

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
Кафедра приборостроения и информационно-измерительных
технологий

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
ПРИБОРОВ И СИСТЕМ»

Составитель
Л. К. ГЕНЕРАЛОВ



Владимир 2011

УДК 621.81 (075)

ББК 34.446.1(075)

М54

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент

зав. кафедрой управления и информатики в технических
и экономических системах

Владимирского государственного университета

А. Б. Градусов

Печатается по решению редакционного совета

Владимирского государственного университета

Методические указания и задания к выполнению курсового
М54 проекта по дисциплине «Основы конструирования приборов и си-
стем» / Владим. гос. ун-т ; сост. Л. К. Генералов. – Владимир :
Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 84 с.

Содержат задания и указания для самостоятельного выполнения курсового проекта. Изложена последовательность расчетов, приведены выбор конструктивных решений отдельных узлов, компоновочные решения приборов, оформление пояснительной записки, графической части, рекомендации по использованию программного обеспечения для выполнения расчетной и графической части проекта.

Предназначены для студентов приборостроительных специальностей всех форм обучения, а также могут быть полезны студентам, обучающимся по специальности «Конструирование и технология радиоэлектронных средств».

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 3-го поколения.

Табл. 2. Ил. 52. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.81 (075)

ББК 34.446.1(075)

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Подготовка конструктора заключается в формировании практических навыков создания приборов и приборных систем, отличающихся новыми техническими решениями, умении использовать стандартные и нормализованные элементы конструкций, компьютерную технику для поиска оптимальных решений.

Основу для практической деятельности студента создают такие дисциплины, как высшая математика, сопротивление материалов, теоретическая механика, информатика, инженерная графика, материаловедение, детали приборов и др.

Цель курсового проектирования – завершение общей конструкторской подготовки студентов по механизмам приборов на основе теоретических навыков, полученных в результате изучения ими теории, методов расчета и конструирования деталей и узлов механизмов приборных устройств с учетом требований по точности, прочности, взаимозаменяемости и др.

Основными задачами курсового проектирования являются:

1. Систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний путем их практического применения: при расчете отсчетных устройств; кинематическом и силовом расчетах механизмов; оценке точностных параметров; правильном назначении посадок в соединениях, допусков на детали, погрешности формы и взаимного расположения поверхностей; выборе материалов для деталей механизмов приборов, их термической обработке. Умение назначать шероховатость поверхностей обработки и виды покрытий; проводить необходимые геометрические и прочностные расчеты, а также оптимизацию параметров по массе и габаритным размерам.

2. Приобретение практических навыков самостоятельной разра-

ботки конструкций механизмов и механических узлов приборов и автоматизированных приборных систем путем использования соответствующих стандартов, ЕСКД, прототипов конструкций и пр.

3. Получение навыков по использованию компьютерной техники при выполнении расчетов, проектировании деталей и узлов механизмов приборов.

4. Получение навыков по оформлению текстовой и графической документации согласно требованиям ЕСКД.

2. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Согласно ГОСТ 2.103-88 «Стадии разработки» предусмотрены следующие стадии разработки конструкторской документации: техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая конструкторская документация. При этом эскизный проект – это совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия. Эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации. Основным конструкторским документом согласно ГОСТ 2.119-73 является чертеж общего вида.

Технический проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации. Чертеж общего вида выполняется по ГОСТ 2.119-73 с указанием посадок, технических требований к изделию и его технической характеристики.

Выполнение курсового проекта (КП) как документа, завершающего учебный процесс по теоретической части курса, по причине недостаточного времени не может проводиться в точном соответствии с ГОСТ 2.108-88 и предполагает в процессе работы над ним совмещение отдельных этапов.

Так, начальный этап курсового проектирования предполагает по полученным на основании данных задания и уточненным в соответствии с ГОСТами и ЕСКД результатам проектных расчетов наметить в удобном для чтения чертежа масштабе конструкцию механизма в виде чертежа общего вида с проработкой его основных конструктивных элементов. Эскизную проработку чертежа удобнее выполнять на персональном компьютере в масштабе 1 : 1; применение других масштабов должно быть обосновано технической необходимостью. Чертеж выполняют в соответствии с ГОСТ 2.119-73; необходимые дополнения к чертежу в виде указаний по посадкам, габаритным и установочным размерам и так далее определяются требованиями к нему в соответствии с техническим проектом, элементы которого могут входить в эскизный проект.

Содержание проектных расчетов определяется заданием на проектирование. В кинематических механизмах (отсчетных устройствах, кинематических передачах и др.) таким является расчет кинематики механизма по исходным данным задания, определение межосевых расстояний и размеров зубчатых колес; при этом исходят из выбранных по конструктивным соображениям и результатам расчетов кинематики значений модулей, чисел зубьев и пр. В шкальных механизмах эти расчеты дополняют расчетами шкал (выбор цены и длины деления шкал, их диаметров по исходным данным задания).

При проектировании силовых механизмов (механизм потенциометрической следящей системы дистанционного управления, механизм сельсинной следящей системы и т. д.) содержание проектных расчетов, предшествующих выполнению эскизной части задания на курсовое проектирование, состоит из подбора электродвигателя (если это требуется по заданию), кинематических расчетов, проектировочных расчетов зацеплений и валов, муфт и других деталей, выбора из каталогов или справочников стандартных изделий (подшипников качения, шпонок и др.). При этом размеры можно назначать из конструктивных соображений.

На основании эскизной проработки конструкции студент выполняет на ПК чертеж общего вида технического проекта с необходимым

количеством дополнительных видов, разрезов и сечений, уточняя отдельные места в соответствии с необходимыми проверочными расчетами. Как правило, при проведении проектных и проверочных расчетов широко используются САПР, позволяющие производить все расчеты и конструирование в диалоговом режиме. Выполнение рабочей конструкторской документации заканчивается разработкой нескольких рабочих чертежей деталей, входящих в конструкцию изделия.

В итоге графическая часть КП состоит из трех листов чертежей формата А1 (594 × 840 мм) и включает: 1-й лист – компоновочный чертеж привода без соблюдения масштаба, но с простановкой габаритных размеров, межосевых расстояний, основных привязочных размеров; 2-й лист – сборочный чертеж приборного устройства или привода, включая электродвигатель, планетарный или волновой механизм, зубчатые и другие передачи, соединительные муфты, отсчетные устройства и т.п.; 3-й лист – рабочие чертежи четырех основных деталей передаточного механизма.

Правильность и работоспособность конструкции, выполненной по полученному заданию, подтверждается расчетно-пояснительной запиской, состоящей из 25 – 30 листов машинописного текста.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Основными конструкторскими документами, которые предъявляются как результат курсового проектирования, являются чертеж общего вида конструкции и рабочие чертежи деталей, выполненные в соответствии с ЕСКД.

Чертеж общего вида изделия – основной документ, который выполняется после проведения необходимых проектировочных расчетов. При учебном курсовом проектировании разработка чертежа общего вида сочетается с выполнением эскизного и технического проектов. Эскизный проект выполняется в соответствии с ГОСТ 2.119-73, содержит необходимые расчеты и чертежи и при курсовом проектиро-

вании совмещается с разработкой технического проекта в соответствии с ГОСТ 2.120-73. При курсовом проектировании разработка чертежа общего вида заканчивается разработкой рабочей конструкторской документации в виде рабочих чертежей. Содержание основных расчетов, предшествующих выполнению эскизного проекта, рассмотрено ранее.

Эскизную проработку чертежа общего вида на миллиметровой бумаге начинают с нанесения межосевых (конусных) расстояний и начальных окружностей (начальных конусов) передач, внешних контуров валов, габаритных размеров подшипников, полученных при проектных расчетах. Затем наносят внутренние и внешние контуры корпуса. После этого прорабатывают конструкцию основных деталей с учетом их конструктивных особенностей и технологичности, выбирают способ соединения деталей и фиксации их на валах и в корпусе, намечают плоскость разъема корпуса (если он разъемный) и способы соединения и фиксации его частей. Наличие эскизной проработки конструкции на ПК или миллиметровой бумаге позволяет уверенно перейти к оформлению чертежа общего вида с необходимым количеством видов, разрезов и сечений. При достаточном опыте проектант может исключить эскизную проработку и выполнять чертеж общего вида конструкции сразу на ПК или ватмане.

При выполнении и оформлении чертежа общего вида необходимо знать следующее:

1. Корпусные детали в механизмах для облегчения сборки проектируют, как правило, разъемными, с разъемом поперёк осей валов. При разработке разъемной корпусной детали, на сборочном чертеже должны быть показаны элементы, обеспечивающие строгую фиксацию взаимного положения и соосность опорных поверхностей валов, центрирование оси вала двигателя с осью входного вала редуктора, а также способы стопорения деталей резьбовых и штифтовых соединений.

2. Конструкция подшипниковых узлов вала с коническими и червячными колесами должна предусматривать возможность регулирования зацепления и осевых люфтов валов с помощью прокладок, резьбовых стаканов или крышек.

3. В механизмах с электроприводом конструкция должна обеспечивать соосность вала электродвигателя с входным валом редуктора путем использования для этой цели центрирующих поясков в корпусе, центрирующих стаканов, штифтов и др.

4. Длины ступиц зубчатых и червячных колес должны быть в пределах $l = (1,0 \dots 1,5) d$, где d – диаметр вала. При применении шлицевого соединения $l_{ст} = (0,7 \dots 0,8) d$.

5. Высота буртиков и заплечиков на валах и в корпусе в месте установки подшипников качения для удобства их демонтажа должна быть несколько меньше толщины его внутреннего кольца или иметь пазы для захватов съемника.

6. Места присоединения к корпусу сопрягаемых деталей и узлов (фланцев электродвигателей, крышек, стаканов и др.) должны обрабатываться; с этой целью плоскости обработки корпуса обычно выставляются (возвышаются) относительно необработанных поверхностей.

7. Размер центрирующего буртика у сопрягаемой с корпусом детали должен быть выбран с учетом размера фасок и галтелей на центрирующих поверхностях так, чтобы его высота была не менее 2 ... 3 мм.

8. Регулировочные прокладки из металлической фольги не должны садиться на галтель или канавку, т. е. должны опираться только на цилиндрическую поверхность сопрягаемой детали.

9. Способ стопорения резьбовых и штифтовых соединений должен быть правильно конструктивно оформлен.

Чертеж кроме изображения сборочной единицы должен содержать: а) *номинальные размеры* посадочных мест с указанием посадок; б) *основные размеры*, характеризующие изделие (межосевые расстояния с указанием отклонений, габаритные, установочные и присоединительные размеры); в) *номера позиций* и составных частей изделия; г) *техническую характеристику* изделия; д) *технические требования к сборке, регулировке и готовому изделию* (примерное содержание технических требований приведено на чертеже предлагаемого для каждого задания возможного варианта конструкции).

Номера позиций на чертеже следует располагать параллельно ос-

новой надписи чертежа вне контура изображения и группировать их в колонку или строку по возможности на одной линии.

На чертеже общего вида для упрощения допускается не изображать мелкие выступы и канавки, фаски, галтели, зазоры. При большом количестве одинаковых по форме и размерам крепежных деталей, равномерно расположенных по окружности, можно изображать подробно только детали одного соединения, а остальные показывать условно. Для группы крепежных деталей, относящихся к одному соединению, допускается общая линия – выноска.

Если отверстия под винты, штифты и другие детали обрабатываются при сборке, то все необходимые данные для обработки таких отверстий (размеры, шероховатость, координаты и т. д.) должны быть указаны на чертеже общего вида. Подшипники качения по одну сторону от осевой линии показывают условно.

Техническую характеристику и технические требования помещают на свободном поле чертежа над основной надписью, текст пишут сверху вниз. Пункты технической характеристики и технических требований должны иметь свою нумерацию. Каждый пункт записывают с новой строки. Технические требования содержат сведения, не отраженные на чертеже. В них указывают: а) предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, которые должны быть получены при сборке; б) требования к качеству поверхностей (покрытие, отделка); в) требования к точности монтажа (допустимые осевые и радиальные зазоры, биения и пр.); г) требования по регулировке и настройке изделия; д) условия и место испытаний; е) указания о маркировке и клеймении; ж) правила транспортировки и хранения; з) особые условия эксплуатации.

К чертежу общего вида заполняется ведомость технического проекта (ТП), которая является документом, определяющим состав изделия; ведомость ТП составляют на отдельных листах форматах А4. Если чертеж общего вида оформлен как сборочный, то его дополняют спецификацией, которая выполняется по ГОСТ 2.108-68 и содержит следующие разделы: *документация; сборочные единицы; детали стандартные изделия; прочие изделия; материалы.*

В пределах каждой категории изделия записывают по группам в зависимости от функционального назначения (например, подшипники, крепежные детали и т. п.), в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий. В раздел «Прочие изделия» записывают изделия, взятые из каталогов, прейскурантов, других источников, за исключением стандартных изделий.

В раздел «Материалы» вносят: металлы, кабели, провода и шнуры, бумажные, текстильные и керамические материалы, лаки, краски и пр.

В графе «Обозначение» указывают обозначение записываемых документов. Эту графу не заполняют для разделов «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы».

Методические указания по конструированию деталей и оформлению рабочих чертежей сводятся к общим указаниям по конструированию и требованиям к оформлению рабочих чертежей. Конструкция детали в основном прорабатывается при выполнении сборочного чертежа и должна удовлетворять эксплуатационным требованиям технологичности. При конструировании детали исходными данными являются: а) способ соединения с другими деталями (разъемное или неразъемное) и вид (шпоночное, шлицевое, резьбовое и др.) соединения; б) эксплуатационный (нагрузочный) режим; в) требования по долговечности; г) условия эксплуатации (температура, влажность и др.).

В процессе конструирования необходимо рассчитать, определить или выбрать форму детали, ее материал и режим упрочняющей технологии, способ получения заготовки, наметить конструкторские базы, указать шероховатость поверхностей и точность размеров, формы и взаимного расположения поверхностей. При отработке технологичности детали необходимо обеспечить выбор оптимальных технологических баз (целесообразно их совпадение с конструкторскими); выбор конструкции заготовки (ее формы, способа получения); выбор методов контроля точности и обеспечения сборки изделия.

При конструировании детали всегда надо стремиться к упрощению конструкции, так как это ведет к удешевлению оснастки, повышению производительности труда, улучшению качества изделия, снижению его себестоимости и повышению точности.

Необходимо также унифицировать форму деталей или их частей с целью уменьшения номенклатуры сопрягаемых деталей (например подшипников) и унификации технологической оснастки.

Рабочие чертежи оформляют в соответствии с ГОСТ 2.109-73 и 2.305-68. Они должны содержать все данные, необходимые для изготовления и контроля деталей – размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатостей поверхностей, материал, термическую обработку, покрытие и др.; некоторые из этих данных записывают на поле чертежа в виде технических требований.

Размеры и предельные отклонения наносят по ГОСТ 2.307-68. При этом предельные отклонения свободных размеров записывают текстом в технических требованиях в виде: «Неуказанные предельные отклонения отверстий – по $H12$, валов – по $h12$, прочих – $\pm \frac{IT12}{2}$ ».

Обозначение шероховатости поверхности должно соответствовать ГОСТ 2.309-73 с изменениями от 01.01.2005 г.

Методические указания по оформлению расчетно-пояснительной записки сводятся к следующему.

Общие указания по оформлению. Расчетно-пояснительную записку составляют в соответствии с требованиями к заданию по содержанию расчетов и выполняют на одной стороне листа формата А4.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать три раздела: техническое задание, описание конструкции и необходимые расчеты. В конце записки приводят библиографический список литературы.

Каждый расчет должен включать: 1) *заголовок* с указанием содержания выполняемого расчета к детали; 2) *расчетные данные* (в некоторых случаях выполняют эскизы или конструктивные схемы деталей и расчетные схемы); 3) *наименование марки* материала детали с указанием механических характеристик, используемых в расчете; 4) *расчетные формулы* со ссылкой на источник; 5) *вычисление* определяемых параметров.

Иллюстрации (эскизы, схемы и графики) нумеруются по всей пояснительной записке (рис. 1, рис. 2 и т. д.). При расчете на компьютере прилагают распечатку. Расчет записывают следующим образом:

после названия определяемого параметра приводят формулу для его расчета и экспликацию к ней, в которой расшифровывают символы, входящие в формулу (если ранее они не были расшифрованы) последовательность расшифровки символов должна соответствовать последовательности расположения этих символов в формуле, повторяющиеся символы можно не расшифровывать; затем подставляют числовые значения параметров в той же последовательности, в какой их символы приведены в формуле, и указывают результат расчета и соответствующую единицу измерения размерностью. Если результат расчета используют в последующих разделах, то формулу нумеруют с правой стороны листа в круглых скобках для ссылки на нее.

Содержание записки разбивают на разделы и подразделы.

Подразделы должны иметь номера в пределах каждого раздела, состоящие из номера раздела и номера подраздела, разделенных точкой (например, 3.1, 3.2, 3.3 и т. д.).

Пояснительная записка должна иметь титульный лист, оформление которого выполняют соответственно требованиям кафедры. На всех последующих листах в правом нижнем углу проставляют порядковый номер (2, 3, 4 и т. д.).

Содержание расчетно-пояснительной записки. В общем случае расчетно-пояснительная записка должна включать следующие разделы и подразделы.

1. *Задание на курсовой проект.* Содержит название задания, кинематическую схему, исходные данные и технические требования.

Оформляется на двух листах формата А4 или на специальном бланке.

2. *Описание конструкции.* Содержит сведения о назначении механизма и месте его в системе, описание кинематики узлов, регулировки конических и червячных зацеплений и способ регулирования осевого люфта вала в подшипниках качения.

3. *Обоснование выбора электродвигателя* (если двигатель указан в кинематической схеме задания, но типоразмер его не задан).

4. *Кинематический расчет механизма.* Приводятся определение

передаточного отношения механизма и его разбивка по ступеням; указываются числа зубьев колес, число заходов червячной передачи или геометрия передачи «винт – гайка»; определяются частоты вращения валов.

5. *Силовой расчет механизма.* Содержит определение крутящих моментов на валах, усилий в зацеплениях и других элементах механизма, необходимых для расчетов.

6. *Выбор конструкционных материалов.* Содержит обоснование выбранных марок материалов, их термообработки для основных деталей механизма. Приводятся основные механические характеристики материалов.

7. *Расчет геометрии передачи и ее деталей.* Содержит определение геометрических размеров (межосевых расстояний) передачи и ее деталей. Указывают выбранные значения модулей зубчатых колес.

8. *Расчеты зацеплений на прочность.* Рассчитывают контактную и изгибную прочность.

9. *Расчет одного из валов механизма на прочность по запасу прочности.* При оформлении расчета приводят эскиз вала (конструктивная схема) с основными размерами; расчетную схему нагружения вала как балки; эпюры изгибающих и крутящих моментов.

10. *Проверка долговечности подшипников качения.* Приводят расчетную схему и определение нагрузок на подшипники либо ссылку на ранее проведенные расчеты с последующим расчетом долговечности подшипника наиболее нагруженной опоры.

11. *Расчет фрикционной муфты, обоснование и выбор по нормальям других муфт.*

12. *Расчеты соединений на прочность – шпоночных, шлицевых, винтовых соединений с натягом.*

13. *Расчет механизма на точность.* Определяют погрешности от зазоров, кинематическую погрешность в зацеплениях и общую погрешность приборного устройства.

После выполнения необходимых расчетов в записке приводят библиографический список источников, использованных при выпол-

нении курсового проектирования. Список литературных источников нумеруют для оформления ссылок на них, которые приводят в тексте записки по мере необходимости.

В тексте при ссылке на литературный источник его номер (по списку) заключают в квадратные скобки.

В разделе «Содержание» приводят перечень разделов и подразделов с указанием номеров страниц записки.

4. ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Номер задания и вариант исходных данных определяет преподаватель. Задание оформляют на специальном бланке, в котором указывают исходные данные для проектирования, содержание основных разделов пояснительной записки, количество листов графической части, рекомендуемую литературу и календарные сроки выполнения. После заполнения бланка задание утверждает заведующий кафедрой.

