметры шероховатости, мкм | | Базовая длина λ , мм |
|----------------------|------------------------------|------|------------------------------|
| | R | Rz | |
| 1 | 80 | 320 | 8,0 |
| 2 | 40 | 160 | |
| 3 | 20 | 80 | |
| 4 | 10 | 40 | 2,5 |
| 5 | 5 | 20 | |
| 6 | 2,5 | 10 | 0,8 |
| 7 | 1,25 | 6,3 | |
| 8 | 0,63 | 3,2 | 0,25 |
| 9 | 0,32 | 1,6 | |
| 10 | 0,16 | 0,8 | |
| 11 | 0,08 | 0,4 | |
| 12 | 0,04 | 0,2 | |
| 13 | 0,02 | 0,1 | 0,08 |
| 14 | 0,01 | 0,05 | |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Сопрягаемые поверхности
- Поверхности направляющих станков

| Класс точности станков | Направляющие | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | скольжения | | | качения | | |
| | легкие | средние | тяжелые | легкие | средние | тяжелые |
| | Параметр шероховатости R_a , мкм | | | | | |
| Особо точные | 0,32 | 0,32 | 0,63 | 0,16 | 0,16 | 0,32 |
| Особо высокой точности | 0,63 | 0,32 | | | 0,32 | |
| Повышенной точности | 0,32 | 0,63 | 1,25 | 0,16 | 0,32 | 0,63 |
| Нормальной точности | 0,63 | 1,25 | 2,5 | 0,32 | 0,63 | 1,25 |

- Поверхности торцевых опор

| Торцовое биение, мкм | Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм |
|----------------------|--|
| До 6 | 0,16 |
| До 10 | 0,32 |
| До 16 | 0,63 |
| До 25 | 1,25 |
| До 40 | 2,5 |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Поверхности осей и валов под уплотнения

| Уплотнение | Скорость, м/с | | |
|---------------------------------|---|---|--|
| | До 3 | Св. 3 до 5 | Св. 5 |
| Резиновое | Полировать. Параметр шероховатости Ra 1 мкм | Полировать. Параметр шероховатости Ra 0,5 мкм | Полировать. Параметр шероховатости Ra 0,25 мкм |
| Лабиринтное. Жировые канавки | Параметры шероховатости Rz 20 и Ra 2,5 мкм | | |
| Войлочное | При скорости до 4 м/с. Полировать. Параметр шероховатости Ra 1 мкм | | |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Поверхности мест посадки шарико- и роликоподшипников

| Посадочные места | Класс точности подшипников по ГОСТ 520-89 | Параметр шероховатости поверхности Ra, мкм, при номинальном диаметре, мм | |
|------------------------------------|---|--|---------------|
| | | До 80 | Св. 80 до 500 |
| Валов | 0 и 6 | 1,25 | 2,5 |
| | 5 и 4 | 0,63 | 1,25 |
| | 2 | 0,32 | 0,63 |
| Отверстий корпусов | 0 и 6 | 1,25 | 2,5 |
| | 5, 4, 2 | 0,63 | 1,25 |
| Торцов заплечиков валов и корпусов | 0 и 6 | 2,5 | 2,5 |
| | 5, 4, 2 | 1,25 | 2,5 |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Поверхности зубьев зубчатых колес и червяков

| Степень точности колес | Параметры шероховатости Ra, мкм | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------|-----------|----------|
| | Зубчатых колес | | | Червяков |
| | Цилиндрических | Конических | Червячных | |
| 3 | - | - | 0,63 | 0,16 |
| 4 | 0,63 | - | 0,63 | 0,16 |
| 5 | 0,63 | 0,63 | 1,25 | 0,32 |
| 6 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 0,63 |
| 7 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 8 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| 9 | 2,5 | Rz20 | - | - |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- **Поверхности нарезки ходовых винтов и гаек**

| Класс точности ходовых винтов | Параметры шероховатости R_a , мкм | |
|----------------------------------|--|-------------------------|
| | Ходовые винты | Гайки ходовых винтов |
| 0 | 0,32 | 0,63 |
| 1 | 0,63 | 0,63 |
| 2 | 1,25 | 1,25 |
| 3 | 2,5 | 2,5 |
| 4 | 2,5 | Rz20 |

- **Привалочные (сопрягаемые) плоскости корпусных деталей**

| Наименьший размер, мм | Параметр шероховатости R_a , мкм, при точности расположения, мкм | | |
|--------------------------|---|-------|-------|
| | До 10 | До 25 | До 63 |
| 100 | 0,63 | 1,25 | 2,5 |
| 400 | 1,25 | 2,5 | Rz20 |
| 1200 | 2,5 | Rz20 | Rz40 |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Торцы гильз, стаканов, регулировочных колец

| Точность расположения поверхности, мкм | Параметр шероховатости Ra, мкм |
|--|--------------------------------|
| До 6 | 0,63 |
| До 10 | 1,25 |
| Св. 10 | 2,5 |

- Поверхности делительных дисков, фиксаторов и упоров

| Точность индексации, мкм | Параметр шероховатости Ra, мкм |
|--------------------------|--------------------------------|
| До 4 | 0,08 |
| До 6 | 0,16 |
| До 10 | 0,32 |
| До 25 | 0,63 |
| До 63 | 1,25 |
| Св. 63 | 2,5 |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Поверхности столов станков**

| Размерная характеристика станка | Параметр шероховатости R_a , мкм |
|--|------------------------------------|
| Шлифовальные станки, прочие станки малых размеров и станочные принадлежности | 0,63 |
| Станки средних размеров | 1,25 |
| Тяжелые станки | 2,5 |

- Поверхности цилиндрические и конические для точного соединения**

| Радиальное биение, мкм | Параметр шероховатости R_a , мкм | |
|------------------------|------------------------------------|-----------|
| | Вала | Отверстия |
| До 2,5 | 0,04 | 0,08 |
| До 4 | 0,08 | 0,16 |
| До 6 | 0,16 | 0,32 |
| До 10 | 0,32 | 0,63 |
| До 16 | 0,63 | 1,25 |
| До 25 | 1,25 | 2,5 |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Поверхности во фрикционных передачах

| Вид рабочей поверхности | Диаметр, мм | Параметры шероховатости, мкм |
|--|----------------|------------------------------------|
| Шкивы плоско- и клиноременных передач | До 120 | Ra 1,25 |
| | До 300 | Ra 2,5 |
| | Св. 300 | Rz 20 |
| Колеса (катки) в зависимости от условий работы, габарита, материалов и др. | | Ra 0,63...0,16 |
| Тормозные барабаны диаметром более 500 мм, муфты, диски, колодки | | Ra 1,25 |

- Поверхности кулачков и копиров

| Точность профиля, мкм | Параметр шероховатости Ra, мкм, кулачков, копиров, работающих | |
|--------------------------|---|-------------|
| | с ножами | с роликками |
| До 6 | 0,32 | 0,63 |
| До 16 | 0,63 | 1,25 |
| До 40 | 1,25 | 2,5 |
| Св. 40 | 2,5 | Rz 20 |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- Шероховатость поверхностей в зависимости от степени точности

| Степень точности по ГОСТ 8908-81 | Размер меньшей опоры угла или образующей конуса, мм | | |
|-------------------------------------|--|-------------|---------------|
| | До 5 | Св. 5 до 50 | Св. 50 до 200 |
| 2 | 0,08 | | |
| 3 | 0,16...0,08 | | |
| 4 | 0,32 | 0,63 | |
| 5-6 | 1,25...0,63 | 1,25 | |
| 7-8 | 1,25 | 2,5 | |
| 9 | Rz 20 | Rz 40 | |
| 10 | Rz 40 | Rz 80 | |

Назначение шероховатости деталей (продолжение)

- **Поверхности в зависимости от методов обработки**
- **Шероховатость поверхности отливок**

| Вид литья | Материал отливок | Параметры шероховатости поверхностей отливок, мкм |
|-------------------------|---------------------|---|
| В песчаные формы | Черные металлы | Rz 320 ... Rz 160 |
| | Цветные сплавы | Rz 320 ... Rz 80 |
| В кокиль | Черные металлы | Rz 320 ... Rz 40 |
| | Цветные сплавы | Rz 160 ... Rz 20 |
| По выплавляемым моделям | Черные металлы | Rz 80 ... Rz 20 |
| | Цветные сплавы | Rz 80 ... Ra 2,5 |
| В оболочковые формы | Черные металлы | Rz 160 ... Rz 40 |
| | Цветные сплавы | Rz 80 ... Rz 20 |
| Под давлением | Алюминиевые металлы | Rz 40 ... Ra 2,5 |

Правила конструирования механизмов подач

- **Механизм подачи – одна из подсистем деревообрабатывающего станка, предназначенная для передвижения заготовки или режущего инструмента при осуществлении движения подачи в процессе резания.**
- При конструировании механизма подачи используется системный подход. Такой подход выражается в понимании самого механизма подачи как подсистемы системы "станок", а также в понимании процесса проектирования как системного по своей логике. Системный подход предполагает, что механизм подачи как целое состоит из взаимосвязанных элементов. Отсюда отрицание элементарного подхода, неверно ориентирующего при синтезе на простое объединение "сосуществование" независимых элементов. Системный подход требует всестороннего учета при проектировании механизма подачи свойств отдельных элементов и окружающей среды.
- Механизм подачи состоит из двигателя, преобразователя движения и органа подачи, который обеспечивает движение подачи, прижим заготовки и ее базирование.
- К механизмам подач предъявляются следующие **основные требования:**
 - точное выполнение заданного закона движения заготовки;
 - исключение перебазирования заготовки (режущего инструмента) в процессе обработки;
 - возможность регулирования скорости подачи;
 - компактность, удобство обслуживания и безопасность в работе;
 - прочность, жесткость и высокая износостойкость.

Компоновка механизмов подачи

- **Общие правила конструирования**

Конструирование механизма подачи ведется на основе общей компоновки станка, расчетных размеров деталей и принятого деления конструкции на сборочные единицы. На данном этапе конструкция механизма подачи уточняется, обрастает подробной проработкой узлов и деталей, проводятся более подробные расчеты размеров деталей. При этом стремятся сделать конструкцию более компактной, занимающей меньшее пространство, чем получено при общей компоновке машины. Это позволяет значительно снизить вес конструкции. По возможности сокращают длины валов, применяют такие крепежные детали, которые позволили бы уменьшать размер других деталей и т. п.

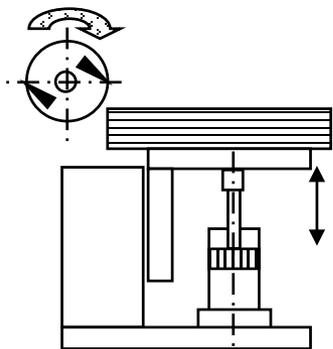
Конструктор должен предусмотреть в конструкции детали элементы, которые требуются по конструктивным и технологическим соображениям. Это канавки для выхода режущего инструмента, различные выточки, галтели, шпоночные канавки, отверстия для центровки и т. п. Если нагрузки на деталь значительны, то необходимо произвести проверочный расчет с учетом концентрации напряжений в опасных сечениях.

Основными руководящими документами для конструктора являются:

- – альбомы и таблицы унифицированных узлов и деталей;
- – заводские нормали часто применяющихся деталей;
- – заводские нормали крепежных деталей;
- – ГОСТы и ОСТы крепежных и других деталей.

Типы механизмов подачи

- Суппортные механизмы подачи.** Суппортные механизмы подачи обеспечивают возвратно-поступательное движение режущего инструмента и находят применение в станках токарных, лущильных, сверлильных, круглопильных, фрезерных и др. Их устройство отличается простотой и надежностью. Направляющие суппортов обычно делаются круглыми, прямоугольными или трёхугольными длиной до 2 м. Привод может быть механическим, гидравлическим или пневматическим.

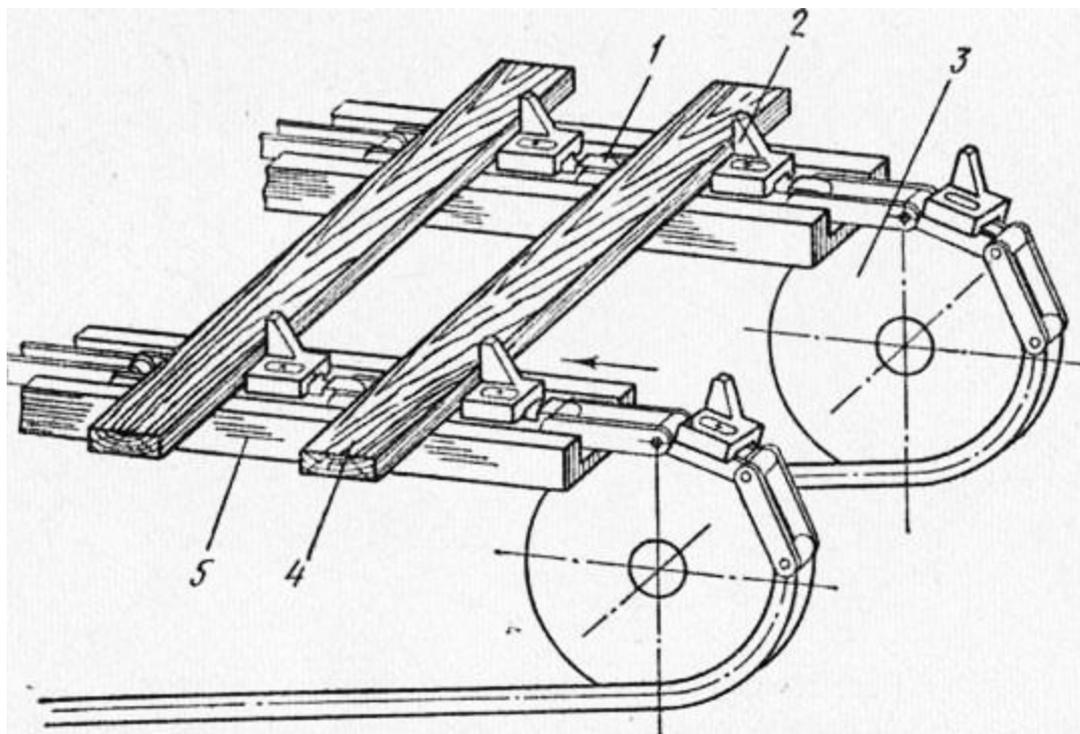


Механизм подачи с прямолинейно перемещаемым столом (рис.) находит ограниченное применение, так как станки с таким механизмом подачи трудно встраивать в линии. Используется, например, в шипорезном станке ШПА40.

Двух цепные конвейерные механизмы подачи. Такие механизмы подачи применяются в станках для поперечной обработки длинных брусковых заготовок: шипорезных, круглопильных и др. Конвейер состоит из двух одинаковых пластинчатых цепей, надетых на звездочки и опирающихся на действительные направляющие. На звеньях цепей с постоянным шагом закреплены упоры. Обработываемая заготовка базируется на цепях по упорам и прижимается прижимами. В этом случае осуществляется неподвижное базирование. Иногда цепи располагаются ниже действительных направляющих. В этом случае осуществляется подвижное базирование на действительных направляющих. Могут быть и другие варианты подачи.

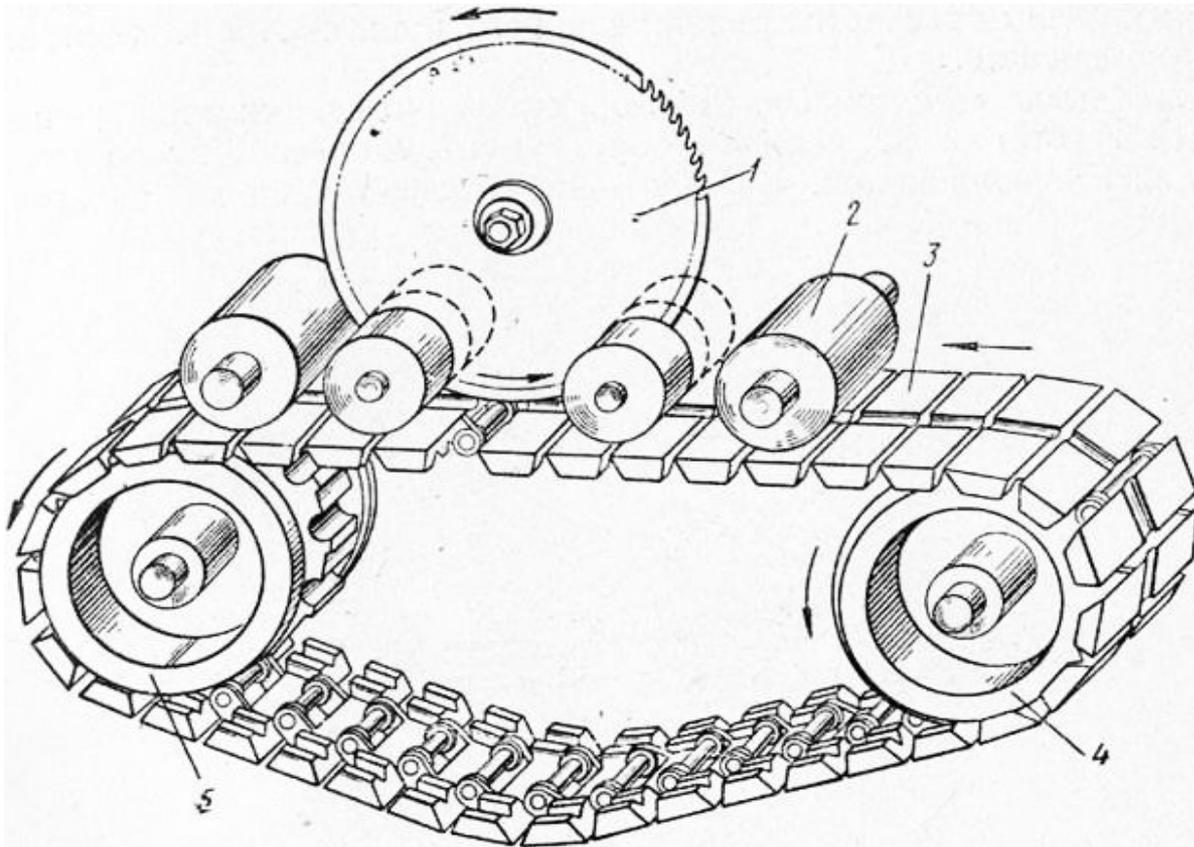
Типы механизмов подачи

Двух цепные конвейерные механизмы подачи



Продолжение. Типы механизмов подачи

- **Гусеничные механизмы подачи.** Гусеничные механизмы используются преимущественно в круглопильных прирезных станках. Они надежно базируют обрабатываемый материал и обеспечивают точное прямолинейное перемещение его относительно режущего инструмента. Заготовка прижимается к гусенице колодочным или роликовым прижимом. Давление прижима, вес заготовки и гусеницы воспринимаются действительными направляющими, по которым скользит гусеница. Износ направляющих – основной недостаток гусеничного механизма подачи.



Коэффициент сцепления гусеницы с древесиной зависит от геометрических параметров элементов насечки. Насечки на поверхности гусеницы могут быть прямоугольного или трапециидального сечения (рис.), продольного или поперечного направления. Наилучшее сцепление дают гусеницы с продольно-поперечной насечкой. При этом коэффициент сцепления $\mu = 0,45 \dots 0,5$. Элементы гусениц с поперечной насечкой дают коэффициенты сцепления $\mu = 0,3 \dots 0,4$.

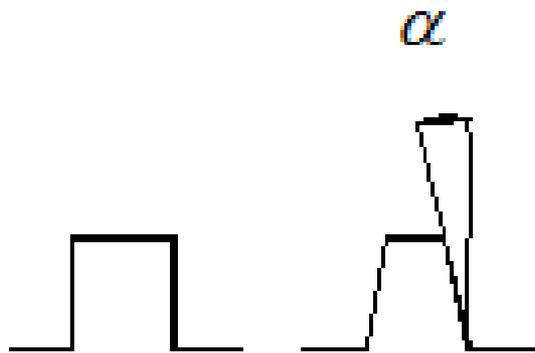
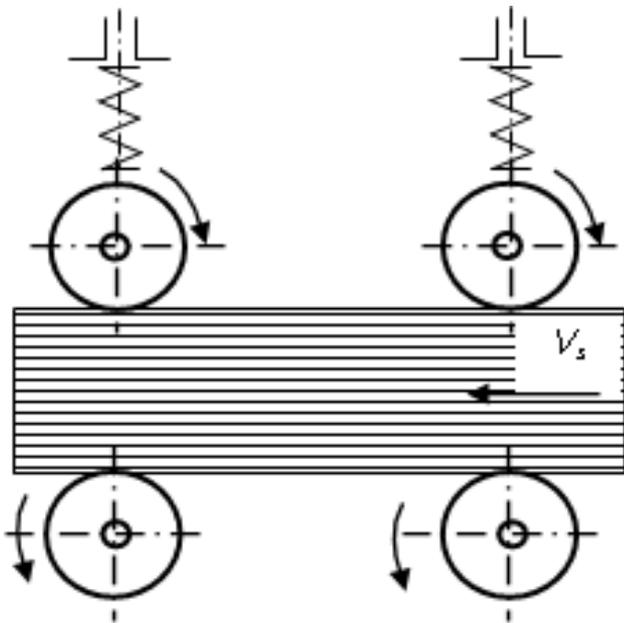


Рис. Профили насечек гусениц

Для элементов насечки прямоугольного сечения, когда угол $\alpha = 0$, коэффициент сцепления достигает максимального значения. Однако в этом случае гусеница подвергнута засорению опилками. При $\alpha = 30^\circ$ коэффициент сцепления несколько меньше, но и засорение насечек уменьшается.

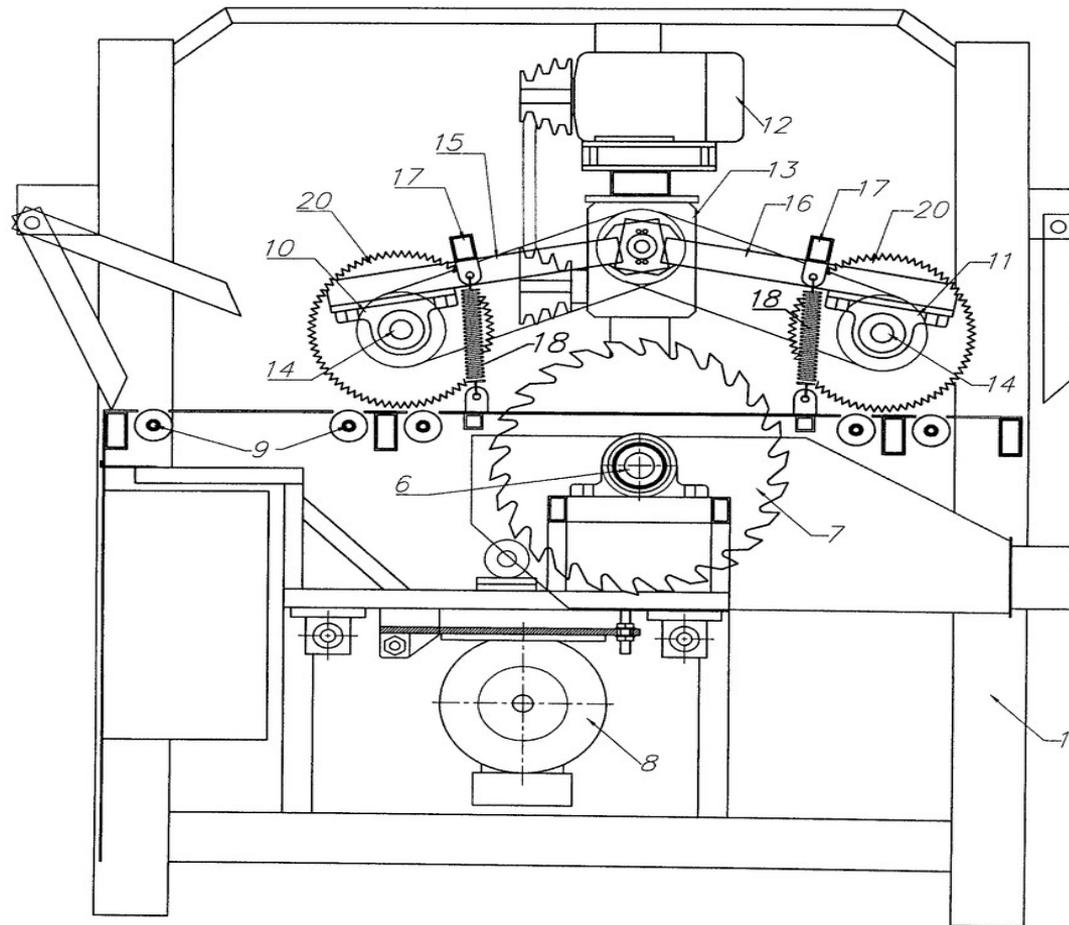
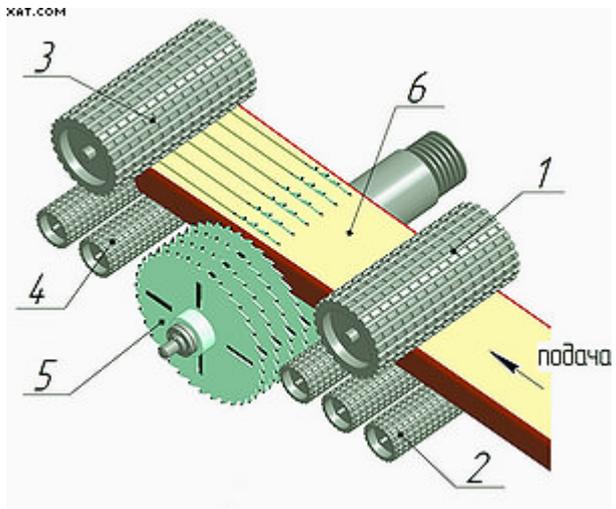
- Вальцовые механизмы подачи.** Это один из самых распространенных видов подающих механизмов. Механизм подачи состоит из приводных верхних и нижних валцов или приводные только верхние, которые базируют заготовку и надвигают ее на режущий инструмент. Верхние валцы выполнены прижимными. Прижим обеспечивается пружинами, пневмоцилиндрами или собственным весом валцов. Для обеспечения точного базирования оси всех валцов должны быть строго параллельными, однако это выполнить чрезвычайно трудно. Если ось валца не перпендикулярна к направлению подачи, то при движении заготовки на валце возникает составляющая силы сцепления, которая направлена вдоль оси валца. Эта сила вызывает перебазирование заготовки.



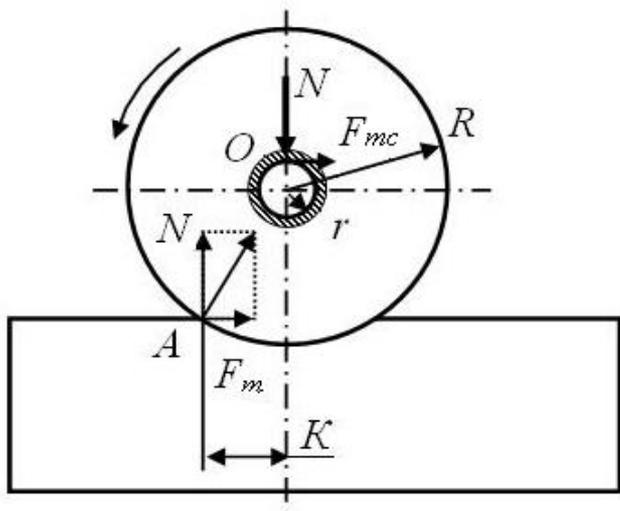
Для превращения вреда в пользу механизм подачи снабжают продольной направляющей линейкой и оси всех валцов наклоняют к линейке под углом 88° . В этом случае валцы прижимают заготовку к линейке, обеспечивают надежное базирование и подачу. Так сделано в 4-х сторонних станках

Продолжение. Типы механизмов подачи

- Вальцовые механизмы подачи



Расчет сил трения качения



$$\sum M_o = 0$$

$$F_T R - NK - F_{mc} r = 0$$

$$F_T R - NK - Nfr = 0$$

$$F_T = N \frac{2K + fd}{D}$$

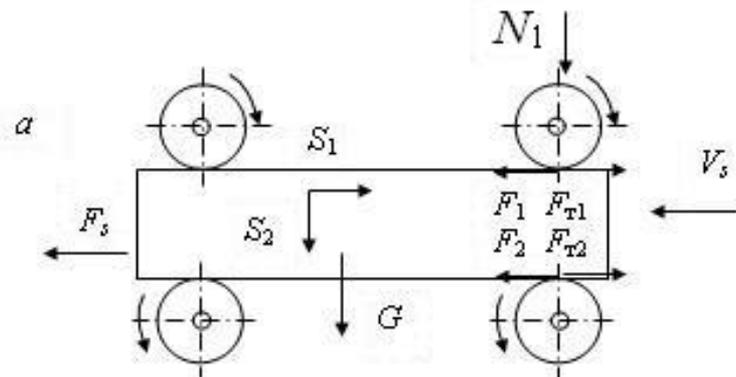
$$F_T \approx N \frac{K}{R}$$

- Пусть ролик катится по поверхности деревянной заготовки и под действием силы нормального давления N деформирует ее (рис.). Силу реакции в точке A заготовки раскладывают на силу трения F_m и силу нормальную. Естественно допустить, что нормальная составляющая реакции равна N . Кроме того, в результате трения скольжения цапфы в подшипниковой опоре возникает сила трения скольжения F_{TC} .

Найдем сумму моментов сил относительно оси вращения O :

- где K – коэффициент трения качения, имеющий размерность длины, мм (табл. 1);
- f – коэффициент трения скольжения цапфы в подшипнике; $f = 0,15 \dots 0,20$ в подшипниках скольжения; для подшипников качения принимается $f = 0,05$;
- d – диаметр цапфы, мм;
- D – диаметр ролика ($2R$), мм.
- Опуская значение fd получим

Вальцовые механизмы подачи



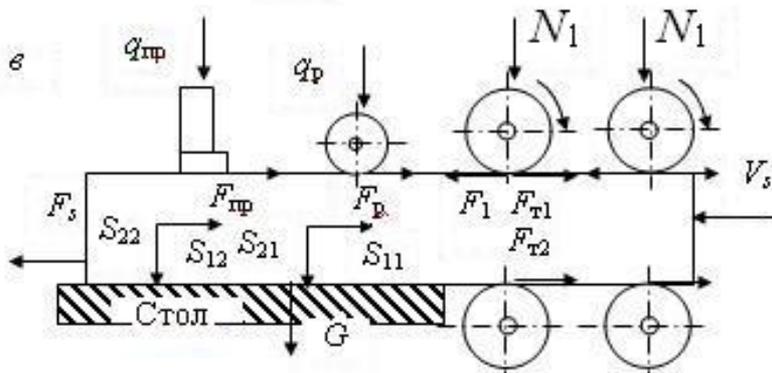
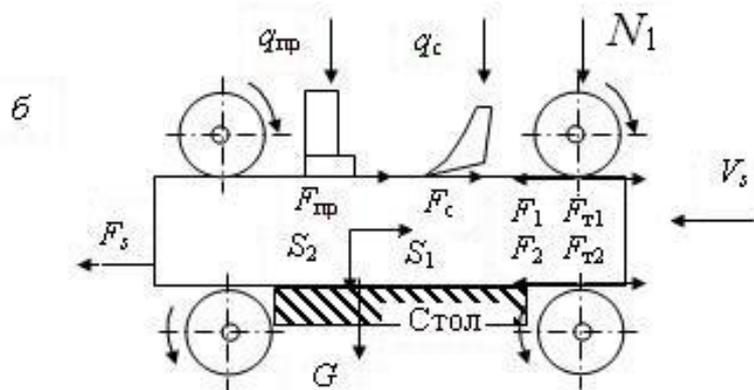
- Расчет механизма подачи

$$F_T = \alpha \sum F_c ,$$

α - коэффициент запаса

$$F_T = N \cdot \mu ,$$

μ - коэффициент сцепления



Значения коэффициентов сцепления рифленых вальцов с древесиной μ

| Порода древесины | Влажность, % | |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 12 | 65 |
| Сосна | $\mu = 0,54 + 0,001D$ | $\mu = 0,62 + 0,00115D$ |
| Береза | $\mu = 0,55 + 0,001D$ | $\mu = 0,64 + 0,0012D$ |
| Дуб | $\mu = 0,48 + 0,00086D$ | $\mu = 0,55 + 0,001D$ |
| Примечание. D – диаметр вальца, мм. | | |

Значения коэффициентов трения качения гладких роликов диаметром D по древесине K , мм

| Порода древесины | Влажность, % | |
|------------------|--------------------|------------------|
| | 12 | 65 |
| Сосна | $K=0,36+0,00165D$ | $K=0,45+0,0022D$ |
| Береза | $K=0,5+0,00135D$ | $K=0,54+0,0018D$ |
| Дуб | $K=0,168+0,00096D$ | $K=0,25+0,0014D$ |
| . | | |

- Для рифленых вальцов $K_{\text{риф}} = 1,15 K$,
- Для обрешеченных вальцов $K_{\text{рез}} = 1,3 K$

Давление стружколомателей и прижимов

- При наличии в станке стружколомателей, скользящих или роликовых прижимов их давление на заготовку находится следующим образом. Сначала находится окружная касательная сила резания

$$F_{xo} = \frac{1000P\eta}{V}$$

где P – мощность двигателя механизма главного движения, кВт;

V – скорость главного движения, м/с.

η – КПД механизма главного движения.

Средняя сила резания на дуге контакта при продольном фрезеровании, Н

$$F_{xcp} = F_{xo} \frac{\pi D}{lz}$$

где D – диаметр окружности резания, мм;

l – длина дуги контакта, мм;

z – количество зубьев фрезы.

Длина дуги контакта

$$l = \sqrt{tD}$$

Продолжение

- где t – глубина фрезерования, мм.