ЗАДАНИЕ № 1

Тема. Механизм потенциометрической следящей системы дистанционного управления

Основные данные. 1. Цены оборотов валиков (в отсчетных единицах); исполнительного элемента (ИЭ) $A_{ИЭ} = \dots$, потенциометра-приемника (ПП), $A_{ПП} = \dots$. 2. Тип шкал \dots . 3. Параметры ШТО: цена деления $N_{ШТО} = \dots$ о.е., число делений $N_{ШТО} = \dots$, $n_{ШТО} 10 - 16 \text{ мин}^{-1}$. 4. Тип электродвигателя \dots , $n_{Дв} = \dots \text{ мин}^{-1}$. 5. Угол поворота валика ИЭ, $\alpha_{ИЭ} = \dots$ и момент $M_{ИЭ} = \dots \text{ Н}\cdot\text{мм}$. 6. Тип ПП-ППМЛ, \dots $\varphi_{ПП} = 40 \pi$ рад и $M_{ПП} = 0,1 \cdot \text{Н}\cdot\text{мм}$. 7. Тип волнового зубчатого редуктора (ВЗР), \dots . 8. Примеры схемы механизма приведены на рис. 1, 2.

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 1				
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
$A_{из}, \text{о. е.}$	360	500	50	360	1000
$A_{пп}, \text{о. е.}$	10	10	12,5	10	30
$N_{што}, \text{о. е.}$	0,050	0,100	0,100	0,050	0,100
$N_{што}$	100	100	100	120	100
Тип двигателя	УАД-32	Уад-32	ДМП-35	УАД-32	ДМП-35
$N_{дв}, \text{мин}^{-1}$	2700	2700	2500	2700	2500
$\alpha_{из}, \text{рад}$	π	$0,8\pi$	π	π	π
$\varphi_{пп}, \text{рад}$	Не больше 36π	Не больше 40π	Не больше 40π	Не больше 40π	Не больше 36π
Тип ВЗР	КНГЖ	НГЖ	НГЖ	НГЖ	КНГЖ
$M_{из}, \text{Н}\cdot\text{мм}$	20	25	30	20	25

Угловые перемещения валика исполнительного элемента аппарата, связанного муфтой 6' с выходным валиком механизма, осуществляются от электродвигателя Дв через волновой зубчатый редуктор ВЗР, пару цилиндрических зубчатых колес 1 и 2, планетарный механизм и пару зубчатых колес 5' и 6. Водило Н планетарного механизма закреплено на полем валике колеса 2.

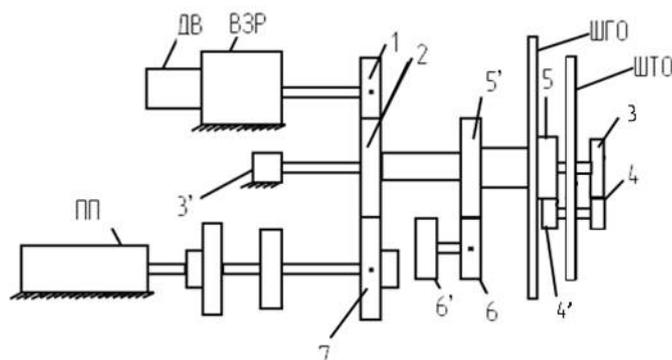


Рис. 1

На водиле закреплена шкала точного отсчета ШТО. Сателлит 4 находится в зацеплении с неподвижным центральным колесом 3, которое закреплено на неподвижной оси 3'. Сателлит 4' находится в зацеплении с колесом 5, которое закреплено на одном полем валике со

шкалой грубого отсчета ШГО. Применение в этой схеме многооборотного потенциометра, соединенного со шкалой ШГО с помощью колес 2 и 7, позволяет заметно повысить точность установки исполнительного элемента аппарата. Если за один оборот валика исполнительного элемента (муфта б') валик потенциометра делает 20 оборотов, то ошибка рассогласования движков ПП и ПД, приведенная к валику исполнительного элемента, уменьшается в 20 раз. Конструкция механизма показана на рис. 2. Все узлы механизма монтируются на главной панели 10 корпуса (рис. 2). Круглая крышка корпуса 11 служит для декоративного оформления и защиты механизма от загрязнения.

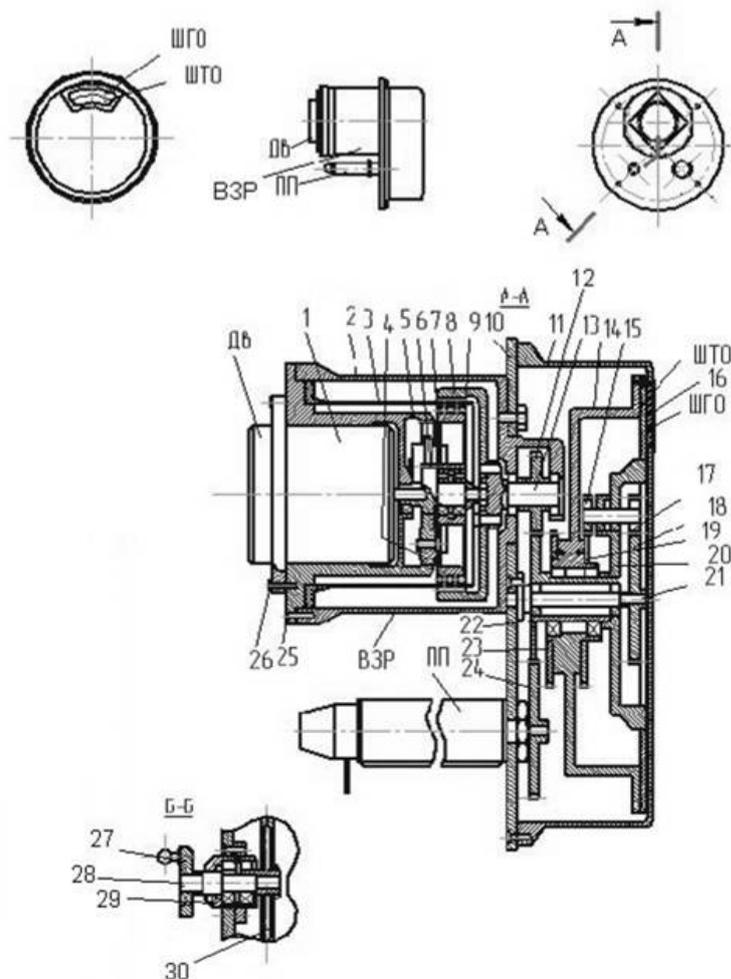


Рис. 2

В ней расположено окно со стеклом 16 для снятия отсчета со шкал. В механизме использован комбинированный ВЗР с неподвижным гибким колесом 3 и планетарной передачей между валиком двигателя 1 и генератором волн 7. Цилиндрический корпус редуктора 2 крепится винтами к панели 10. К фланцу выходного валика 13 тремя винтами и двумя штифтами прикреплено жесткое колесо 8, входящее в зацепление с зубьями гибкого колеса 3. Валик двигателя 1 соединяется сегментной шпонкой с ведущим валиком 6 планетарной передачи. На валике 6 нарезаны зубья ведущего колеса планетарной передачи. На кулачке генератора волн 7 принудительной деформации гибкого колеса закреплены винтами три оси с сателлитами 4. Зубья неподвижного центрального колеса планетарного механизма расположены на выступающем венце стакана 5, к которому винтами 26 прикреплен электродвигатель 1. Шарикоподшипники выходного валика 13 смонтированы в выступающем кронштейне корпуса волнового редуктора. Левый подшипник ведущего валика 6 закреплен в стакане 5, а правый – в выточке фланца выходного валика 13. Генератор волн 7 (водило) опирается на два шарикоподшипника, установленные на ведущем валике 6. Для уменьшения потерь на трение между кулачком генератора волн 7 и стальным закаленным кольцом 9, запрессованным в гибкое колесо 3, находятся два ряда шариков. Стакан 5 и гибкое колесо 3 крепятся к корпусу 2 винтами 25 и центрируются выточкой в корпусе.

От выходного валика 13 волнового редуктора движение передается зубчатыми колесами 12, 22 и 24 на валик многооборотного потенциометра ПП и на водило 20 с сателлитами 15 и 17 планетарной передачи. К водилу 20 прикреплены винтами и кольцом шкала точного отсчета ШТО. Полный валик водила 20 опирается на два шарикоподшипника, закрепленные на неподвижной оси 21. На этой же оси закреплено колесо 18. Подвижное центральное колесо 19 планетарной передачи закреплено на диске 14 шкалы грубого отчета ШГО. На ступице этого диска закреплено зубчатое колесо 23, вращающее колесо 30 выходного валика 28, связанного поводковой муфтой 27 с исполнительным элементом настраиваемого аппарата. Для фиксации шарикоподшипников в отверстиях генератора волн, водила 20 и фланца 29 вставлены пружинные кольца, входящие в соответствующие выточки. Для уменьшения мертвого хода механизма применено колесо 30 с пружинным устройством для устранения бокового зазора в зацеплении колес.

Согласование ШГО и ШТО с соответствующими положениями валиков потенциометра ПП и исполнительного элемента осуществляется при полуотвинченных винтах, закрепляющих циферблаты шкал.

Конструкция механизма технологична и удобна в сборке, так как расчленена на узлы, которые могут собираться отдельно, а затем монтироваться на плоской панели 10 корпуса механизма.

ЗАДАНИЕ № 2

Тема. Механизм сельсинной следящей системы дистанционного управления

Основные данные. 1. Цены оборотов валиков (в отсчетных единицах): шкалы грубого отсчета (ШГО), $L_{\text{шго}} = \dots$ сельсин-датчика (СД), $A_{\text{сд}} = \dots$. 2. Тип шкал 3. Параметры ШТО: цена деления $H_{\text{што}} = \dots$ о.е., число делений $N_{\text{што}} = \dots$, $n_{\text{што}} = 10 - 16 \text{ мин}^{-1}$. 4. Тип электродвигателя ..., $n_{\text{дв}} = \dots \text{ мин}^{-1}$. 5. Сельсин-датчик (СД), тип НД-404, $M_{\text{сд}} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{мм}$. 6. Тип волнового зубчатого редуктора (ВЗР), НГЖ.

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 2				
	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
$A_{\text{шго}}$, о.е.	360	360	420	300	200
$A_{\text{сд}}$, о.е.	10	5	10	2,5	2
$H_{\text{што}}$, о.е.	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200
$N_{\text{што}}$	120	100	100	100	50
Тип двигателя	УАД-22	УАД-24	ДМП-35	УАД-22	УАД-12
$n_{\text{дв}}$, мин^{-1}	2700	1280	2500	2700	2700
Тип ВЗР	КНГЖ	НГЖ	КНГЖ	НГЖ	НГЖ

На рис. 3 и рис. 4 приведены схема и конструкция механизма пульта управления. Комбинированный волновой зубчатый редуктор ВЗР с неподвижным гибким колесом 9 и зубчатой передачей имеет цилиндрический корпус 2, который винтами прикреплен к детали 15 корпуса механизма.

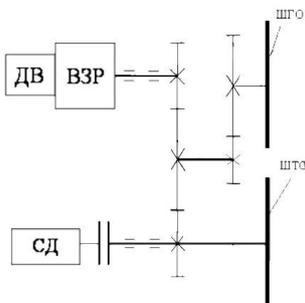


Рис. 3

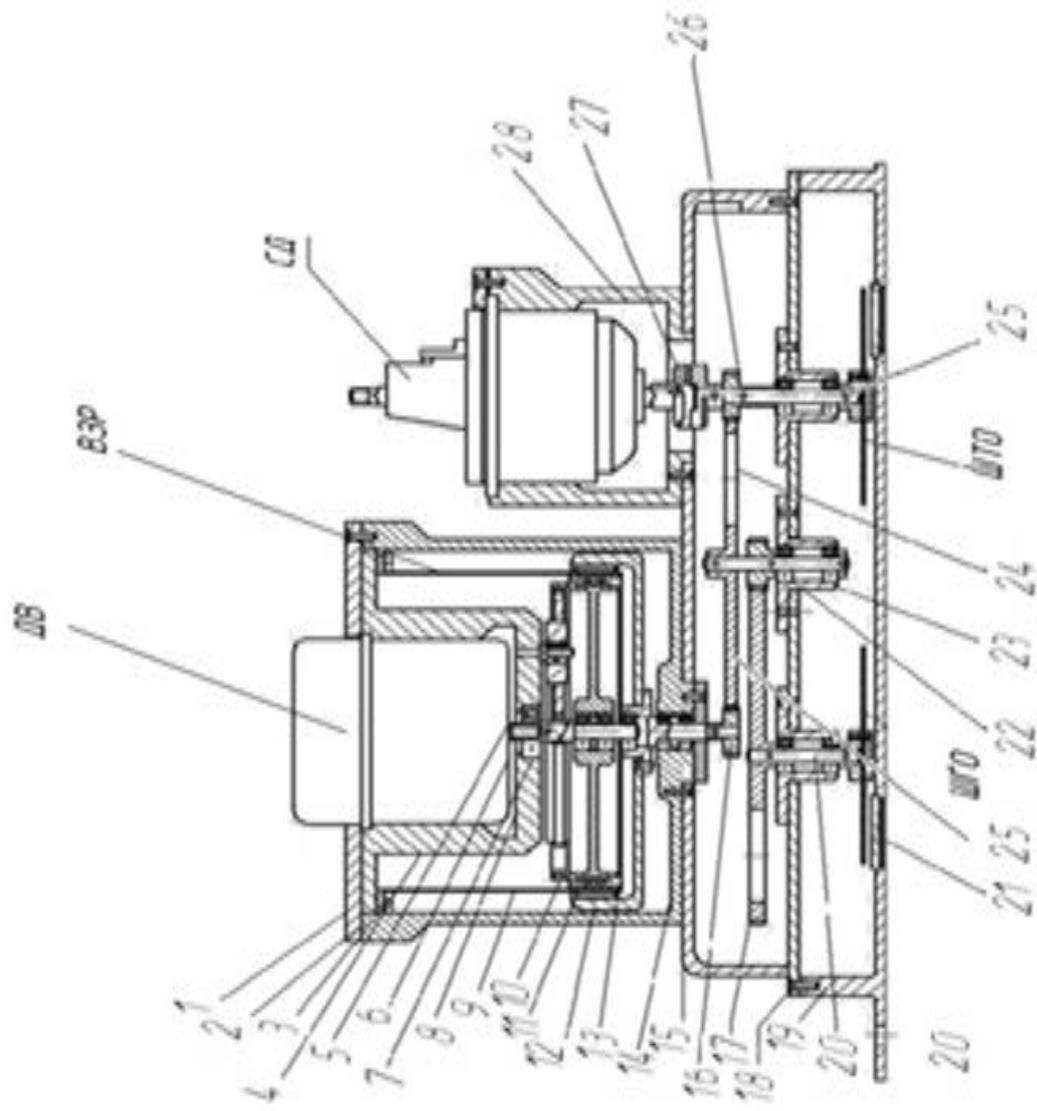


Рис . 4

Вращение валика двигателя Дв передается колесами 8, 7 и 10 на генератор волн 11 принудительной деформации гибкого колеса. Колесо 7 вращается на оси 6, которая прикреплена винтом 5 к станку 4. Жесткое колесо 12, закрепленное на выходном валике 14 ВЗР, связано с валиком 25 ШТО зубчатыми колесами 16, 24 и 26. Крепление и центровка двигателя в корпусе ВЗР осуществляется деталями 1, 3 и 4.

Для регулировки при сборке величины боковых зазоров между зубьями колес 17, 22 и 24, 26 с целью уменьшения мертвого хода между валиками 25 ШТО и 20 ШГО средний кронштейн 23 установлен в отверстие платы 18 с зазором. Сельсин-датчик СД закреплен на панели 15 посредством стакана 28 и соединен муфтой 27 с валиком 25. Лицевая деталь корпуса 19 с двумя стеклами 21 имеет форму коробки с прямоугольными фланцами для крепления механизма на пульте управления. Предусмотрена консистентная смазка шарикоподшипников и зубчатых зацеплений.

ЗАДАНИЕ № 3

Тема. Механизм программного управления автоматической системы

Основные данные. 1. Время одного оборота валиков 2 и 4 $T_2 = \dots$, $T_4 = \dots$, с. 2. Числа делений шкал $N_2 = 10T_2$, $N_4 = T_4$. 3. Числа кулачков $K_2 = 4 - 6$; $K_4 = 4 - 6$. Моменты на валиках $M_{2Н} = \dots$, Н·мм, $M_{4Н} = \dots$, Н·мм. 5. Тип электродвигателя \dots , $n_{Дв} = \dots$ мин⁻¹. 6. Тип волнового зубчатого редуктора (ВЗР) – НГЖ.

Механизм программного управления с механическим кулачковым запоминающим устройством показан на рис. 5. Он приводится в движение от электродвигателя Дв со встроенным редуктором. Валики 1 – 4 связаны цилиндрическими зубчатыми колесами. На валиках 2 и 4 установлены шкалы Ш₂ и Ш₄ и кулачки 5, закрепляемые гайками 6 на втулках 7. Каждый кулачок состоит из двух шайб, выступы которых можно совмещать и смещать по фазовым углам $\alpha, \beta, \gamma, \varphi \dots$. Закрепляя кулачки на валиках в соответствующих положениях, можно

устанавливать время замыкания и размыкания контактов по заданной программе. Программа изменяется путем перестановки кулачков. Число делений каждой шкалы равно числу секунд, соответствующему одному обороту шкалы.

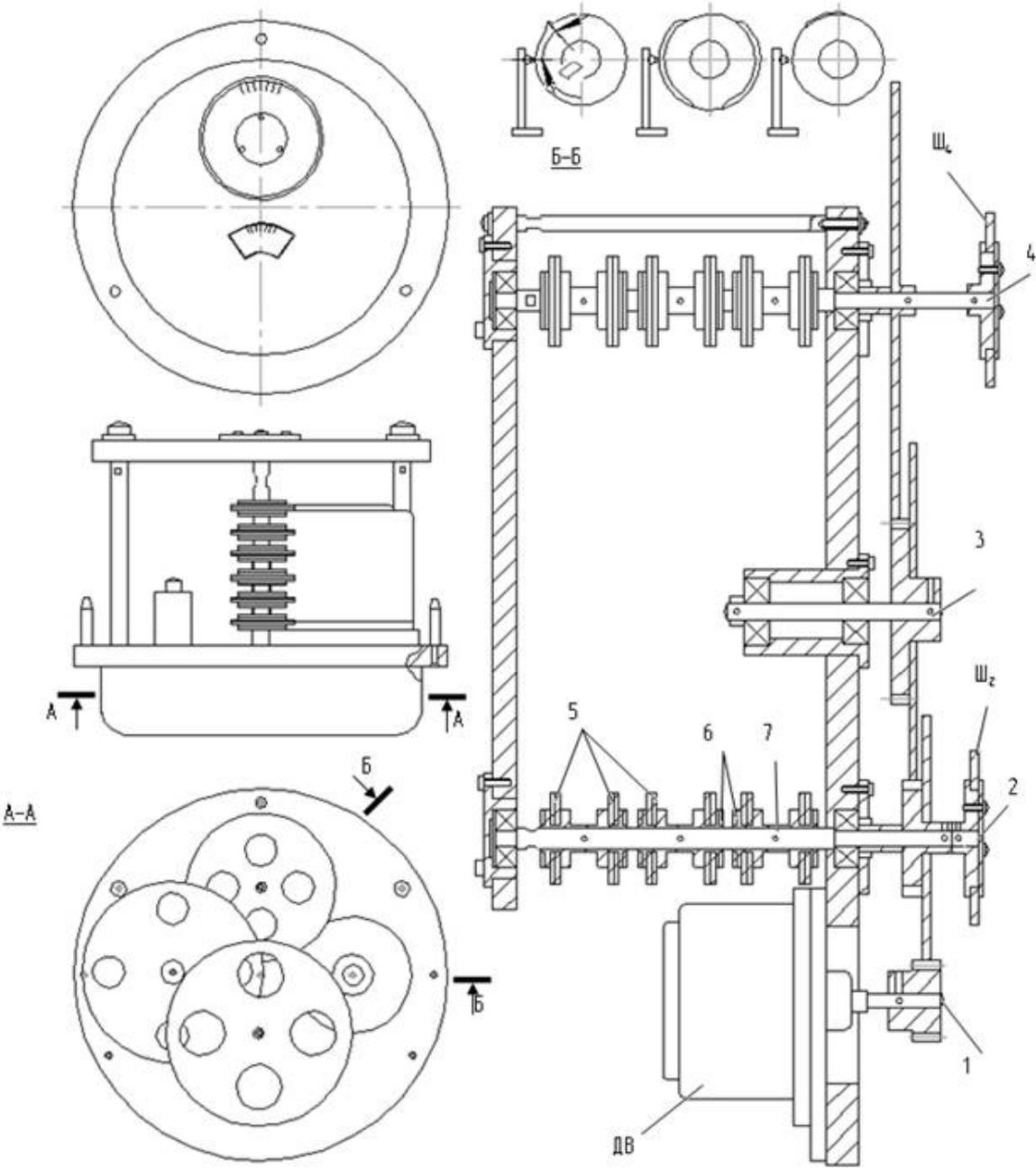


Рис. 5

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 3				
	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5
$T_2, \text{с}$	4	5	5	5	3
$T_4, \text{с}$	80	150	180	120	75
$M_{2Н}, \text{Н}\cdot\text{мм}$	20	30	20	10	30
$M_{4Н}, \text{Н}\cdot\text{мм}$	20	30	30	20	40
Тип двигателя	УАД-24	ДМП-35	ДМП-35	ДМП-35	УАД-24
$n_{\text{Дв}}, \text{мин}^{-1}$	1280	2500	2500	2500	1280

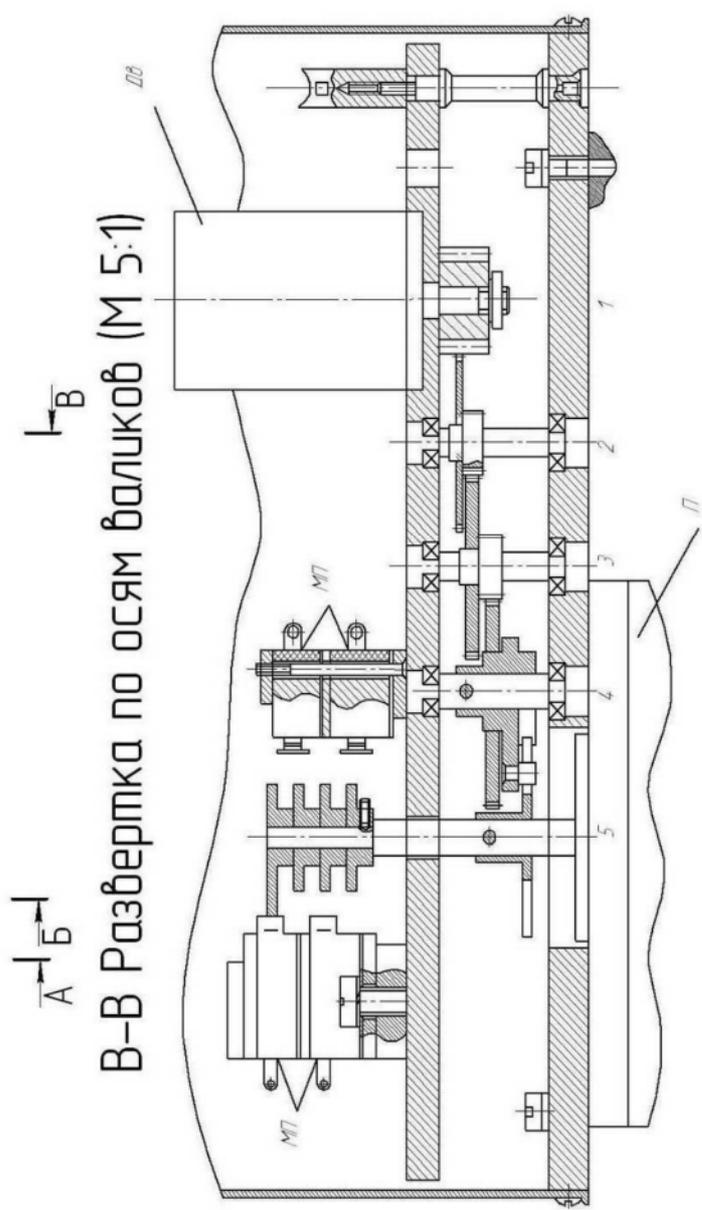
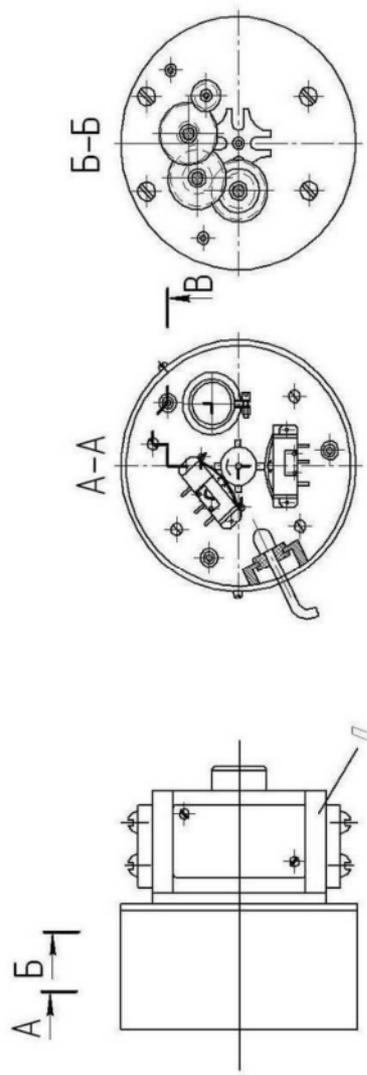
ЗАДАНИЕ № 4

Тема. Механизм переключателя автоматической системы

Основные данные. 1. Период цикла, равный сумме времени движения и времени выстоя кулачкового валика 5, $T = t_{\text{д}} + t_{\text{в}} = \dots, \text{с}$.
 2. Число фиксированных положений кулачкового валика 5, $z_5 = \dots$.
 3. Момент на валике 5, $M_{5Н} = \dots, \text{Н}\cdot\text{мм}$. 4. Момент инерции масс, приведенных к валику 5, $J_5 \dots, \text{Н}\cdot\text{мм}/\text{с}^2$. 5. Тип двигателя ..., $n_{\text{Дв}} = \dots, \text{мин}^{-1}$.
 6. Тип ВЗР – НГЖ. Механизм переключателя с четырехпазовым мальтийским крестом, обеспечивающим надежную фиксацию ротора переключателя П в заданных положениях, показан на рис. 6.

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 4				
	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
$T, \text{с}$	0,6	0,8	1	1,5	1,5
Z_5	4	8	6	6	4
$M_{5Н}, \text{Н}\cdot\text{мм}$	50	150	60	10	60
$J_5, \text{Н}\cdot\text{мм}\cdot\text{с}^2$	0,3	3	2	3	7
Тип двигателя	ДМП-35	УАД-32	ДМП-35	УАД-32	УАД-24
$n_{\text{Дв}}, \text{мин}^{-1}$	2500	2700	2500	2700	1280



1
2

Рис. 6

ЗАДАНИЕ № 5

Тема. Механизм настройки прибора

Основные данные. 1. Цены оборотов валиков исполнительного элемента и шкалы, $A_{иэ} = A_{што} = \dots$ о.е., $A_{што} = A_{иэ} \alpha_{иэ}/2\pi$. 2. Угол поворота валика ИЭ, $\alpha_{иэ} = \dots$ рад. 3. Параметры ШТО₁, цена деления $H_{што} = \dots$ о.е., число делений $N_{што} = \dots$, число оборотов $n_{што} = 6 - 10$ мин⁻¹. 4. Момент на валике ИЭ, $M_{иэ} = \dots$ Н·м. 5. Момент трения предохранительной муфты $M_{1тр} = 2M_1$. 6. Частота вращения маховичка $n_1 = 60$ мин⁻¹.

На рис. 7 показана схема механизма настройки с двумя концентрично расположенными шкалами для грубой и точной настройки (ШГО и ШТО). При вращении маховичка от валика 1 вращение передается на валики 2 – 5 и 6. Валик 6 ИЭ парой колес связан с трубчатым валиком 7, на котором закреплена ШГО. На валике 5 установлен шайбовый ограничитель ШО (стопор) угла поворота ИЭ. На валике 3 закреплена ШТО. Для предохранения механизма от поломки применена фрикционная дисковая муфта на валике 1. На рис. 8 показана конструкция механизма. На несущей плате 9 корпуса открытого типа смонтированы ИЭ и фланцы с шарикоподшипниками, валиками и зубчатыми колесами. На лицевой плате 10 закреплено стекло 12. Для быстрого вращения маховичка настройки используется рукоятка 11, которая после настройки убирается в углубление маховичка.

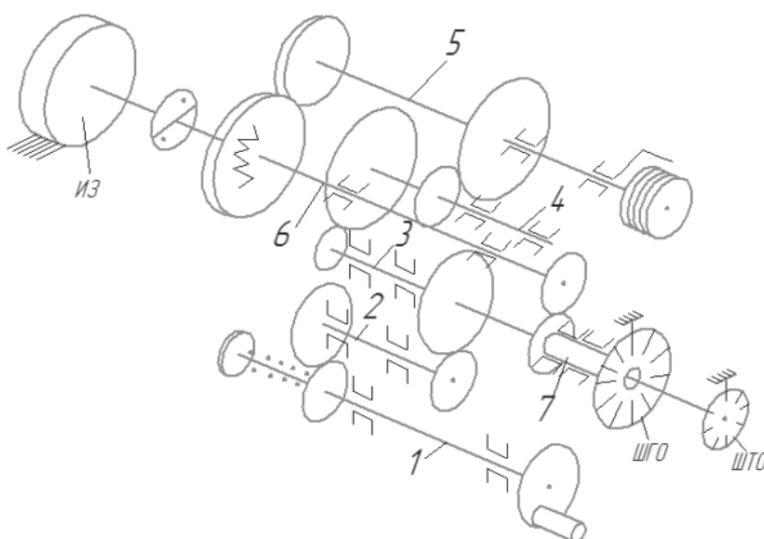


Рис. 7

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 5				
	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5
$A_{из}$, о.е.	3000	1000	3000	6000	2000
$A_{из}$, рад	2π	Π	Π	Π	2π
$N_{што}$, о.е.	1	1	0,1	1	2
$N_{што}$	50	100	100	100	50
$M_{из}$, Н·мм	50	70	60	70	70

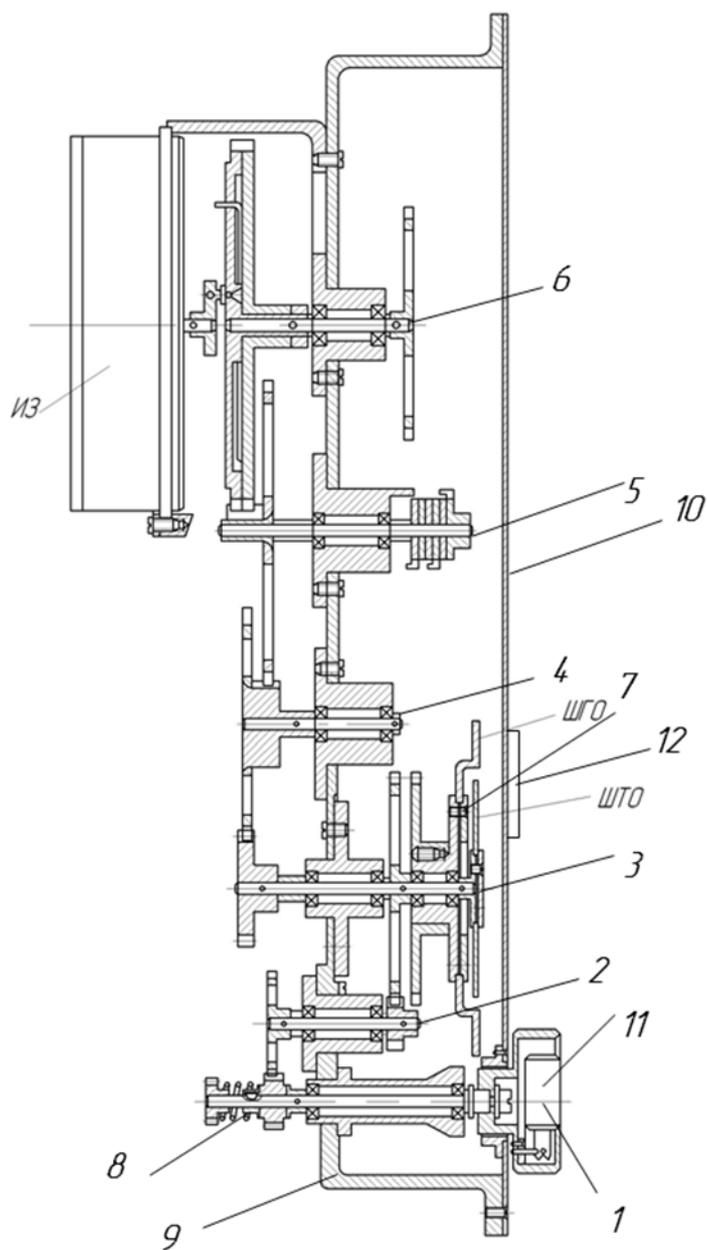


Рис. 8

ЗАДАНИЕ № 6

Тема. Механизм самопишущего прибора с диаграммной бумажной лентой

Основные данные. 1. Пределы изменения измеряемой величины $X - X_0 = \dots$ о.е. 2. Цена деления и длина шкалы $H = \dots$ о.е. 3. Ширина диаграммы $B = L = 100$ мм и скорость движения бумажной ленты, мм/ч, $v = \dots, v' = \dots, v'' = \dots, v''' = \dots$. 4. Диаметр ведущего зубчатого барабанчика $D_4''' = \dots$ мм. 5. Диаметры катушек $D_{6\max} = D_{8\max} = 40$ мм, $D_{6\min} = D_{8\min} = 20$ мм. 6. Натяжение ленты $P_{\max} = \dots, P_{\min} = \dots$ Н. 7. Тип двигателя $\dots, n_{\text{Дв}} = \dots$ мин⁻¹. 8. Тип волнового зубчатого редуктора (ВЗР) – НЖОЖ. 9. Угол поворота валика сельсин-приемника $\varphi_{\text{СП}} = 1,5\pi$ рад.

Механизм показан на рис. 9. Записывающее устройство (рис. 9) приводится в движение сельсин-приемником СП. Углы поворота валика СП равны углам поворота валика сельсин-датчика, связанного с подвижным элементом измерительного прибора. На валике СП закреплен барабанчик 13. Гибкий тросик 12 огибает барабанчик 13 и два блока 14. Концы тросика прикреплены к каретке 11 с чернильницей и капиллярной трубкой 10. Углы поворота валика СП, пропорциональные величине измеряемого параметра, посредством передачи с гибкой связью преобразуются в линейные перемещения каретки 11 с указателем шкалы и трубкой 10, которая осуществляет запись измеряемого параметра на движущейся диаграммной бумажной ленте 9.

Лентопротяжный механизм позволяет осуществить четыре скорости движения ленты 60, 180, 600 и 1800 мм/ч. Бумажная диаграммная лента разматывается с катушки 8 и наматывается на катушку 6. Заданная постоянная скорость ленты обеспечивается зацеплением зубьев ведущего барабанчика 4''' с перфорированной диаграммной бумагой 9. Ведущий ленту барабанчик 4''' вращается от электродвигателя Дв через ВЗР и трехступенчатую зубчатую передачу. Два блока зубчатых колес (2' – 2" и 4 – 4') позволяют осуществить четыре варианта зацепления зубчатых колес и обеспечить четыре скорости движения ленты. Наименьшая скорость получается при зацеплении колес 1 и 2 –

2' и 3' – 3" и 4", наибольшая при 1 и 2 – 2" и 3" – 3 и 4, а промежуточные две скорости при 1 и 2 – 2' и 3' – 3 и 4. Для обеспечения прижатия ленты к ведущему барабанчику 4" необходимо, чтобы окружная скорость на поверхности катушки 6 в начальный момент наматывания на нее бумаги была равна скорости ленты $v_6 = v_4 = v$ и не изменялась за все время работы механизма, несмотря на постепенное увеличение диаметра катушки 6 при постоянной угловой скорости колес 4', 5 и 6'. Это условие выполняется посредством фрикционной муфты, соединяющей зубчатое колесо 6' с валиком катушки 6. Наименьшее допускаемое натяжение ленты при наибольшем диаметре катушки 6 регулируется вращением гайки 6", изменяющей деформацию пружины фрикционной муфты. Натяжение ленты на участке между ведущим барабанчиком 4", роликом 7 и катушкой 8 обеспечивается торможением валика катушки 8 с помощью пружинки, нажимающей на шкивок 15. Катушки 8 и 6 съемные.

Корпус механизма (рис. 10) состоит из двух плат 12 и 13, скрепленных тремя поперечными пластинами 16, 17 и 18 с загнутыми краями. К плате 12 винтами прикреплен ВЗР с двумя жесткими колесами и встроенным в его корпус электродвигателем Дв. От колеса 1 выходного валика ВЗР к валику ведущего барабана 4" движение передается через зубчатую передачу, смонтированную между платой 12 и прикрепленной к ней тремя стойками 19 малой платой 14. В связи с тем что частота вращения валиков зубчатой передачи очень малая, используются подшипники скользящего трения. Для получения четырех скоростей ленты блоки зубчатых колес 2' – 2" и 4 – 4" передвигаются и фиксируются в соответствующих положениях посредством вилок 15, которые расположены на двух стойках, поддерживающих малую плату 14. Ведущий барабанчик 4" соединен с четвертым валиком зубчатой передачи двухкулачковой муфтой. Момент трения фрикционной муфты, связывающей колесо 6' с валиком катушки 6, регулируется гайкой 6", изменяющей величину деформации и силу нажатия пружины. На левые концы осей катушек 6 и 8 нажимают плоские пружины 9, удерживающие их правые концы в сцеплении с валиками. Для снятия катушек 6 и 8 при замене другими необходимо сначала их сдвинуть влево на 3 – 4 мм, а затем переместить в радиальном направлении вдоль паза в плате 13.