Сила давления на заготовку прижимов скользящих и роликовых , Н

$$q_{np} = q_p = 3,1F_{хср}$$

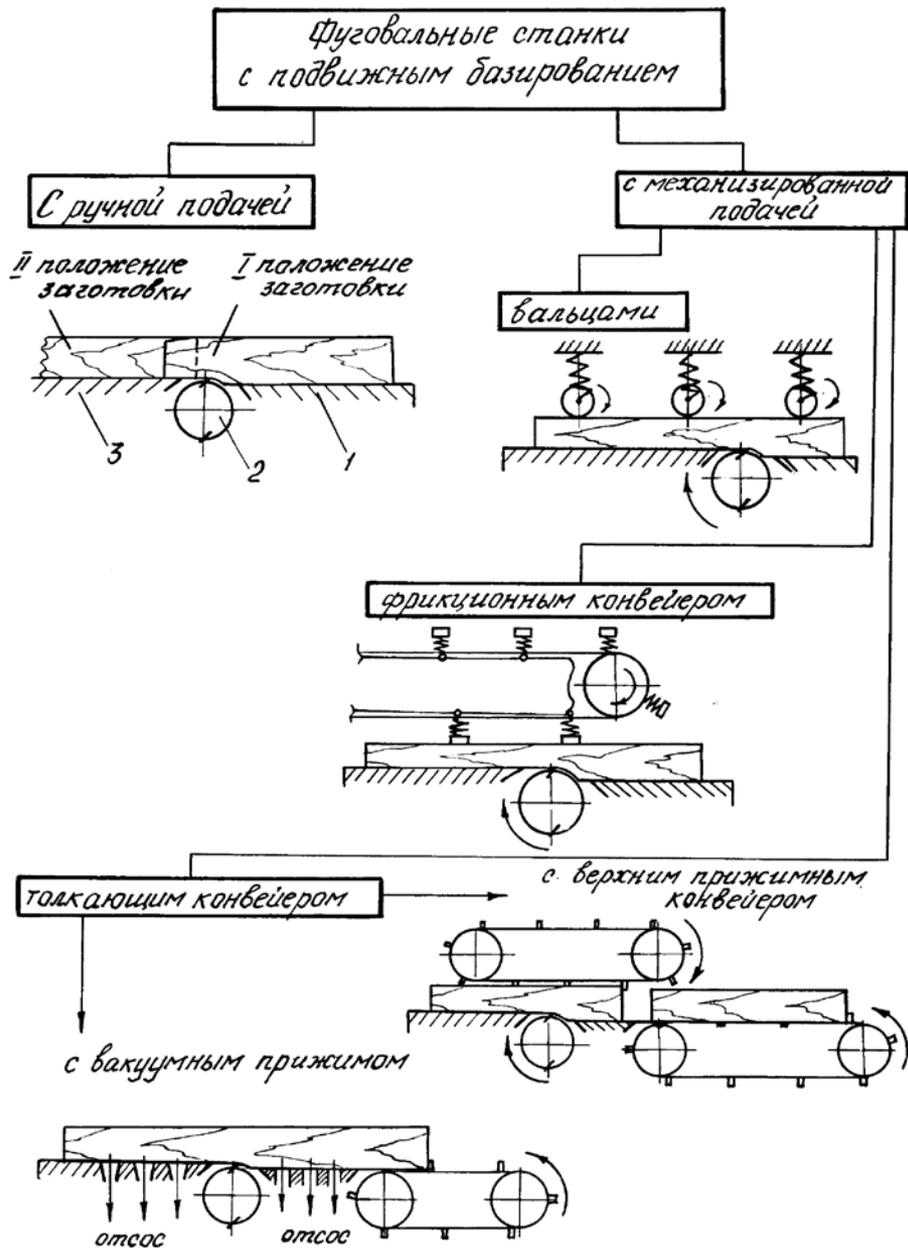
Сила S_2 со знаком + (плюс) должна быть направлена в сторону нижнего вальца, стола, направляющей линейки.

Если станок имеет несколько механизмов главного движения (механизмов резания), то

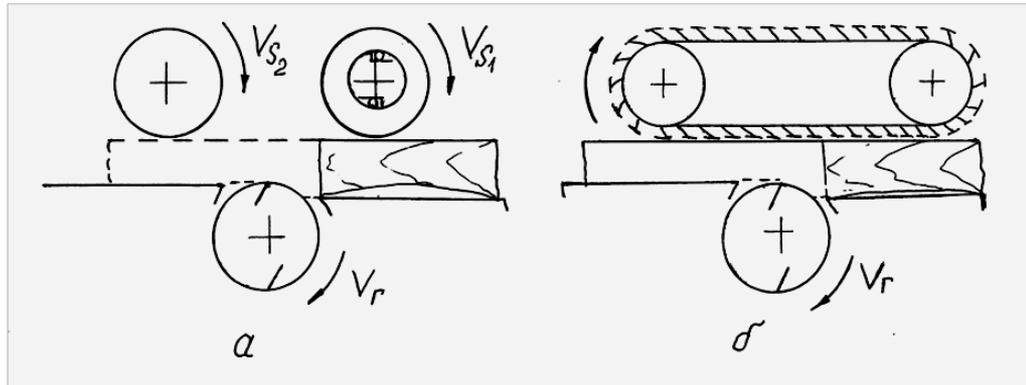
$$S_1 = S_{11} + S_{12} + \dots + S_{1n}$$

$$S_2 = S_{21} + S_{22} + \dots + S_{2n}$$

Проектирование механизма подачи для фуганка



Роликовые автоподатчики отличаются конструктивной простотой и мобильностью. Однако в отличие от конвейерных роликовые автоподатчики не гарантируют подачу сравнительно тонких (до 50 мм) заготовок без излишнего их деформирования (выпрямления) под действием сосредоточенного давления F со стороны исполнительного элемента (ролика).

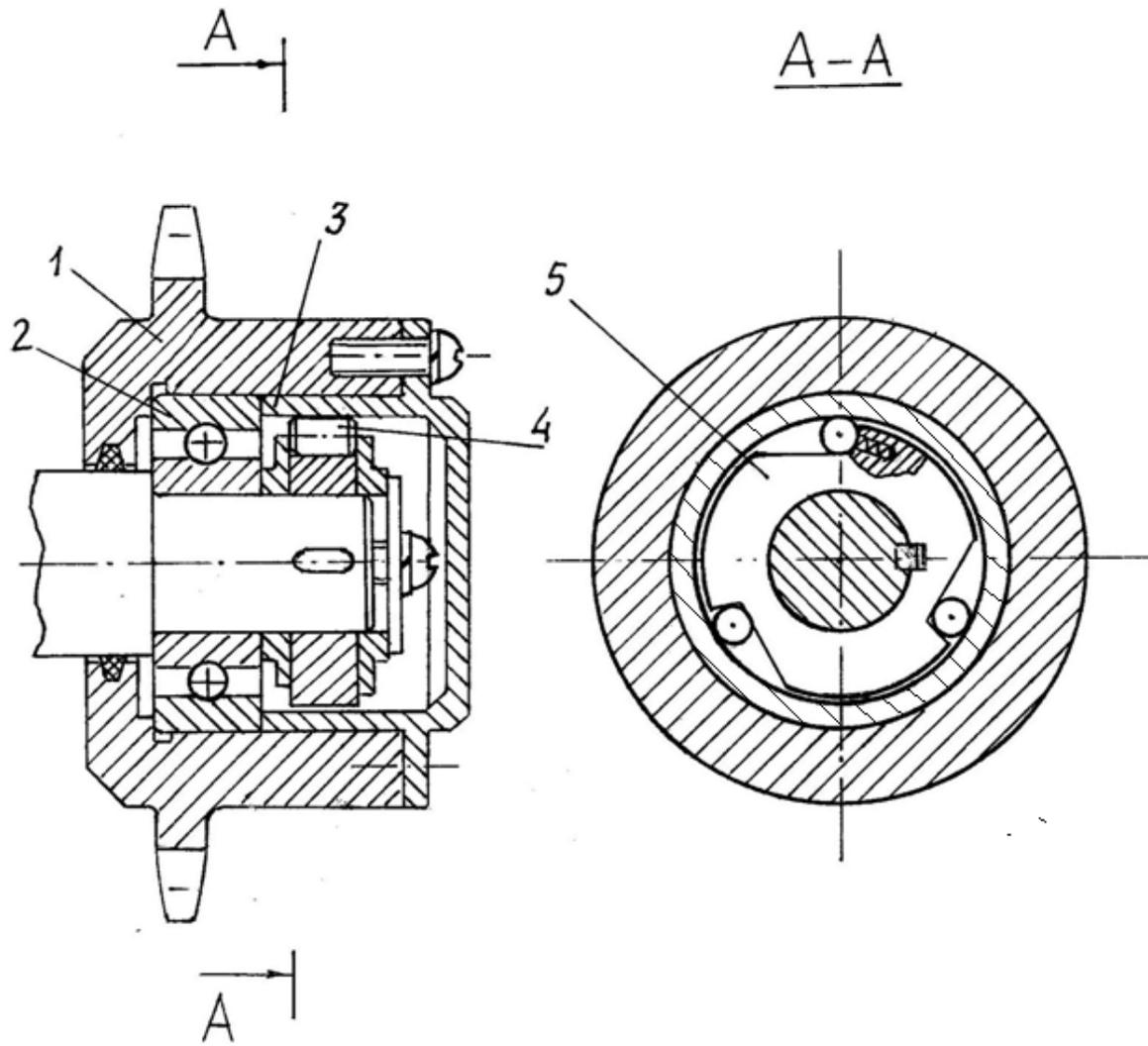


Технологические возможности роликовых автоподатчиков можно улучшить, если в приводе переднего ролика установить обгонную муфту. В этом случае скорость подачи заготовки после попадания ее под второй ролик может быть установлена в 1,5...2 раза большей, чем скорость первого ролика, который благодаря обгонной муфте будет проворачиваться вхолостую, удерживая деталь от вибрации.

Уменьшенная скорость подачи в зоне первого ролика приводит к пропорциональному снижению силы прижима этого ролика, а значит, к еще более благоприятным условиям базирования заготовки в зоне переднего стола фуговального станка.

Продолжение

Конструктивное исполнение обгонной муфты



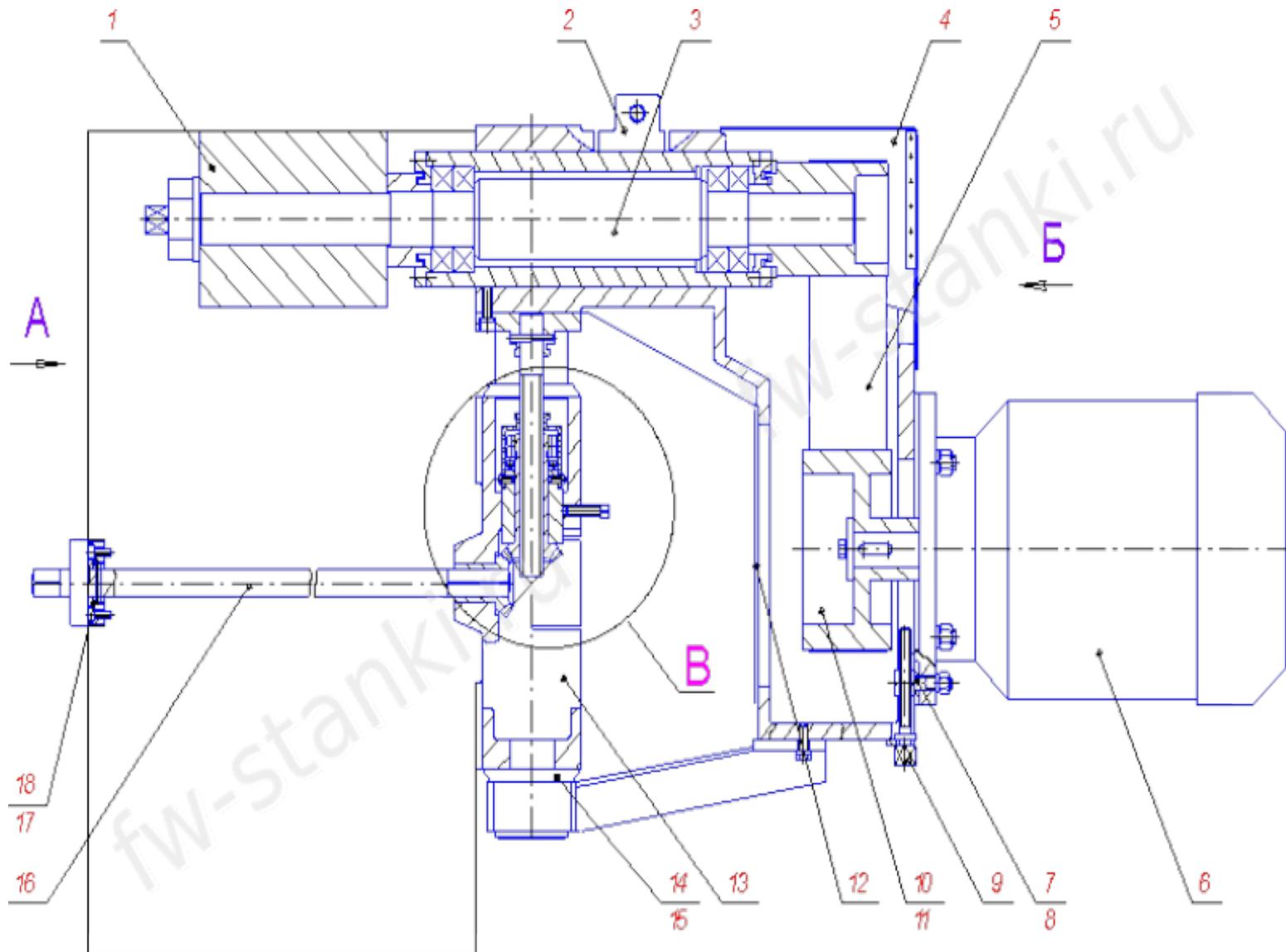
Конструирование узлов и деталей

Конструирование и расчеты суппортов

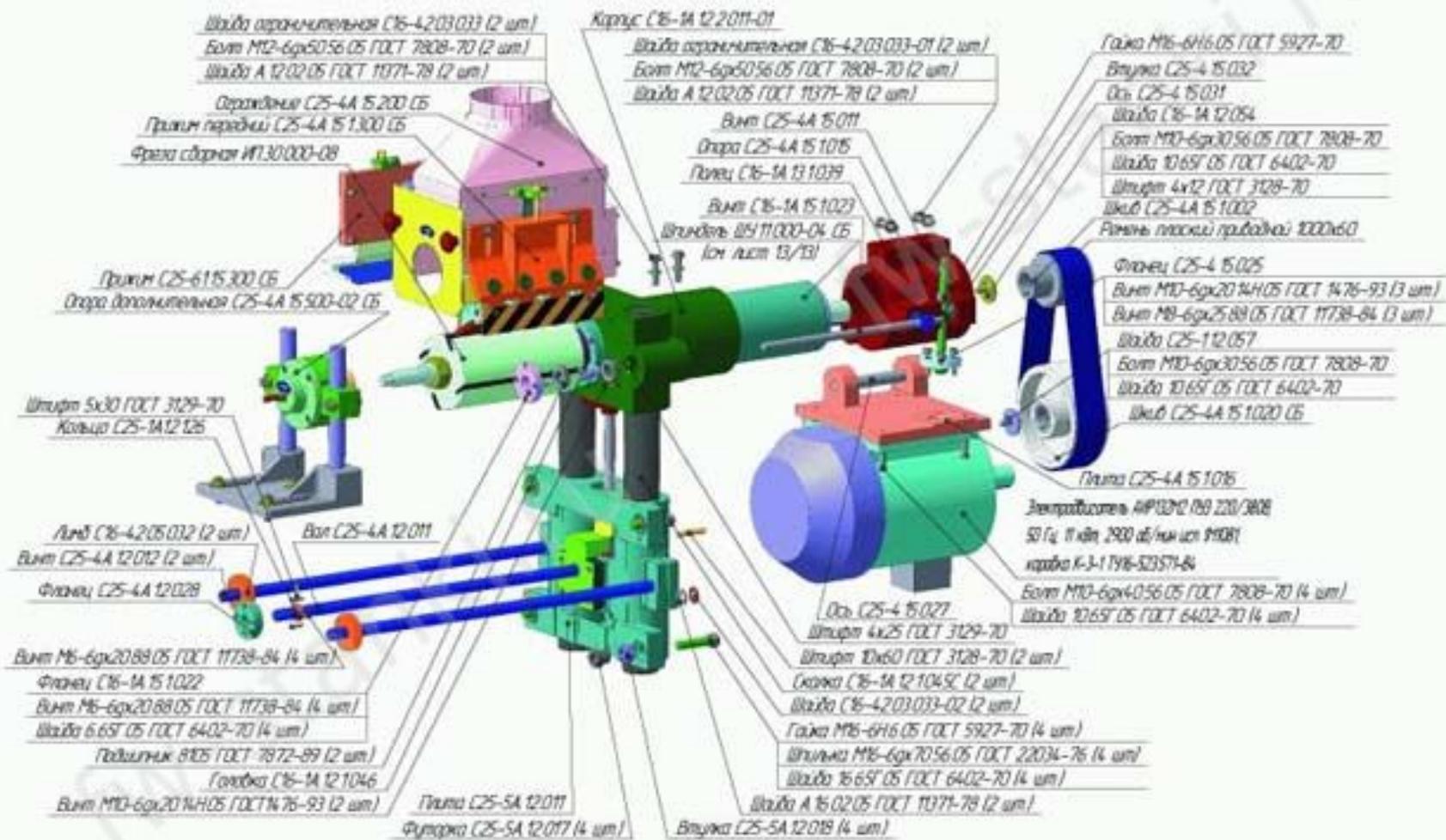
- **Суппортом называют механизм, предназначенный для закрепления, подачи или настроечного перемещения по одной или нескольким координатным осям основных или вспомогательных элементов станка.** На суппорте монтируют механизмы главного движения (шпиндели, ножевые валы, токарные резцы, рамные пилы), органы механизма подачи (вальцы, конвейеры, толкатели), базовые линейки, столы и прижимы. По количеству рабочих движений различают суппорты одно-, двух- и трехкоординатные. На суппорте возможны вращательные настроечные перемещения.
- Привод настроечных перемещений в суппортах бывает ручной, механический или автоматический.
- Конструктивно суппорты выполняются по-разному. В общем случае суппорт состоит из направляющих, ползуна или каретки, элементов фиксирования и перемещений.

Конструирование узлов и деталей

Суппорт (шпиндель) горизонтальный



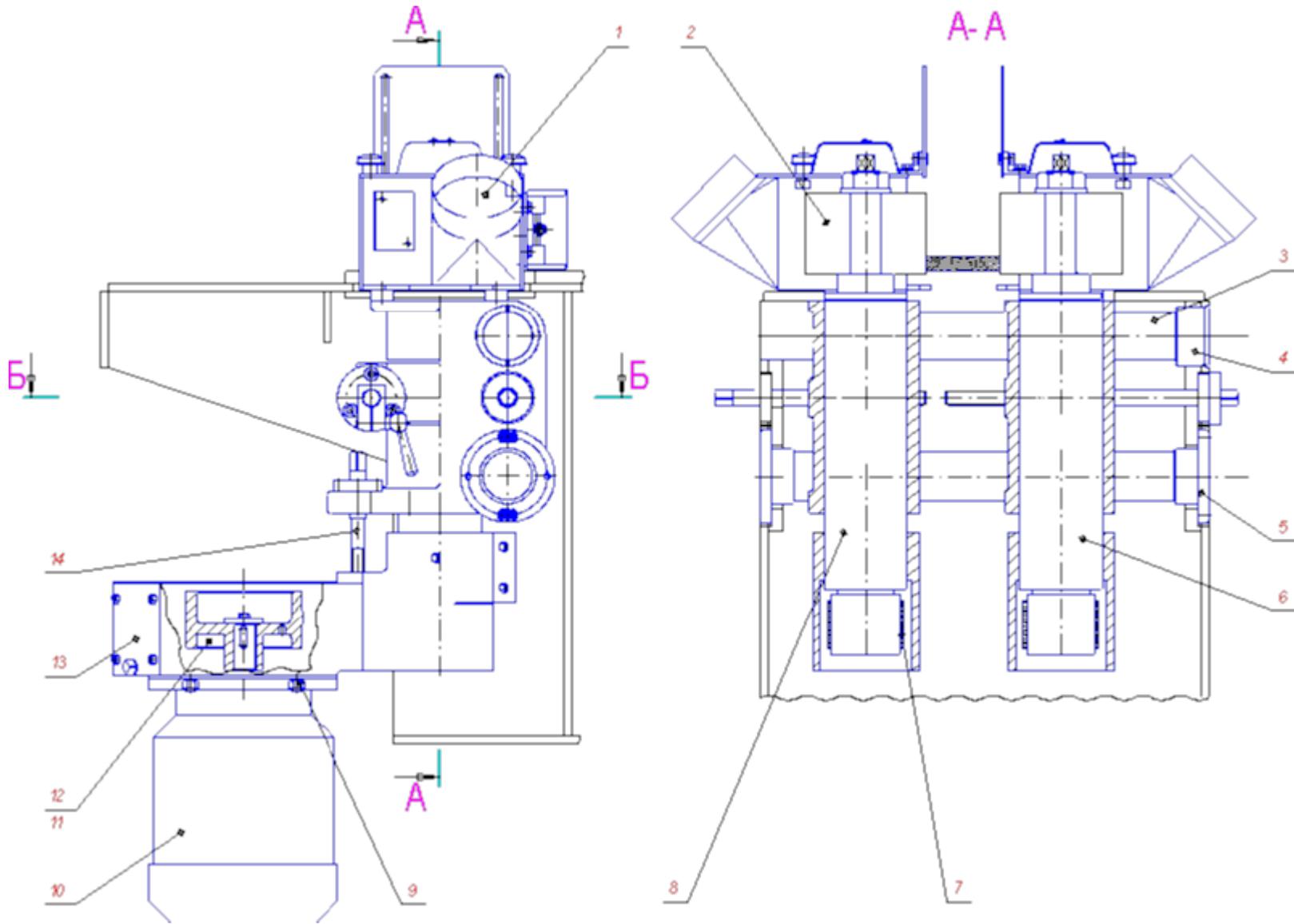
Конструирование узлов и деталей



Суппорт верхний С25-4А.15.1000 СБ (лист 2/13)

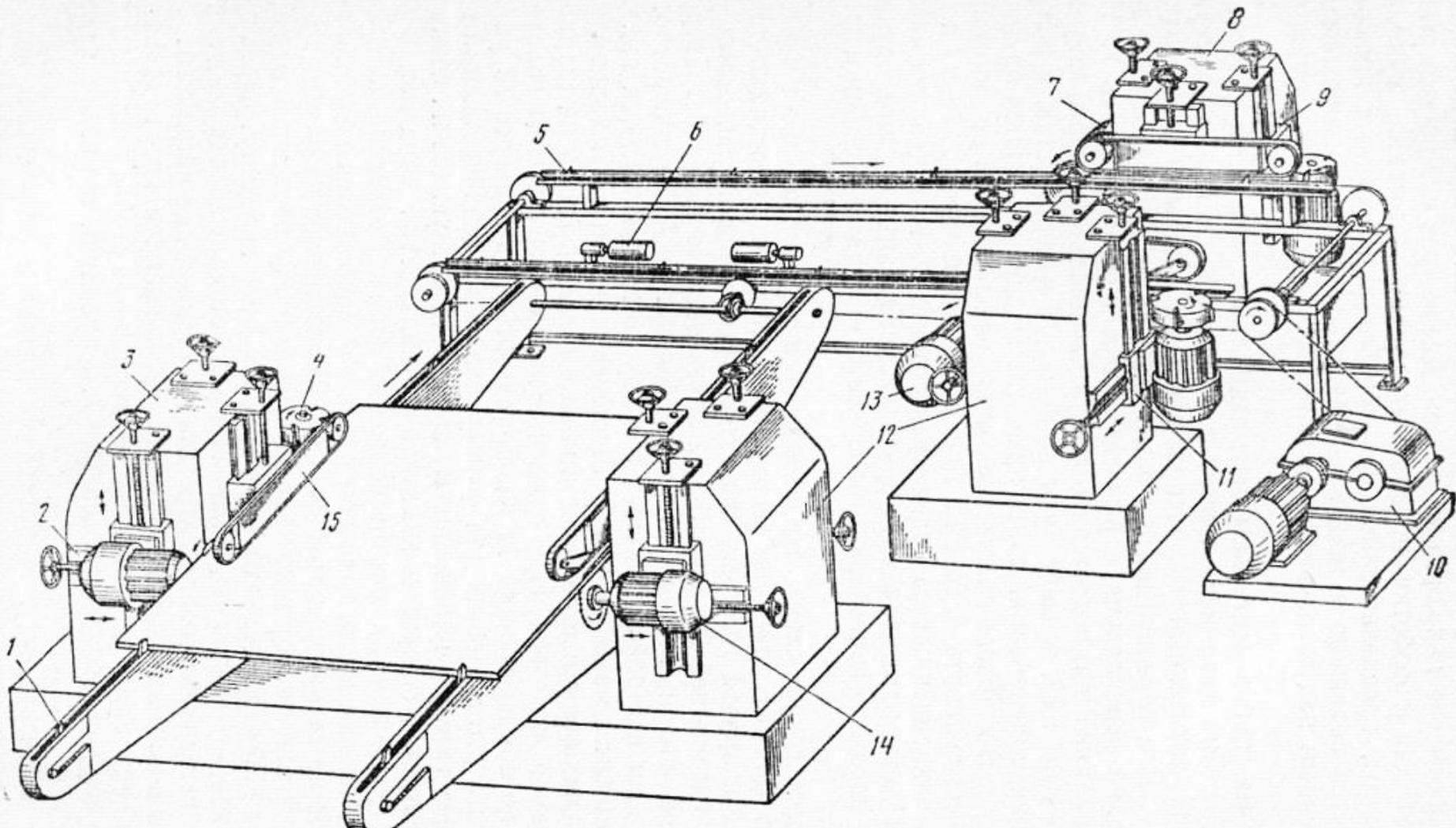
Конструирование узлов и деталей

Суппорты вертикальные



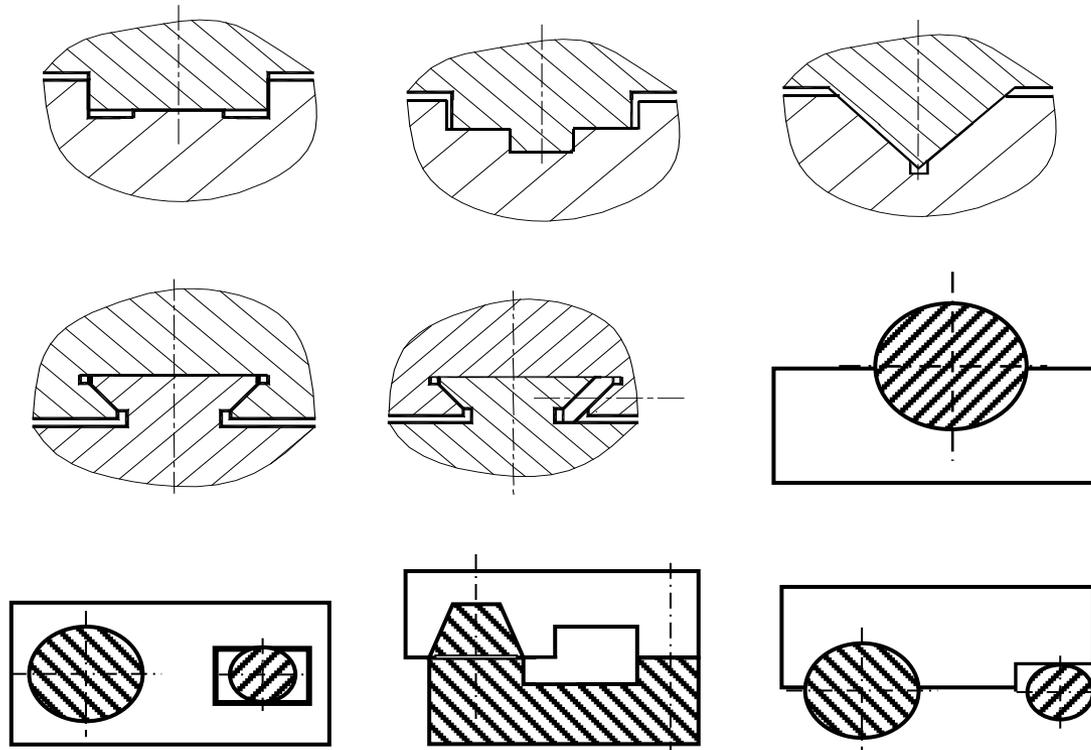
Конструирование узлов и деталей

Суппорты форматно-обрезного станка с фрезерными шпинделями

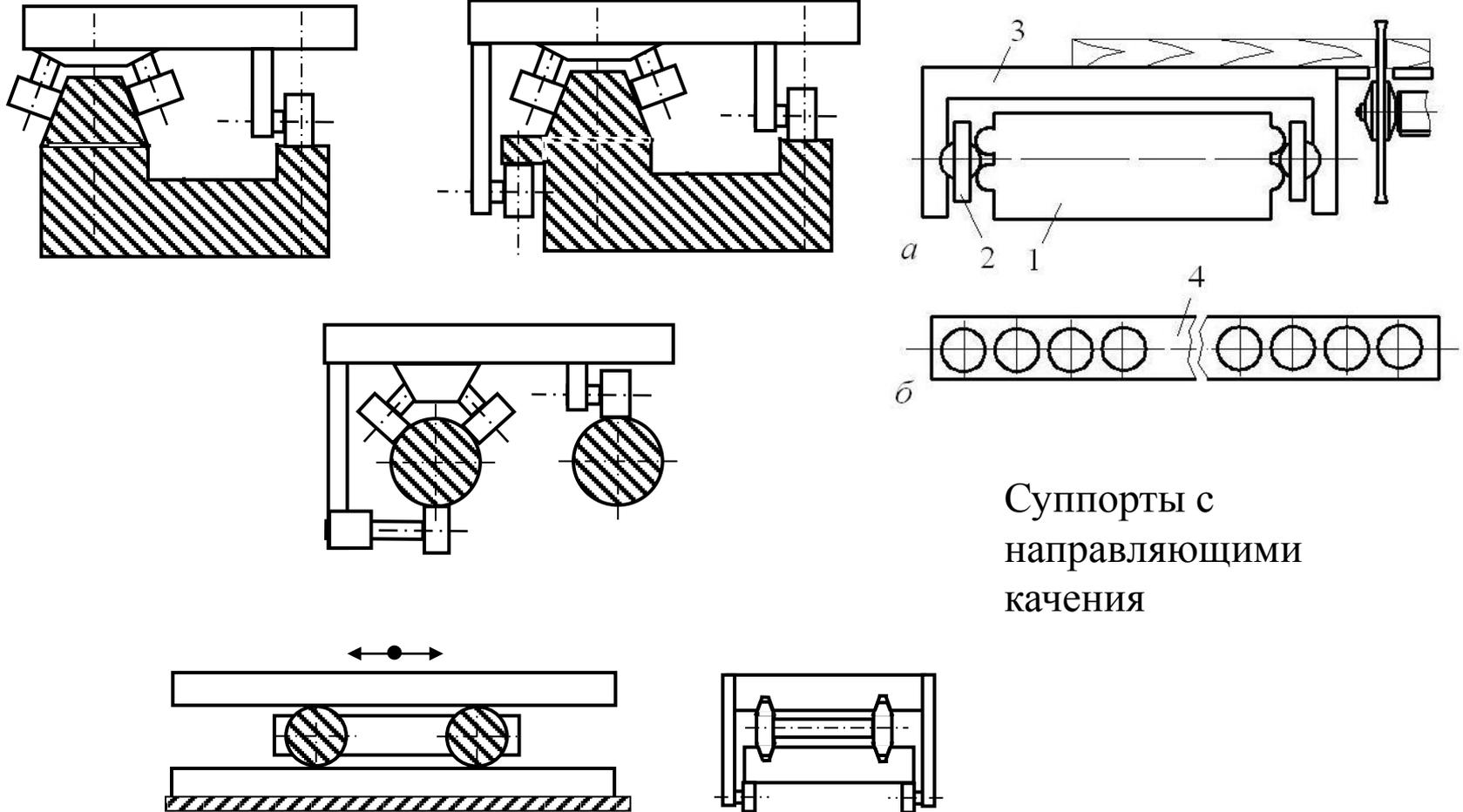


Направляющими суппорта называются устройства, обеспечивающие прямолинейное (иногда криволинейное) перемещение подвижного элемента (ползуна, каретки) с заданной точностью.

По форме рабочих поверхностей направляющие могут быть плоскими, призматическими или цилиндрическими. При этом ползун монтируется на направляющей с трением скольжения или трением качения.



Продолжение



Суппорты с
направляющими
качения

Продолжение

Суппорты характеризуются точностью, долговечностью и жесткостью.

Точность перемещения зависит главным образом от точности изготовления направляющих. **Долговечность** суппорта характеризуется способностью сохранять первоначальную точность перемещения в течение заданного времени их использования. **Жесткость** суппорта определяет способность оказывать сопротивление действию деформирующих сил. Жесткость выражается отношением силы, приложенной в заданной точке, к величине деформации, измеренной в направлении действия силы. Деформации возникают, главным образом, по поверхностям контакта ползуна и направляющих.

Расчет суппортов

При конструировании суппорта необходимо знать условие самоторможения (заклинивания) ползуна.

- **Движущая сила параллельна направляющей.** На рис. 45, а приведена схема сил, возникающих при движении ползуна по направляющей, когда движущая сила T направлена параллельно оси направляющей и приложена к ползуну на расстоянии h от ее оси. При движении ползун преодолевает полезное сопротивление Q и силы трения F .

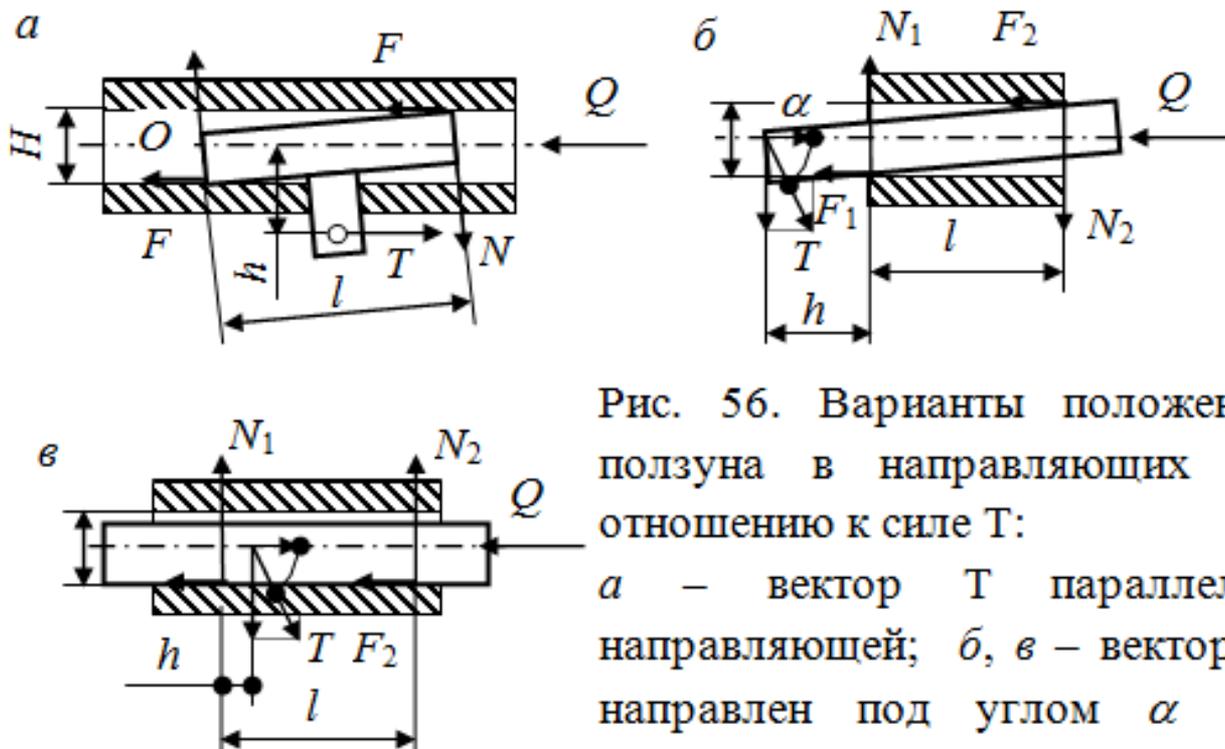


Рис. 56. Варианты положения ползуна в направляющих по отношению к силе T :

a – вектор T параллелен направляющей; $б, в$ – вектор T направлен под углом α к

Продолжение

- При установившемся равномерном движении ползуна можно написать следующие уравнения равновесия:

$$\sum M_o = 0 \quad \text{и} \quad \sum F_x = 0$$

или $Th - Nl = 0$ и $T - Q - 2F = 0$,

где N – сила нормального давления ползуна на направляющую, Н.