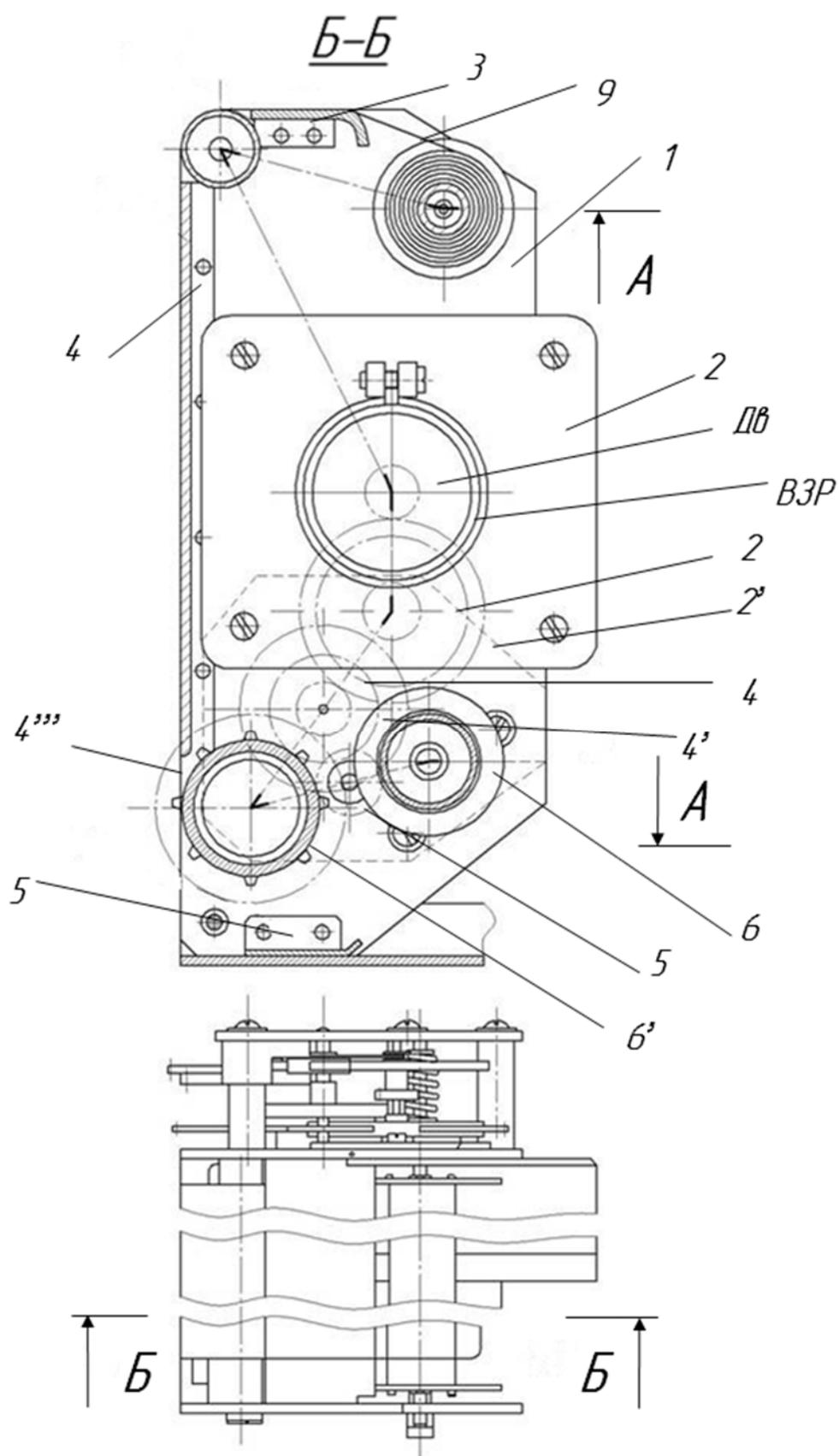
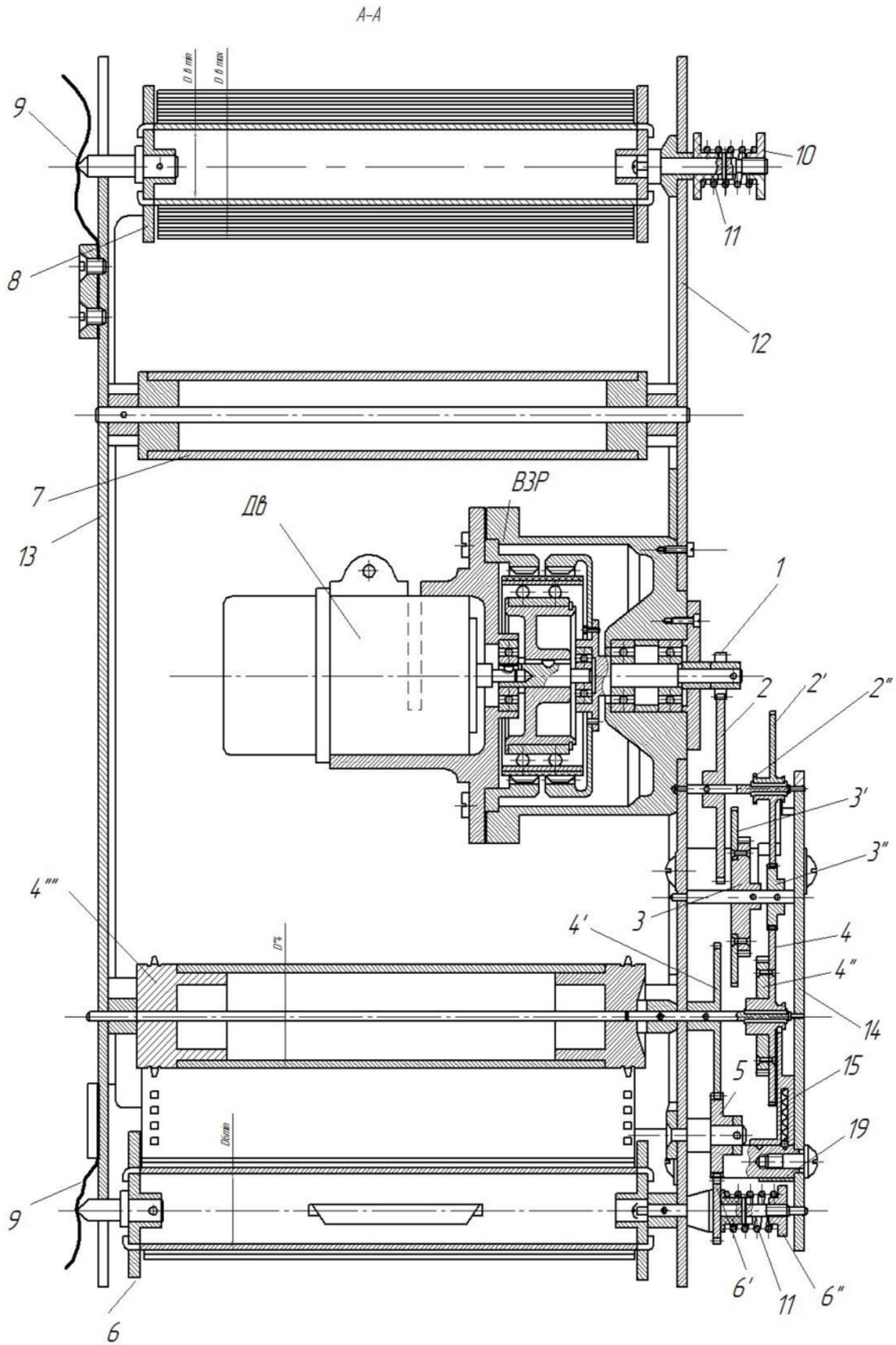


Рис. 9



Натяжение диаграммной бумаги им катушках 6 и 8 должно быть наибольшим при наименьших диаметрах катушек ($D_{6\max}$ и $D_{8\max}$) и наименьшим при наибольших диаметрах катушек ($D_{6\min}$ и $D_{8\min}$). Требуемое натяжение бумажной ленты регулируется вращением гайки 6" фрикционной муфты катушки 6 и гайки 10 фрикционного с пружиной 11 тормоза катушки 8.

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 6				
	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5
$X - X_0$, о.е.	15	25	30	50	250
H , о.е.	0,5	1	1	2	5
$\varphi_{\text{сп}}$, °	300	320	340	320	300
v , мм/ч	600	1000	1800	3600	5400
v' , мм/ч	200	400	600	1200	1800
v'' , мм/ч	60	100	180	300	600
v''' , мм/ч	20	40	60	100	200
D_4''' , мм	24	30	32	30	32
P_{\max} , Н	6	7	8	6	5
P_{\min} , Н	3	3,5	4	3	2,5
Тип двигателя	УАД-12	УАД-22	УАД-32	ДМП-30	ДМП-35
$n_{\text{Дв}}$, мин ⁻¹	2700	2700	2700	2500	2500

ЗАДАНИЕ № 7

Тема. Механизм самопишущего прибора с дисковой диаграммой

Основные данные. 1. Пределы изменения измеряемой величины $X - X_0 = \dots$ о.е. 2. Цена деления, диаметр и угол шкалы $H_{\text{ш}} = \dots$ о.е., $D_{\text{ш}} = 280$ мм, $\alpha_{\text{ш}} = 300^\circ$. 3. Радиус и угол поворота записывающего рычага $R_6' = 3R_6 = 180$ мм, $\varphi_6 = 34^\circ$. 4. Диаметры рабочей части диаграммы $D_{\max} = 270$ мм, $D_{\min} = 56$ мм. 5. Число оборотов диаграммы в час $n_3 = 1/8$, $n_3' = 1/24$. 6. Момент на валике диаграммы $M_{3\text{н}} = \dots$ Н·мм. 7. Тип двигателя – УАД-24, $n_{\text{Дв}} = 1280$ мин⁻¹. 8. Тип волнового зубчатого редуктора ВЗР – НЖОЖ. 9. Угол поворота валика сельсин-приемника $\varphi_{\text{сп}} = 1,5\pi$ рад. 10. Пример схемы механизма представлен на рис. 11.

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 7				
	7-1	7-2	7-3	7-4	7-5
$X - X_0$, о. е.	15	30	75	150	250
H , о.е.	0,2	0,5	1	2	5
M_{3H} , Н·мм	30	40	30	40	50

Механизм самопишущего прибора с записью на дисковой диаграмме показан на рис. 11 и 12.

Механизм имеет три кинематические цепи (рис. 11). Первая предназначена для вращения диска 3" с диаграммной бумагой.

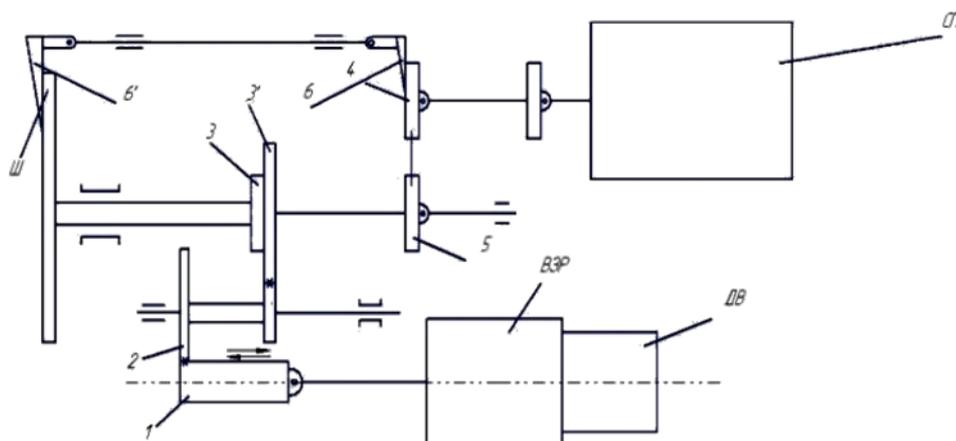


Рис. 11

Электродвигатель Дв через волновой зубчатый редуктор и коробку скоростей осуществляет один оборот диска за 24 ч при зацеплении колес 1 – 2 и 2' – 3' или один оборот за 8 ч при зацеплении колес 1 – 2 и 2 – 3. Вторая цепь (см. рис. 11) осуществляет вращение стрелки указателя шкалы Ш для визуального отсчета значений измеряемого параметра. Эта цепь приводится в движение посредством сельсинной синхронно-следящей системы, связывающей измерительный и регистрирующий приборы. Валик сельсина-приемника СП связан с валом стрелки 5' шкалы Ш посредством гибкой связи (тросика), огибающей два шкива 4 и 5. Третья цепь предназначена для записи измеря-

емого параметра. Пишущий рычаг 6' приводится в движение от кулачка 4', который поворачивает коромысло 6, закрепленное на одном валике с рычагом 6'.

Корпус 12 прибора (рис. 12) имеет подвешенную на петлях переднюю крышку 15, к которой прикреплены шкала Ш и стекло 17. Для защиты деталей прибора от пыли и влаги предусмотрены резиновые прокладки 16 и 16'. Панель 13, на которой смонтирован механизм, прикреплена к стенке корпуса 12 петлями. Такое крепление крышки 15 и панели 13 к корпусу создает удобства при сборке и эксплуатации прибора, так как обеспечивает легкий доступ к его деталям для осмотра, монтажа, наладки, смазки и т.д.

Комбинированный волновой редуктор с неподвижным гибким колесом 7 и зубчатой передачей имеет цилиндрический корпус, прикрепленный винтами к панели 11. Вращение валика двигателя Дв через зубчатые колеса 4, 3 и 6 передается на генератор волн, который имеет форму кулачка и осуществляет принудительную деформацию гибкого колеса 7. Для уменьшения потерь на трение между кулачком и стальным закаленным кольцом, запрессованным в гибкое колесо 7, расположены два ряда шариков. Жесткое колесо 8 прикреплено винтами к фланцу выходного валика 10, на конце которого закреплено штифтом ведущее колесо 18 двухскоростной зубчатой передачи. Оси трех промежуточных колес 3 опираются на шарикоподшипники, смонтированные в стакане 5 и фланце 9. Ось генератора волн 6 опирается на шарикоподшипники, смонтированные во фланце 9 и в отверстии выходного валика 10. Во избежание осевых перемещений выходного валика 10 и жесткого колеса 8 подшипники валика удерживаются пружинным кольцом. Такая конструкция позволяет осуществить обработку с одной установки на станке всех цилиндрических поверхностей корпуса 2, обеспечивающих точную центровку деталей 5, 7 – 10 при сборке редуктора. Электродвигатель Дв, стакан 5 и гибкое колесо 7 прикрепляются к корпусу 2 винтами посредством фланца 1. Конструкция волнового редуктора технологична, удобна в сборке и эксплуатации.

Зубчатая передача, позволяющая осуществить две скорости вра-

щения диска диаграммы 20 (один оборот за 24 ч или один оборот за 8 ч) путем введения в зацепление колес 18 – 19 и 22 – 23 или 18 – 19 – 24, смонтирована на панели 11. Блок зубчатых колес 19 – 22 свободно вращается на неподвижной оси 21. Ступица с колесами 23 – 24 и диском 20, к которому крепится бумажный диск диаграммы, свободно вращается на неподвижном полом кронштейне 28. Диск 20 прикрепляется к ступице колеса 24 после крепления платы 11 на плате 13.

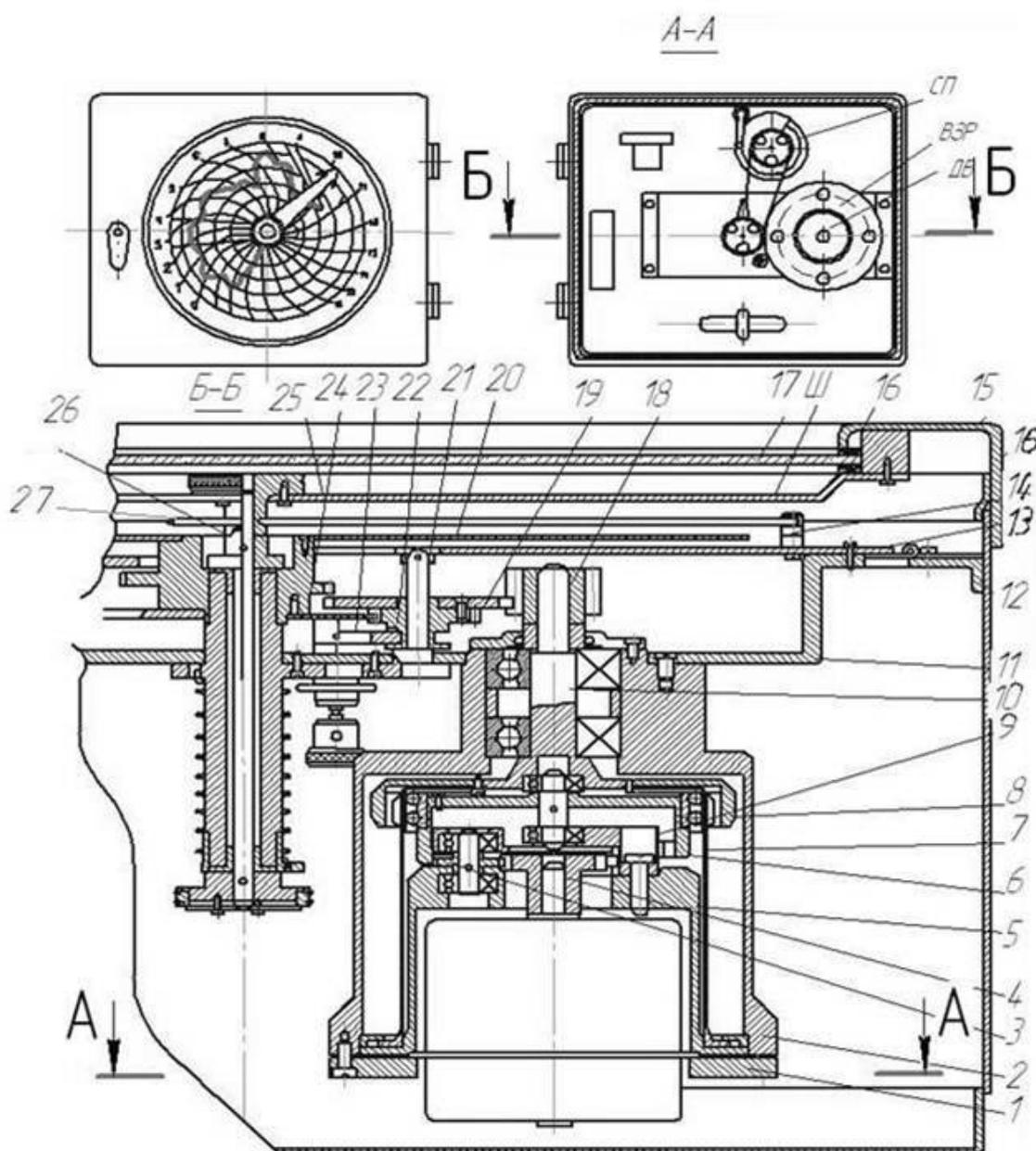


Рис. 12

Во втулках кронштейна 28 вращается валик 34, на котором штифтами закреплены ступица 31 со шкивом 32 гибкой передачи и кулачковая полумуфта 26, приводящая в движение стрелку 25. После согласования показаний стрелки 25 указателя шкалы с положениями пишущего рычага, кулачка и шкива на валике сельсин-приемника СП шкив 32 на ступице 31 закрепляется винтами посредством прижимной шайбы 33. Тросик натягивается с помощью нажимного ролика, ось которого закреплена на рычаге 30. Рычаг поворачивается на кронштейне 28 заведенной винтовой пружины 29.

Перед прикреплением к диску 20 бумажной дисковой диаграммы стрелку 25, подвешенную на пружинном кронштейне 27, снимают с валика 34 и на петлях вилки 14 отводят в сторону. После прикрепления бумажной диаграммы к диску 20 стрелку 25 снова надевают на валик 34 и соединяют с ним муфтой. Ступица стрелки 25 к полумуфте 26 прижимается пружинным кронштейном 27. Валики механизма имеют очень малые угловые скорости, поэтому применяются подшпунники скольжения.

ЗАДАНИЕ № 8

Тема. Механизм настройки генератора СВЧ и его отсчетное устройство

Основные данные. Тема задания: спроектировать механизм настройки генератора сверхвысоких частот (СВЧ) (настройка которого осуществляется перемещением замыкателей от ручки настройки) по кинематической схеме, показанной на рис. 13, исходным данным, указанным в таблице, и следующим техническим требованиям:

1) размеры d_1, d_2 и d_3 резонаторов при проектировании механизма настройки генератора принять по следующим соотношениям: $d_1 = d_{K1} + (15 \dots 30)$ мм, $d_2 = d_{K2} + (10 \dots 20)$ мм, $d_3 = d_{K3} + (10 \dots 20)$ мм, где d_{K1}, d_{K2} и d_{K3} – соответственно диаметры радиатора анода и контактов сетки и катода генераторной лампы. Размеры генераторной лампы принять по справочным данным;

2) зависимость между частотой генератора f и перемещением замыкателя L_1 анодно-сеточной линии, обеспечивающей его настройку по частоте, принять линейной; катодно-сеточная линия способствует получению необходимой мощности;

3) сопротивление Q перемещению каждого замыкателя должно составлять не более 20 Н; необходимый момент на ручке настройки определить расчетом;

4) в конструкции предусмотреть как возможность совместного перемещения замыкателей, так и возможность отключения катодного замыкателя;

5) для связи с отсчетным устройством посредством конической пары принять $u = 1$, $m = 0,5$, $z_4 = 18$.

Генератор СВЧ предназначен для питания высокочастотной энергией измерительных линий, антенн, радиотехнических устройств и приборов. В качестве колебательной системы в генераторе используются две коаксиальные линии рис. 13, составленные из генераторной лампы с анодом K_1 , сеткой K_2 и катодом K_3 (K_4 – накал) и трех цилиндров 5, 6 и 9 с замыкателями 7 и 8. Линия между анодом и сеткой называется анодно-сеточной, а между сеткой и катодом – катодно-сеточной. Изменение частоты в генераторе производится изменением длины линий путем перемещения замыкателей.

Кинематическая схема механизма настройки. Перемещение закрывающих плунжеров (замыкателей) 7 и 8 от исходного положения, определяемого размерами В и С (см. рис. 13), осуществляется с помощью винтов 2 и 3, связанных между собой зубчатой передачей $z_2 - z_3$. Вращение винтов происходит от ручки настройки 4 винта 2 через передачу $z_1 - z_2$, а винта 3 – через передачи $z_2' - z_3$. Связь ручки настройки с отсчетным устройством может осуществляться с помощью конической передачи $z_4 - z_5$ или гибкого валика, соединяющего валик, на котором закреплена ручка настройки, с входным валиком отсчетного устройства.

Конструкция механизма настройки генератора, приведенная на рис. 14, выполнена на основе генераторной лампы типа ГИ-12Б (возможно использование генераторных ламп других типов) и трех ци-

линдров 12 и 13, расположенных один внутри другого. Генераторная лампа размещена в начале линии в специальной контактной системе и крепится своим хвостовиком на фланце, замыкающем наружный цилиндр. На свободном конце хвостовика генераторной лампы закрепляется радиатор. Длина каждой линии при настройке генератора изменяется перемещением анодного 3 и катодного 4 замыкателей, которое происходит с помощью винтов 6 и 7 и зубчатых пар $z_1 - z_2$, $z_2 - z_3$ от ручки настройки 10. Связь винтов с замыкателями осуществляется с помощью сухарей 5 и 14, работающих как ходовые гайки и перемещающихся в направляющих пазах цилиндров 11 и 12. Резьба винтов и гаек трапецеидальная с шагом $P = 2$ мм (12×2), у одного винта правая, у другого – левая. Передаточное число зубчатой пары $z_2 - z_3$, связывающей винты 6 и 7, равно $U = 1,18$ и обеспечивает необходимые скорости перемещения замыкателей в зависимости от требуемых величин перемещений. Перемещение катодного замыкателя может отключаться от связи с анодным замыкателем перемещением блока шестерен $z_2 - z_3$ с помощью ручки 9 вдоль зуба шестерни z_x до выхода его из зацепления с колесом z_3 .

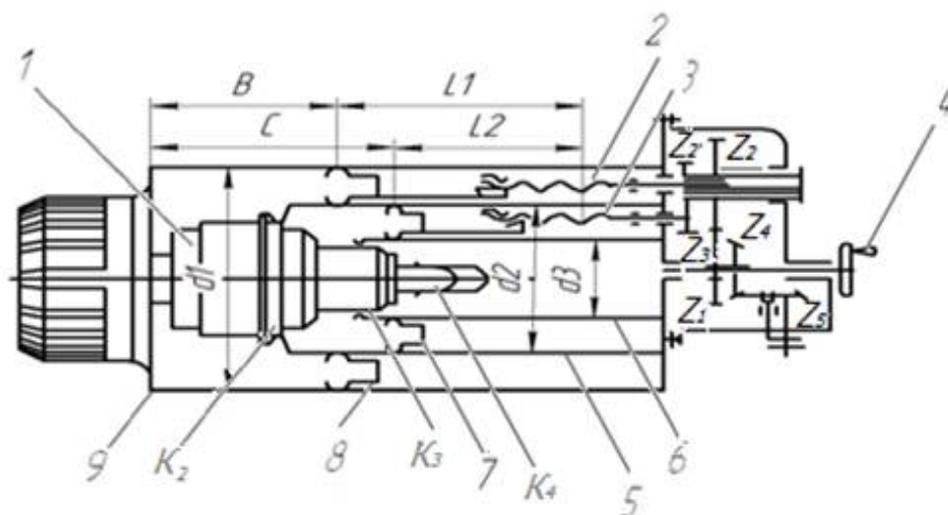


Рис. 13

Опорами винтов являются бронзовые подшипники скольжения 8 и 15. Питание к генераторной лампе подводится с помощью контактов 16 и 17. Детали генератора закреплены в корпусе 2.

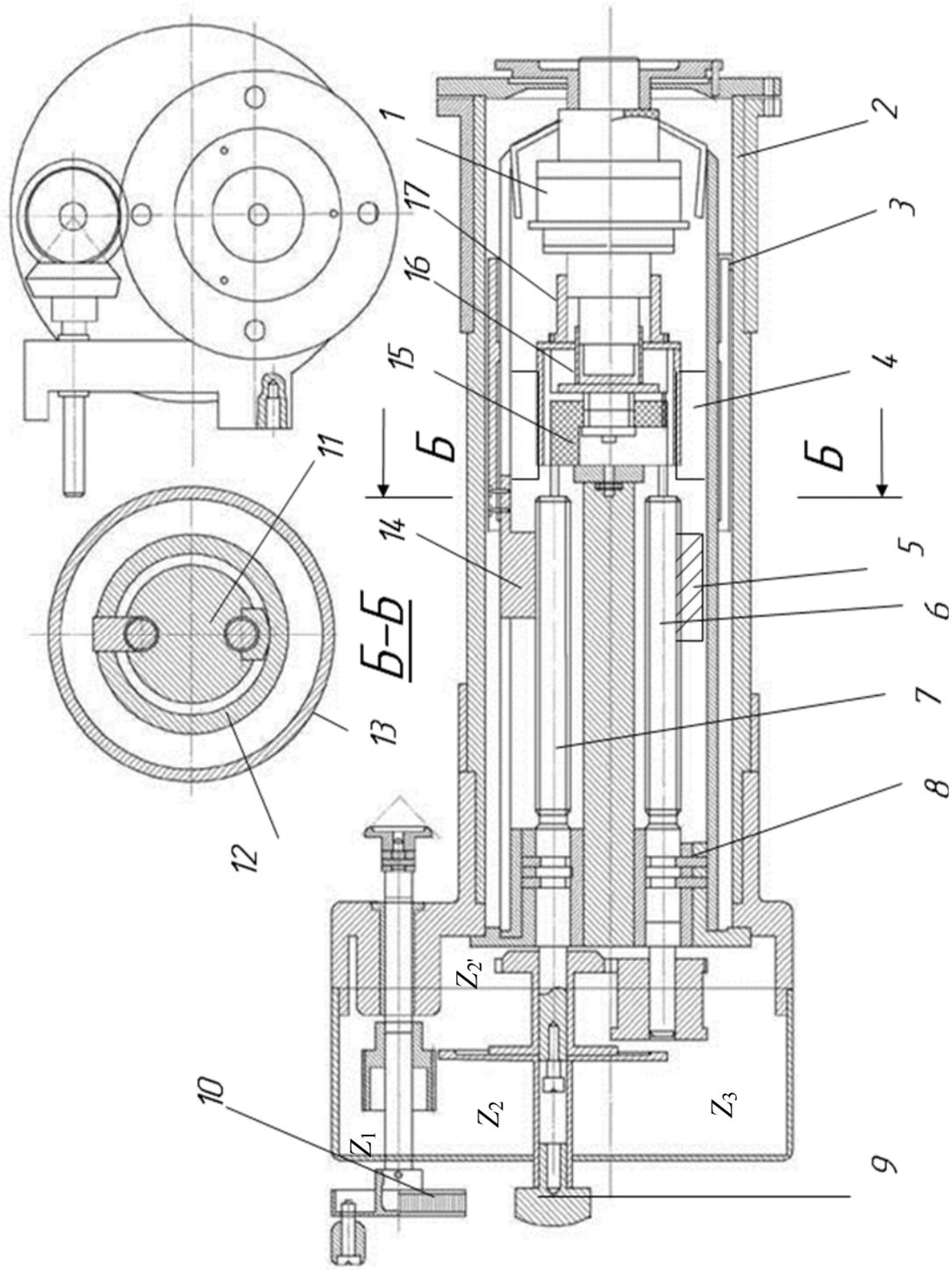


Рис. 14

Материал цилиндров – латунь, лепестки замыкателей выполнены из фосфористой бронзы, сухари, работающих как гайки, – из бронзы. Для уменьшения электрических потерь неподвижные и подвижные контактные и токопроводящие поверхности контуров посеребрены. Винты и зубчатые колеса выполнены из стали, корпусные детали – из литейного алюминиевого сплава. Двумя приливами с помощью винтов корпус генератора крепится к лицевой панели прибора. Связь с отсчетным устройством осуществляется через коническое зубчатое колесо, сидящее на одном валу с ручкой настройки, или с помощью гибкого валика.

Размеры генератора по диаметру определяются размерами генераторной лампы и диаметрами цилиндров d_1 , d_2 и d_3 (см. рис. 13), которые задаются при проектировании или определяются на основании радиотехнических расчетов; длина генератора зависит от величины перемещения замыкателей. Модули зацеплений выбирают из конструктивных соображений.

Кинематика и конструкция отсчетного устройства выбираются в зависимости от требуемой точности отсчета в отсчетном устройстве генератора, которые могут быть использованы при одношкальном механизме. Кинематические схемы с углом поворота шкалы $\Theta_{\text{ш}} \leq 2\pi$ даны на рис. 15, а, с углом поворота $\Theta_{\text{вх}} > 2\pi$ – на рис. 15, б. В первом случае величина передаточного отношения механизма

$$i_{1-3} = \frac{\Theta_{\text{вх}}}{\Theta_{\text{ш}}} = \frac{2\pi n_{\text{вх}}}{2\pi} = n_{\text{вх}},$$

где $\Theta_{\text{вх}}$ – угол поворота входного валика при полном диапазоне отсчета; $\Theta_{\text{ш}}$ – угол поворота шкалы при полном диапазоне отсчета. Во втором случае передаточное отношение механизма отсчета

$$i_{\text{вх-ш}} = \frac{\Theta_{\text{вх}}}{\Theta_{\text{ш}}} = \frac{2\pi n_{\text{вх}}}{2\pi K} = \frac{n_{\text{вх}}}{K},$$

где K – число витков спиральной шкалы (обычно принимают $K < 3 \dots 4$).

Конструкция отсчетного устройства с однооборотной шкалой показана на рис. 16. Здесь в обоих зацеплениях зубчатые колеса имеют модуль $m = 0,5$ мм; для устранения ошибки мертвого хода зубчатые колеса выполнены безлюфтовыми (разрезными). Материал зубчатых колес – листовая сталь (сталь 45), корпус механизма – часового типа с опорами на подшипниках скольжения; панели корпуса 2, 3 и 4, в которых закреп-

лены опоры валов, – листовая сталь. Подшипники скольжения (опоры валов) выполнены из бронзы и закреплены в панелях корпуса развальцовкой. Соосность отверстий в подшипниках обеспечивается их совместной обработкой. С этой целью панели фиксируются в жесткую конструкцию с помощью распорных стоек 5 с поясками и скрепляются гайками, которые стопорятся для предохранения от самоотвинчивания. Передаточный механизм отсчетного устройства с помощью четырех винтов крепится к лицевой панели 7, выполненной из пластмассы и имеющей окно для наблюдения за положением указателя относительно делений шкалы. С другой стороны механизм закрывается кожухом 6, который крепится к лицевой панели винтами.

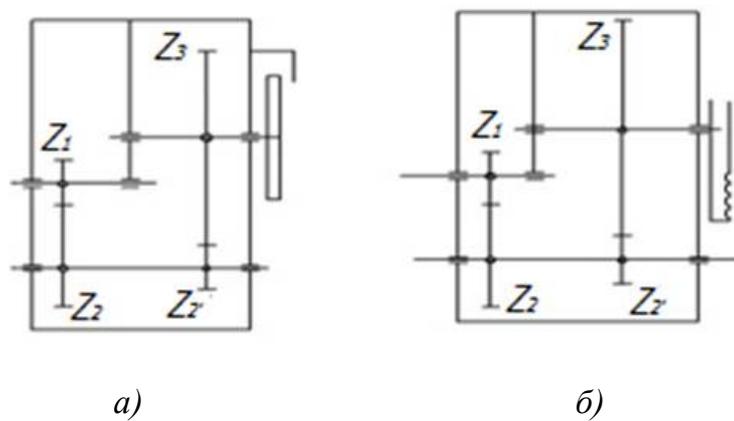


Рис. 15

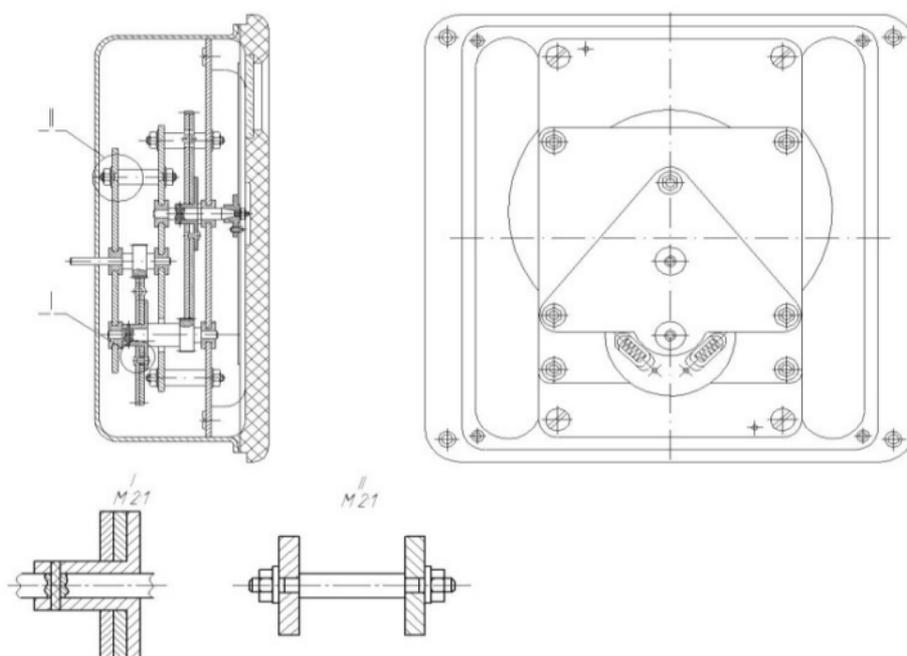


Рис. 16

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 8				
	8-1	8-2	8-3	8-4	8-5
f_1	1700	2000	2500	2700	3000
f_2	1000	1000	1750	1000	1900
Начальное положение замыкателя 8	40	50	50	70	70
Ход замыкателя L_1 при перекрытии диапазона настройки, мм	100	200	220	210	340
Начальное положение замыкателя 7	60	75	75	100	210
Ход замыкателя L_2 при перекрытии диапазона настройки, мм	120	150	180	180	0,2
Абсолютная погрешность цепи настройки ΔA , мм	0,02	0,05	0,1	0,05	3
Шаг винтов замыкателей P , мм, не более	2	2	2	3	3
Тип лампы	ГИ-7Б	ГИ-12Б	ГИ-12Б	ГИ-22	ГИ-25
Абсолютная погрешность отсчета ΔA , мм	0,5	0,25	0,2	0,5	1,0
Диаметр шкалы	150	200	180	190	160

ЗАДАНИЕ № 9

Тема. Механизм настройки и отсчета резонансного волномера

Основные данные. Тема задания: спроектировать механизм настройки и отсчетное устройство резонансного волномера по кинематической схеме рис. 17, исходным данным в таблице и следующим техническим требованиям:

- 1) настройку системы в резонанс обеспечить перемещением

поршня в резонансной камере; резонанс создается получения определенного соотношения между вылетом поршня z и длиной волны λ ;

2) при расчете отсчетного устройства число делений шкалы грубого отсчета принять равным $N_r > 50$;

3) допустимый мертвый ход шкалы точного отсчета должен быть не более $[\delta_{\phi_m}] < 0,1b_\tau/D_{ш}$ пару винт – гайка выполнить безлюфтовой. Здесь b_τ – длина деления шкалы точного отсчета;

4) наибольшее усилие сопротивления перемещению поршня принять не более $Q = 10$ Н;

5) исходное положение поршня принять при $l_0 = 50$ мм; длина резонансной камеры $L = 170$ мм;

6) для улучшения электрических характеристик контура контактные и токопроводящие поверхности линии выполнить посеребренными.

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 9				
	9-1	9-2	9-3	9-4	9-5
Диапазон измеряемых длин волн $\Delta = \lambda_2 - \lambda_1$, см	14...50	70...100	85...100	70...85	70...90
Перемещение поршня на всем диапазоне измерения l , мм	75	50	62,5	100	75
Относительная погрешность измерения ϵ , %, не более	0,02	0,02	0,015	0,01	0,005
Диаметр шкалы $D_{ш}$, мм	80	120	90	120	100
Диаметр резонатора d_K , мм	45	50	70	60	65
Диаметр поршня $d_{п}$, мм	25	40	55	50	55

Назначение и краткое описание кинематики. Колебательный контур радиотехнического устройства должен иметь определенную резонансную частоту (или настраиваться на нее). На сверхвысоких частотах применение колебательных контуров, состоящих из катушек индуктивности и конденсаторов, становится невозможным ввиду больших потерь. Поэтому для СВЧ применяют колебательные системы, выполненные в виде коаксиальной линии, короткозамкнутой с одной стороны и разомкнутой с другой.

В колебательных системах с распределенными постоянными настройка производится изменением геометрических размеров колебательной системы. В качестве колебательного контура часто используются коаксиальные отрезки короткозамкнутых линий. Такой системой может быть коаксиальная линия, кинематическая схема которой показана на рис. 17, состоящая из резонансной камеры 1 и поршня 3 со штоком 4. Настройка такой системы в резонанс с измеряемой частотой производится путем изменения размера i (вылета поршня), который связан с длиной волны. Настройка прибора на частоту измеряемых колебаний отмечается индикаторным устройством 2, которое включается непосредственно в колебательную цепь прибора либо связывается с ней индуктивной или емкостной связью. Для перемещения поршня при настройке применяется механизм, состоящий обычно из различного вида передач. В рассматриваемой конструкции используется передача винт – гайка. Волномер предназначен на дециметровый диапазон волн длиной 85 ... 100 см, что соответствует 350 ... 300 МГц.

Если в такой линии, короткозамкнутой с одной стороны и разомкнутой с другой, возбудить электромагнитные колебания с такой частотой, чтобы длина перемещения поршня в резонансной камере была равна примерно четверти измеряемой длины волны λ , то резонанс в линии можно зафиксировать по показаниям микроамперметра.

Выполнение требования $l \sim \lambda/4$ при резонансе приводит к значительным габаритным размерам резонансной камеры. Для их

уменьшения на разомкнутый конец камеры вводят емкость C_a , величина которой зависит от зазора Δ между поршнем и стенками камеры.

При подстройке в резонанс шток вместе с поршнем 3 и гайкой 10 перемещается с помощью винта 9 от ручки настройки 8. Связь колебательного контура прибора с контуром, частота которого измеряется, осуществляется петлей связи ПС₁. Резонанс наблюдается по измерительному прибору (микроамперметру) 2, связанному с колебательным контуром прибора петлей связи ПС₂. Отсчет перемещения поршня при настройке системы в резонанс с частотой измеряемого контура осуществляется с заданной точностью с помощью двухшкального отсчетного устройства, состоящего из круговой шкалы точного отсчета 7 с указателем 6 и линейной шкалы грубого отсчета 5 с указателем 4. Оценка частоты ведется по переводным таблицам в соответствии с показаниями шкал, прилагаемых к прибору.