Отсюда следует

$$N = T \frac{h}{l}$$

Подставляя эту формулу в выражение для силы трения $F = Nf$, получим

$$T = Q + 2F = Q + 2Tf \frac{h}{l}$$

Отсюда величина движущей силы

$$T = \frac{Q}{1 - 2f \frac{h}{l}}$$

Продолжение

- При работе может произойти заклинивание ползуна в направляющих. В этом случае $T = \infty$ или

$$1 - 2f \frac{h}{l} = 0$$

Отсюда следует, что в конструкции суппорта можно определить критическое отношение величин h и l , при котором наступает заклинивание:

$$\left(\frac{h}{l}\right)_{\text{кр}} = \frac{1}{2f}$$

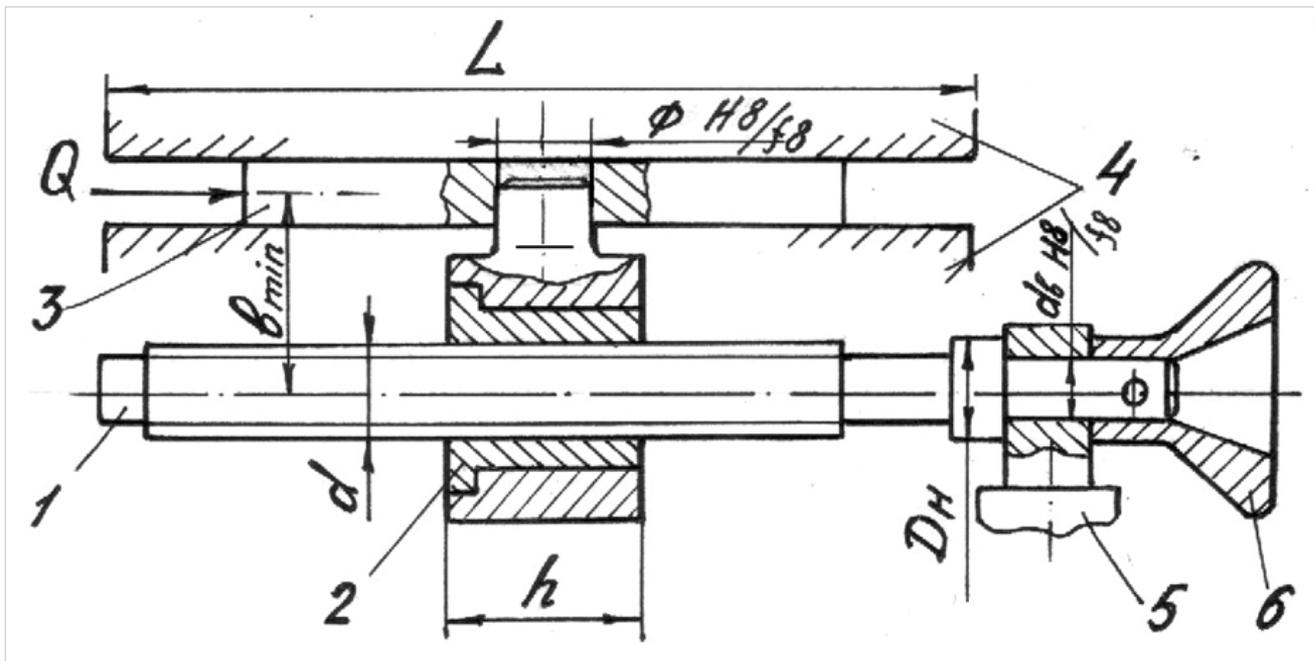
Для предотвращения заклинивания рекомендуется следующее соотношение:

$$\frac{h}{l} \leq \frac{1}{2fK}$$

где K – коэффициент запаса от заклинивания; при коэффициенте трения скольжения $f = 0,2$ принимают $K = 5$ для плоских призматических направляющих; $K = 6,5$ для цилиндрических направляющих; $K = 10$ для направляющих "ласточкин хвост".

Проектирование винтовых механизмов

- С помощью винтовых механизмов можно медленно и достаточно точно перемещать подвижный орган. К недостаткам этих передач относятся большие потери на трение, низкий КПД и невозможность их применения при больших скоростях перемещений. Для снижения потерь на трение вместо передач винт-гайка скольжения получили распространение передачи качения.
- Передачи винт-гайка (винтовые) в деревообрабатывающих машинах применяют в основном для настроечных перемещений рабочих органов (рис. 45).



Продолжение

- В настроечных механизмах небольшого перемещения (до 1000 мм) винтовую передачу обычно осуществляют с вращающимся винтом 1 и поступательно перемещаемой гайкой 2. Гайка 2 имеет подвижное (по ходовой посадке) соединение с ползуном 3, который в свою очередь перемещается (скользит) по направляющим 4. Совокупность поверхностей соединения двух узлов или деталей, обеспечивающих возможность их относительного перемещения, принято называть суппортами. Суппортные механизмы могут быть выполнены на основе направляющих скольжения или на основе направляющих качения.
- У суппортных механизмов с относительно малым перемещением ползунов (до 400 мм) винт 1 монтируют на опоре 5, второй опорой служит гайка 2.
- Для винтов винтовых передач применяют трапецеидальную и прямоугольные резьбы. Материалом для винтов служат, стали 40, 45, 50 и др. Материалы гаек – бронзы оловянистые Бр 010-Ф-1, Бр 06Ц6С3, а при малых нагрузках – антифрикционные чугуны марок АВ4-1, АК41 или серые чугуны марок СЧ15, СЧ20.

- **Расчет на износ**

Наиболее распространен расчет винтовой передачи на износ по формуле для определения среднего диаметра резьбы (мм).

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{2Q}{3,14\varphi[p]}}, \quad (85)$$

где Q – расчетная осевая сила, действующая на винт, Н;

φ - отношение высоты гайки h к среднему диаметру резьбы d_2 (для целых гаек $\varphi = 1,2 \dots 2,5$).

$[p]$ – допускаемые давления для пар, МПа:

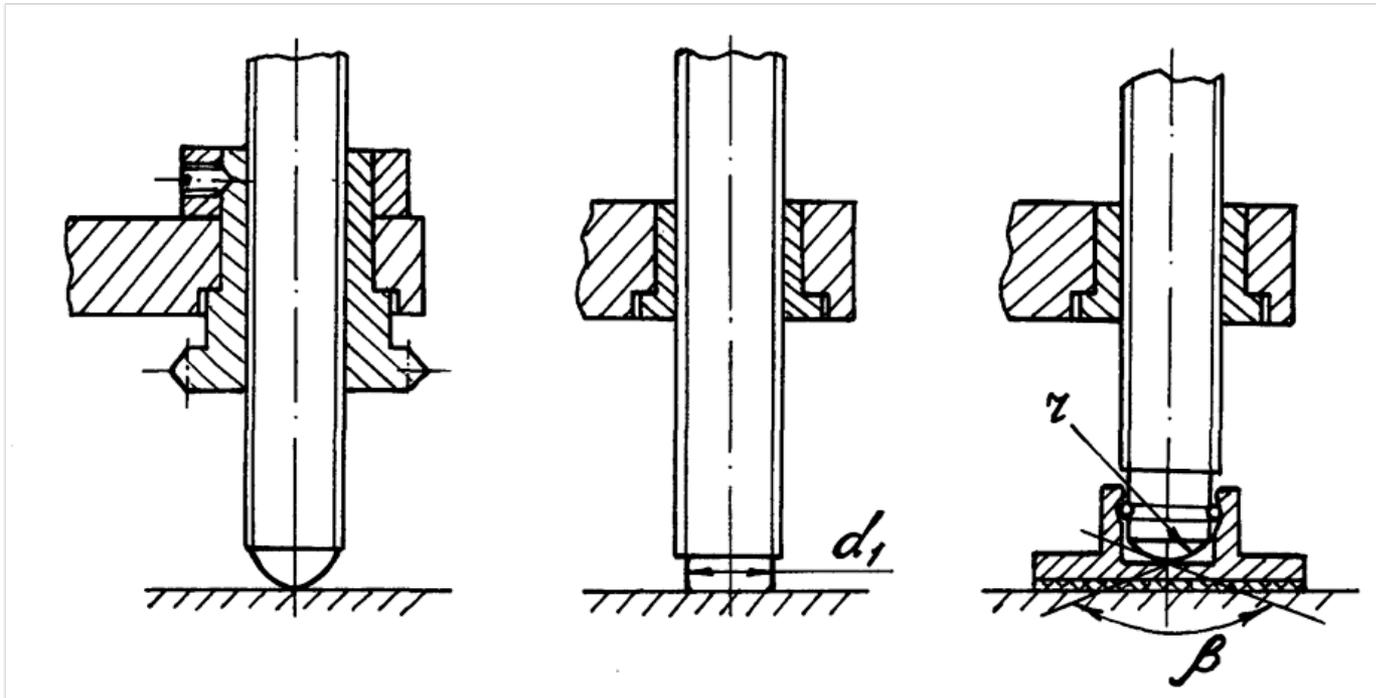
- закаленная сталь-бронза 12;
- незакаленная сталь-бронза 9;
- незакаленная сталь-чугун 5.

Расчет на устойчивость

Расчет на устойчивость проводится для длинных высоконагруженных винтов.

Проектирование винтовых зажимов

- Ручные винтовые зажимы находят большое применение в станочных приспособлениях вследствие их простоты и надежного закрепления обрабатываемых деталей. Недостатки винтовых зажимов: значительное вспомогательное время, необходимое для зажима и разжима детали, большая затрата рабочим мускульной силы, непостоянство силы зажима и возможность смещения детали от силы трения на торце винта.
- Винтовые зажимы применяют при ручном закреплении деталей в приспособлениях, а также в приспособлениях механизированного типа.
- На рисунке приведены наиболее типичные варианты винтовых зажимов



Продолжение

Номинальный (наружный) диаметр винта определяется по формуле

$$d = c \sqrt{\frac{Q}{\sigma}} \text{ мм,}$$

где $c = 1,4$ - для основной метрической резьбы [24];

Q - сила зажима, Н;

σ - напряжение растяжения (сжатия); для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы $\sigma = 80 \dots 100$ МПа.

Величина расчетного диаметра округляется до ближайшего большего значения.

В приспособлениях применяют резьбы от М6 до М48.

Момент, развиваемый на рукоятке или маховике, для получения заданной силы зажима Q

$$M = r_{cp} Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + M_{тр},$$

где r_{cp} - средний радиус резьбы, м;

α - угол подъема резьбы; $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S}{\pi d_{cp}}$, где S шаг резьбы,

d_{cp} - средний диаметр винта;

ρ - угол трения в резьбе, $\rho = \operatorname{arctg} f$, где $f = 0,12$ коэффициент трения.

Продолжение

M_{mp} - момент трения на опорном торце гайки или в месте контакта торца нажимного винта;

$$M_{mp} = \frac{1}{3} fQ \frac{D_n^3 - d_b^3}{D_n^2 - d_b^2},$$

где f – коэффициент трения в местах контакта;

D_n – наружный диаметр опорной гайки-звездочки или наружный диаметр торца нажимного винта;

d_b – внутренний диаметр опорной гайки-звездочки или внутренний диаметр торца нажимного винта;

Для зажимных винтов со сферическим торцом (рис. 46) приближенная формула момента закрепления имеет вид [24]

$$M = 0,1 d Q$$

В этой формуле момент трения на торце не учтен, так как его величина очень мала ($M_{mp} < 0,03 M$). Для нажимных винтов с плоским торцом (см. рис. 46) расчет момента закрепления ведется по формуле

$$M = 0,1d \cdot Q + \frac{fQd_1}{3},$$

а, для винта с башмаком (см. рис. 46), предупреждающим порчу поверхности заготовки, - по формуле:

$$M = 0,1d \cdot Q + r \cdot f \cdot ctg \frac{\alpha}{2} Q$$

При $\beta = 118^\circ$ (ГОСТ 13436-68) и $f = 0,15$ $M = 0,1 Q(d+r)$



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ =)**



Конструкция и проектирование машин и оборудования деревообработки

Элементы узлов

15.03.02 (151000.62)" Технологические машины и оборудование"

Кафедра инновационных технологий и
оборудования деревообработки

Базовые элементы станков

Базовыми называют элементы, на которых монтируются узлы станка. К ним относятся станины, рамы, плиты, стойки, направляющие, столы, поперечины, основания и т.д. Качество базовых элементов оценивается жесткостью, износостойкостью, виброустойчивостью, технологичностью.

- **Станина** является одним из самых ответственных и металлоемких базовых элементов станка. Станины могут быть горизонтальными и вертикальными. *Горизонтальные станины* выполняются сплошными, рамными и на ножках. Сплошные станины применяются в тяжелых станках с большой мощностью и многопозиционной схемой обработки деталей. Станины рамные и на ножках применяются в легких станках. *Вертикальные станины* применяются в случаях, если режущий инструмент или заготовка совершают вертикальные относительные перемещения.
- Станины часто выполняются *литыми* из чугуна марок СЧ12-28, СЧ15-32 и др. Чугунные станины, обладая большим коэффициентом внутреннего трения, являются более виброустойчивыми.
- Станины могут быть выполнены *сварными* из листового или профильного проката. Сварные станины получают более легкими и менее трудоемкими в изготовлении.

Продолжение

- Станина может быть выполнена *моноблочной или сборной*. Моноблочные станины обладают высокой жесткостью и виброустойчивостью и применяются в станках высокоточных. Такие станины трудоемки в изготовлении.
- Сборная станина состоит из нескольких элементов, например, основания 1, колонки 2 и кронштейна 3. Изготовление отдельных элементов упростилось, однако сборная станина обладает меньшей жесткостью.

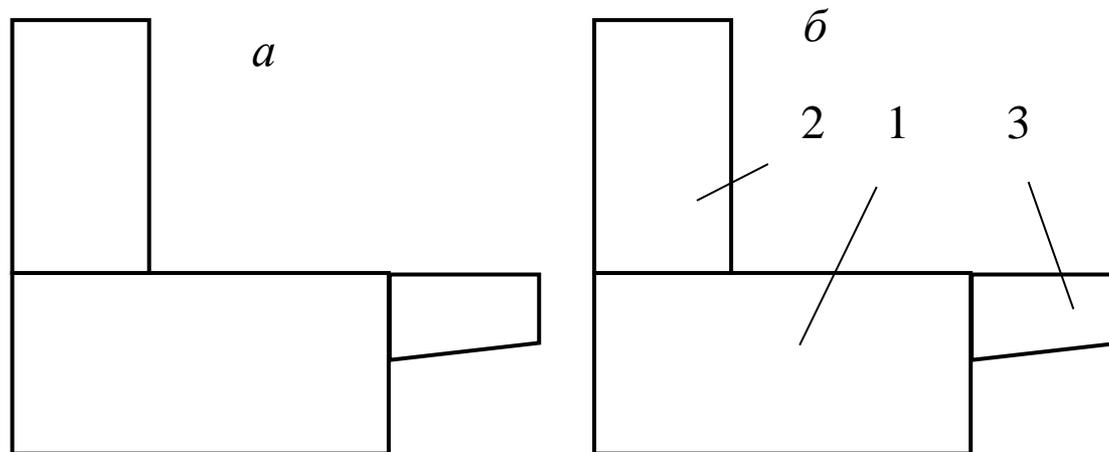
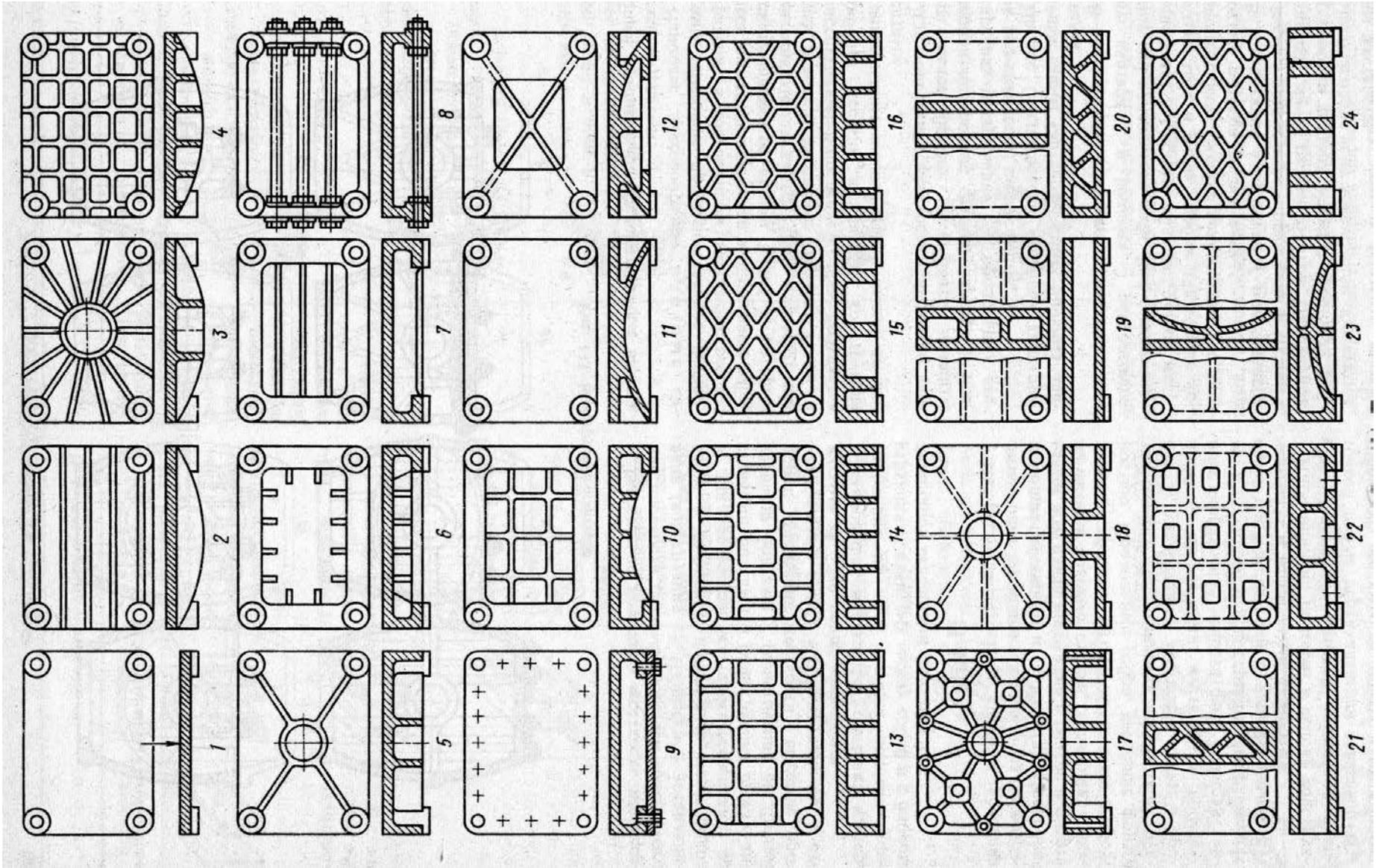


Рис. Станины:

a – моноблочная; *б* – сборная

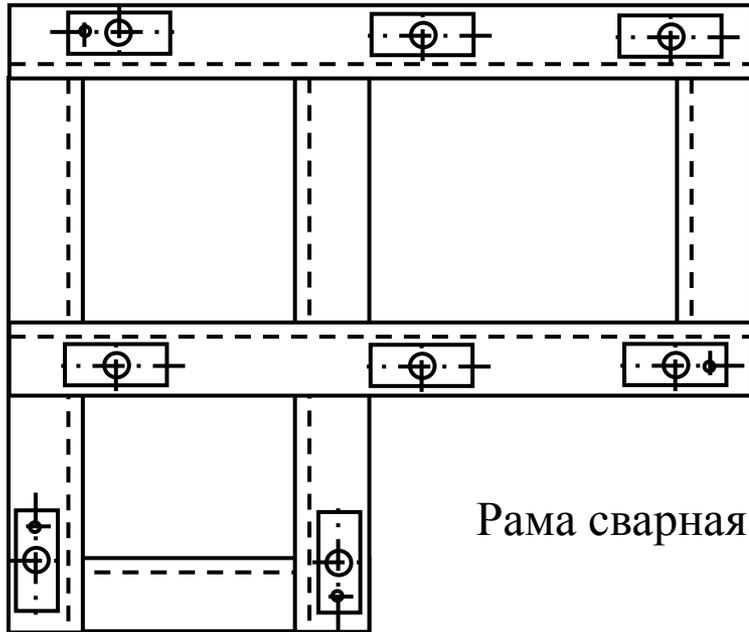
Конструирование плит и рам

- Плиты и рамы предназначены для установки на них узлов и деталей, расположенных в пространстве с заданной точностью. Для обеспечения заданной точности расположения узлов, в случае ослабления затяжки винтов, узлы после крепления и выверки фиксируют коническими штифтами. После сборки эти узлы и детали вместе с плитой образуют самостоятельный агрегат.
- Перед конструированием плиты (рамы) определяют ее габаритные размеры и форму. Для этого вычерчивают общий вид установки в трех проекциях.
- Для повышения прочности и жесткости в плите делают продольные и поперечные ребра жесткости, которые должны отстоять от основания на величину толщины стенки. Это позволяет беспрепятственно обрабатывать основание плиты.
- При конструировании плиты желательно предусматривать сквозные окна в ее вертикальных стенках для закладки ломика при транспортировке плиты краном. В стенках плиты полезно делать наклонные ниши, в которые заводят концы ломиков для перемещения плиты по полу цеха.



Продолжение

- Плиты крепят к полу или фундаменту болтами, которые размещают на приливах литой плиты. Чтобы приливы были прочными, их следует делать высокими. Высота всех приливов должна быть одинаковой. Это позволяет использовать болты одинаковой длины.
- Поверхности плиты, служащие базой для установки других деталей и узлов обрабатываются так, чтобы опорные поверхности имели минимальное отклонение от плоскостности и приводили к минимальным деформациям при затягивании болтов.
- Поверхности плиты, подлежащие обработке должны располагаться в одной плоскости. В этом случае конструкция плиты получается проще, а обработка ее поверхностей удобнее.
- В плите литой конструкции для крепления узлов и деталей делают резьбовые отверстия. Это упрощает конструкцию и облегчает процесс сборки.



Рама сварная

- При конструировании сварных рам необходимо учитывать, что после сварки изделие сильно деформируется. В связи с этим после сварки все базовые поверхности должны обрабатываться. Чтобы не производить обработку больших поверхностей рамы в местах установки узлов и деталей на раме привариваются платики
- Сварные рамы применяются главным образом при единичном производстве, в связи с этим нижнюю поверхность рамы иногда не обрабатывают. Обработка платиков производится на базе нижней поверхности. В связи с этим при установке рамы на столе станка положение ее выверяют при помощи прокладок и клиньев.
- Рама должна иметь конструкцию, удобную для транспортирования машины краном, а также для перемещения по полу цеха на катках ломиком. При широком распространении гидравлических тележек грузоподъемностью 1 – 2 тонны последнее становится менее актуальным.

Продолжение

Сварная рама выполняется из листовой стали, швеллеров, уголков, полки которых располагаются наружу. Такое расположение полок удобно для крепления узлов и самой рамы.

Узлы на рамы крепят как винтами, так и болтами. При креплении болтами на внутреннюю поверхность полки привариваются или накладываются косые шайбы, выравнивающие поверхность полки швеллера под головкой болта или гайкой.

В последнее время широко используются для изготовления рам квадратные и прямоугольные сварные трубы.

Проектирование сварных узлов

- Свариваемость сталей характеризуется их склонностью к образованию трещин и механическими свойствами сварного шва. По свариваемости стали делят на четыре группы: 1 – хорошая свариваемость; 2 – удовлетворительная свариваемость; 3 – ограниченная свариваемость; 4 – плохая свариваемость.
- **К группе 1** относятся стали, сварка которых возможна без предварительного подогрева и без последующей термообработки. При этом для снятия внутренних напряжений после сварки термообработка допускается. Хорошей свариваемостью обладают низкоуглеродистые стали марок Ст1 – Ст4 по ГОСТ 380-88; стали марок 08; 10; 15; 20; 25 по ГОСТ 1050-88 и др.
- **К группе 2** относятся стали, для сварки которых требуется их предварительный подогрев. Удовлетворительной свариваемостью обладают стали марок Ст5пс, Ст5сп по ГОСТ 380-88; стали марок 30; 35 по ГОСТ 1050-88 и др.
- **К группе 3** относятся стали, для сварки которых требуется их предварительный подогрев и термообработка до и после сварки. Ограниченной свариваемостью обладают стали марок Ст6пс, Ст6сп по ГОСТ 380-88; стали марок 40; 45; 50 по ГОСТ 1050-88 и др.
- **К группе 4** относятся стали трудносвариваемые и склонные к образованию трещин. К этой группе относятся в основном легированные стали.

Чем больше содержание углерода и легирующих добавок в стали, тем сложнее её сваривать.

Швы сварных соединений

- Конструктивные элементы сварных соединений выполняются по ГОСТ 5264 – 80. Для сварки деталей применяются соединения стыковые С1 – С39, угловые У1 – У9, тавровые Т1 – Т9 и нахлесточные Н1 – Н2.
- Желательно, чтобы свариваемые детали были одинаковой толщины. Если детали разной толщины, то место сварки толстой детали утоньшается до толщины тонкой детали. Зазор в стыке равен около 2 мм. При соединении толстых деталей их торцы с одной или обеих сторон разделяются под углом 25° или 45° .

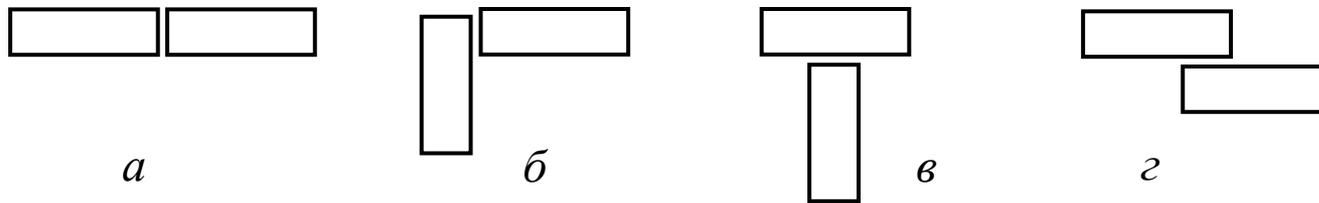
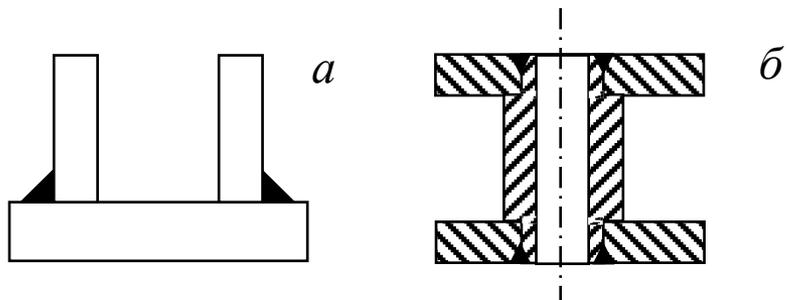


Рис. 74. Швы сварных соединений:

a – стыковое; *б* – угловое; *в* – тавровое; *г* – нахлесточное

Катеты углового шва устанавливаются при расчетах и должны быть не более 3 мм для деталей толщиной до 3 мм включительно. Для деталей толщиной более 3 мм катет шва находится из выражения $K \leq 1,2S$, где S – толщина тонкой детали, мм.

Технологичность сварных соединений



Конструкции удобные для сварки:
a – швы разнесены; *б* – швы вынесены на поверхность

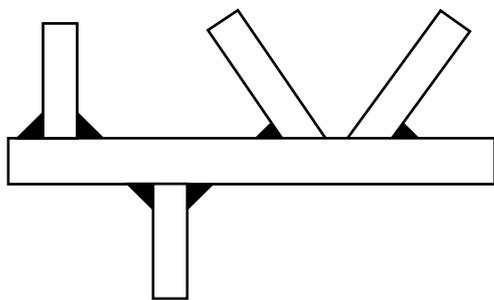


Рис. Размещение швов при сварке

- Для правильного конструирования сварных соединений необходимо выполнять следующие правила.
- **1. Конструкция соединения должна обеспечить удобный подвод электродов к месту сварки.** Для этого сварные швы выносятся из тесного пространства между перегородками.
- **2. Для приваривания, например, размерных трубок к листам швы выносятся на поверхность.**
- **3. Устранить совмещение швов. Свести к минимуму количество сварочного металла.** Ребра при сварке лучше смещать друг от друга так, чтобы места сварки рассредоточить (рис.). Размещать ребра друг под другом не рекомендуется.

Размещение швов при сварке

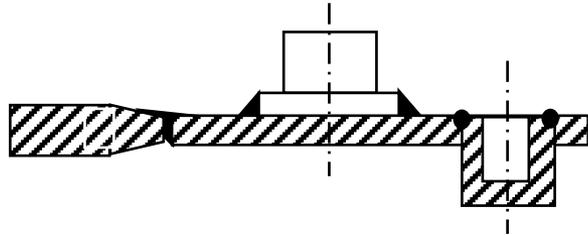


Рис. Сварка массивных и тонких деталей

- **4. Исключать сварку толстых деталей с тонкими.** Кромки в месте сварки должны иметь одинаковую толщину (рис.). Если к тонкому основанию приваривается массивная деталь, то на детали делается тонкостенный фланец или высверливается отверстие с образованием тонкой стенки.

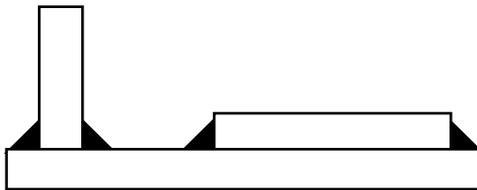


Рис. Смещение свариваемых кромок

- **5. Предусматривать фиксацию свариваемых деталей без применения специальных приспособлений.** Одна из свариваемых деталей должна вставляться в предварительно подготовленное отверстие.
- **6. Исключить трудоемкую операцию разделки кромок.** Этого можно достичь путем смещения свариваемых кромок (рис.).

Продолжение

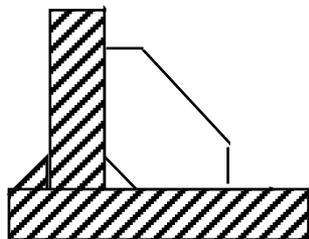
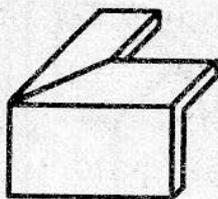


Рис. Приваривание
косынки

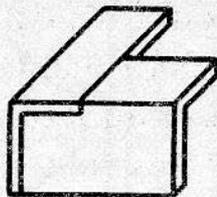
- **Исключить пережог и оплавление тонких кромок.** Острые углы деталей желательно сделать тупыми (рис.).
- У косынки, например, вершины углов обрезаются, и углы становятся прямыми или тупыми.
- Для предотвращения оплавления обработанных поверхностей рекомендуется обрабатывать эти поверхности после сварки или удалять их от места сварки.
- Сварные конструкции рассчитываются на прочность. Методика расчетов приведена в литературе .

Сварные рамы

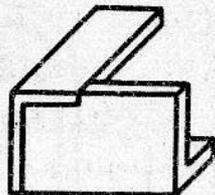
Предпочтительны соединения с расположением вертикальными полками наружу.