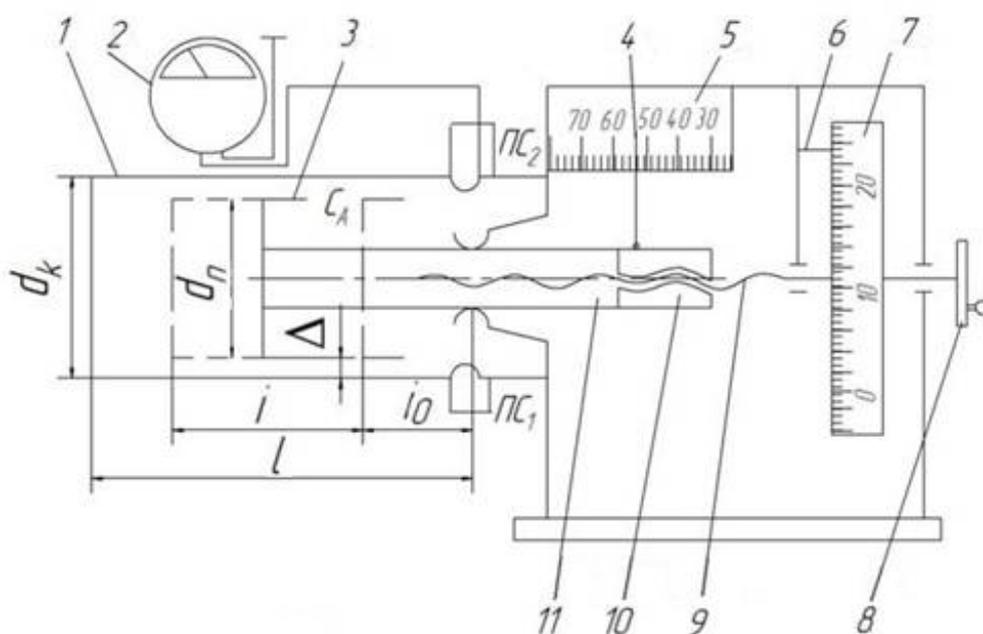


Рис. 17

Конструкция механизма прибора, выполненная по схеме рис. 17, приведена на рис. 18. Здесь 1 – резонансная камера, 2 – шток с поршнем 17. Разрезная контактная втулка 15, закрепленная на передней

стойке 14, охватывает шток 2. Для лучшего контакта втулки со штоком ее охватывает стальное пружинное кольцо 16. Резонансная камера, шток, поршень и втулка выполнены из латуни и посеребрены. Шток 2 с гайкой 3 (резьба М6×1), которая для устранения мертвого хода выполнена разрезной. Обе половины гайки 3 пружиной 11 смещаются в противоположные стороны. Перемещение гайки вместе со штоком осуществляется вращением винта 10 с помощью рукоятки 8. Перемещение гайки фиксируется закрепленным на ней указателем 21 по шкале грубого отсчета 22. Указатель крепится на гайке винтами и перемещается по направляющей 12, установленной в двух стойках 13. Опорами винта являются радиальные шариковые подшипники 5 и 7, между которыми установлена на цилиндрическую часть винта круговая шкала точного отсчета 6. Шкала имеет 50 равномерно расположенных по поверхности делений. Перемещение гайки вправо ограничивается упором 4, который, перемещаясь вправо вместе с направляющей, с помощью рычага 9, входящего в углубление шкалы 6, фиксируют одно крайнее положение гайки. Перемещение гайки влево фиксируется тем же рычагом 9 при упоре указателя о нижний конец рычага 19, поворот которого относительно оси 18 перемещает направляющую вместе с рычагом 9 до его упора во впадину шкалы. Отсчет числа полных оборотов шкалы точного отсчета ведется по линейной шкале грубого отсчета, длина одного деления которой соответствует шагу винта. Число делений шкалы соответствует диапазону перемещения гайки.

Основание механизма 20, детали опор подшипника, круговая шкала выполнены литьем из алюминиевого сплава АЛ2, гайка – из бронзы марки Бр. АЖ 9-4, винт, направляющая, пружина – стальные, а ручка настройки – пластмассовая.

На рис. 19 приведен другой вариант конструкции механизма, особенностью которого является применение в качестве опор винта радиальных подшипников скольжения 2. Осевая фиксация вала здесь осуществляется шариковыми упорными подшипниками 3 и 8.

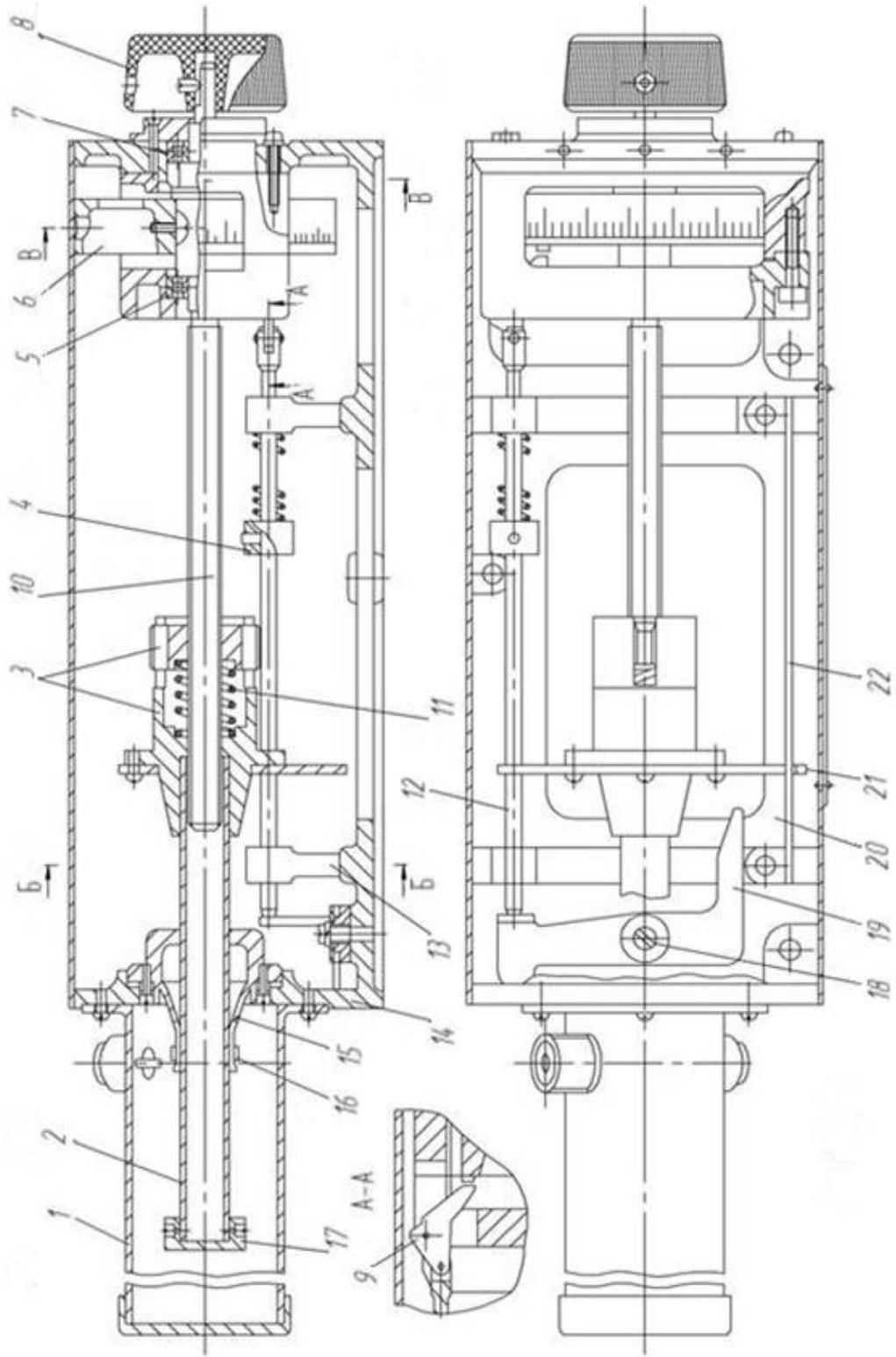


Рис. 18

Подшипники скольжения закреплены на пластинах 4 и 6, а замыкатель 15 – на пластине 17. Шкала точного отсчета 10 фиксируется кольцами упорных подшипников 3 и 8. Шкала грубого отсчета закреплена на стойке 4; указатель шкалы грубого отсчета 12 соединен с гайкой 13 и перемещается вместе с поршнем 14. Жесткость конструкции обеспечивается тремя растяжками 18 и 5, которые крепятся к пластинам винтами 16 и 7.

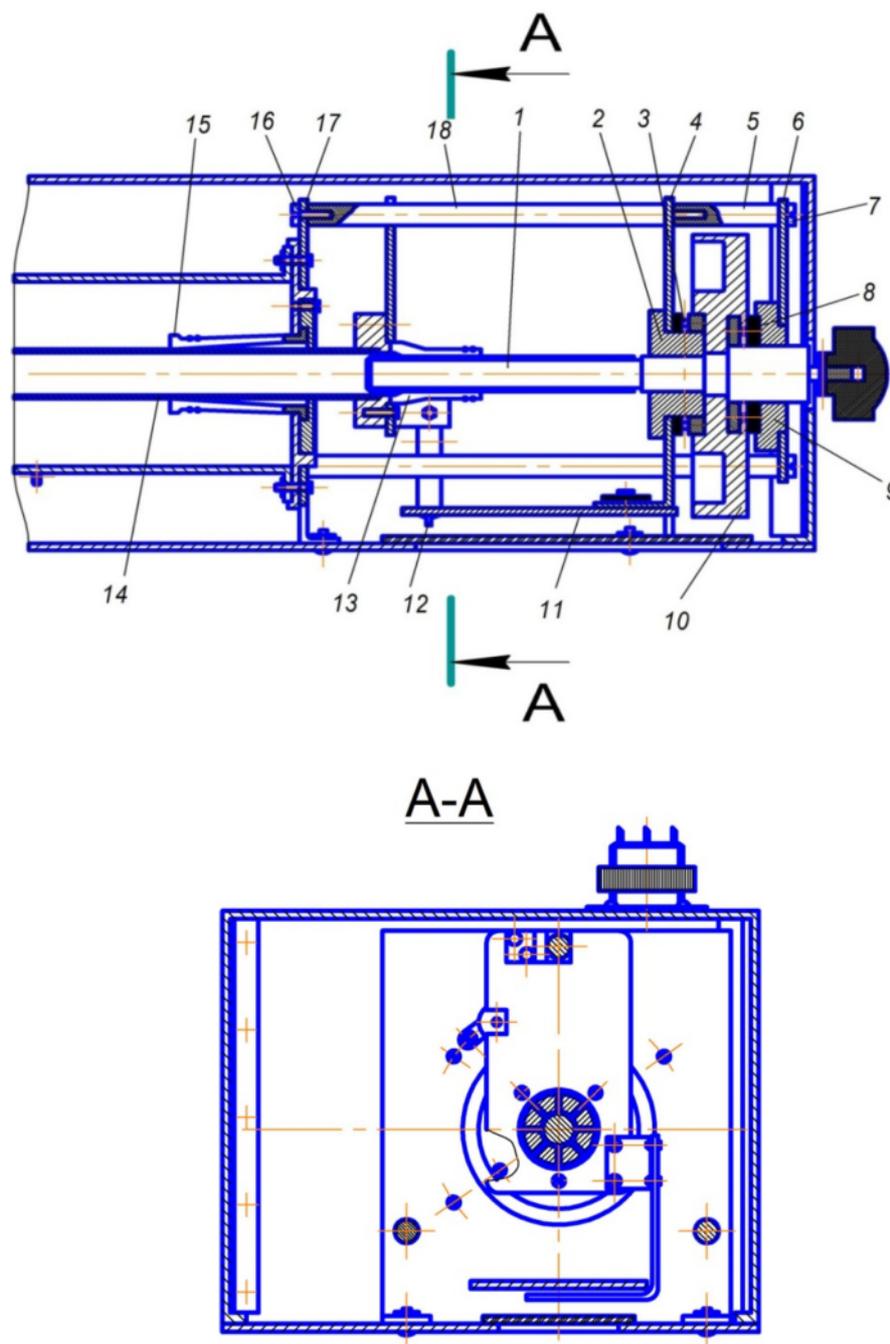


Рис. 19

ЗАДАНИЕ № 10

Тема. Лентопротяжный механизм самолетного магнитофона

Основные данные. Тема задания: спроектировать механизм привода ведущей кассеты самолетного магнитофона по кинематической схеме, исходным данным и следующим техническим требованиям:

1) в приводе применить электродвигатель постоянного тока со стабилизацией частоты вращения при изменении нагрузки типа ДПМ-НЗ с напряжением питания $U = 27$ В;

2) в качестве носителя в магнитофоне использовать стальную проволоку диаметром 0,05 мм типа ЭИ-708 А;

3) режим работы привода – долговременный, без реверсирования;

4) смазка зацеплений и подшипников – пластичная;

5) с целью уменьшения массы конструкции возможно использование пластмасс (текстолит, капрон);

6) рекомендуется величину модуля зацеплений брать $m > 0,5$ мм;

7) коэффициент внешней динамики $K_n = 1,1$.

Назначение и принцип работы. Самолетный магнитофон предназначен для записи речи с самолетных переговорных устройств и ларингофонов на магнитный носитель, в качестве которого используется проволока диаметром 0,05 мм марки ЭИ-708А.

Процесс записи происходит следующим образом: звуковой сигнал, преобразованный ларингофоном или микрофоном в электрический, после усиления создает переменный магнитный поток в зазоре записывающей магнитной головки, который изменяется в соответствии с изменением уровня звукового сигнала. Этот магнитный поток намагничивает до различного уровня магнитный носитель, равномерно перемещающийся перед зазором магнитной головки. Таким образом, звуковой сигнал фиксируется на носителе в виде остаточной индукции, изменяющейся по длине носителя в соответствии с изменением звукового сигнала. Конструкция магнитофона предусматривает запись звука, высокочастотное подмагничивание, состоящее в прохождении по обмотке магнитной головки одновременно с током записи тока подмагничивания. Оба тока образуют совместное магнит-

ное поле, представляющее собой результат наложения низкочастотных колебаний на высокочастотные. Устранение остаточной намагниченности носителя от предыдущей записи («стирание» записи) состоит в намагничивании носителя до полного насыщения с последующим полным размагничиванием. Оба этапа осуществляются переменным магнитным полем сверхзвуковой частоты, которое создается в рабочем зазоре стирающей магнитной головки. Сочетание записывающей и стирающей магнитных головок образует один блок – универсальную магнитную головку.

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 11				
	11-1	11-2	11-3	11-4	11-5
D_k , мм	80	85	90	85	80
V_H , мм/с	170	175	165	175	180
M_k , Н·м	0,03	0,04	0,06	0,08	0,05
$M_{кул}$, Н·м	0,04	0,015	0,018	0,04	0,022
t_h	1000	1100	800	700	600
F_0	0,18	0,20	0,18	0,20	0,20
$n_H/n_{кул}$	13	15	18	15	12

Кинематика механизма. Механические устройства в магнитоле используются: а) для перемещения носителя перед зазором магнитных головок с постоянной скоростью; б) возвратно-поступательного перемещения блока магнитных головок для равномерной раскладки проволоки на ведущей кассете вдоль ее образующей; в) подтормаживания ведомой кассеты с целью обеспечения равномерного натяжения магнитного носителя в виде проволок и в процессе записи; г) создания тормозного момента на ведущей кассете, который останавливает ее при обрыве носителя или при окончании ее запаса на ведомой кассете.

Кинематическая схема механизма магнитофона приведена на рис. 20. Здесь движение ведущей кассеты 1 осуществляется от электродвигателя 12 через червячную передачу, состоящую из червяка 14 с заходностью z_x и червячного колеса 13 с числом зубьев z_2 , и зубчатую передачу, состоящую из шестерни 16 с числом зубьев 22 и зубчатого колеса 17 с числом зубьев z_3 . Запись на ленту 3 – магнитный носитель – ведется с помощью блока головок – универсальной магнитной головки 4. Равномерная раскладка ленты на ведущей кассете 1 вдоль ее образующей осуществляется перемещением блока головок вместе с направляющими для носителя с помощью кулачка 10 и толкателя 8. Вращающий момент на кулачок 10 передается с помощью червячной передачи, состоящей из червяка 15, сидящего на одном валу с червячным колесом 13, и червячного колеса 14.

Поджатие толкателя к кулачку происходит с помощью пружины 9. Натяжение носителя (провода) осуществляется постоянным подтормаживающим моментом, создаваемым на ведомой кассете 5 с помощью колодочных тормозов 6 и 7.

При обрыве носителя или подходе к его концу соответственно срабатывает датчик обрыва, или концевой выключатель, отключая питание электродвигателя, что ведет к прекращению вращения ведущей кассеты, подтормаживаемой при вращении колодочными тормозами 2 и 18.

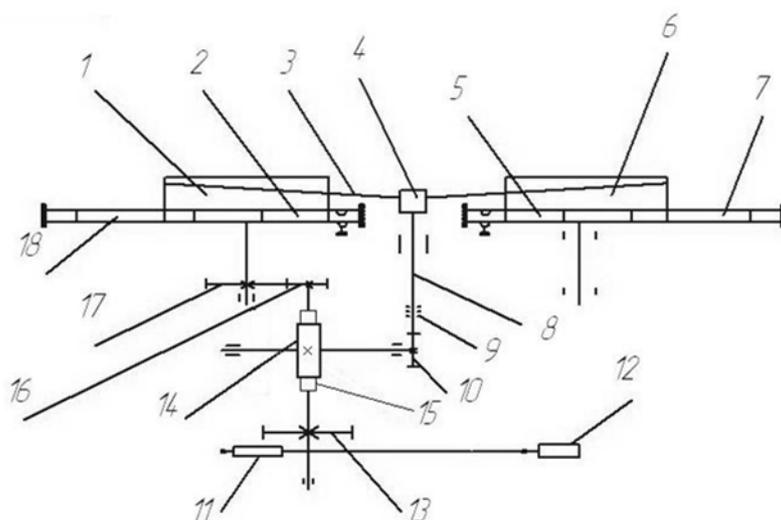


Рис. 20

Лентопротяжный механизм магнитофона в изделии компоуется в виде размещенных в корпусе узлов ведущей и ведомой кассет с блоком магнитных головок. Он выполнен как самостоятельная конструкция привода ведущей кассеты с кулачковым механизмом, обеспечивающим перемещение толкателя при раскладке носителя на ведущей кассете. Привод ведущей кассеты состоит из электродвигателя с редуктором, выходная шестерня которого зацепляется с зубчатым колесом, закрепленным на одном валу с ведущей кассетой.

Кинематическая схема привода ведущей кассеты 1 показана на рис. 21. Здесь 3 – электродвигатель, 5 – редуктор, состоящий из червяка с заходностью z_1 и червячного колеса с числом зубьев z_2 . Червяк соединен с валом электродвигателя муфтой 4. На выходном валу редуктора нарезан червяк с заходностью z_4 , передающий движение на червячное колесо с числом зубьев z_k и кулачок 6, обеспечивающий перемещение толкателя 8 вместе с направляющими носителя и блоком магнитных головок 9 вдоль образующей ведущей кассеты 1, создавая этим равномерную намотку носителя 10 по поверхности кассеты. Пружина 7 обеспечивает постоянное поджатие толкателя 8 к кулачку 6. Опоры кулачка и червячного колеса расположены в кронштейне 2, который выполнен за одно целое с корпусом или зацепляется на корпусе редуктора 5 с помощью болтов.