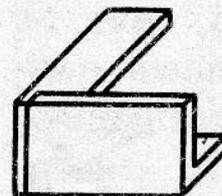
1)



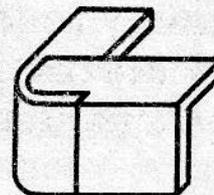
2)



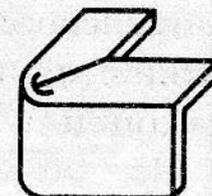
3)



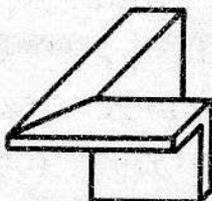
4)



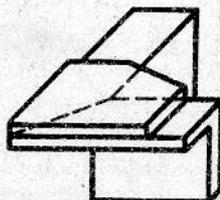
5)



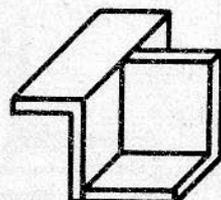
6)



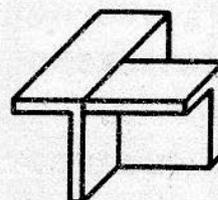
7)



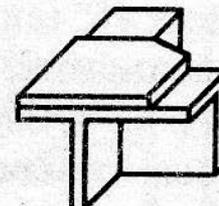
8)



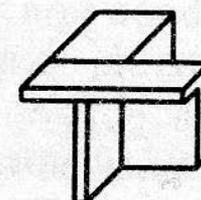
9)



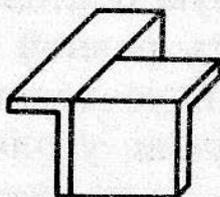
10)



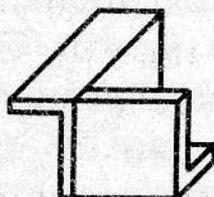
11)



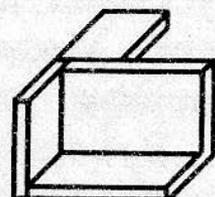
12)



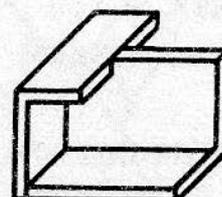
13)



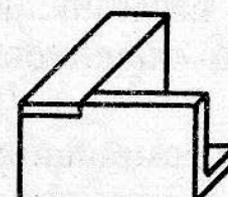
14)



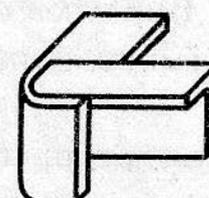
15)



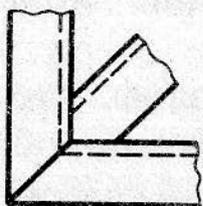
16)



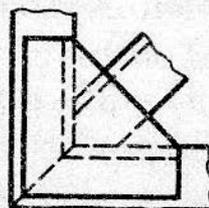
17)



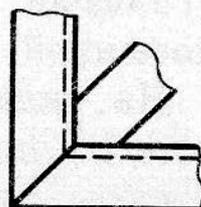
18)



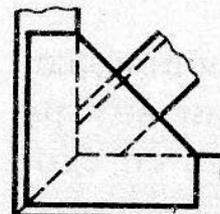
19)



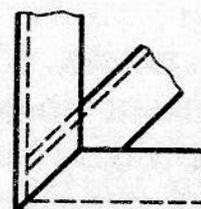
20)



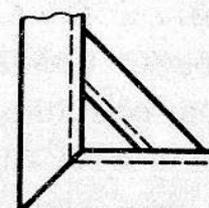
21)



22)

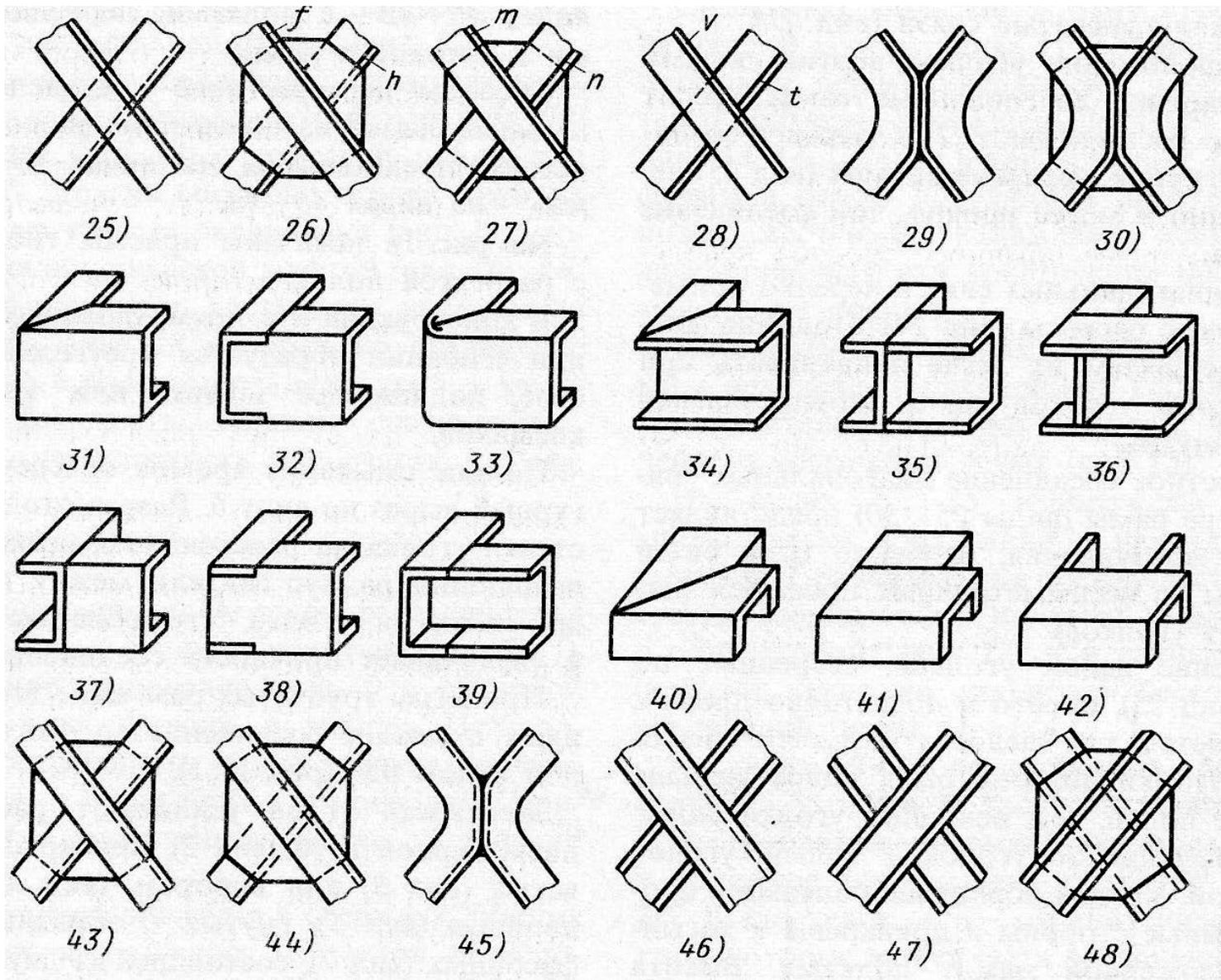


23)

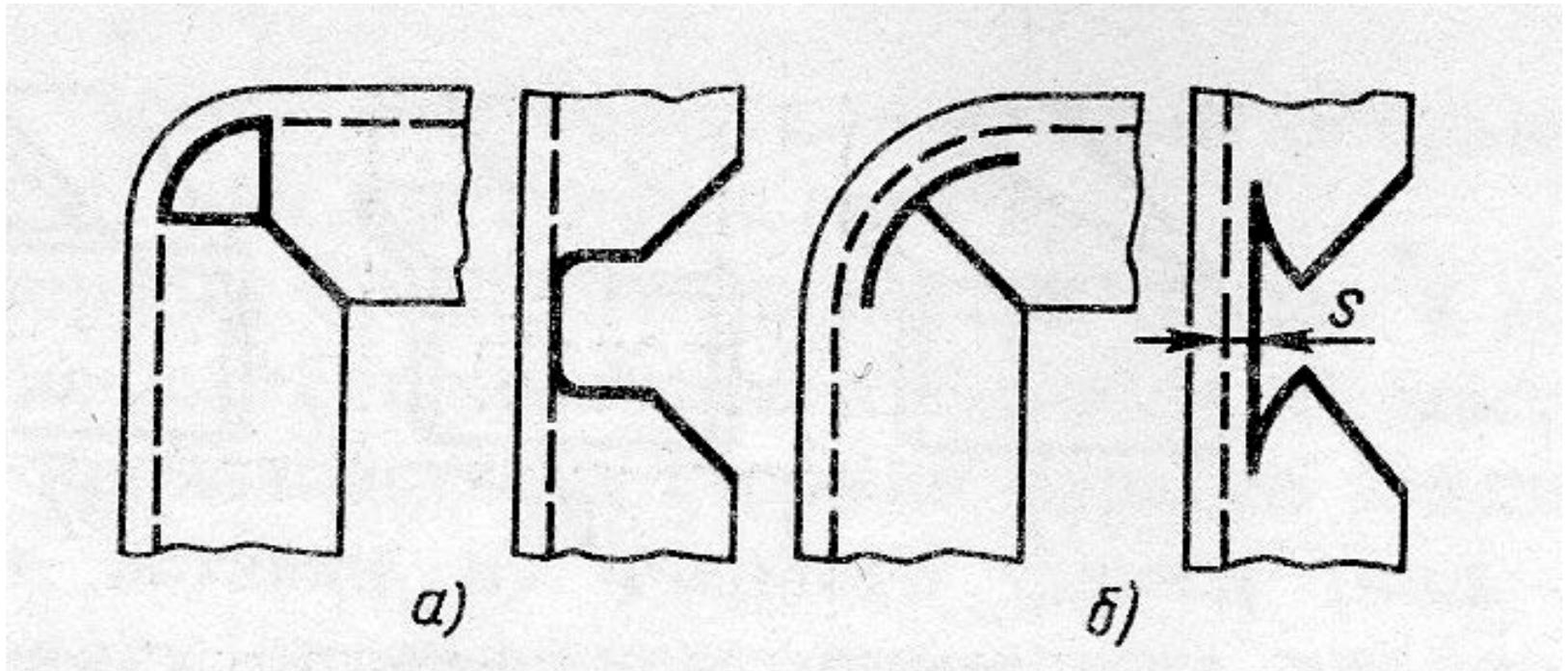


24)

Рамы из швеллеров



Способы сгиба уголков



Соединение методами холодной пластической деформации

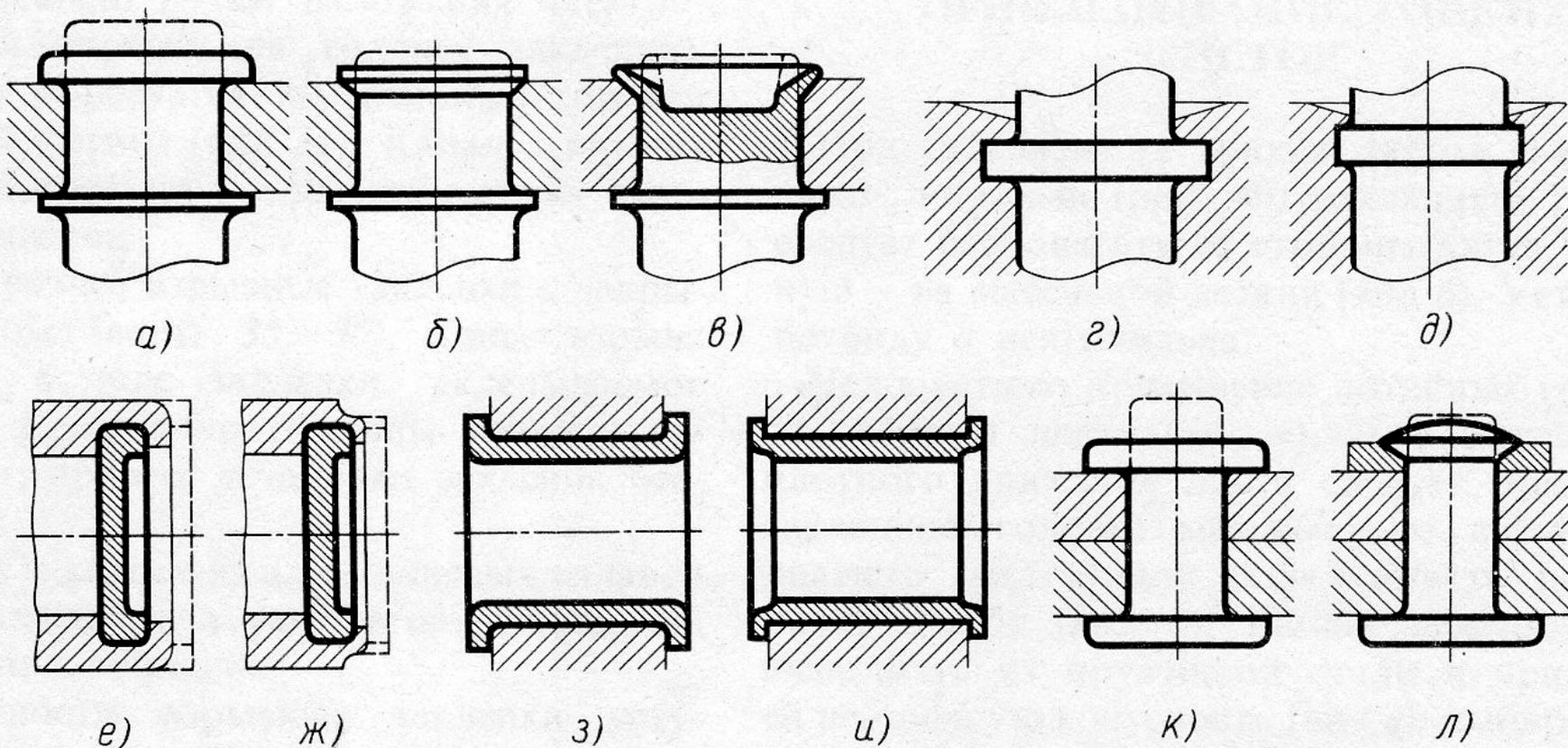


Рис. 41. Узлы крепления пластической деформацией:

а, г, е, з, к — нерациональные; *б, в, д, ж, и, л* — рациональные конструкции

Соединение методами холодной пластической деформации

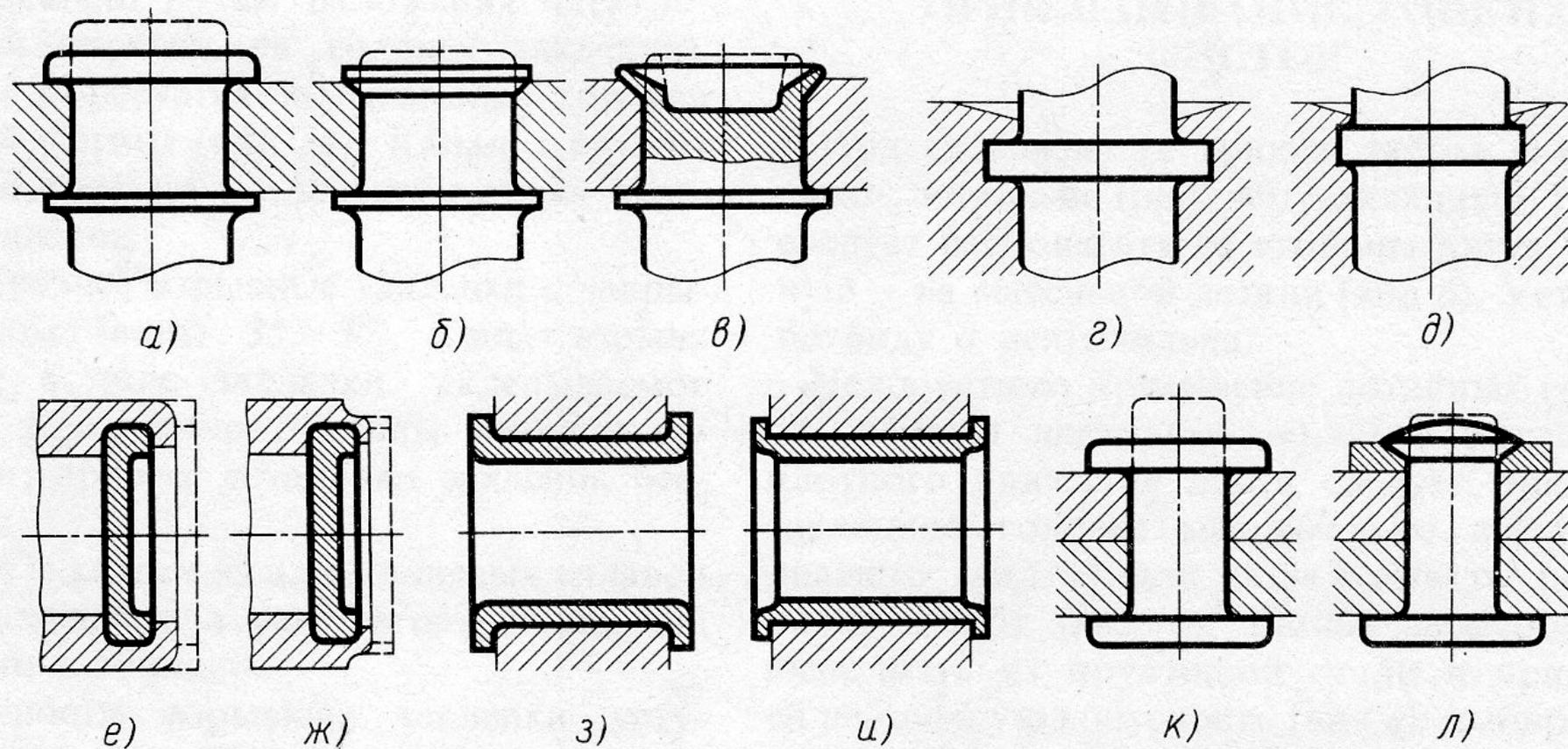


Рис. 41. Узлы крепления пластической деформацией:

а, г, е, з, к — нерациональные; *б, в, д, ж, и, л* — рациональные конструкции

Конструирование валов и осей

- **Общие правила конструирования.** Конструкция вала или оси определяется особенностями крепления на них деталей.
- Для посадки зубчатых колес, шкивов, муфт, подшипников и других деталей на валах предусматриваются цилиндрические или конические участки определенного диаметра и длины.
- Для фиксации деталей на валах предусматриваются упорные буртики, проточки под пружинные кольца, резьбы для установки гаек.
- Для передачи вращающего момента применяются шпоночные и шлицевые соединения.
- При разработке конструкций валов и осей приходится учитывать условия прочностного и технологического характера, а также расход металла.
- **Прочностные условия конструирования.** Диаметры валов и осей определяются расчетом на усталость. При этом учитывается концентрация напряжений в проточках, резьбе, канавках и других конструктивных элементах. Если вал имеет небольшой запас усталостной прочности, то при его конструировании следует избегать концентраторов напряжений.
- Приведенные рекомендации относятся к валам и осям, имеющим небольшой запас усталостной прочности. Если размеры вала или оси определяются из требований не усталостной прочности, а необходимой жесткости, то рекомендации можно не учитывать. В этих условиях главное внимание следует уделить улучшению технологичности вала.

Продолжение

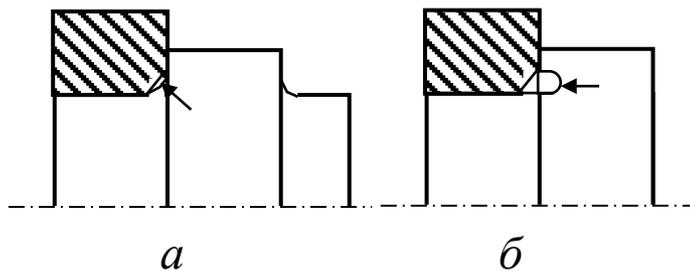


Рис. 80. Сопряжение
поверхностей:

a – галтелью; *б* – поднутрением

- **Сопряжение двух диаметров** вала лучше оформлять в виде галтели по возможности большего радиуса (рис. *a*). Чем больше радиус галтели, тем плавней сопряжение, тем меньше концентрация напряжений. Заметно снижают концентрацию напряжений галтели с поднутрением (рис. *б*).
- **Шпоночный паз**, обработанный дисковой фрезой, создает меньшую концентрацию напряжений, чем шпоночный паз, образованный торцевой фрезой, хотя в последнем случае шпонка фиксируется более надежно.
- **Осевую фиксацию деталей** на вале или оси лучше делать распорными втулками, нежели гайками, стопорными винтами или пружинными кольцами, так как резьбы под гайки, поперечные отверстия под винты и канавки под кольца увеличивают концентрацию напряжений в соответствующих сечениях вала.

Продолжение

- **При конструировании оси** следует стремиться, чтобы ось не вращалась. Известно, что ось воспринимает только изгибающие моменты. Если ось не вращается, т.е. не меняет своего положения в пространстве, то напряжения изгиба в ней не будут знакопеременными.

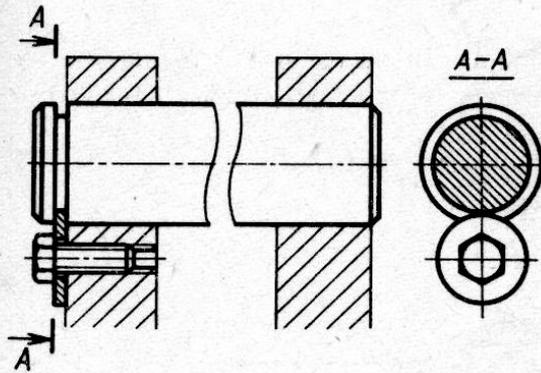


Рис. 390. Продольная фиксация оси привертной шайбой

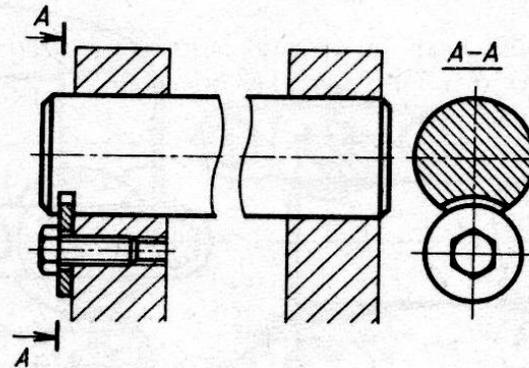


Рис. 391. Продольная и угловая фиксация оси привертной шайбой

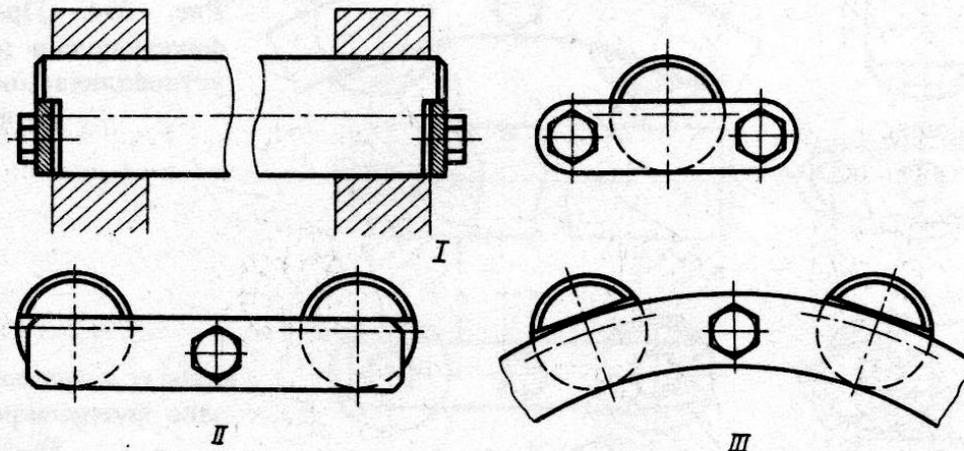


Рис. 392. Продольная и угловая фиксация оси привертными резными пластинами

Продолжение

- **Технологические условия конструирования.** Технологией сборки узла к конструкции вала предъявляется одно требование, заключающееся в том, что **при сборке каждая деталь должна проходить до места посадки без натяга.**
- Для выполнения этого правила следует пользоваться следующими рекомендациями.
- ***При установке на вал с натягом нескольких деталей*** с одной стороны вал должен быть ступенчатым. При этом диаметр ступенчатых участков должен убывать к концу вала. Недопустимо, чтобы через некоторый ступенчатый участок при сборке проходили с натягом другие детали. Если при сборке через участок вала проходит несколько деталей с натягом, то они деформируют этот участок вала и изменяют условия сопряжения с деталью, предназначенной для этого места.

Продолжение

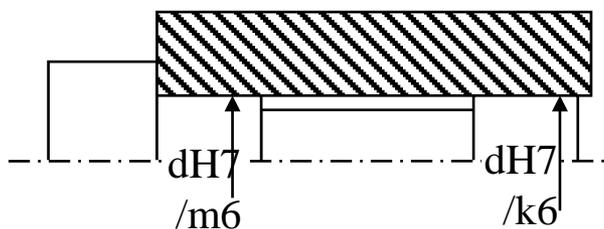


Рис. Соединение вала с длинной деталью

- Если на валу установлена одна длинная деталь, то выполнение разных диаметров вала нежелательно (рис.). В результате неизбежной несоосности обеих шеек вала и отверстий детали сборка становится затруднительной. В этом случае обе шейки вала надо сделать одинакового диаметра, а натяг ослабить на первой по направлению сборки шейке.
- **Трудоемкость изготовления валов и осей** должна быть минимальной. Валы и оси могут быть гладкие и ступенчатые. Изготовление гладких валов и осей значительно проще, чем ступенчатых. Везде, где это возможно валы надо делать гладкими. Недостаток гладких валов заключается в том, что при назначении посадок приходится использовать систему вала, а также трудно обеспечить посадку с гарантированным натягом, если деталь расположена на некотором расстоянии от конца вала.

Продолжение

- Чтобы не увеличивать количество используемых резцов, радиусы галтелей и углы фасок на одном валу должны быть по возможности одинаковые.
- Для выхода резьбонарезного инструмента и шлифовального круга в конструкции вала должны предусматриваться проточки. Ширину проточек тоже желательно делать одного размера, что позволит обрабатывать их одним канавочным резцом.
- Если по длине вала имеется несколько шпоночных пазов, то для удобства фрезерования они должны обрабатываться с одной установки на одной образующей вала и иметь одинаковую ширину.
- Поперечные отверстия на валах (если они необходимы) должны быть цилиндрическими или овальными.
- Продольные пазы на шлифованной поверхности нежелательны, так как они затрудняют сохранение геометрической формы вала на шлифованном участке.
- Для удобства сборки и притупления острых кромок на торцах и уступах валов делаются фаски. Величина фасок принимается из стандартного ряда чисел (0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0 мм).

Продолжение

- **Расход металла.** Для уменьшения расхода металла и снижения трудоемкости обработки величина перепадов диаметров ступеней вала должна быть минимальной. Диаметры посадочных участков вала должны быть стандартными. Призматическую шпонку после ее посадки в паз вала вынимать нежелательно, поэтому перепад диаметров должен быть такой, чтобы шпонка не препятствовала проходу других деталей при сборке.
- Сегментные шпонки легко вставляются и вынимаются. Их применение позволяет несколько уменьшить перепад диаметров.
- Перепад диаметров можно уменьшить применением упорных колец.
- Использование узкого кольцевого буртика в середине вала нежелательно. Везде, где это возможно, узкие буртики следует заменять пружинными кольцами или разъемными врезными кольцами.
- Металлоемкость вала понижается при выполнении его пустотелым из трубы.

Продолжение

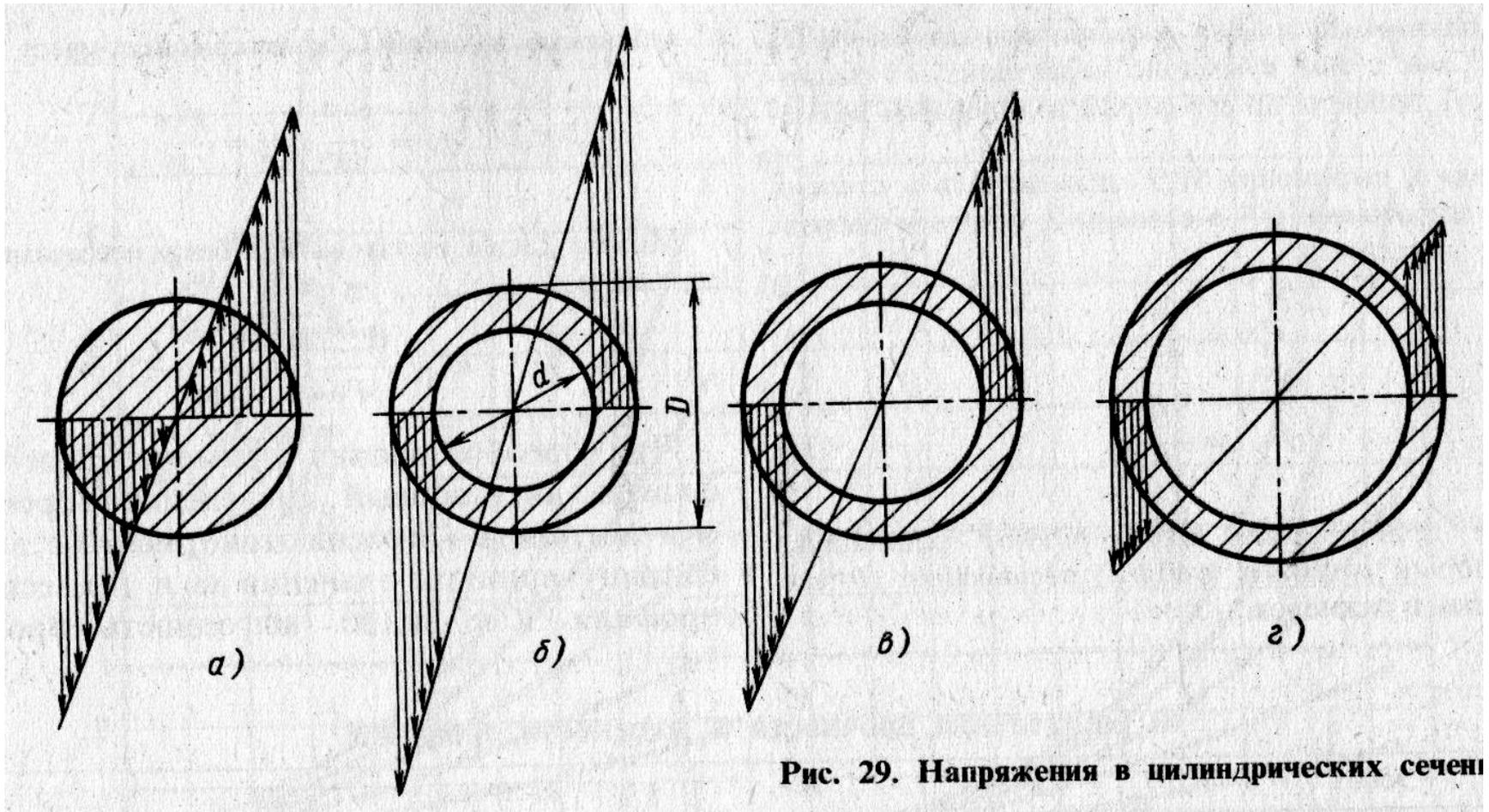


Рис. 29. Напряжения в цилиндрических сечениях

Продолжение

Облегчение цилиндрических деталей

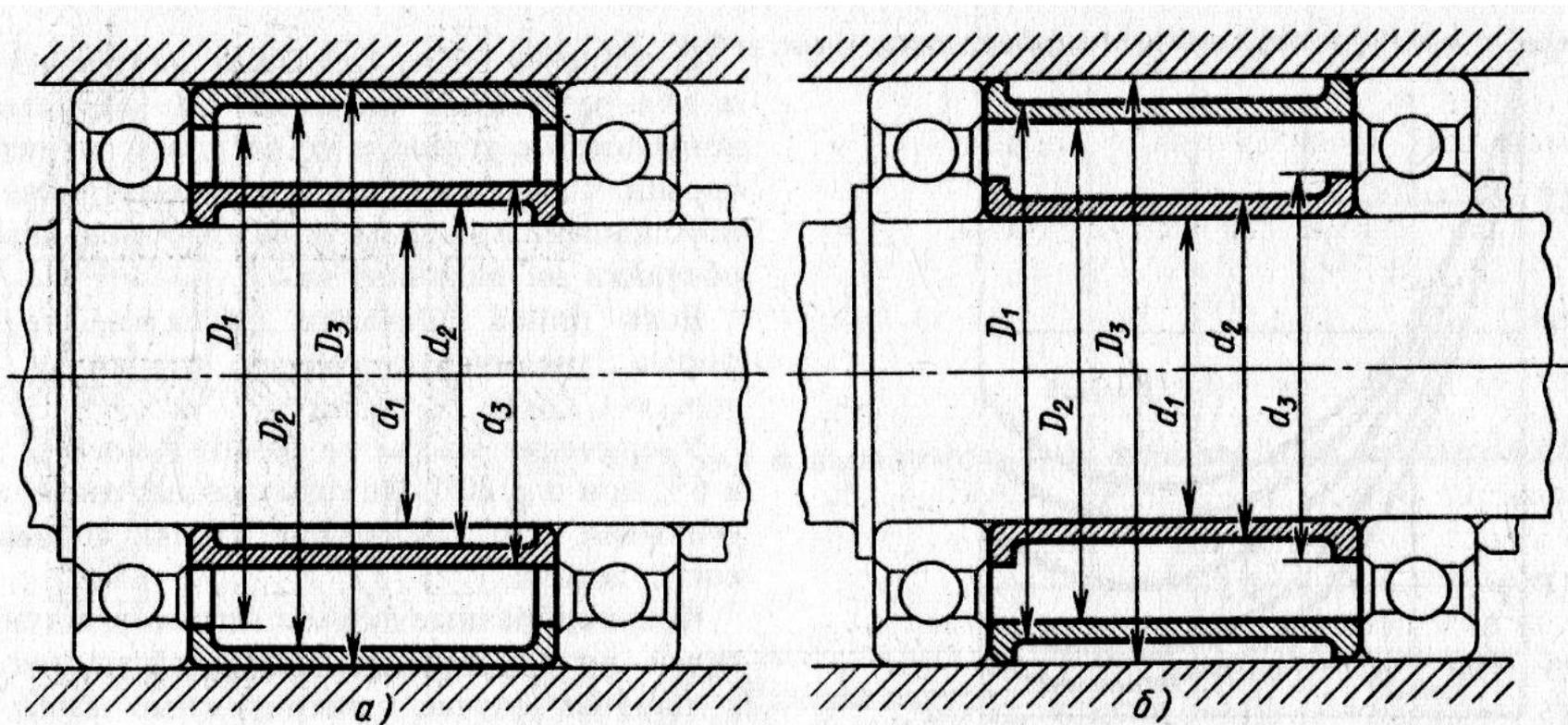


Рис. 41. Облегчение цилиндрических деталей

Вращательно-осевые соединения

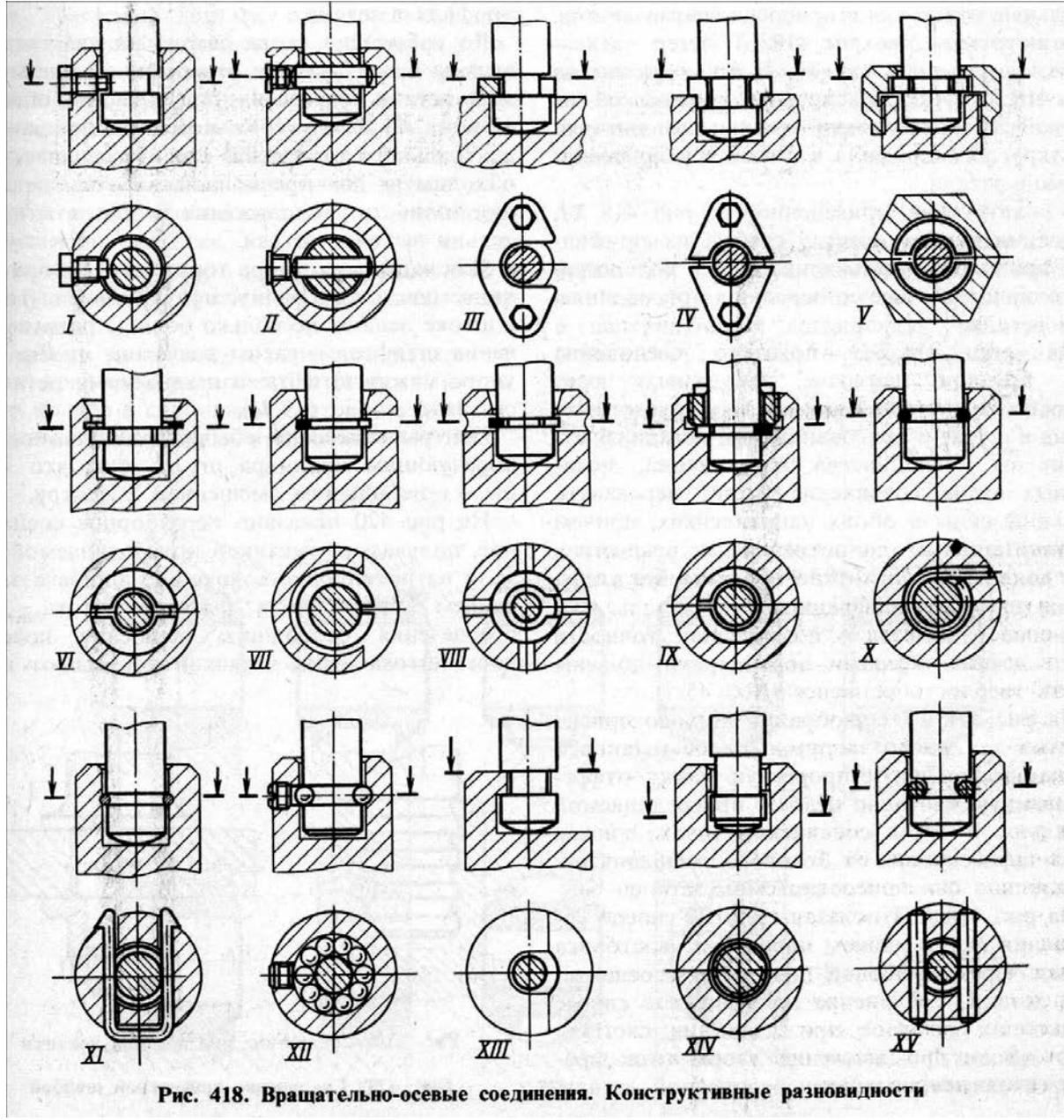


Рис. 418. Вращательно-осевые соединения. Конструктивные разновидности

Осевая (а), радиально-осевая (б) и радиальная (в) сборки.