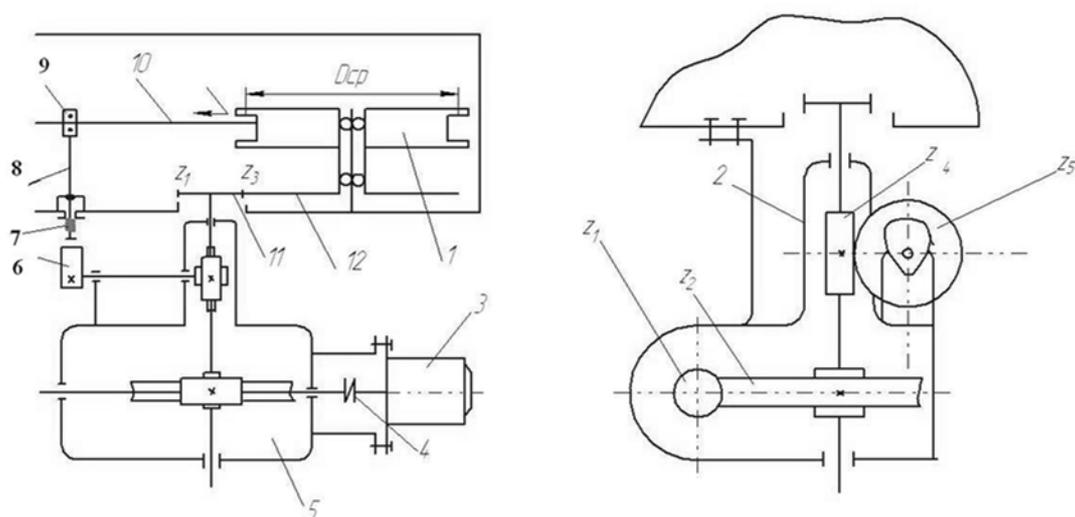


Рис. 21

Привод ведущей кассеты в магнитофоне выполняется в виде самостоятельного узла и стыкуется при сборке магнитофона с его корпусом с помощью кронштейна 2, являющегося составной частью корпуса редуктора. После контроля правильности зацепления зубчатых колес 11 и 12 с числами зубьев z_2 и z_3 положение редуктора фиксируется штифтами и крепежными винтами.

Конструкция привода ведущей кассеты, выполненная по кинематической схеме, показана на рис. 22 и 23. Она включает червячный редуктор, состоящий из червяка 1 и червячного колеса 2. На выходном валу редуктора закреплена шестерня 9, при установке привода в корпус магнитофона входящая в зацепление с зубчатым колесом, закрепленным на общем валу с ведущей кассетой.

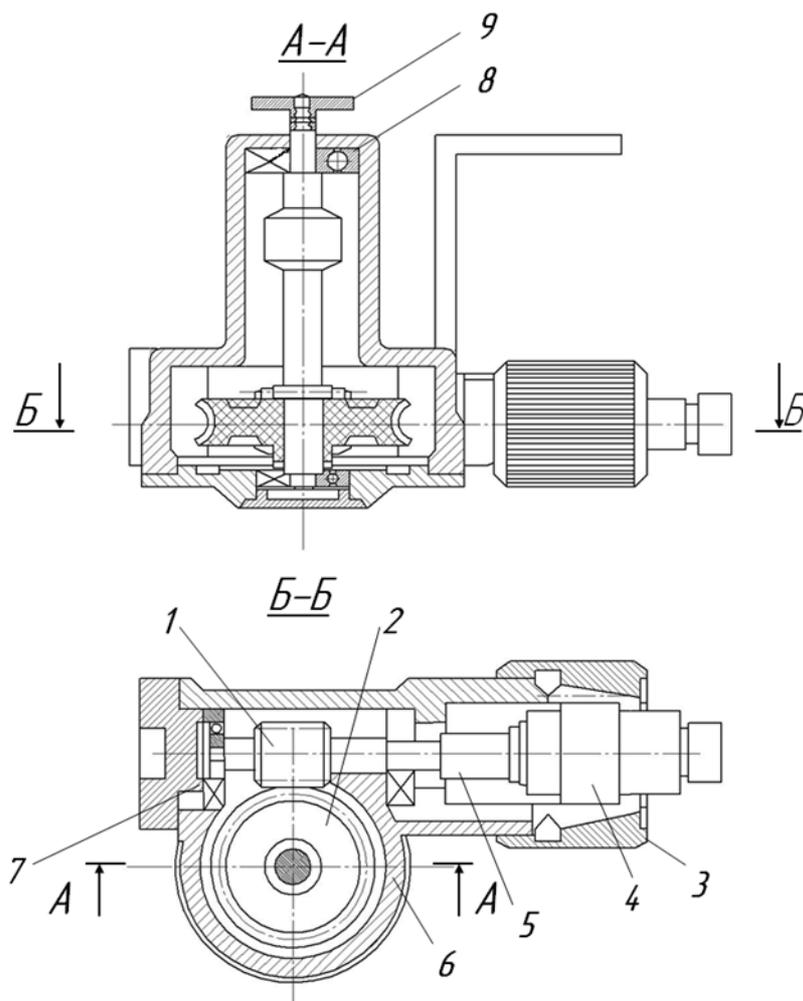


Рис. 22

Электродвигатель привода 4 типа ДПМ-20-01-02 ($M_{ном} = 1 \text{ Н} \cdot \text{мм}$, $n_{дв} = 4500 \text{ мин}^{-1}$) имеет центробежный регулятор частоты вращения

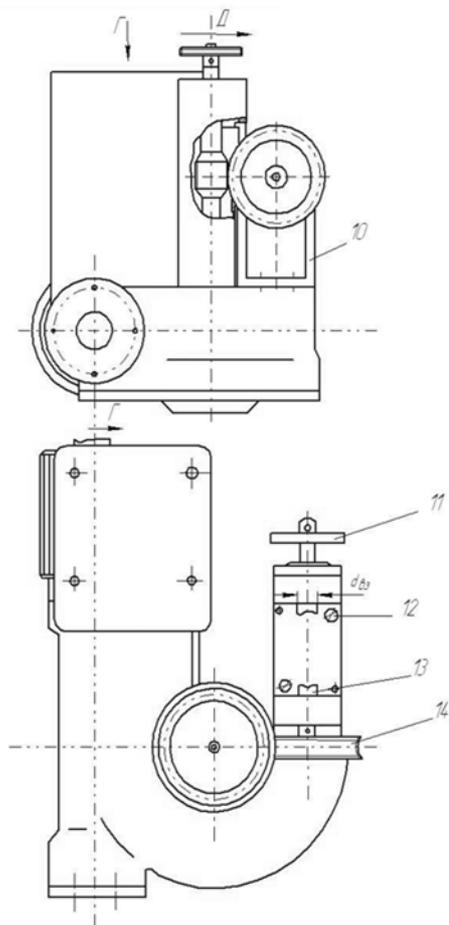


Рис. 23

с точностью регулировки $\pm 2 \%$. Вал электродвигателя и червяк соединены втулочной муфтой 5, требующей высокой соосности расположения соединяемых валов. Это обеспечивается расточкой посадочных мест червяка и электродвигателя с одного установка центрированием вала двигателя. С этой целью используют его наружную поверхность с последующим креплением двигателя с помощью цангового зажима, состоящего из конического хвостовика с прорезями и наружной резьбой и накидной гайки 3. Конический хвостовик с прорезями, образующий вместе с накидной гайкой цанговый зажим, является частью корпуса редуктора 6. Опоры червяка 1 и вала червячного колеса 2 – радиальные шарикоподшипники, обеспечивающие узлу ввиду малых осевых нагрузок необходимую долговечность. Опорами вала 13 червячного колеса 14 и кулачка 11 (см. рис. 23) также являются радиальные подшипники, установленные в кронштейне 10, который винтами 12 крепится к корпусу редуктора.

Регулировка осевого люфта валов и червячных зацеплений производится с помощью набора регулировочных прокладок 7 и 8 (см. рис. 22).

Материал червяков – конструкционная легированная сталь марки 40ХН (НВ 280 ... 320); червячное колесо первой ступени передачи с целью снижения массы редуктора изготовлено из текстолита марки ПТК, у второй ступени – из бронзы марки Бр. ОЦ4-3. Параметры червячной передачи первой ступени: $z_1 = 2$; $z_2 = 64$, модуль зацепления $m = 0,5 \text{ мм}$, червячная передача второй ступени имеет $z_4 = 1$, $z_5 = 32$,

модуль $m = 0,5$ мм. Зубчатая передача привода кассеты имеет $z'_2 = 28$, $z_3 = 77$, модуль зацепления $m = 0,5$ мм.

Наружные необработанные поверхности корпуса редуктора и кронштейна 10 покрыты, химическим оксидированием, остальные покрашены эмалью МЛ-165 серого цвета. Для уменьшения потерь трения подшипники и зацепления смазаны пластичной смазкой ЦИАТИМ-201.

ЗАДАНИЕ № 11

Тема. Механизм поворота и отсчета аттенюатора

Основные данные. Тема задания: разработать конструкцию механизма поворота поглощающей пластины П центрального волновода 2 поляризационного аттенюатора в сочетании с отсчетным устройством по кинематической схеме (рис. 24), исходным данным и следующим техническим требованиям:

1) затухание сигнала в волноводе 3 обеспечить поворотом волновода 2 с пластиной П на угол от $\Theta = 0$ до $\Theta = \Theta_{\max}$. Затухание A в децибелах определяют по формуле $A = M \lg \cos \Theta$;

2) пластину П изготовить из двойного слоя слюды толщиной 0,25 мм с нанесением поглощающего слоя из графита;

3) отверстия входного 1 и выходного 3 волноводов выполнить прямоугольными с размерами 12×28 мм. На торцах предусмотреть контактные фланцы;

4) соединение центрального подвижного волновода с неподвижным выполнить дроссельными фланцами;

5) для улучшения электрических характеристик контактные и токопроводящие поверхности серебрить.

Назначение и принцип работы. Приборы, предназначенные для уменьшения мощности сигнала в известное число раз, называются аттенюаторами. Они применяются в различных измерительных приборах, например в генераторах малых мощностей. Аттенюатор любого типа характеризуется вносимым в тракт затуханием, т. е. отношением мощностей на входе и выходе.

В радиотехническом диапазоне волн применяют аттенюаторы различных типов, в том числе аттенюаторы, обеспечивающие затухание за счет поглощения мощности материалом, помещенным в электромагнитное поле. Они бывают *коаксиальные* и *волноводные*. Схема аттенюатора для круглого волновода, возбуждаемого волной H_i , показана на рис. 25, *а*. Здесь 1 и 3 – неподвижные участки волновода, 2 – его вращающийся участок. Когда все три поглощающие пластины Π во всех участках волновода лежат в одной плоскости, то затухание близко к нулю. По мере поворота поглощающей пластины во вращающейся части волновода затухание на выходном конце волновода увеличивается. Принцип затухания в аттенюаторе показан на рис. 25, *б*.

Вектор напряженности поля E может быть разложен на составляющую $E \sin\Theta$ в плоскости пластины и составляющую $E \cos\Theta$, перпендикулярную ей. На выходе средней секции волновода составляющая $E \sin\Theta$ не пропускается. Пройдя составляющая E в неподвижной третьей секции восстанавливает первоначальную поляризацию, образуя составляющие $E \cos^2\Theta$ и $E \cos\Theta \sin\Theta$; на выходе последней секции остается только составляющая $E \cos^2\Theta$. Затухание такого аттенюатора определяется выражением $A = M \lg \cos\Theta$, где M – постоянная затухания.

Кинематическая схема механизма поворота пластины и описание конструкции. Кинематическая схема механизма, обеспечивающего поворот подвижной части волновода 2 поглощающей пластиной Π относительно неподвижных участков 1 и 3, показана на рис. 24, *а*. Ее поворот на угол осуществляется рукояткой 5 с помощью червячной передачи z_2 ; червячное колесо z_2 закреплено на подвижном участке 5 волновода. Отсчет затухания ведется по шкале 4.

Конструкция аттенюатора приведена на рис. 26, *а, б*. Аттенюатор состоит из корпуса 1, отлитого из магниевых сплавов МЛ 5, соединенного фланцами с входным и выходным волноводами 8 и 13. Внутри корпуса на шариковых подшипниках 10 вращается подвижный волновод 11 с поглощающей пластиной 9; ее вращение осуществляется ручкой настройки 3 с помощью червячной передачи, состоящей из червяка 6 и червячного колеса 5, посаженного на наружную поверхность подвижного волновода. Поглощающие пластины 7 из слюды с

графитовым покрытием установлены также в неподвижных волноводах 8 и 13. Шкала 2 отсчетного устройства аттенюатора многооборотная и закреплена на оси червяка. Соединение волноводов бесконтактное, дроссельного типа. Для уменьшения излучения в зазоры в волноводном тракте установлены поглощающие шайбы 4 и 12. Шайбы фиксируются на волноводе с помощью стопорных колец.

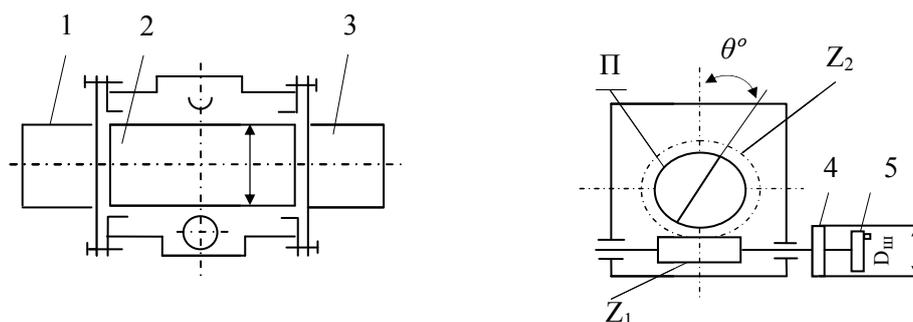


Рис. 24

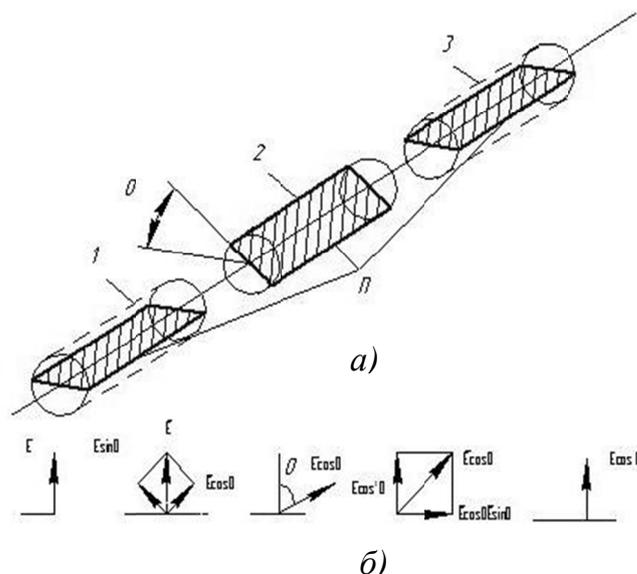


Рис. 25

Так как чистота внутренней поверхности волновода сильно влияет на величину затухания, чистоту поверхности назначают не ниже $R_a = 0,32$ с последующим серебрением. Поглощающие пластины изготавливают из двух слоев слюды толщиной 0,25 мм с нанесением на их внутреннюю поверхность поглощающего слоя из графита. Передаточное число червячной передачи $u = 12$ (заходность червяка $z_1 = 4$, число зубьев на колесе $z_2 = 48$), модуль зацепления $m = 1$ мм.

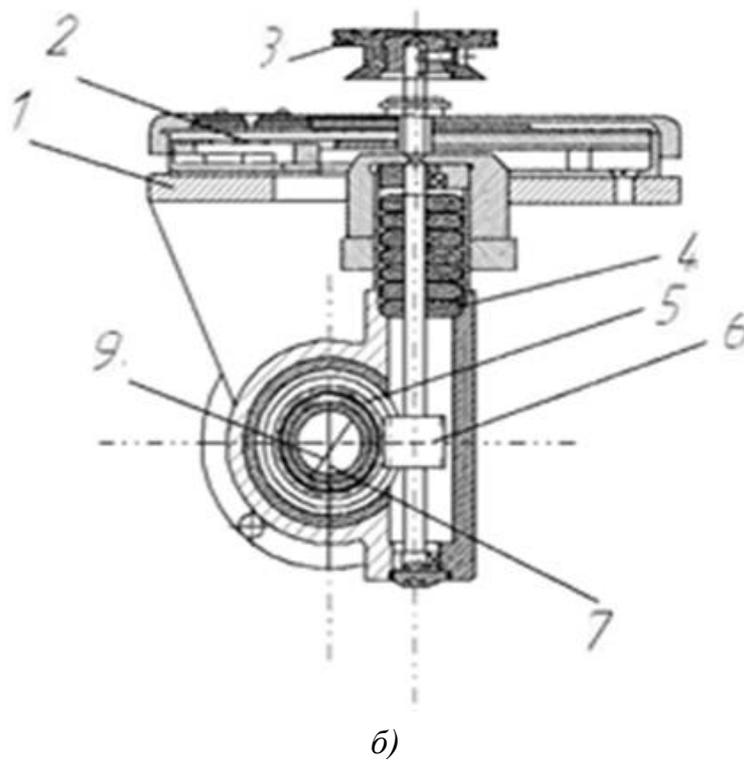
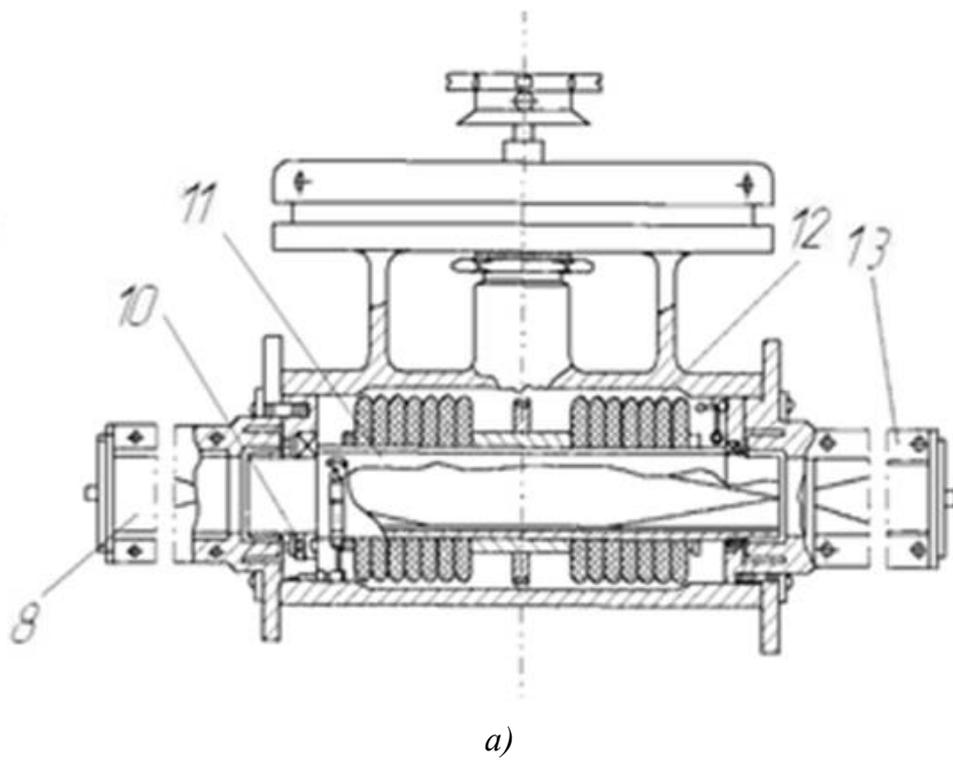


Рис. 26

Исходные данные к заданиям на курсовые проекты

Данные	Задание № 12				
	12-1	12-2	12-3	12-4	12-5
M	-40	-45	-40	-40	-45
A_{\min}	0	0	0	0	0
A_{\max}	55	55	60	50	70
d_B , мм	22	30	52	45	32
$D_{ш}$, мм	100	120	150	120	100
Погрешность:					
$0^\circ < \Theta < 45^\circ$	0,5	0,3	0,2	0,25	0,5
$45^\circ < \Theta < \Theta_{\max}$	2	3	2	1,5	2,0

5. ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ

5.1. Основы конструирования деталей отсчетных устройств шкального типа

Отсчетные устройства (ОУ) шкального типа (рис. 27) состоят из шкалы 1 и указателя 2 (рис. 27, а). По конструкции их разделяют на одношкальные и многошкальные. ОУ могут быть с неподвижной шкалой и подвижным указателем, с подвижной шкалой и неподвижным указателем и с подвижной шкалой и подвижным указателем.