В изготовлении осевая сборка проще, а в сборке и обслуживании сложнее.

У радиальной сборки всё наоборот.

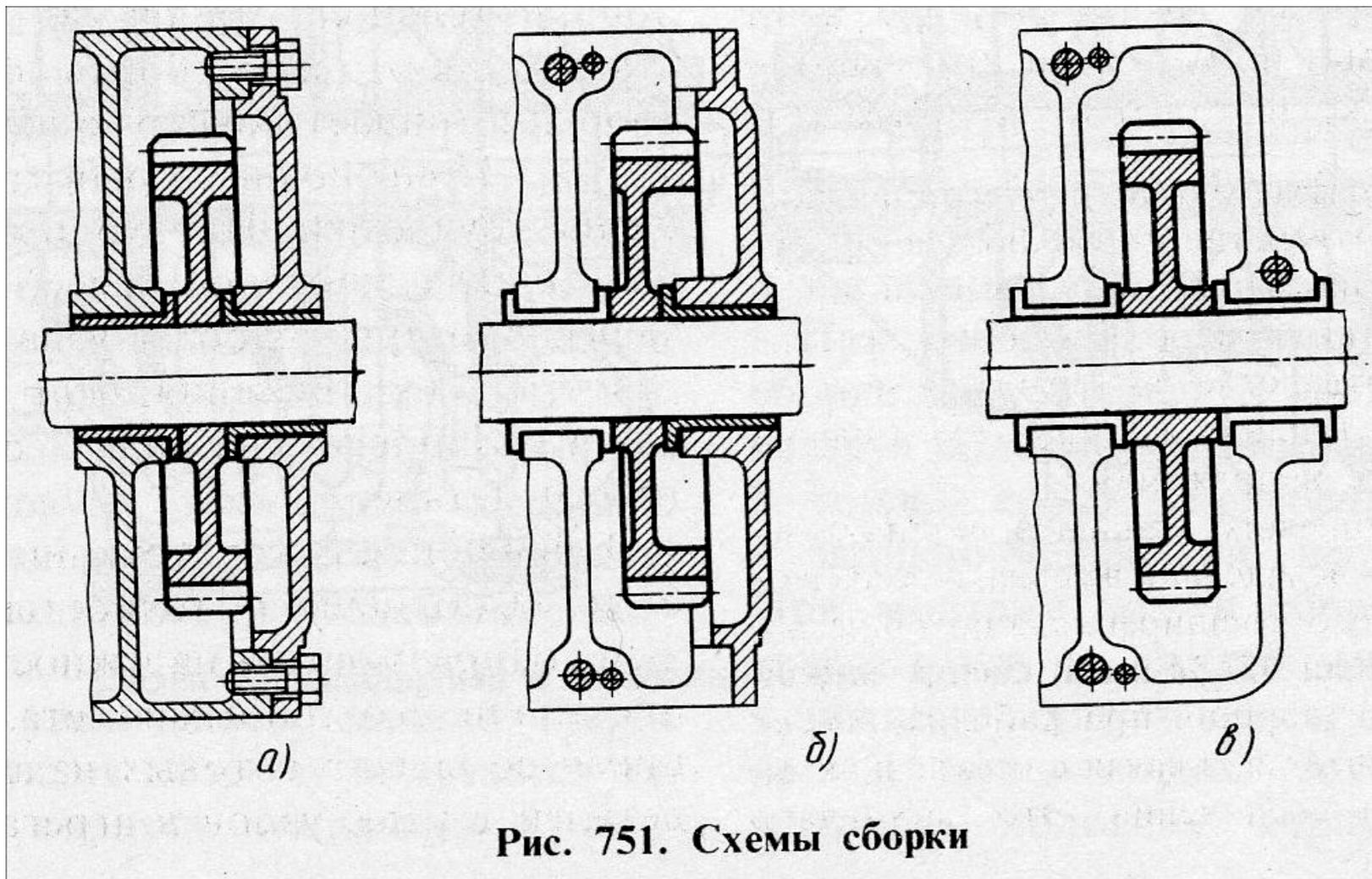
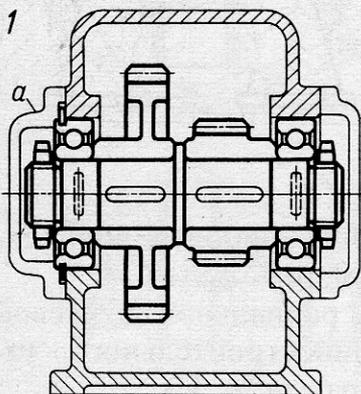
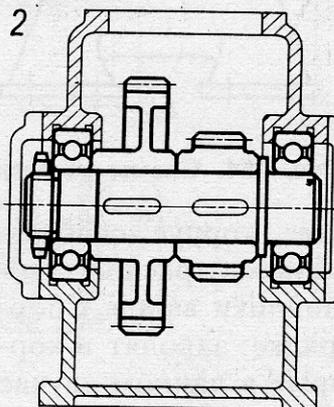


Рис. 751. Схемы сборки

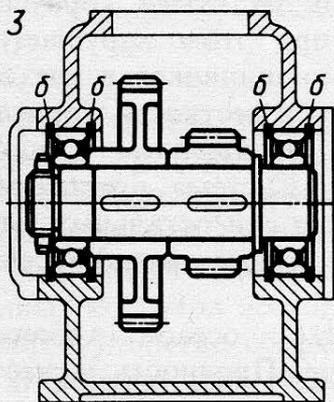
Радиальная сборка



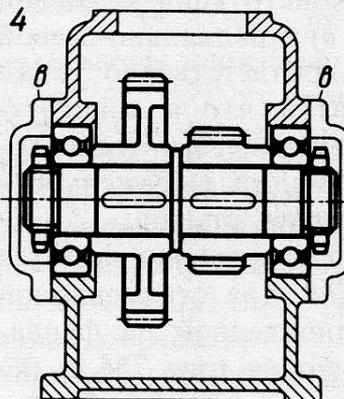
Плоскость разъема корпуса проходит через ось блока. Предварительно собранный блок укладывают подшипниками на посадочные поверхности нижнего корпуса и накрывают верхней половиной корпуса, фиксируемой относительно нижней контрольными штифтами. Левый подшипник фиксируют крышкой *a*, правый подшипник «плавающий»



Верхняя половина корпуса зафиксирована относительно нижней наружными обоймами подшипников. Правый подшипник «плавает» на валу. Недостаток конструкции: невозможность обработки посадочных поверхностей под подшипники напроход

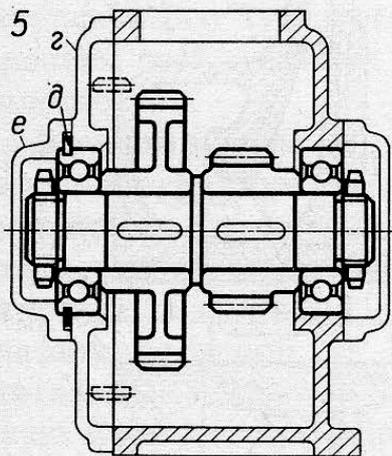


Половины корпуса зафиксированы одна относительно другой наружными обоймами подшипников и кольцами *б*. Правый подшипник «плавает» на валу. Возможна обработка посадочных поверхностей под подшипники напроход

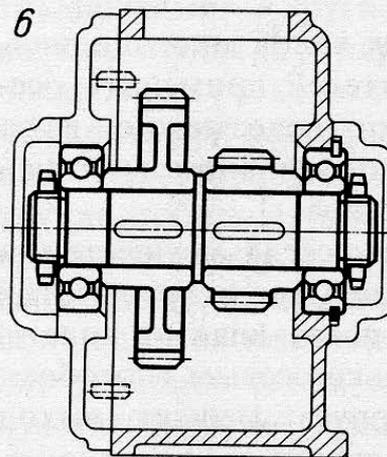


Половины корпуса зафиксированы одна относительно другой обоймами подшипников и крышками *в*. Конструкция применима при не слишком большом расстоянии между подшипниками

Осевая сборка



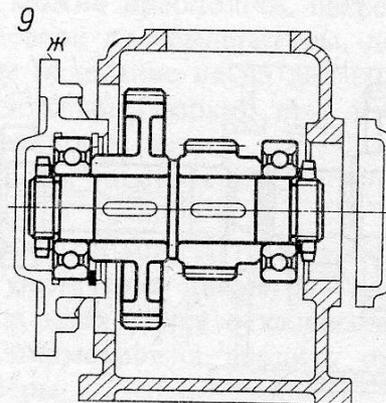
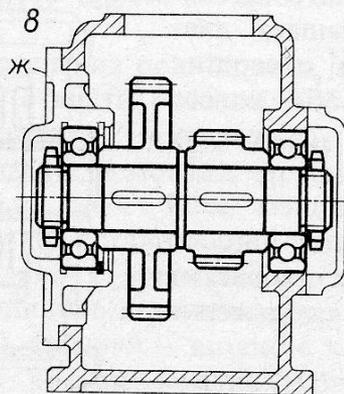
Отъемная стенка *z* зафиксирована относительно корпуса контрольными штифтами. При монтаже блок устанавливают правым подшипником в корпус и накрывают отъемной стенкой (стопорное кольцо *d* подшипника должно быть предварительно снято), после чего фиксируют крышкой *e*



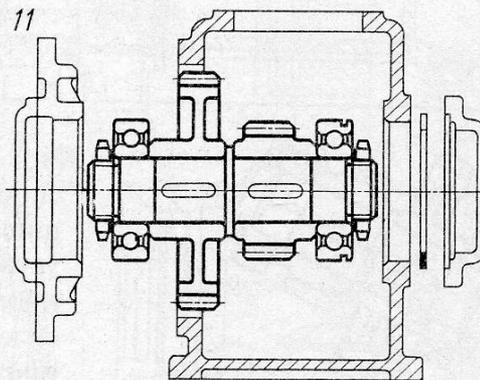
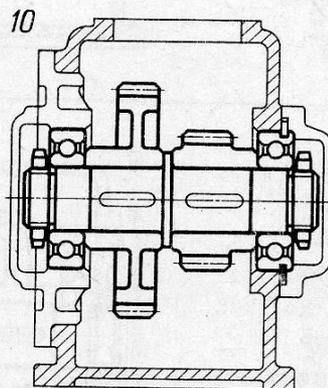
Блок фиксируется в осевом направлении подшипником, расположенным в корпусе

Недостатки конструкции:

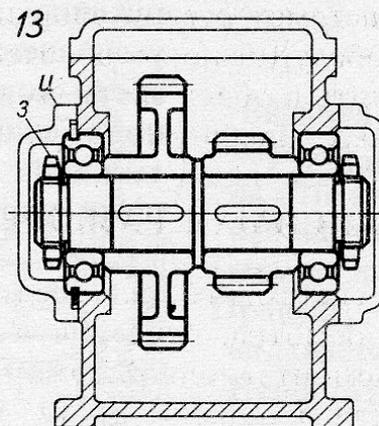
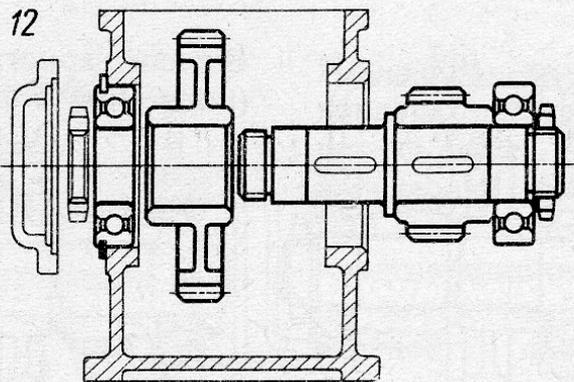
уменьшение жесткости корпуса; Уплотнительная прокладка ниже уровня масла



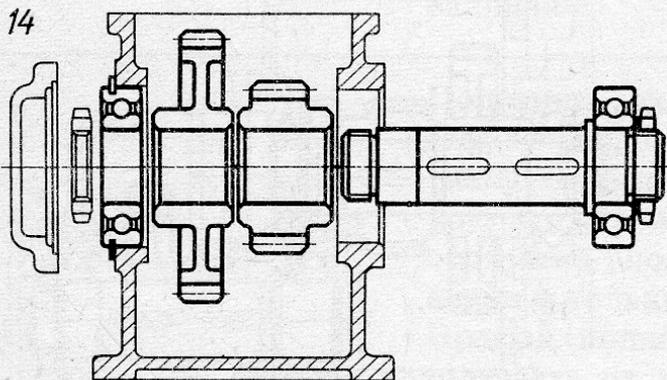
В корпусе (эск. 8) проделано отверстие диаметром, превышающим диаметр большего колеса. Блок устанавливают в крышке ж и вводят в корпус (эск. 9). Центрирующие поверхности в корпусе обрабатывают с одного станова. Диаметр крышки ограничивает расположение смежных (расположенных вне плоскости чертежа) колес перебора



Блок фиксируется подшипником, расположенным в корпусе. В крышке предусмотрено отверстие для обработки посадочных поверхностей напроход

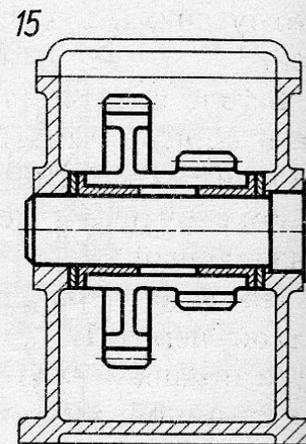


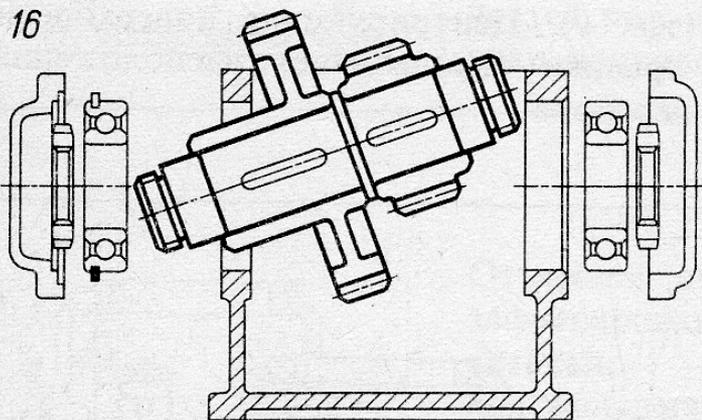
Большое зубчатое колесо вводят через верхнее отверстие корпуса (экс. 12) и продевают через него вал с установленным на нем малым колесом, после чего затягивают гайки *z* и фиксируют блок крышкой *u* (экс. 13)



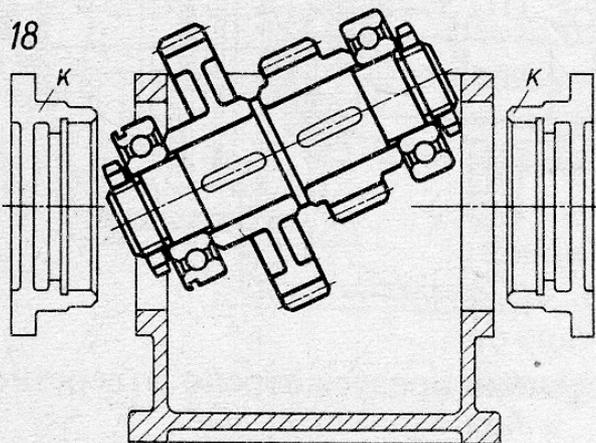
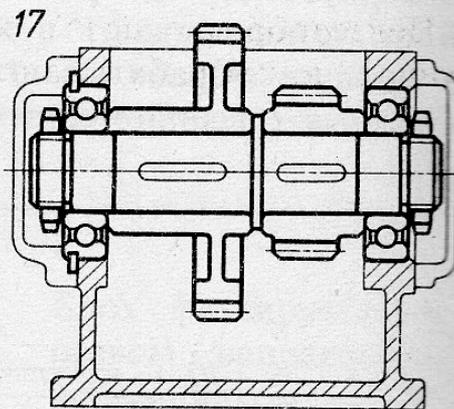
Если диаметр малого зубчатого колеса превышает диаметр посадочного отверстия подшипника, то оба колеса заводят в корпус сверху (экс. 14)

Монтаж с продеванием вала через зубчатые колеса широко применяют при установке их на подшипниках скольжения (экс. 15)

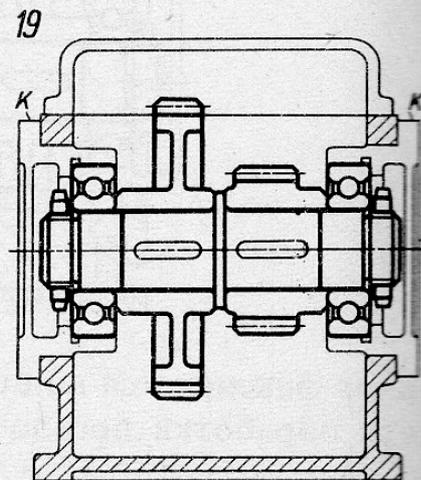




Вал в сборе с зубчатыми колесами заводят в наклонном положении через верхнее отверстие корпуса (эск. 16), разворачивают, после чего устанавливают подшипники и фиксируют блок крышкой (эск. 17)



Блок можно собрать тем же способом в сборе с подшипниками (эск. 18), если установить подшипники на промежуточных втулках к (эск. 19) и несколько расширить верхнее отверстие



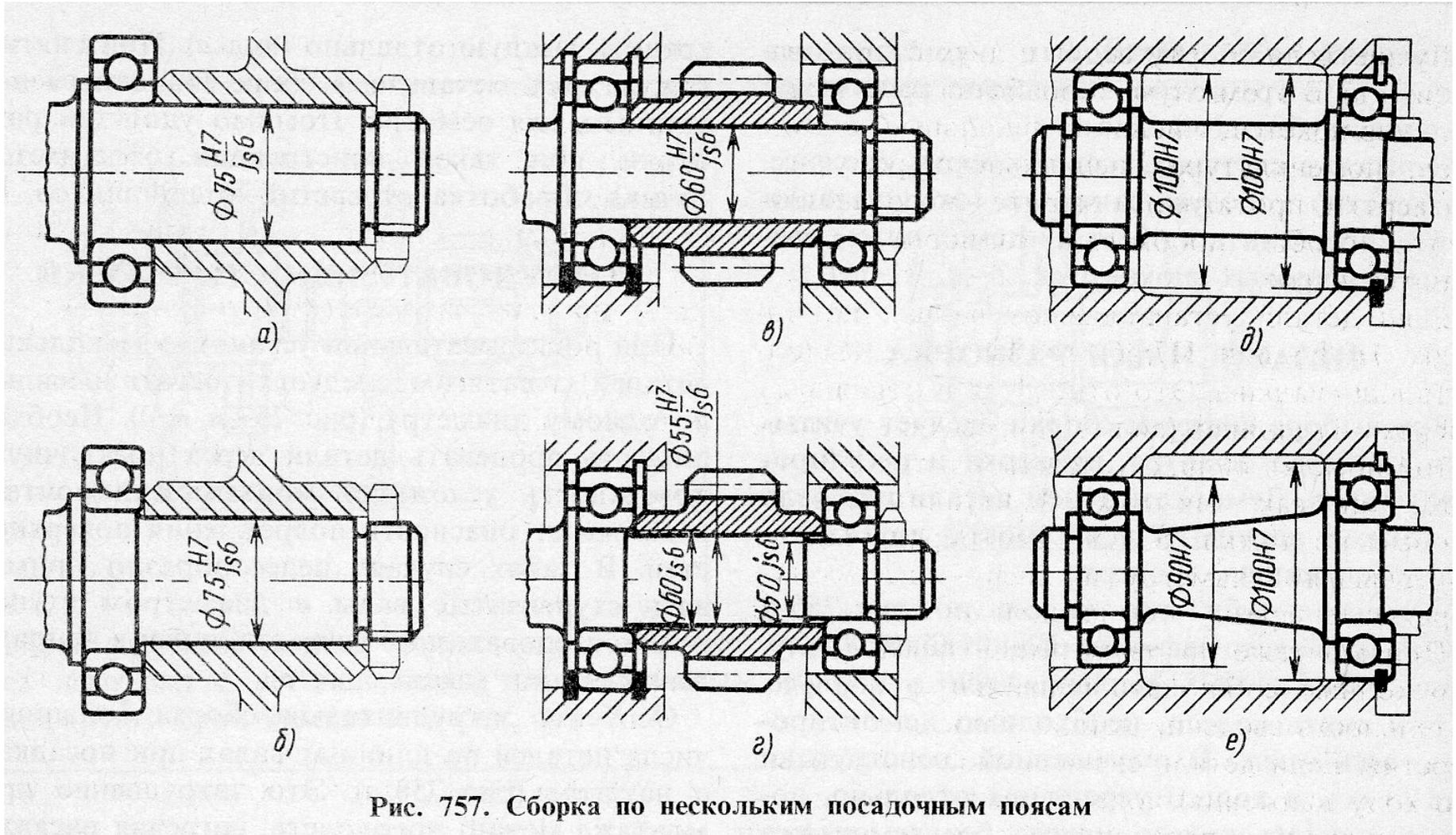


Рис. 757. Сборка по нескольким посадочным поясам

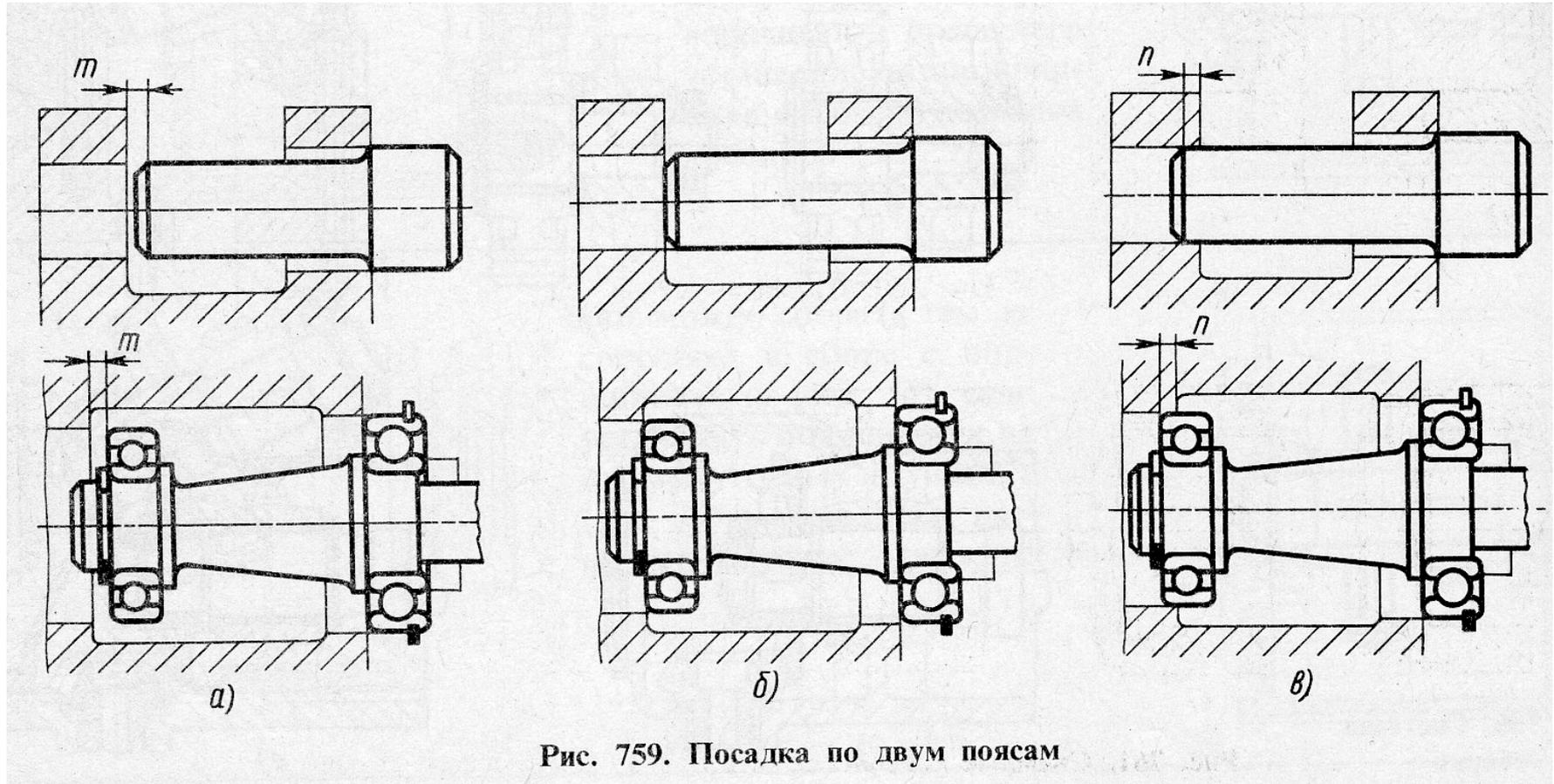


Рис. 759. Посадка по двум поясам



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ =)**



**Конструкция и проектирование машин и оборудования
деревообрабатывающих производств**

Проектирование нестандартного дереворезущего инструмента

15.03.02 (151000.62)" Технологические машины и оборудование"

Красиков А.С.

**Кафедра инновационных технологий и
оборудования деревообработки**

Общие указания по проектированию специального дереворежущего инструмента

Специальным называют режущий инструмент определенного вида (например, пила круглая, фреза сборная, сверло и т. д.), предназначенный для конкретных условий его эксплуатации.

Исходными данными при проектировании специального инструмента служат чертеж на деталь, для обработки которой проектируется инструмент, годовая программа выпуска детали. Характеристика станка, на котором будет установлен инструмент.

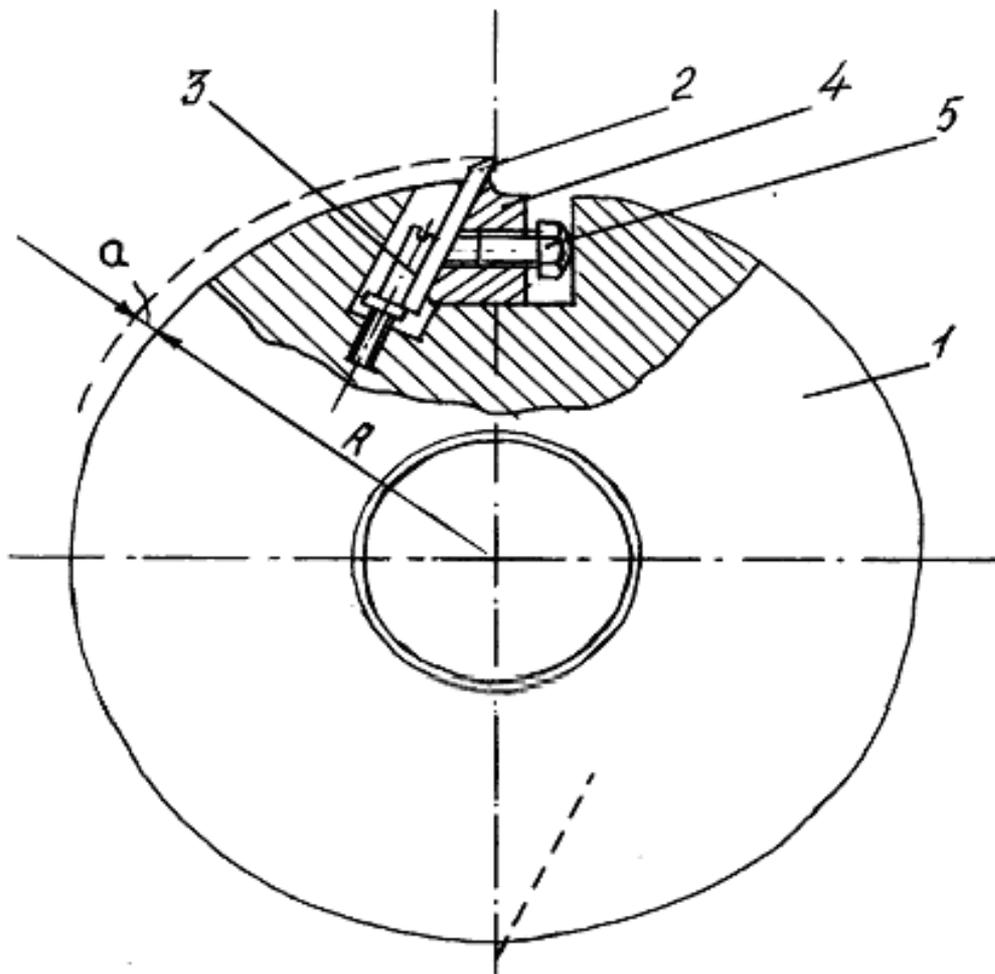
На каждом этапе проектирования следует учитывать требования, предъявляемые к дереворежущему инструменту:

- - по технологичности изготовления: простота конструкции, экономное расходование дефицитных материалов;
- - по надежности эксплуатации: обеспечение заданной производительности обработки. Обеспечение требуемой точности и шероховатости обработанной поверхности, высокие стойкость и ресурс инструмента, безопасность;
- - технологичность подготовки к работе: удобство заточки.

Простота наладки и установки в станок, удобство уравнивания быстровращающихся инструментов.

Проектирование сборных фрез

Сборные инструменты состоят из корпуса 1, сменных режущих элементов 2, устройств их регулирования 3 и закрепления (4, 5). Наличие сменных режущих элементов позволяет существенно уменьшить расход инструментальных материалов и обеспечивает постоянство диаметра резания.



Продолжение

- Призматический нож (рис. 58) прижимается к стенке корпуса специальной клиновидной планкой 4, с помощью винтов 5. Распорное усилие от каждого винта 5 создается при его вывинчивании из клина 4. Для того чтобы клин не смещался, головки прижимных винтов выполнены со сферической поверхностью.
- С помощью регулировочных винтов 3 производится настройка ножей 2 на величину выступа их лезвий по отношению к цилиндрической поверхности корпуса фрезы. Обычно величина выступа ножей типа I толщиной $\delta = 3$ мм по ГОСТ Е567 –75 не превышает 1,5 ...2 мм.

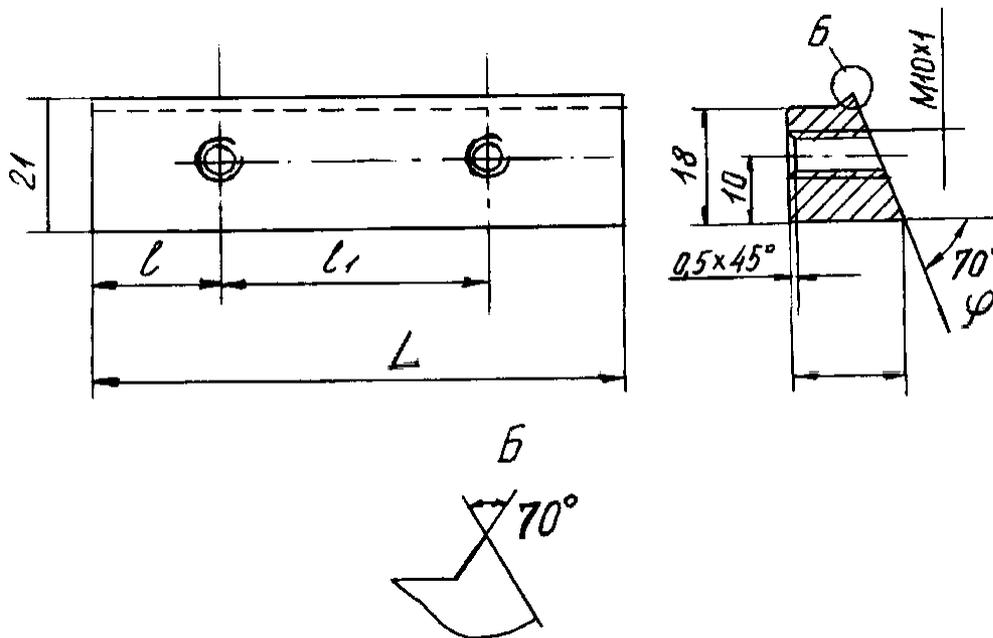
Параметры ножей

| Длина L , мм | Ширина b , мм | Длина L , мм | Ширина b , мм |
|---|-----------------|---|-----------------|
| 25; 40; 60 | 25 | 40; 60; 80; 90; 100; 110; 130; 140; 170; 200; 260; 310; 325; 410; 610; 810; 1260; 1610 | 40 |
| 25; 40; 60; 80; 90; 100; 110; 130; 140; 170; 200; 260; 310; 325; 410; 610 | 32 | | |

Продолжение

Минимальная допускаемая ширина ножа B_{min} по условиям надежного его закрепления составляет 15 ... 20 мм. Разница между начальной B и минимальной B_{min} шириной определяет ресурс ножа. Обычно на переточку предусматривают около половины начальной ширины. Следовательно, начальный размер ширины ножа $B = 25 \dots 40$ мм.

Клиновидная планка (клин) чаще всего имеет в сечении вид прямоугольной трапеции, высота которой приблизительно равна длине большего основания. Угол у основания трапеции зависит от величины переднего угла резания γ , т. е. $\varphi = 90^\circ - \gamma$.



Продолжение

Неплоскостность поверхности клина, примыкающей к поверхности ножа, не более 0,03 мм на 100 мм длины. Непрямолинейности вершины стружколомателя не должна превышать 0,1 мм на 100 мм длины. Разность в массе клиньев, входящих в комплект фрезы, не должна превышать при массе клина до 100 г – 0,2 г, от 100 до 300 г – 0,3 г, свыше 300 г – 0,1% массы клина. Распорные винты 5 (см. рис. 59) изготавливают из стали 45Х или 40Х, твердость HRC 35 ... 42.

Параметры клиновидных планок

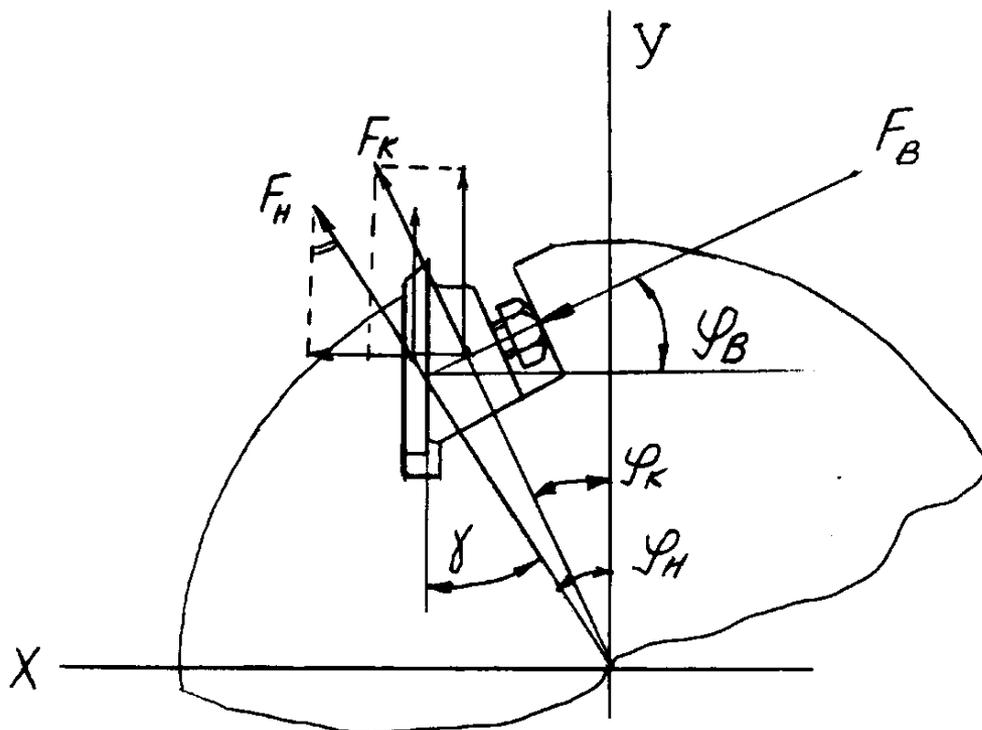
| Параметры | Длина клина L , мм | | | | | | | | |
|------------|----------------------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 25 | 40 | 60 | 90 | 110 | 130 | 170 | 200 | 260 |
| l , мм | 12,5 | 7,5 | 10 | | 25 | | | | |
| l_1 , мм | | 25 | | 40 | 30 | 40 | 60 | 50 | 70 |
| m , штук | 1 | 2 | | | 3 | | | 4 | |

Расчет клинового крепления ножей

Из анализа конструкции сборной фрезы с клиновым креплением ножа (см. рис. 58) можно заключить, что режущий элемент данной фрезы удерживается в процессе вращения исключительно силами трения.

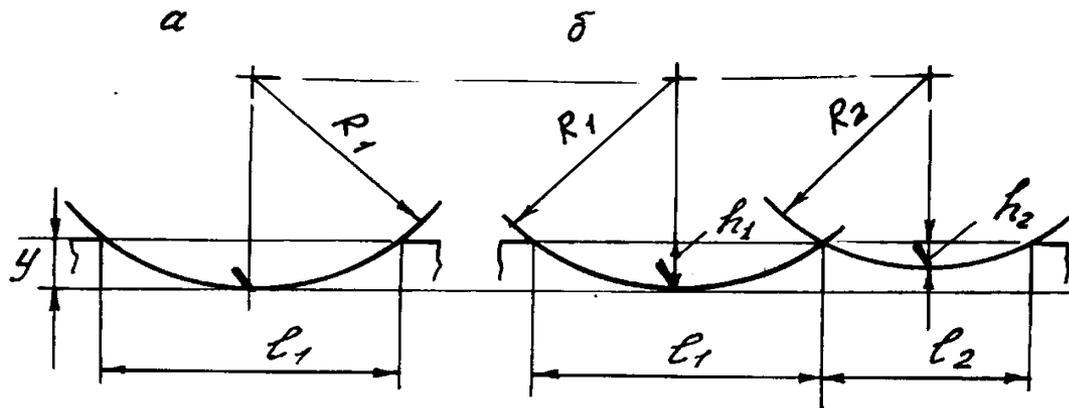
При вращении фрезы на клин и нож действуют центробежные силы F_K и F_H .

Под действием проекции F_H на ось Y нож стремится выдвинуться из паза корпуса. Этому препятствуют силы трения ножа о стенку паза и о поверхность клина. Можно рассчитать усилие затяжки винтов и количество винтов.



Определение скорости подачи с учетом точности фрезы

Кинематические неровности на обработанных поверхностях при фрезеровании имеют вид волн (рис.), размеры которых характеризуются длиной l и глубиной y , отвечающей тому или иному уровню $R_{z\ max}$.



Как видно из рис. *a*, при условии, что точность фрезы по критерию $R_1 - R_2 > R_{z\ max}$, поверхность формируется одним наиболее выступающим резцом. В этом случае подача на один оборот фрезы составит $S_0 = l_1$. Если же точность фрезы будет удовлетворять условию:

$R_1 - R_2 < R_{z\ max}$, участие в формировании поверхности будут принимать два диаметрально расположенных резца. При этом подача за один оборот фрезы составит

$$S_0 = l_1 + l_2 \quad , \quad (1)$$

где l_1 и l_2 – длины волн соответственно от первого и второго резца.

Продолжение

Длины волн l_1 и l_2 могут быть учтены как хорды соответствующих окружностей с радиусами R_1 и R_2 .

В общем случае длина хорды находится по известной формуле

$$A = 2\sqrt{2hR - h^2} \quad , \quad (2)$$

где h – высота сегмента, отсекаемого от окружности данной хордой A ;

R – радиус окружности, описываемой данным резцом.

После подстановки в уравнение (1) длин хорд, подсчитанных по уравнению (2) и упрощений получим

$$S_0 = 2[\sqrt{0,06D - 0,0036} + \sqrt{0,06D - \Delta D - 0,0036}]$$

где D – номинальный диаметр окружности резания, мм;

Δ - точность фрезы (максимальная разница в радиусах резцов), мм.

Данная формула позволяет определить значение максимальной подачи детали за один оборот непосредственно на основании данных о диаметре инструмента и его точности. Проф. Ф.М.Манжос предлагает для этих целей другую формулу, дающую близкий результат

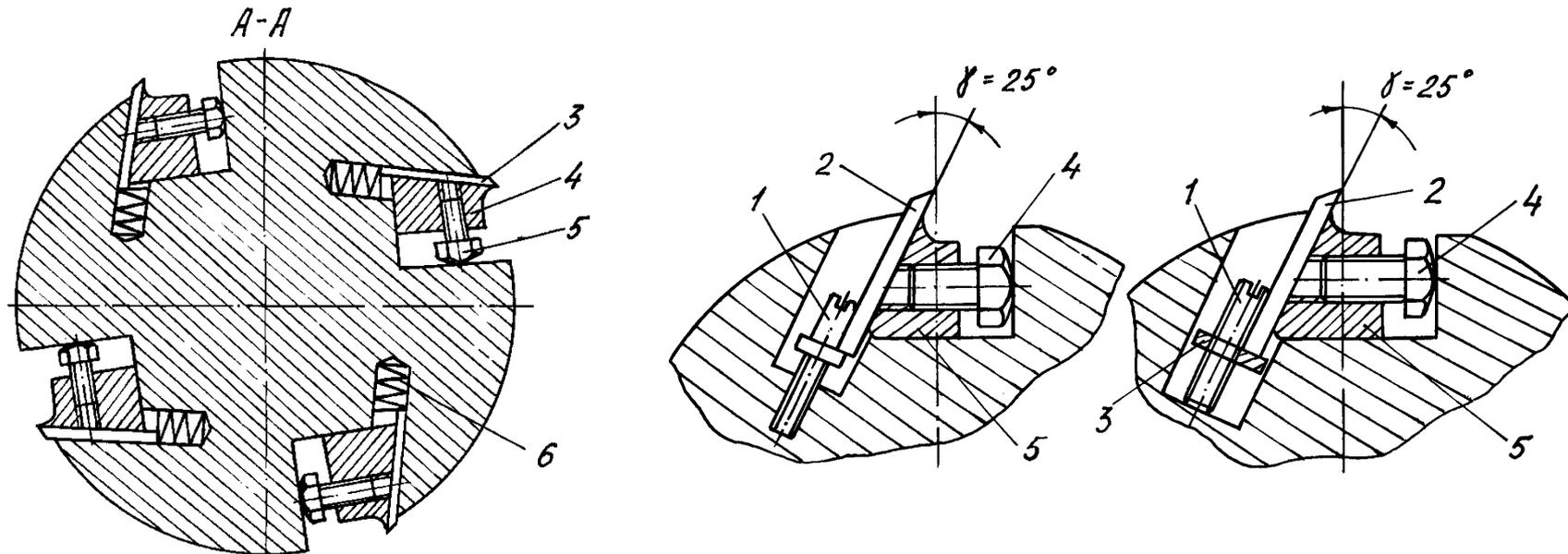
$$S_0 = l + \sqrt{l^2 - 4D\Delta}$$

где l – предельная длина волны для данного диаметра фрезы и заданного уровня шероховатости обрабатываемой поверхности.

Во время вращения инструмента под действием центробежных сил возрастают удерживающие нож силы трения.

Установка ножей в ножевых валах сборных фрез

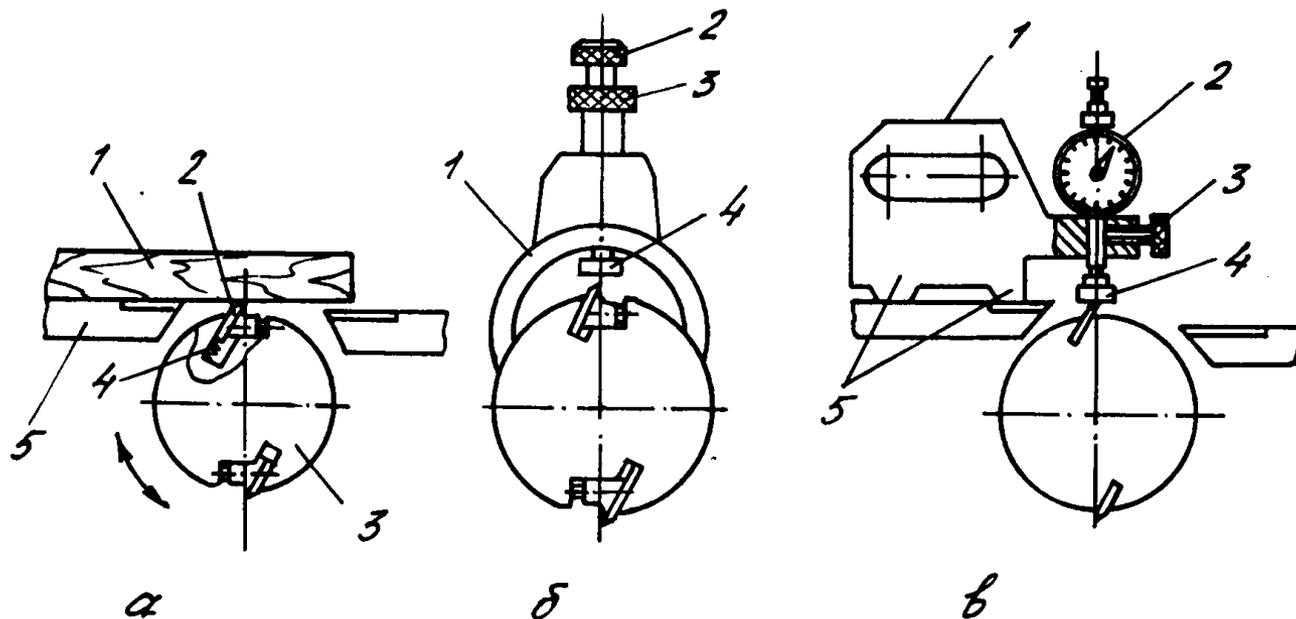
Перед закреплением ножи регулируют для установки на один диаметр окружности резания. Для облегчения этой операции при высоких требованиях к точности установки ножей ($\Delta = 0,02 - 0,05$ мм) в большинстве случаев ножевые валы или головки снабжают либо пружинами 6 (рис. а) или регулировочными винтами 1 (рис.б).



Во время вращения инструмента под действием центробежных сил возрастают удерживающие нож силы трения. Поэтому силы затяжки крепежных винтов невелики и составляют на ключе с рукояткой длиной 100 мм 30 - 40 Н.

Продолжение

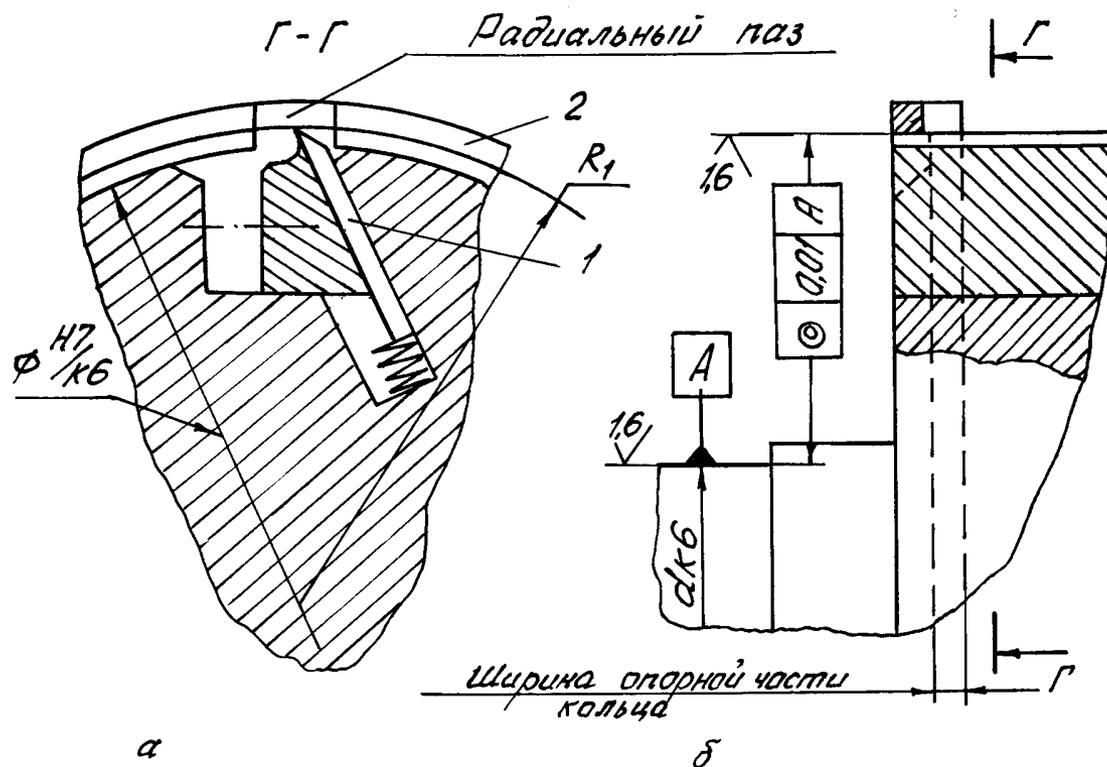
Жесткие требования к точности установки ножей определяют значительную трудоемкость этой операции. Для облегчения точной выставки ножей разрабатываются специальные приборы и приспособления.



Приспособление с индикатором (рис.64,в) позволяет устанавливать лезвия ножей на одной окружности резания с точностью до 0,02 мм.

Установка ножей по методу кольцевого базирования

Суть этого метода заключается в том, что по краям корпуса фрезы 1 устанавливаются по неподвижной посадке два кольца 2. По внутреннему диаметру колец 2 ножи имеют возможность располагаться на единой базовой поверхности. При этом точность установки ножей зависит главным образом от точности изготовления колец 2 и способа их сопряжения с корпусом.



Применение гидропластмассы в устройствах для установки насадных сборных фрез

Наиболее простой способ центрирования – непосредственная установка фрезы на шпинделе по скользящей посадке с последующим зажимом ее гайкой.

В этом случае погрешность установки фрезы по критерию эксцентricности между осями шпинделя и посадочного отверстия фрезы может достигать $\geq 0,05$ мм.

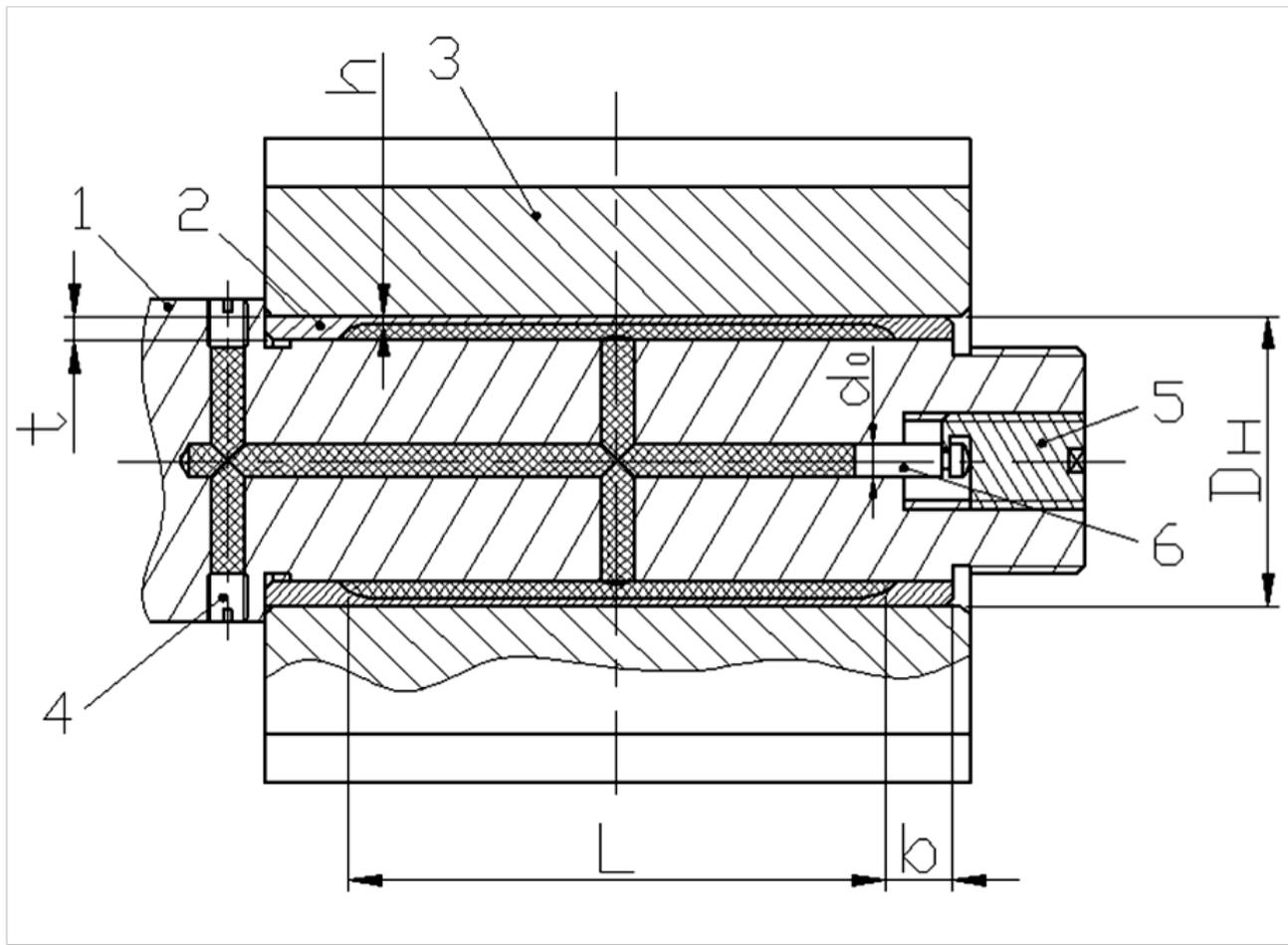
Более высокую точность установки насадной фрезы обеспечивает распространенный в отечественной практике способ крепления инструмента с помощью конусных цанговых втулок [27].

Недостатком этого способа крепления фрез является относительно высокая технологическая сложность изготовления цанг и их недостаточная надежность при эксплуатации.

В зарубежных моделях станков получили распространение ножевые головки с гидрозажимными устройствами для центрирования головок перед закреплением на шпинделе станка (фирма Weinig, станок Hydromat).

Продолжение

С целью сокращения затрат на изготовление гидрозажимных головок можно устанавливать их не в корпусах фрез, а непосредственно на рабочем шпинделе и для уменьшения вероятности подтекания масла использовать гидропластмасса: полихлорвиниловая смола 20%, дибутилфталат (пластификатор) 59% стеарат кальция 1%, вакуумное масло 20%



Конструирование цельных фасонных фрез

В основе правильного конструирования фасонной цельной фрезы лежит сохранение нормальных углов резания и профиля режущих граней при последующих переточках фрезы и неизменность при этом профиля получаемого изделия. Это достигается правильным конструированием затылка зуба.

Существует несколько способов конструирования затылка зубьев фасонных фрез:

- по логарифмической спирали;
- по спирали Архимеда;
- по дуге окружности центр которой смещен по отношению к центру фрезы;
- по прямой линии (не сохраняет профиль и обычно не применяется).

Обычно используют спираль Архимеда при изготовлении фрез на токарных затыловочных станках или дугу окружности центр которой смещен по отношению к центру фрезы при ручной разметке контура фрезы.

Конструирование цельных фасонных фрез

Уравнение архимедовой спирали в полярных координатах $R=a\varphi$,
 где a – коэффициент пропорциональности;
 φ – текущий полярный угол.

Величина падения кривой Архимеда

$$k = aW = \frac{2\pi a}{z} = \frac{2\pi R}{z\varphi} = \frac{\pi D \tan \alpha}{z}$$

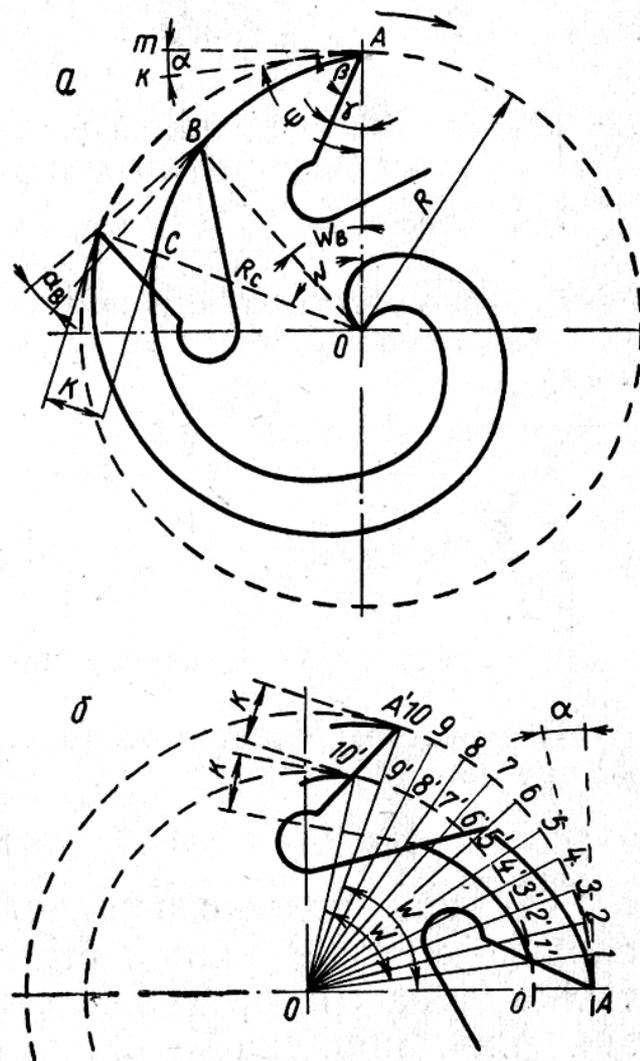


Рис. 77. Конструирование затылков зубьев фасонных фрез:

a – очертание затылка зуба; $б$ – способ его построения по архимедовой спирали

Конструирование цельных фасонных фрез

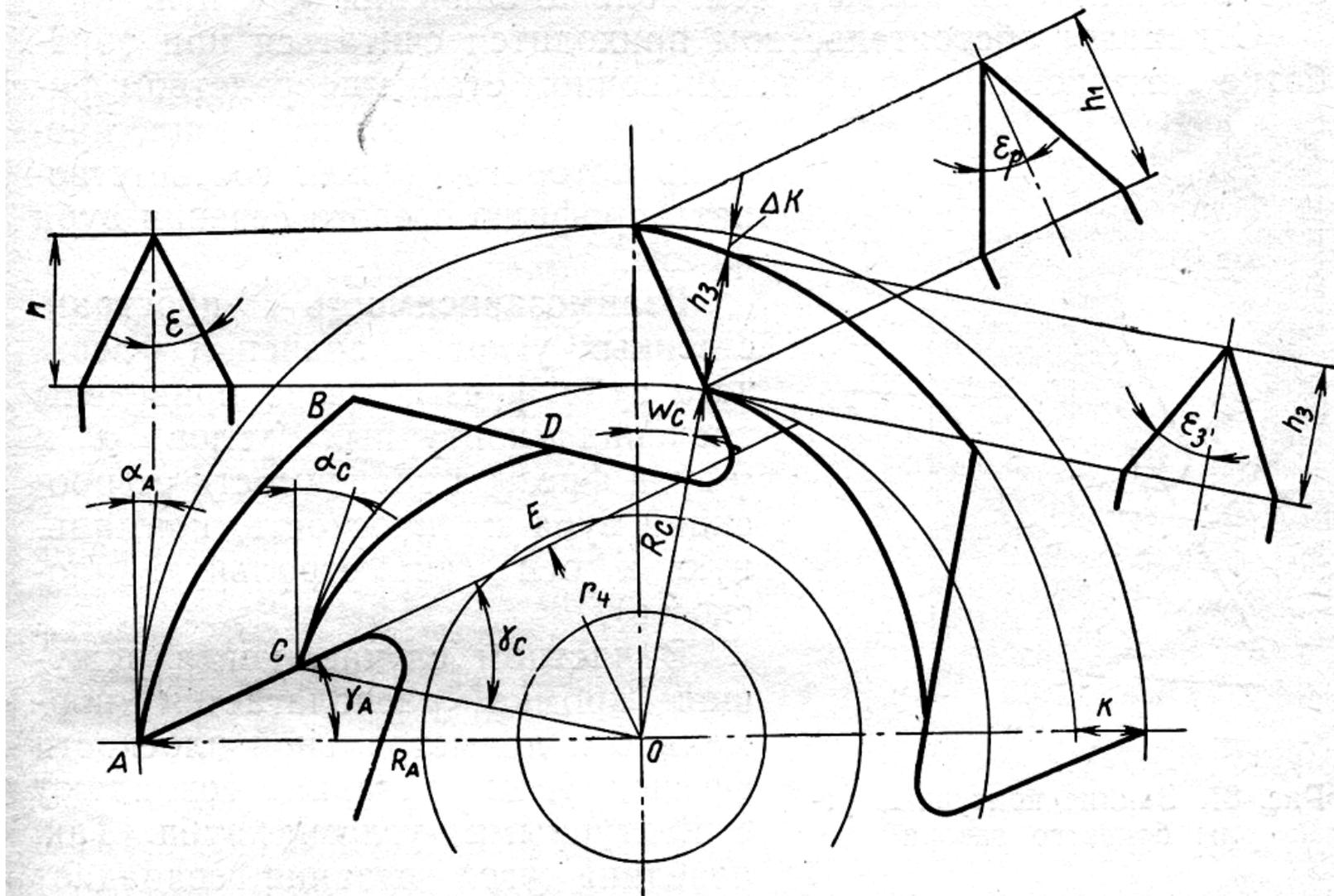


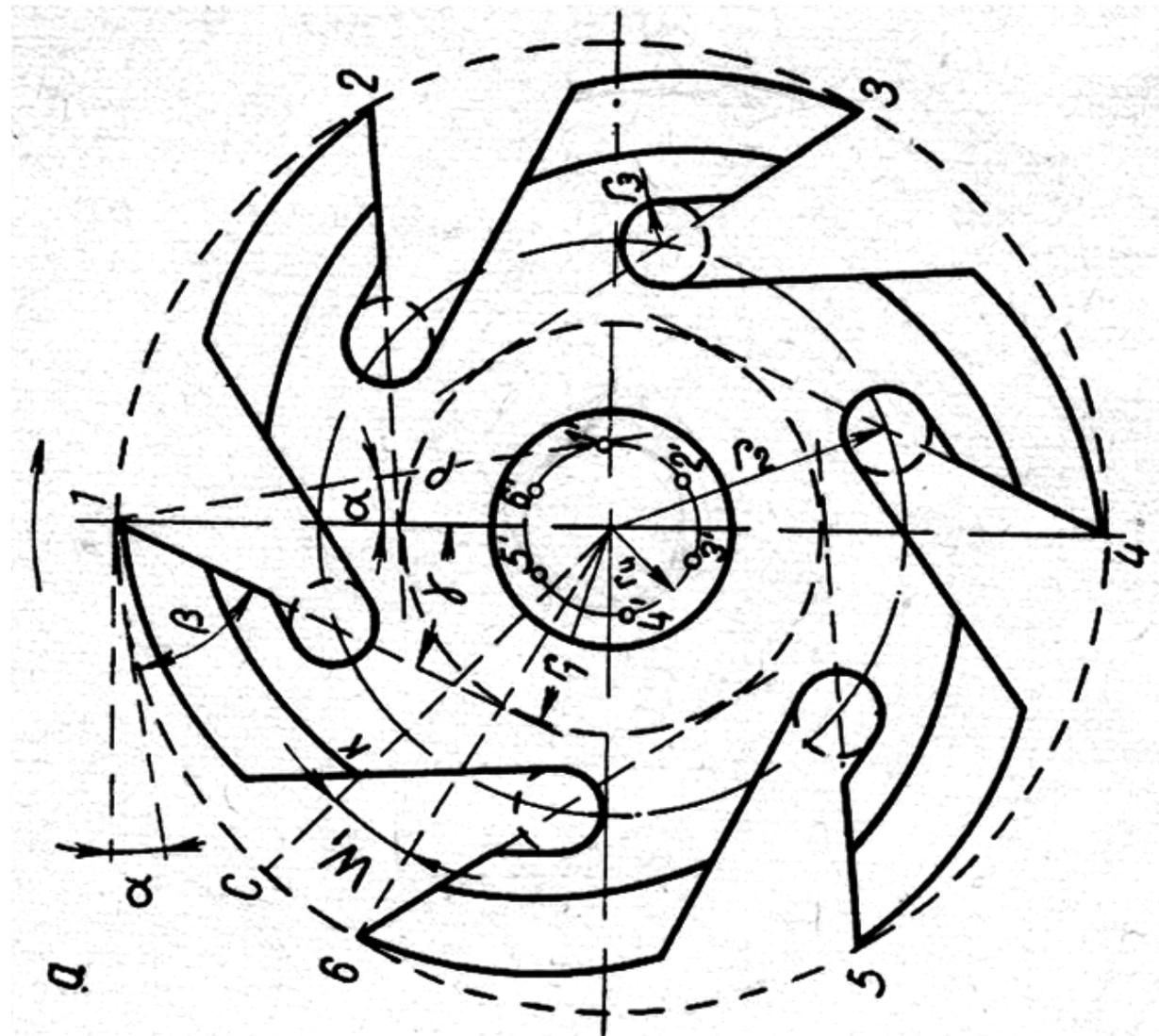
Рис. 80. Зависимость задних углов затыловочных кривых от положения точек профиля режущей грани

Конструирование цельных фасонных фрез

$$R_1 = R \sin \gamma ;$$

$$R_4 = R \sin \alpha ;$$

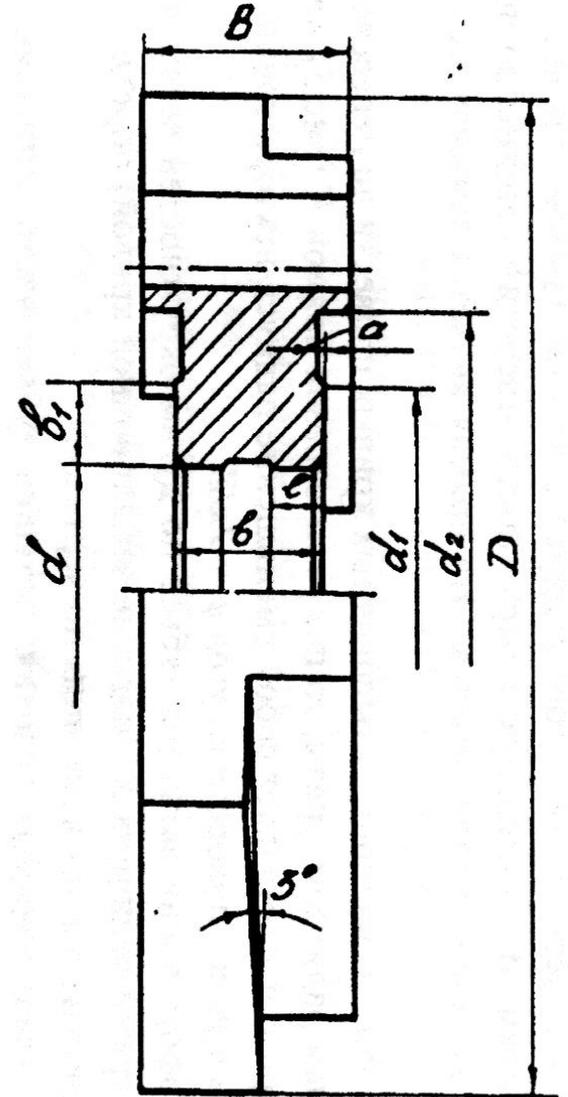
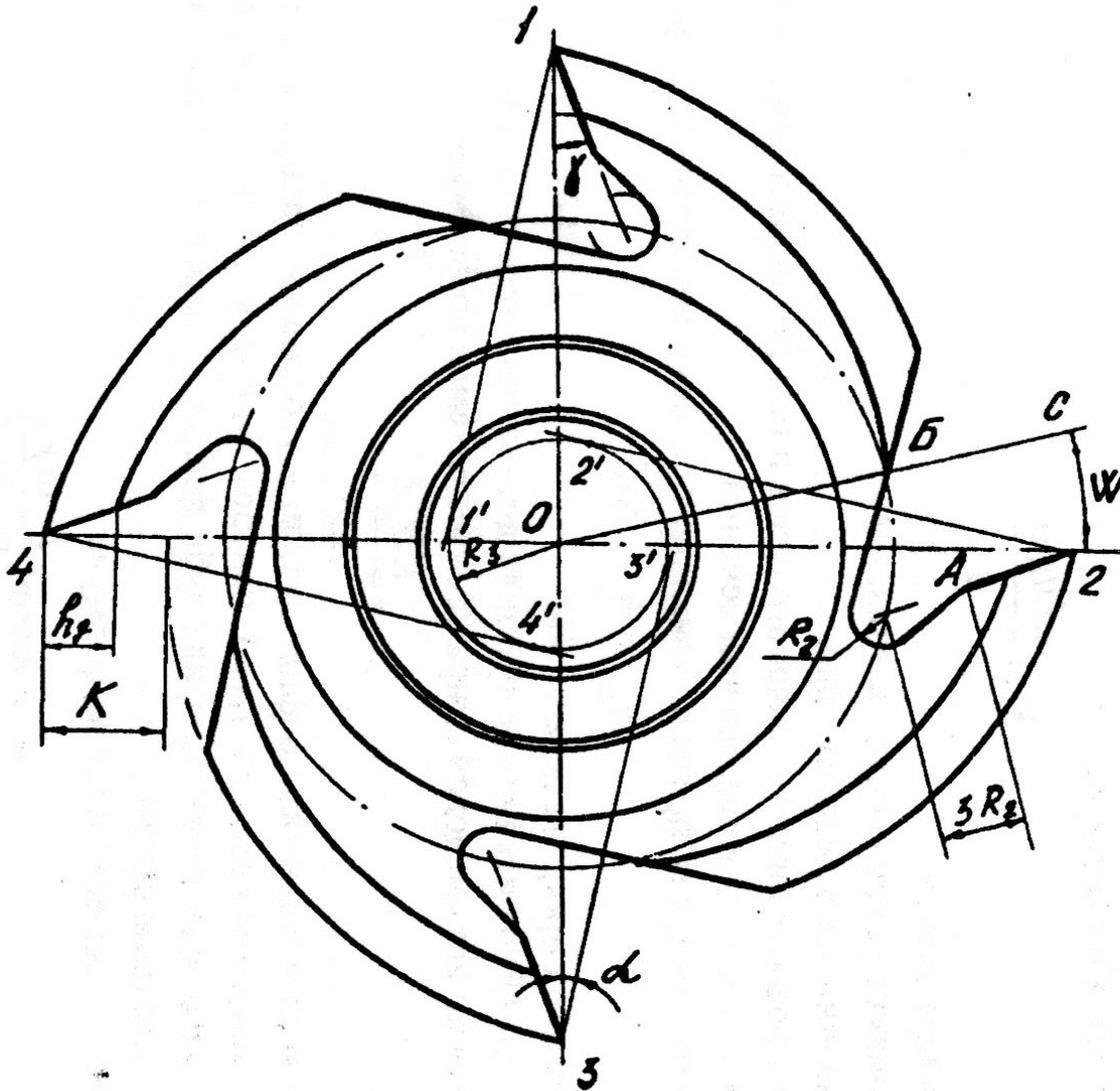
$$r_3 = 3 \dots 8 \text{ мм};$$



Конструирование цельных фасонных фрез

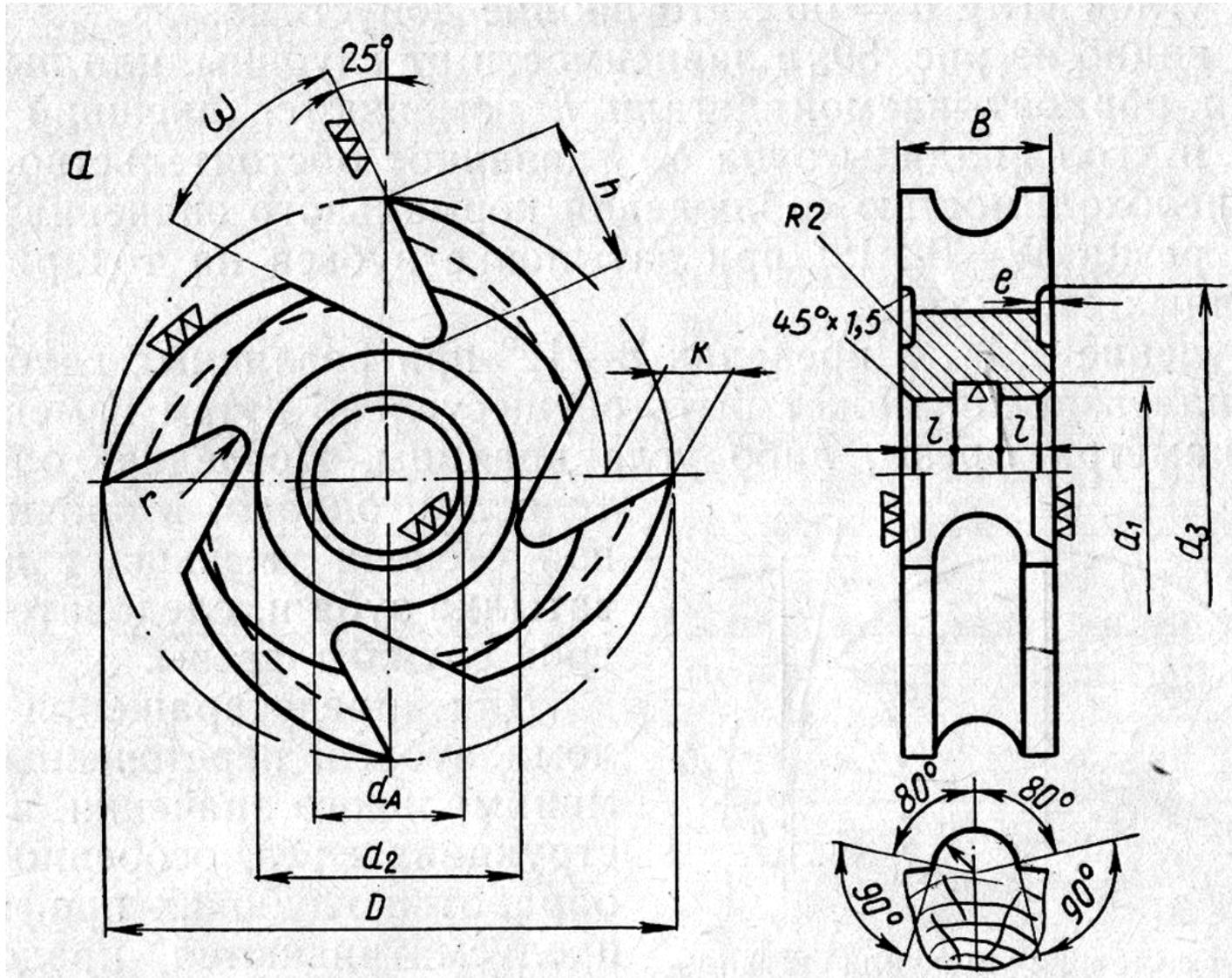
Прямая (2,А) = $h_1 + 3 \dots 5$ мм; $r_2 = 3 \dots 8$ мм;
 $W = 10 \dots 12^\circ$.

$$W = \sin^{-1} \left(\frac{D \sin \gamma}{D - 2h_A} \right) - \gamma$$



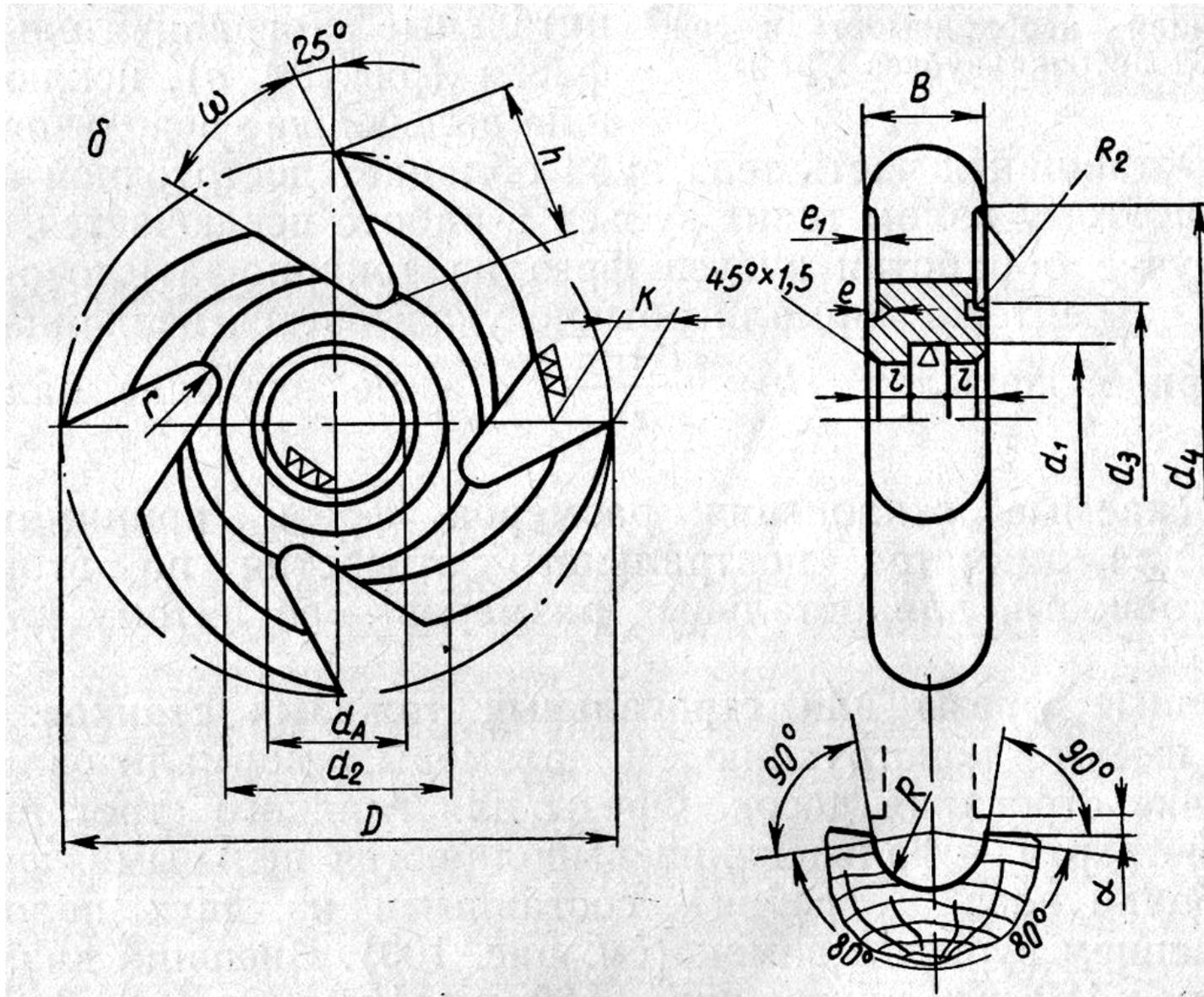
Конструирование цельных фасонных фрез

Фреза для штапов



Конструирование цельных фасонных фрез

Фреза для галтелей



Конструирование цельных фасонных фрез

Модернизация профиля для исключения бокового поднутрения

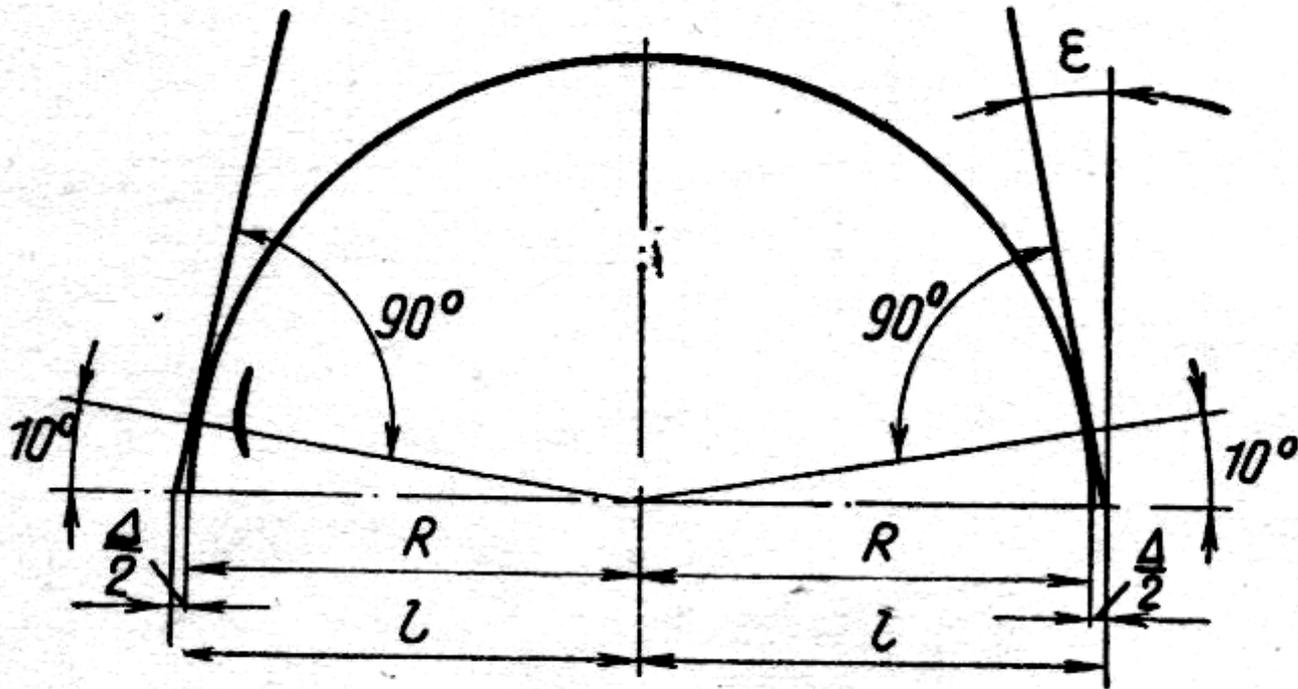
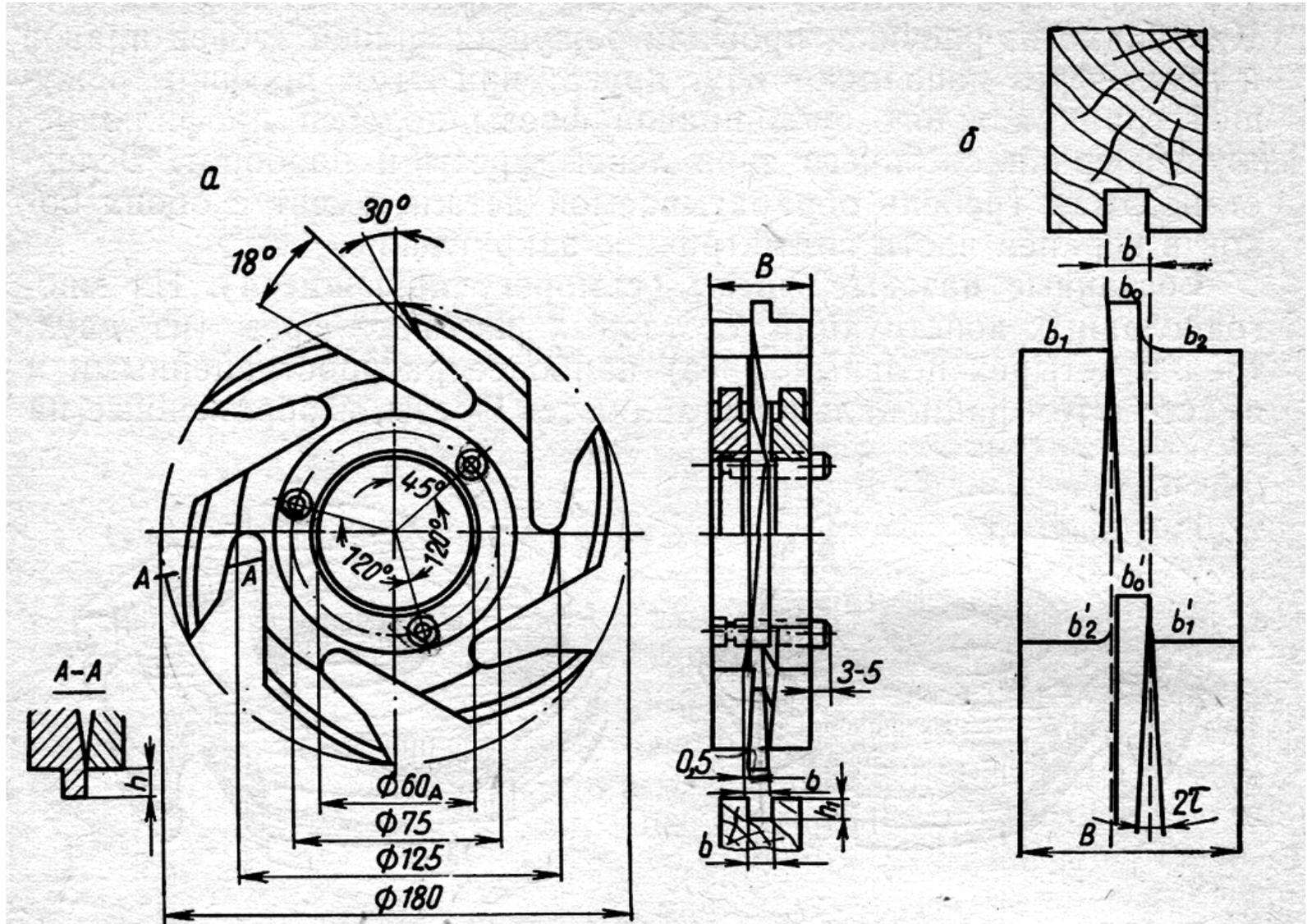


Рис. 88. Геометрия профиля штапа, исключающая необходимость косой боковой обточки зубьев фрезы

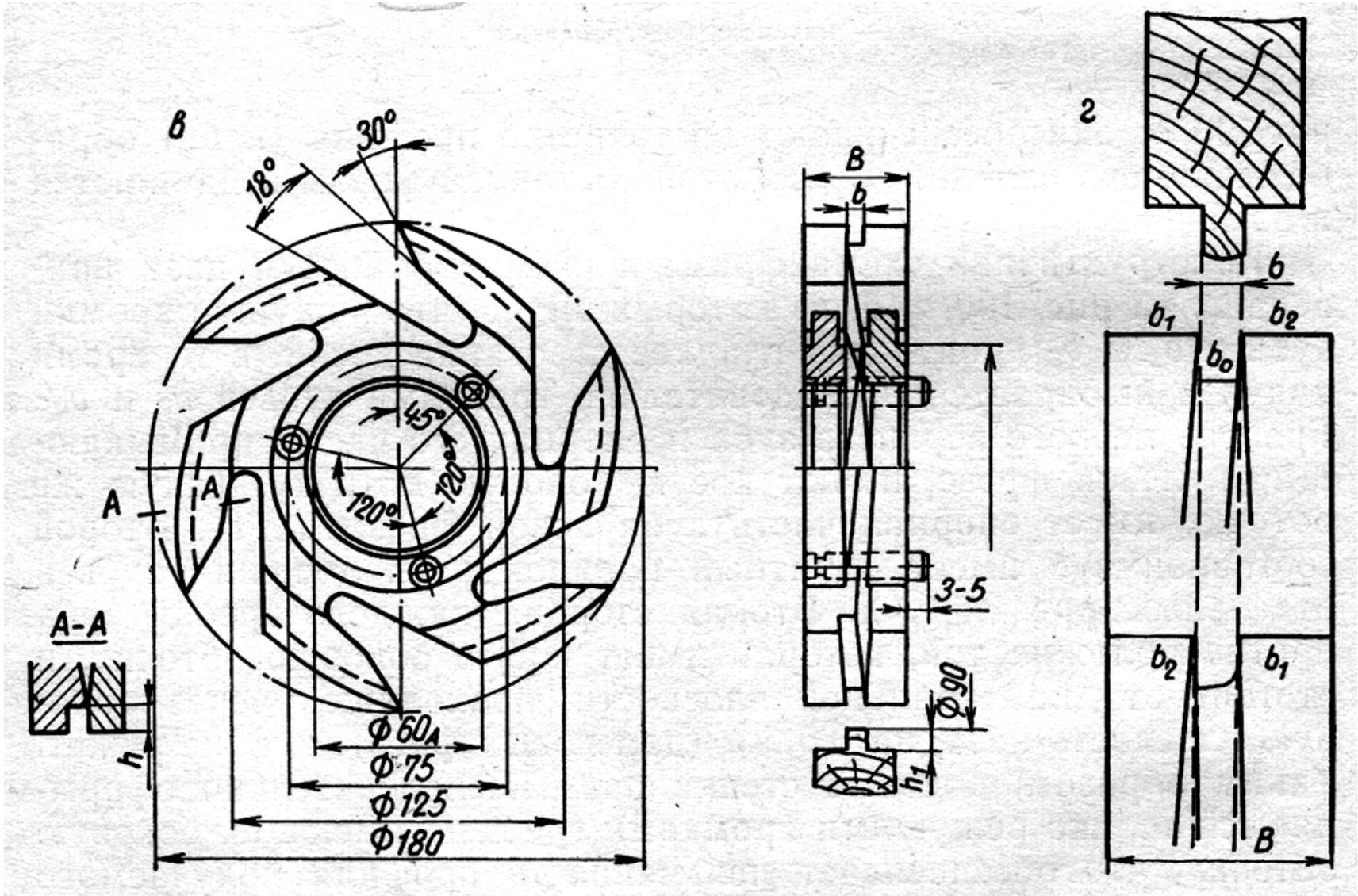
Конструирование цельных фасонных фрез

Составная фреза для шпунта



Конструирование цельных фасонных фрез

Составная фреза для гребня



Конструирование ножевых головок с фасонными плоскими ножами с задней заточкой

Электронный архив УГНТУ

Фрезы предназначены для обработки профильных погонажных изделий.



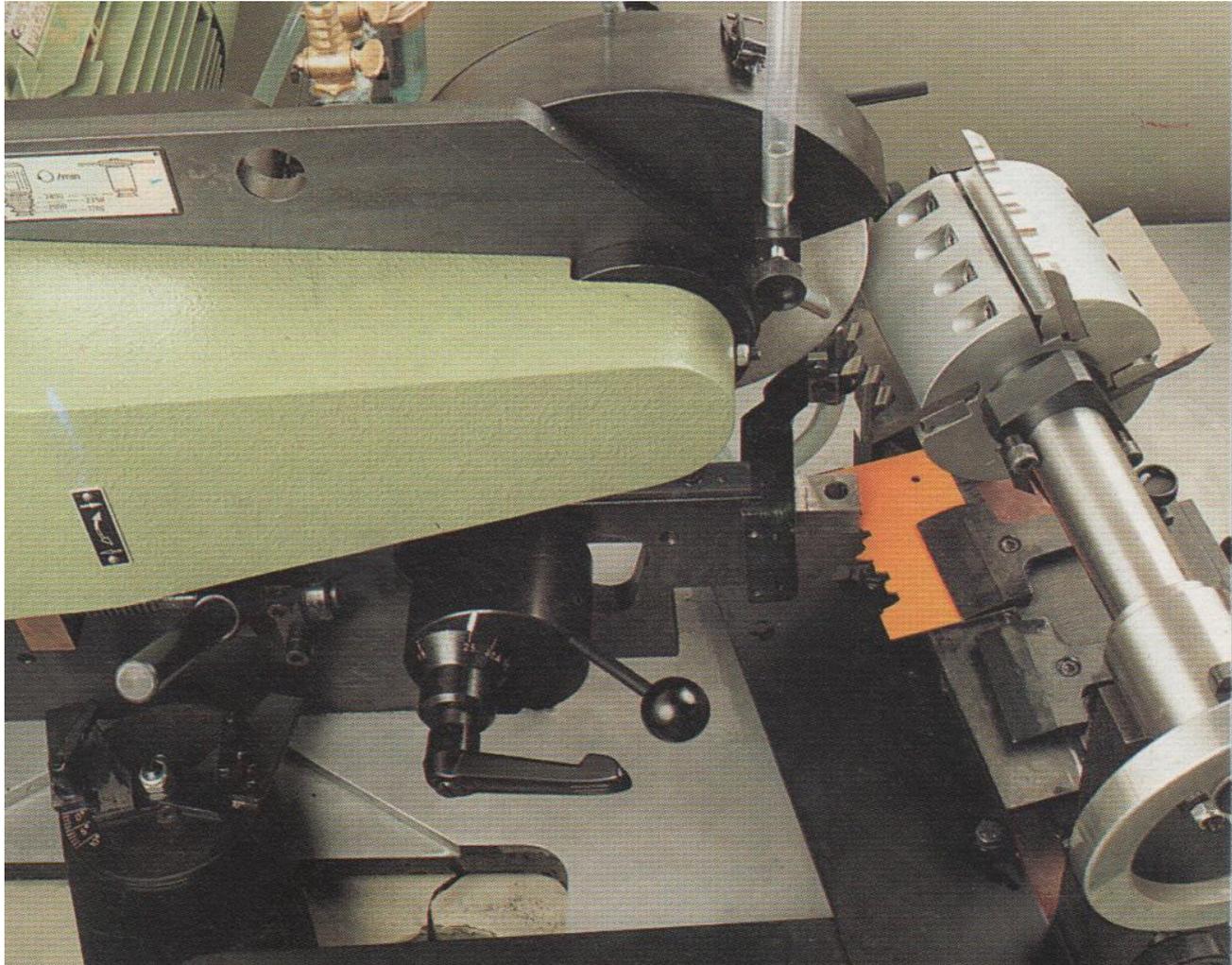
**Конструирование ножевых головок с фасонными
плоскими ножами с задней заточкой**

Современные фрезы со вставными ножами с фасонной заточкой по задней грани для обработки профильного погонажа



Электронный архив УИИТЭ
**Конструирование ножевых головок с фасонными
плоскими ножами с задней заточкой**

Профильная заточка ножей по задней грани в ножевой головке
на станке РОНДОМАТ по копиру



Электронный архив УГНТУ

Конструирование ножевых головок с фасонными плоскими ножами с задней заточкой

Профильная заточка ножей по задней грани в ножевой головке на станке РОНДОМАТ по копиру





Конструирование ножевых головок с фасонными плоскими ножами с задней заточкой

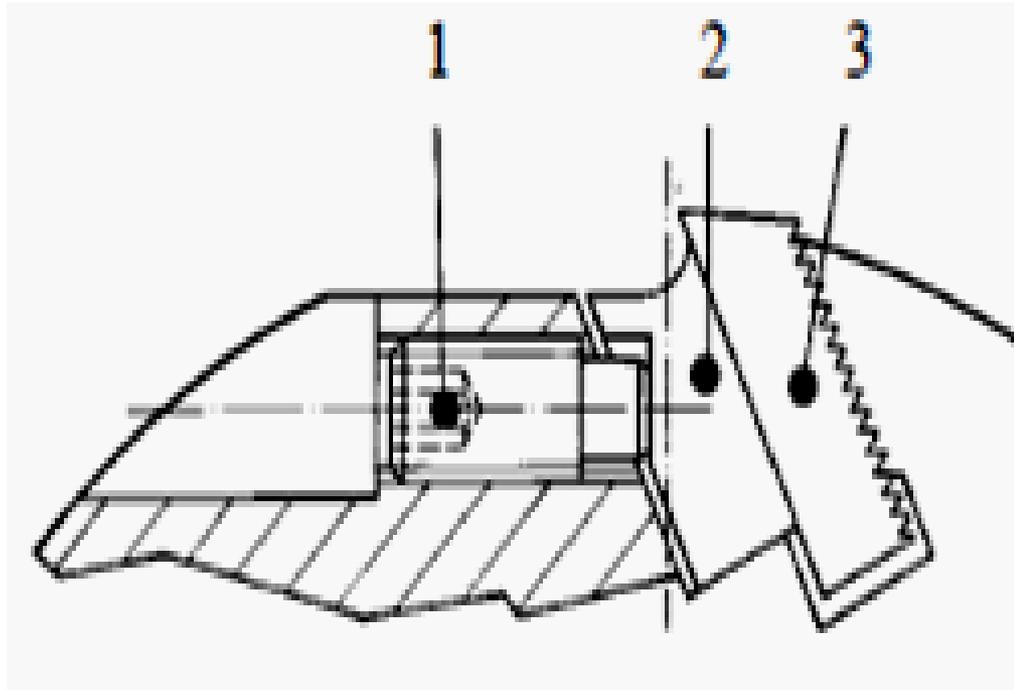
Первоначально плоские фасонные ножи закреплялись в небезопасных квадратных ножевых головках. Такие головки имели следующие недостатки:

- трудность правильной заточки задней профильной поверхности ножа;
- неточность установки ножей в головке, влияющая на качество;
- неуравновешенность и как результат пониженная частота вращения;
- опасность в работе и запрет применения на станках с ручной подачей.

Порядок графического построения профиля фасонного ножа по профилю обрабатываемой детали, который применялся для квадратных ножевых головок, может быть применён для построения профиля копира, используемого на станке РОНДОМАТ для заточки ножей в современной ножевой головке.

Конструирование ножевых головок с фасонными плоскими ножами

Закрепление толстых профильных ножей в ножевых головках

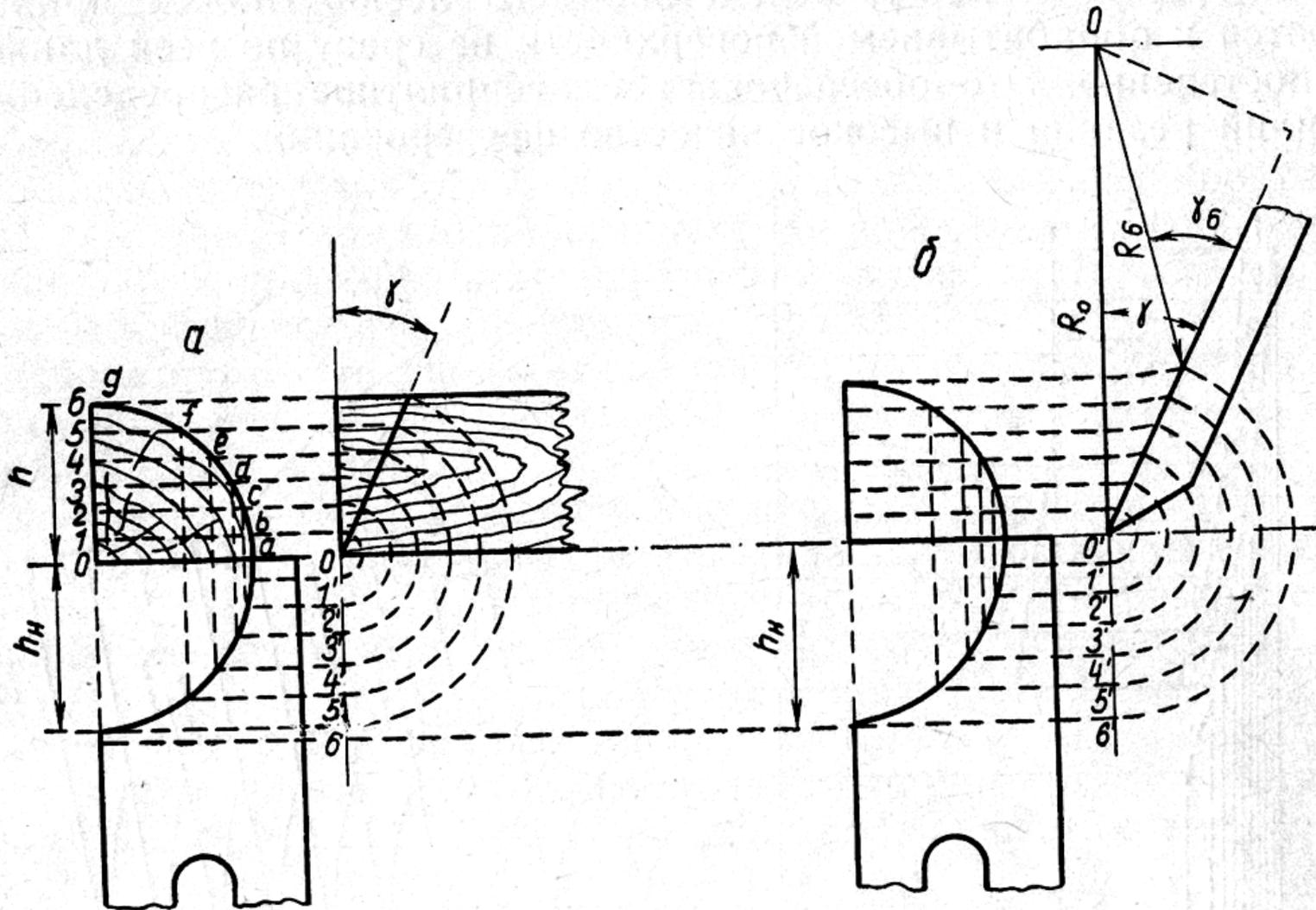


1 – винт; 2 – клин; 3 – нож

Конструирование ножевых головок с фасонными плоскими ножами

Графическое построение профилей ножа:

а – практическое; б - теоретическое

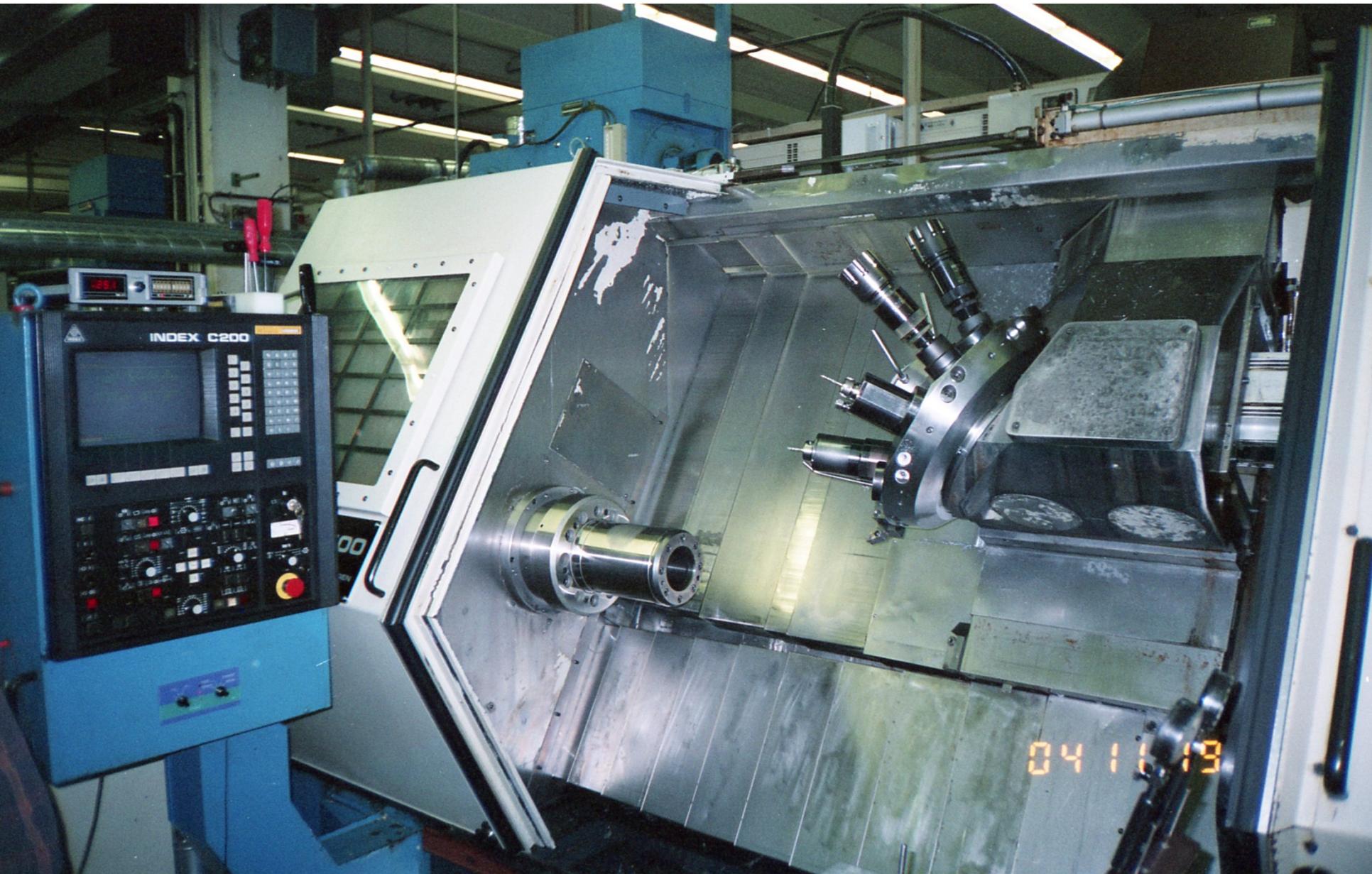


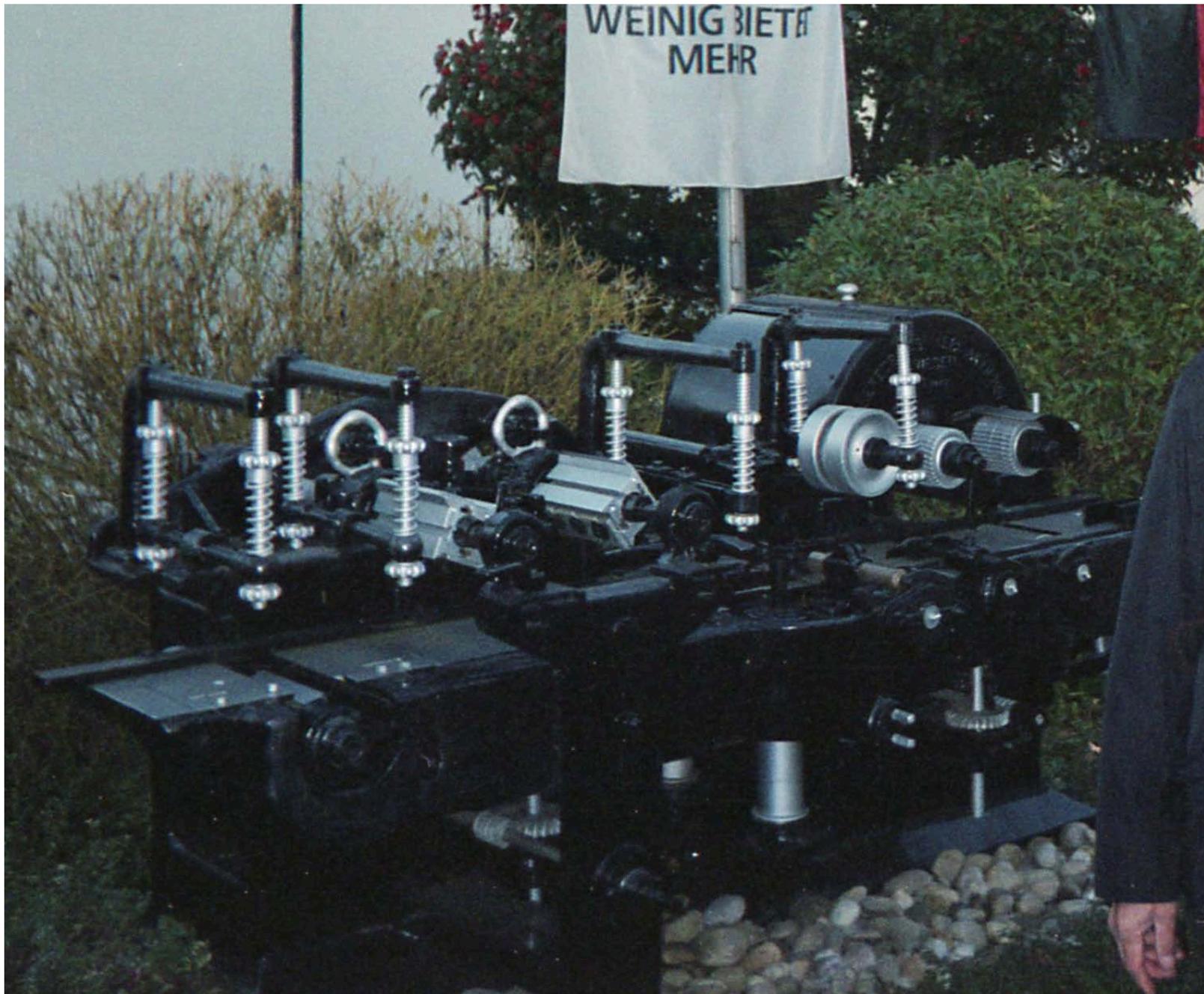


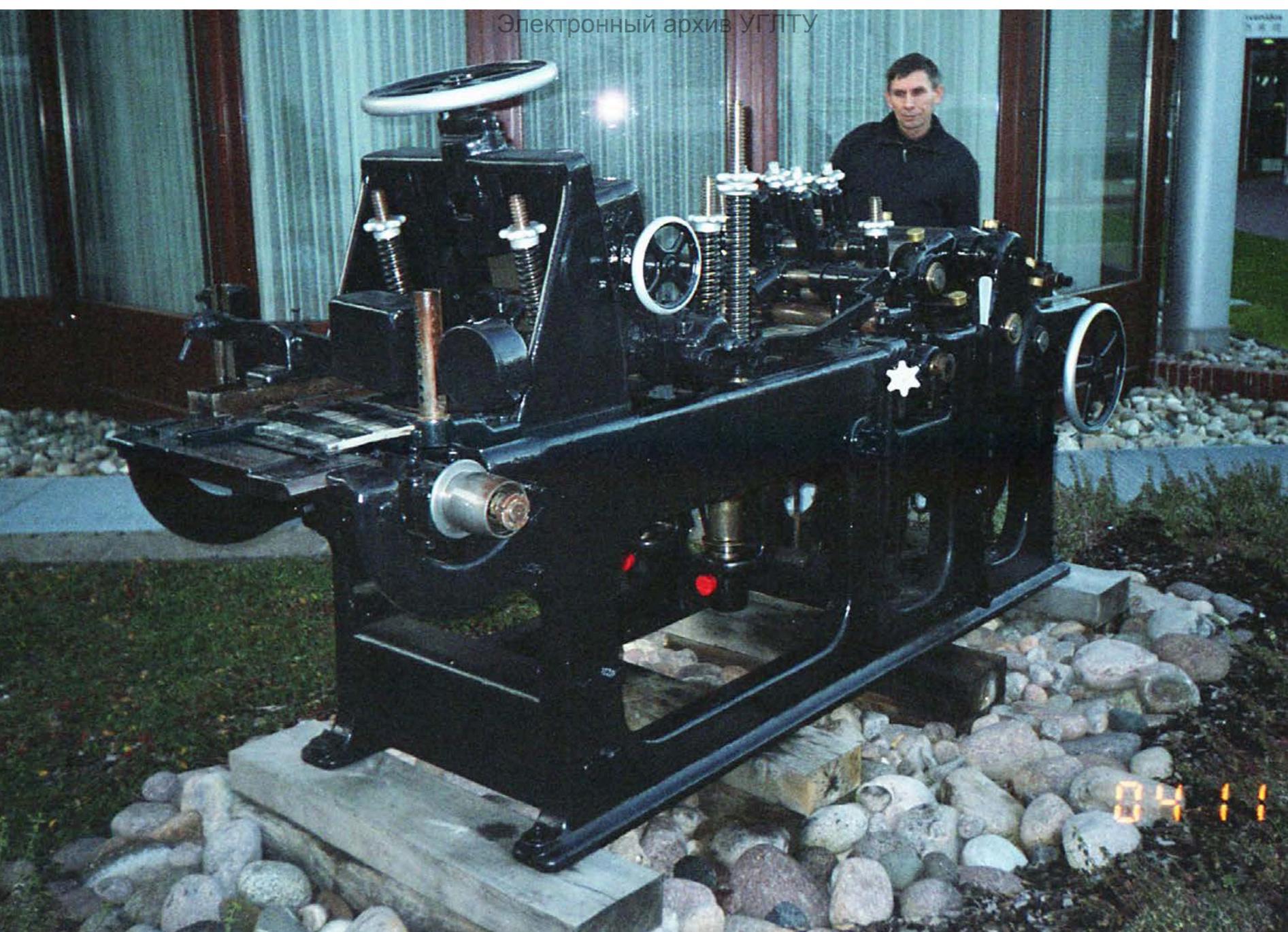
04.11.11



04 11 19







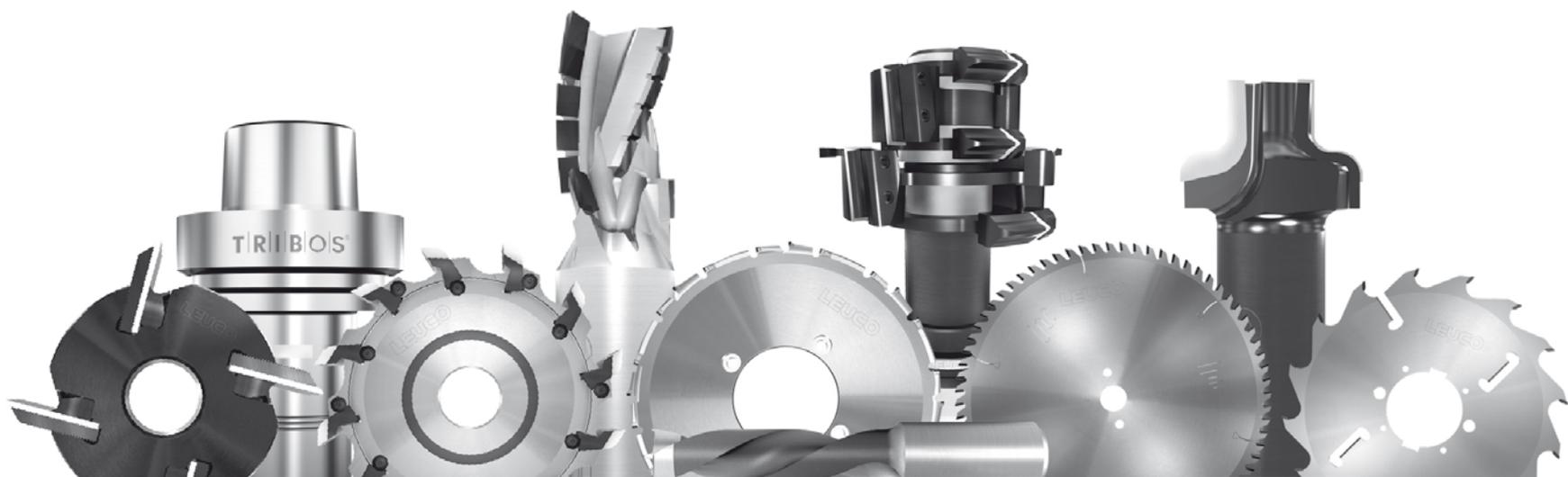
04 11



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ =)**

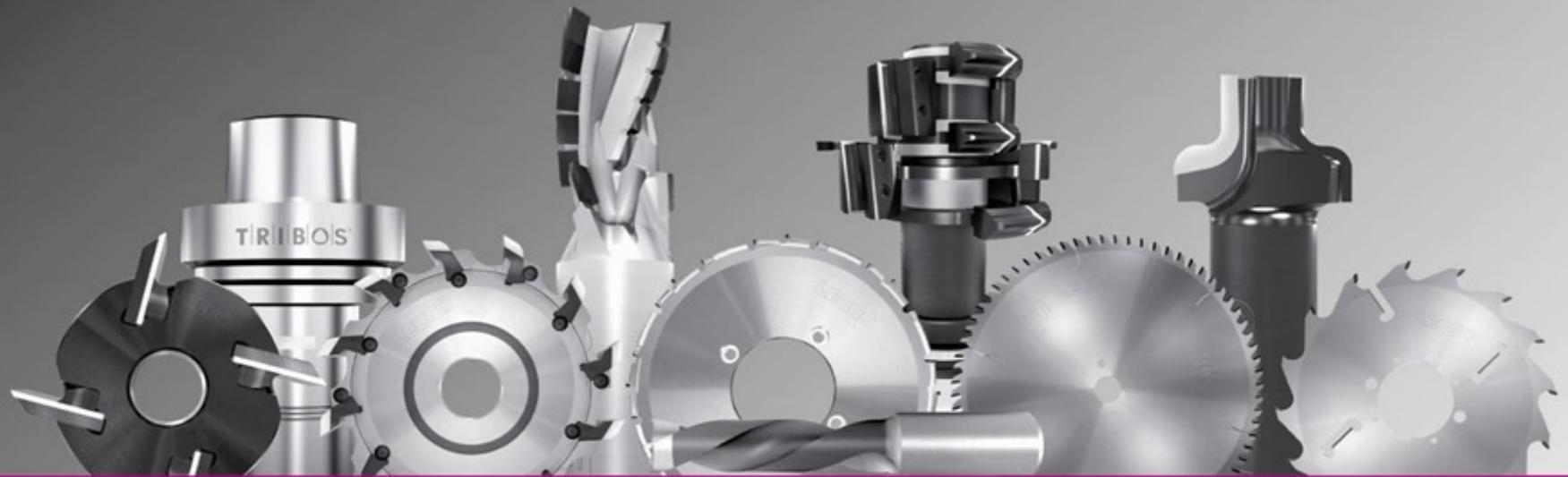


Системы крепления концевых инструментов на станках с ЧПУ



ИННОВАЦИОННЫЙ – ВЕДУЩИЙ – НАДЕЖНЫЙ





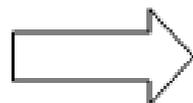
Зажимные средства

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Преимущества и выгода от высокоточных зажимных средств:



более высокой рабочий ресурс



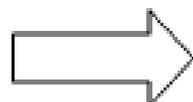
более высокое качество реза



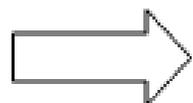
меньшая шумность



меньшая опасность поломки инструмента



меньшая нагрузка на шпиндель и тем самым более долгая его служба



уменьшенные производственные затраты

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Назначение зажимной системы

Зажимная система – это больше чем просто элемент соединения!

Точность станка

+

Точность зажимной системы

+

Точность инструмента

=

Качество реза и рабочий ресурс

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Требования к зажимной системе на станках ЧПУ

- Высокий класс балансировки
- Быстрая и простая смена инструмента
- Возможность изменения зажимаемого диаметра
- Надежность и безопасность соединения
- Маленькая восприимчивость к загрязнениям
- Воспроизводимость точности зажатия(низкая эксцентricность)

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Эксцентричность в системе в общем

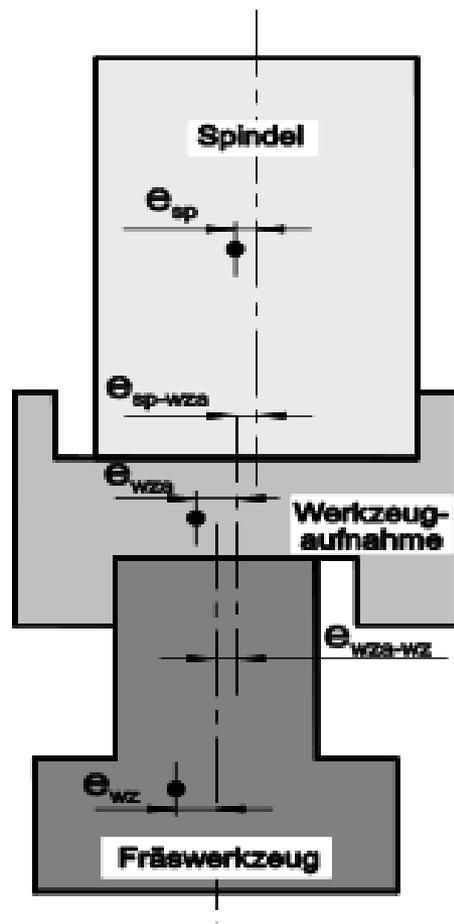


Схема общей системы шпиндель – зажимная система - инструмент

Эксцентриситеты (возможные биения):

- e_{sp} : биения вала (шпинделя)
- e_{sp-wza} : биения в сопряжении
вал-зажимной патрон
- e_{wza} : биения зажимного патрона
- e_{wza-wz} : биения в сопряжении
зажимной патрон - инструмент
- e_{wz} : биения инструмента

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Хвостовик инструмента

Мин.длина зажатия



**Хвостовик ни коем случае
нельзя шлифовать напильником
или наждачной бумагой!**

Т.к. из-за этого диаметр хвостовика
может настолько измениться, что
больше не будет полностью
зажиматься в патроне.

Вследствии чего инструмент может
вылететь из зажимного патрона

Хвостовик должен быть всегда либо как можно дальше вставлен в зажимной патрон, либо согласно указаниям приложенного "Руководства по эксплуатации", но никогда не менее спец.маркировки на хвостовике „min. Einspannlänge“.

Благодаря этому Вам удастся избежать возможной поломки хвостовика и предотвратить его непредусмотренное высвобождение из патрона вследствие недостаточного зажима

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Минимальная длина зажатия

Концевой инструмент должен быть всегда как можно дальше вставлен в зажимной патрон, а не только до маркировки "Мин. длина зажатия".



не правильно

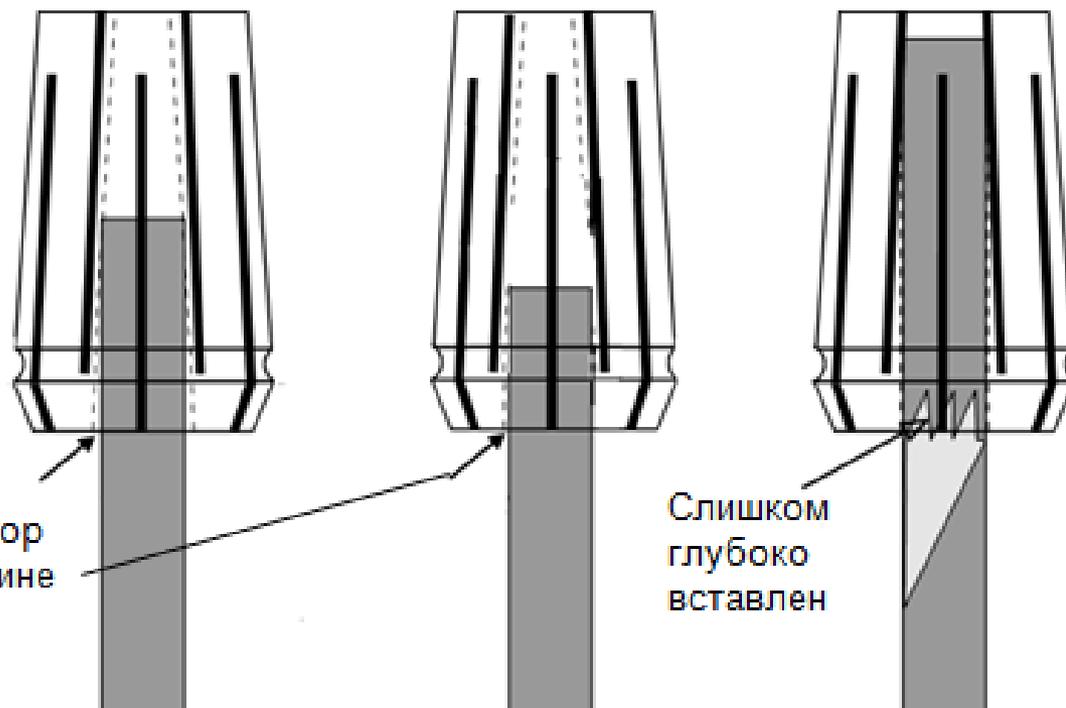


правильно



Зажимные системы для станков с ЧПУ

Ошибки при зажатии в цанговых зажимах



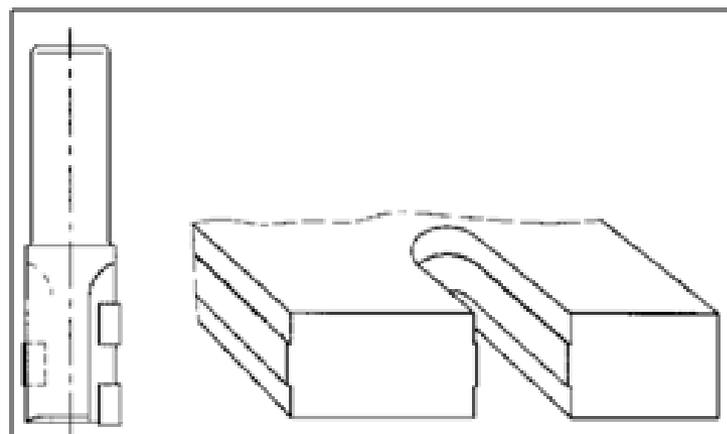
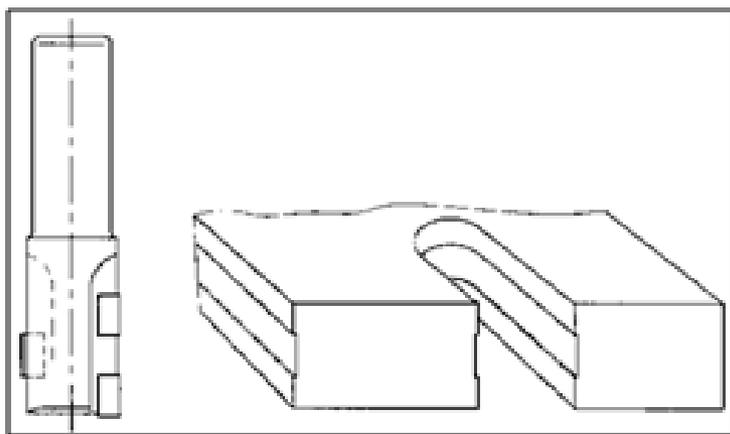
Увеличенный зазор при неполной длине зажима

Слишком глубоко вставлен

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Последствия возможных радиальных биений

- следы/полосы на обр.заготовке
- увеличенная нагрузка на инструмент → из-за его смещения



Зажимные системы для станков с ЧПУ

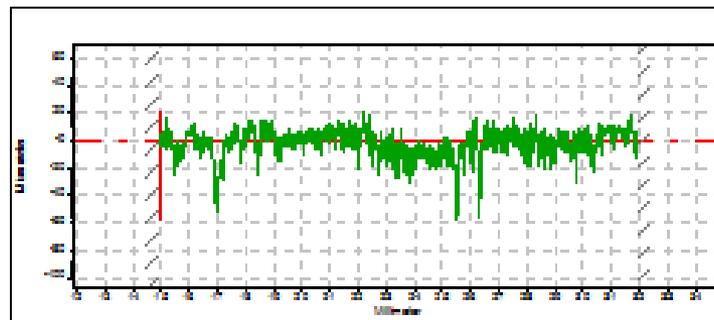
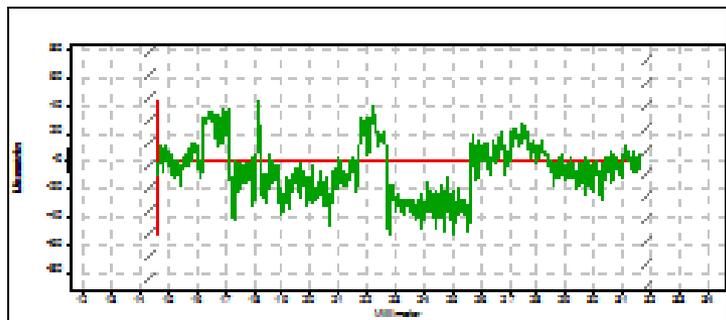
Последствия возможных радиальных биений: примеры из практики

→ Продольный фуговальный рез с подачей $v_f = 12$ м / мин, материал :ель

Алмазная концевая фреза
в цанговом патроне



Та же алмазная фреза
в системе TRIBOS



Зажимные системы для станков с ЧПУ

Цанговый патрон



Характеристики

- Макс. допуски на радиальное биение до 0,02 (при новой цанге)
- изменяемый диаметр зажатия благодаря цангам
- сила зажатия определяется пользователем
- восприимчивый к загрязнению
- изменяющийся дисбаланс посредством зажимной гайки и цанги
- $n_{max.} = 20.000$ об/мин (рекомендация)
→ **Внимание: не превышать макс. число оборотов !!**

Зажимные системы для станков с ЧПУ

зажимной гидро-патрон PS-System



Характеристики

- высокая равномерность вращения/радиальная жесткость
- Макс. допуски на радиальное биение до 0,006 мм
- простота применения
- постоянная сила зажатия
- не восприимчив к загрязнению
- применим для инструмента диам. \varnothing 10, 12, 16, 20 и 25 мм
- долгий срок службы
- стабильная сбалансированность
- $n_{max.} = 30.000$ об/мин *)
→ **Внимание: не превышать макс. число оборотов !!**

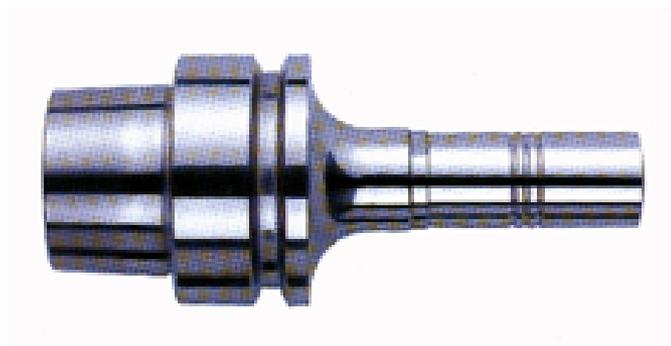
Зажимные системы для станков с ЧПУ

Принцип действия зажимного гидро-патрона



Зажимные системы для станков с ЧПУ

TRIBOS



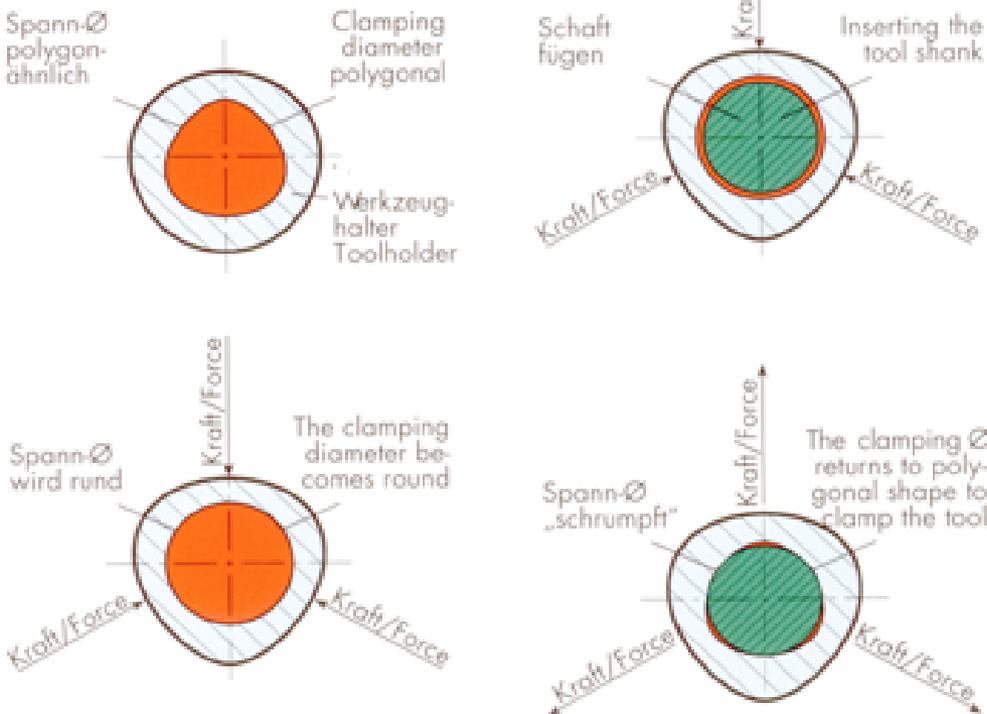
Характеристики

- $n_{max.} = 40.000 \text{ об/мин}^*$
→ **Внимание: не превышать макс. число оборотов !!**
- высокая равномерность вращения/
радиальное биение $< 0,003 \text{ мм}$
- очень высокая сила зажатия
- долгий срок службы
- небольшой вес и масса дисбаланса
- минимальная длина выступа инструмента
- минимальные помехи из-за габаритов зажима при обработке труднодоступных мест
- сравнительно недорогое зажимное устройство
- несложный монтаж
- точность хвостовика $h6 / g6$
- для диаметров хвостовика 12, 16, 20, 25 мм



Зажимные системы для станков с ЧПУ

Принцип действия зажимной системы TRIBOS



- Внутренняя поверхность зажима представляет собой сферический треугольник (Polygon).
- При давлении на углы этого треугольника при помощи специального гидравлического приспособления он принимает форму круга в который вставляется хвостовик.
- После ослабления давления внутренние стенки приспособления зажимают хвостовик инструмента по трём линиям с очень большим давлением .

Зажимные системы для станков с ЧПУ

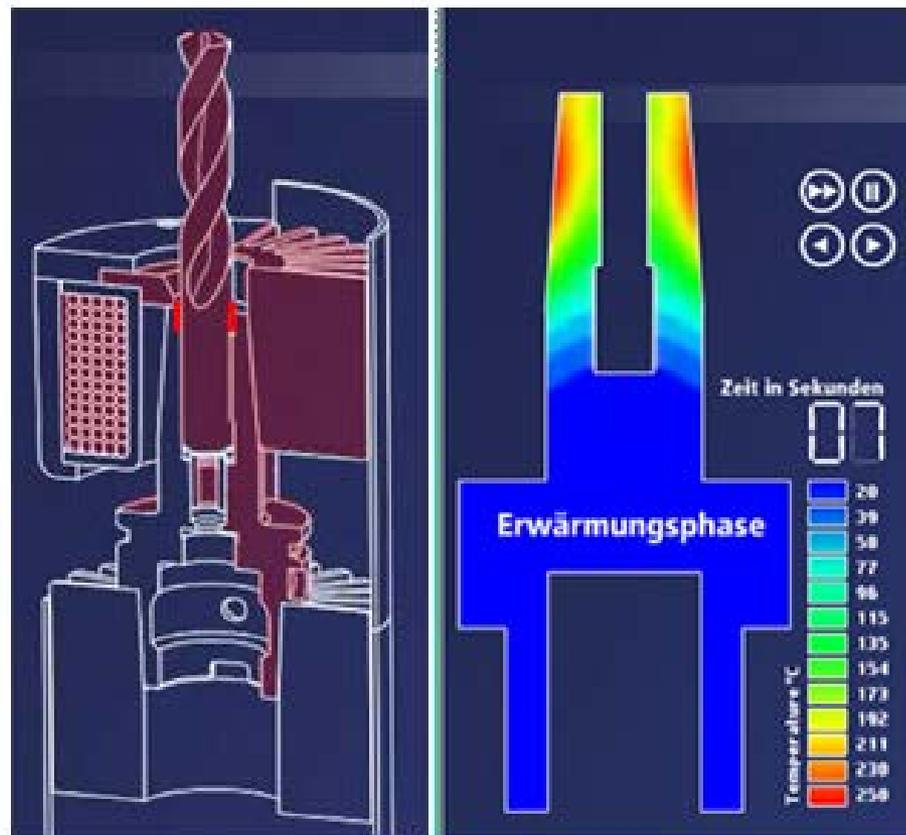
Термоусадочная технология



ThermoGrip®

ISG 3000 ist die universelle, vollautomatisch gesteuerte Schrumpfanlage für den professionellen Einsatz der Schrumpftechnik. Mit ihrem einzigartigen Spulen- und Scheibenwechselsystem wird die Energiekopplung optimal auf das jeweilige Spannfutter angepasst. Das kontinuierliche Rüsten auch großer Werkzeugmengen ist gewährleistet.

- Spannen von kleinsten Werkzeugabmessungen \varnothing 6–50 mm in HSS und sogar bis 3 mm bei HM möglich
- Anpassung auch auf Sonderwerkzeuge mit entsprechenden Sonderspulen möglich
- 4 integrierte Lüfter für schnelles und gleichmäßiges Abkühlen des Spannfutters



Зажимные системы для станков с ЧПУ

Термоусадочная технология



Система BILZ

Характеристики

- $n_{max.} = 30.000 \text{ об/мин}^*$
→ **Внимание: не превышать max. число оборотов !!**
- высокая равномерность вращения/радиальная жесткость
- Несколько индукционных катушек
- Индукционное устройство/генератор
- Блок питания
- Охлаждение зажимных устройств с помощью:
 - вентилятора
 - Душа для инструмента(водяное)
 - Устройства для охлаждения с катушками

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Сравнение радиальных биений различных зажимных систем

| компоненты | TRIBOS | PS-System | цанг. патр. (нов. цанга) | цанг. патр. (стар. цанга) |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| DIAMAX- концевая фреза | | | | |
| вес | 250 гр | 250 гр | 250 гр | 250 гр |
| собственный дисбаланс | 1 гмм | 1 гмм | 1 гмм | 1 гмм |
| зажимное средство | | | | |
| вес | 790 гр | 1300 гр | 1400 гр | 1400 гр |
| собственный дисбаланс | 0,9 гмм | 1,3 гмм | 10 гмм | 10 гмм |
| Точность сопряжения Инструмент-зажимной патрон | 0,003 мм | 0,006 мм | 0,02 мм | 0,06 мм |
| Суммарный дисбаланс (допуск биения X вес) | 0,75 гмм (0,003 мм x 250 гр) | 1,5 гмм (0,006 мм x 250 гр) | 5 гмм (0,02 мм x 250 гр.) | 15 гмм (0,06 мм x 250 гр.) |
| Точность сопряжения Патрон-станок (HSK 63 F) | 0,004 мм | 0,004 мм | 0,004 мм | 0,004 мм |
| Суммарный дисбаланс (допуск биения X вес) | 4,2 гмм (0,004 мм x 1040 гр) | 6,2 гмм (0,004 мм x 1550 гр) | 6,6 гмм (0,004 мм x 1600 гр) | 6,6 гмм (0,004 мм x 1600 гр) |
| Общий дисбаланс системы (Сумма всех дисбалансов) | 6,81 гмм | 10 гмм | 22,6 гмм | 32,6 гмм |
| Соответствует теор. эксцентричности инструмента: | 0,026 мм | 0,040 мм | 0,090 мм | 0,130 мм |

Зажимные системы для станков с ЧПУ

Влияние зажимных систем на шумность при работе

Разница между уровнями шума системы **TRIBOS** и **цангового патрона** на различных материалах. Результаты испытаний 1 - 126