Деталь ОУ с совокупностью отметок, расположенных на прямой, дуге окружности или линии сложной формы с изображением у отметок ряда последовательных чисел, соответствующих значениям измеряемой величины, называют шкалой.

По форме расположения отметок плоские шкалы делятся на прямые, круговые и спиральные (рис. 27, а – в).

Расстояние между двумя соседними отметками шкалы называют длиной деления и обозначают буквой b ; число единиц переменного

параметра, соответствующее участку между двумя делениями, – целой деления, которая обозначается буквой H .

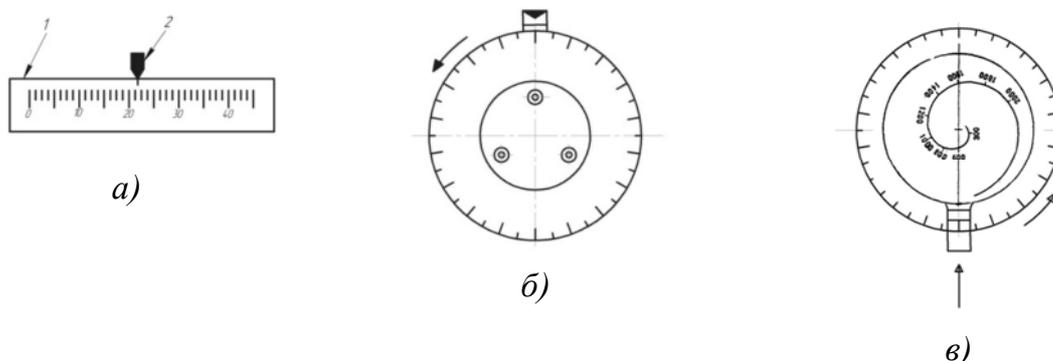


Рис. 27

Отметки, наносимые на шкалах, делятся на главные, средние и малые; средние отметки принимают для обозначения $1/2$ или $1/5$ части главного деления; малые отметки делят обычно главную отметку на пять или десять частей. Для лабораторных и переносных приборов в целях повышения точности отсчетов и снижения утомляемости оператора рекомендуется не применять длину деления менее $b = 0,5$ мм; следует применять $b = 1 \dots 1,25$ мм. Ширина штрихов (делений) c при оцифровке шкалы берется равной $0,1 b$, высота штрихов (отметок) от 2 до 6 мм. Ширина штрихов на шкале и указателе должна быть одинаковой.

Четкость шкалы обеспечивается совокупностью размеров букв и цифр, цветом отметок и цифр и фоном шкалы. При хорошей освещенности шкалы применяют черные знаки на белом матовом фоне, при слабой – белые или желтые знаки на черном фоне.

В ОУ используют металлические шкалы (из алюминия и его сплавов), а также шкалы из бумаги, пластмассы, стекла. На металле разметку и оцифровку шкалы выполняют гравировкой, травлением или фотохимическим способом. На бумагу разметку наносят типографским или фотоспособом, на пластмассу – прессованием или гравировкой, на стекло – травлением или фотопечатью. В зависимости от точности расположения отметок шкалы разделяют на классы; погрешности расположения отметок в угловых минутах приведены в табл. 1.

Надписи на шкале выполняют шрифтами по ГОСТ 2930-62 высотой 3 ... 5 мм. Конструктивное оформление круговой однооборотной подвижной металлической шкалы приведено на рис 28.

Таблица 1

**Погрешности шкалы в зависимости
от класса точности**

Расстояние	Класс точности шкалы		
	1	11	111
От риски к риску	±3	±5	±8
Между любыми рисками в пределах всей шкалы	±5	±8	±12

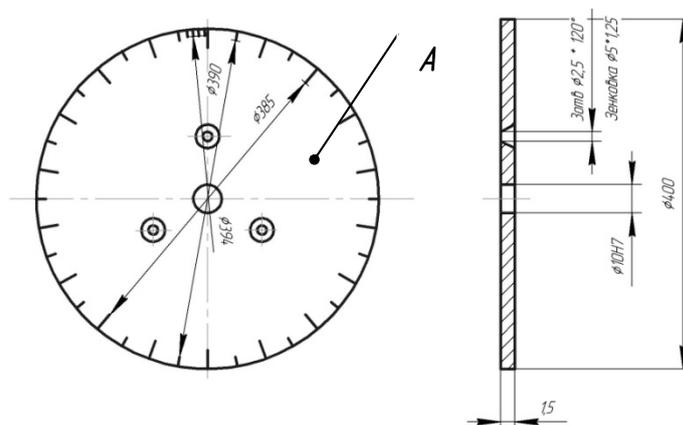


Рис. 28

Технические требования, указываемые на рабочем чертеже конструкции шкалы, сводятся к следующему:

1) число равных делений на окружности шкалы 200; шкала содержит 20 главных отметок; главные отметки делятся средней отметкой пополам;

2) допустимое смещение отметок от номинала $\pm 3''$; риски и цифры гравируют; ширина рисок – 0,2 мм, глубина – 0,15 мм. Шрифт надписей ПО-5 выполняют по ГОСТ 2930-62. Гравировку заливают эмалью ЭП-51, цвет черный.

4. Покрытие: анодирование, оксидирование и др. По поверхности А дополнительное покрытие: эмаль МЛ-152.

Способы крепления шкалы 1 на оси 2 показаны на рис. 29, *а – в*.

Форму и размеры указателей выбирают в зависимости от назначения и конструкции прибора и требуемой точности отсчета. При подвижной шкале и неподвижном указателе варианты конструкции указателей или индекса показаны на рис. 30 *а, б*; некоторые способы крепления указателей (стрелок) на валах при неподвижных шкалах приведены на рис. 30 *в, г*.

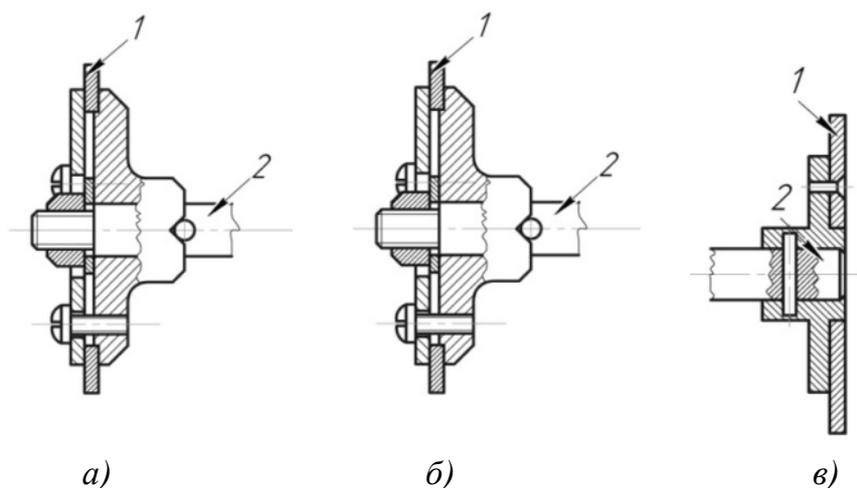


Рис. 29

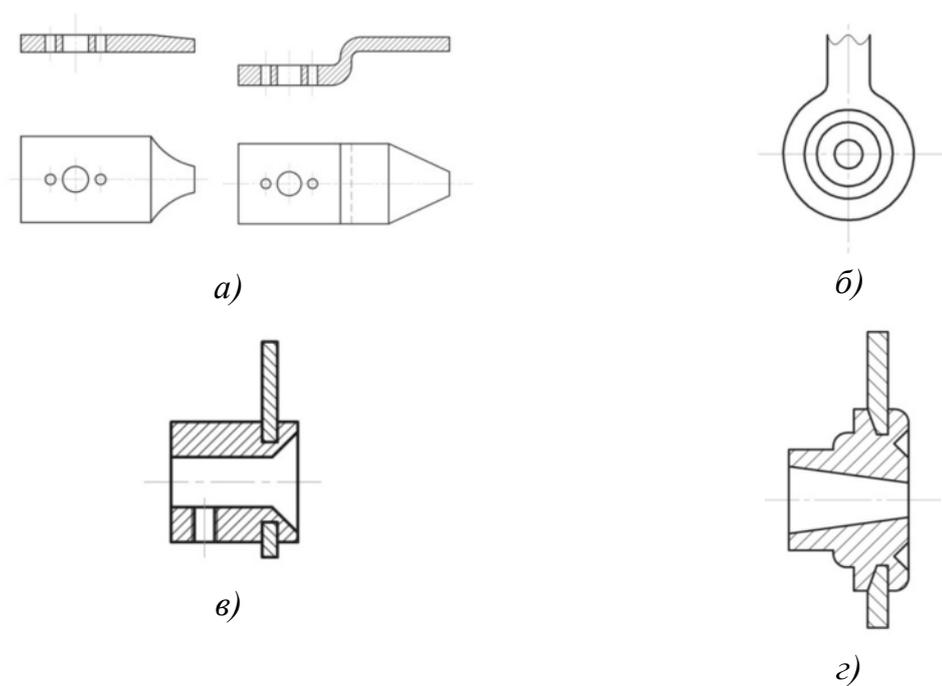


Рис. 30

Расчеты шкал одношкальных отсчетных устройств. В качестве исходных данных и расчетных величин при расчете используются: A – число единиц или диапазон измеряемого параметра; ΔA – абсолютная погрешность измеряемого параметра; L – длина шкалы или ее диаметр D_{mk} ; Θ_H и Θ' – углы поворота круговой шкалы и ее оцифровки; b и $|b|$ – длина деления шкалы и ее допускаемая величина; U – передаточное число передачи между шкалой (ручкой настройки) и элементом настройки.

1. Порядок расчета линейной или круговой однооборотной шкалы: а) цена деления шкалы $H = 2\Delta A$; б) число делений шкалы $N = A/H$.

Диаметр шкалы при круговой шкале принимается в качестве конструктивного размера. За счет изменения H его можно довести до заданного значения $D_{ш}$. Возможен также обратный порядок расчета – по заданному значению $D_{ш}$ находят длину деления шкалы H . Порядок расчета спиральной многооборотной шкалы: а) число витков спирали $K = \Theta_H/2\pi = \Theta'/2\pi$ (при $\Theta_H = \Theta'$); б) цена деления шкалы $H = 2\Delta A$; в) число делений шкалы $N = A/H = A/2\Delta A$; г) число делений на каждом витке спирали $N' = N/K$; д) при построении спиральной шкалы с шагом t дугами полуокружностей от точки A_0 до точки A_m радиусами (рис. 31) $R_m = R_0 - t/4$, $m(m = 1; 3; 5; 7; \dots 2K)$ получим, что длина деления шкалы на каждом полувитке $b'_m = 2\pi R_m/N' > [b]$. При нелинейном характере зависимости измеряемой величины от перемещения элемента настройки расчет шкалы ОУ удобнее производить на компьютере.

Рассмотрим данный расчет на примере шкалы поляризационного аттенюатора, имеющего закон затухания $A = M \lg \cos \Theta$, где M – постоянная затухания. Преобразуем закон затухания к виду

$$\Theta = \arccos 10^{A/M} = \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{10^{A/M}}{\sqrt{1 - 10^{2A/M}}} = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{1 - x^2}}{x},$$

где $x = 1/10^{A/M}$.

Поскольку зависимость носит нелинейный характер, при расчете оцифровка шкалы может быть разбита на N интервалов с точностями отсчета $H(N)$ на каждом из них.

Особенности расчета шкал многошкальных отсчетных устройств. Схемы двухшкальных ОУ без замедления выходной оси приведены на рис. 32, а, б. На рис. 32, а представлено отсчетное устройство резонансного волномера, обеспечивающего настройку за счет перемещения поршня 1 в резонансной камере 2 с помощью винтовой пары 3 от ручки настройки 4. Отсчетное устройство состоит из шкал точного (ШТО) и грубого (ШГО) отсчетов.

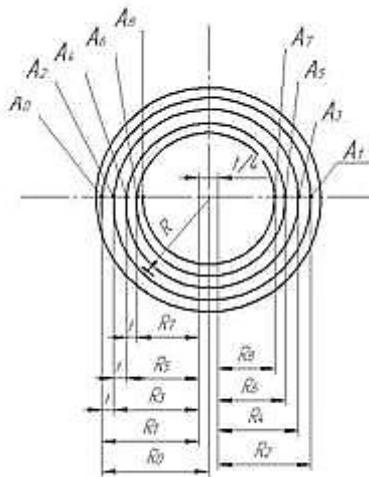


Рис. 31

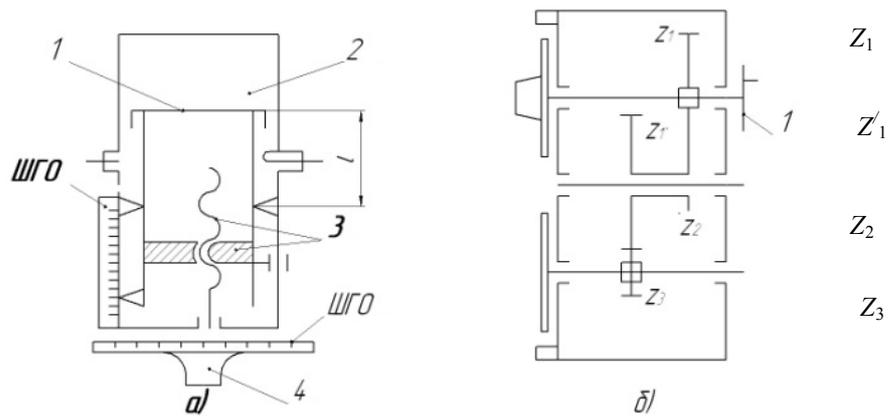


Рис. 32

На рис. 32, б приведено ОУ с двумя круговыми шкалами; элемент настройки с углом поворота элемента настройки $\Theta_n \leq 2\pi$ присоединяется с помощью полумуфты.

По известным L , ΔA , Θ_T , Θ_G и $D_{шт}$, $D_{шт}$ при расчете определяют:

1) цену деления ОУ, отнесенную к шкале точного отсчета (ШТО):
 $H = H_T = 2 \Delta A$;

2) общее число делений $N = A/H = N_T N_r$; число делений шкалы точного отсчета – $N_r = 10, 50, 100$; тогда $N_r = N/N_T$;

3) цену деления шкалы грубого отсчета – $H_G = A/N_T = H_T N_T$;

4) длину ШТО $L_{шт} = N_T b$ и ее расчетный диаметр $D_{штр} = 2N_T b / \Theta_T \leq D_{шт}$;

5) передаточное число между ШТО и ШГО при круговых шкалах $u_{m-2} = N/N_T = N_r = \Theta_T / \Theta_G$.

Полученные при расчете данные используют при разработке конструкции отсчетного устройства.

5.2. Основы конструирования передач зацепления

Форма зубчатого колеса может быть плоской (рис. 33, а, б) или с выступающей ступицей (рис. 33, в). Значительно реже (в одноступенчатых редукторах) колеса делают со ступицей, выступающей в обе стороны.

На рис. 33 показаны простейшие формы колес, изготавливаемых в единичном и мелкосерийном производстве. При небольших диаметрах колес их изготавливают из прутка, а при больших – заготовки получают свободной ковкой с последующей токарной обработкой. Чтобы уменьшить объем точной обработки резанием, на дисках колес выполняют выточки (см. рис. 33, б, в). При диаметре $d_a < 80$ мм эти выточки, как правило, не делают (см. рис. 33, а).

Длину $l_{ст}$ посадочного отверстия колеса желательно принимать равной или больше ширины b_2 зубчатого венца ($l_{ст} > b_2$). Принятую длину ступицы согласуют с расчетной и с диаметром посадочного отверстия d :

$$l_{ст} = (0,8 \dots 1,5)d, \text{ обычно } l_{ст} = 1,0 \dots 1,2)d.$$

При $l_{ст} > b_2$ выступающую часть ступицы располагают по направлению действия осевой силы F_a в зацеплении.

Диаметр $d_{ст}$ назначают в зависимости от материала ступицы: для стали $d_{ст} = (1,5 \dots 1,55)d$; чугуна $d_{ст} = (1,55 \dots 1,6)d$; легких сплавов

$d_{ст} = (1,6... 1,7)d$, меньшие значения для шлицевого соединения колеса с валом, большие – для шпоночного и соединения с натягом.

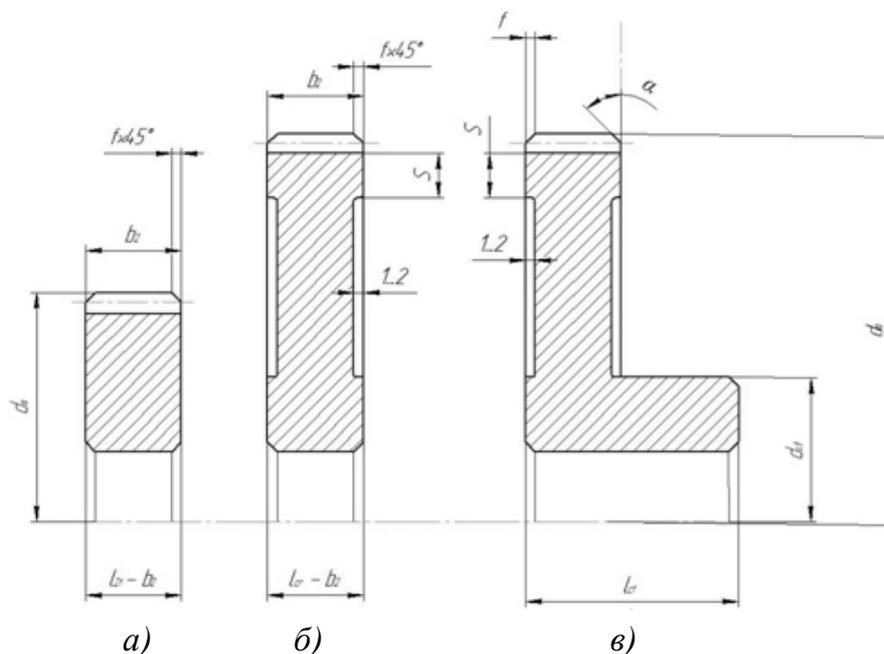


Рис. 33

Ширину S торцов зубчатого венца принимают:

$$S = 2,2m + 0,05b_2,$$

где m – модуль зацепления, мм.

На торцах зубчатого венца (зубьях и углах обода) предусмотрены фаски $f = (0,5... 0,6)m$, которые округляют до стандартного значения.

На прямозубых зубчатых колесах фаску выполняют под углом $\alpha_\phi = 45^\circ$, на косозубых и шевронных колесах при твердости рабочих поверхностей менее 350НВ – под углом $\alpha_\phi = 45^\circ$ (см. рис. 33, а, б), а при более высокой твердости $\alpha_\phi = 15...20^\circ$ (см. рис. 33, в).

Острые кромки на торцах ступицы также притупляют фасками, размеры которых принимают:

d , мм, 20...30, 30...40, 40...50, 50...80, 80...120, 120...150,
150...250, 250...500;

f , мм, 1,0 1,2 1,6 2,0 2,5 3,0 4,0 5,0.

При серийном производстве заготовки колес получают из прутка свободной ковкой, а также ковкой в штампах. При годовом объеме выпуска колес более 50 шт. экономически оправдана ковка в про-

стейших односторонних подкладных штампах. Форму зубчатых колес в этом случае проектируют по типу, показанному на рис. 34, а, б.

При годовом объеме выпуска более 100 шт. применяют двусторонние штампы. Форму зубчатых колес в этом случае проектируют по рис. 35, а, б. Тонкими линиями показана заготовка колеса после штамповки. Для свободной выемки заготовок из штампа принимают значения штамповочных уклонов $\gamma \geq 7^\circ$ и радиусов закруглений $R \geq 6$ мм. Толщина диска

$$C \approx 0,5(S + S_{\text{ст}}) \geq 0,25 b_2, \text{ где } S_{\text{ст}} = 0,5(d_{\text{ст}} - d).$$

Для уменьшения влияния термической обработки на точность геометрической формы зубчатые колеса делают массивными: $C = (0,35 \dots 0,4)b_2$.

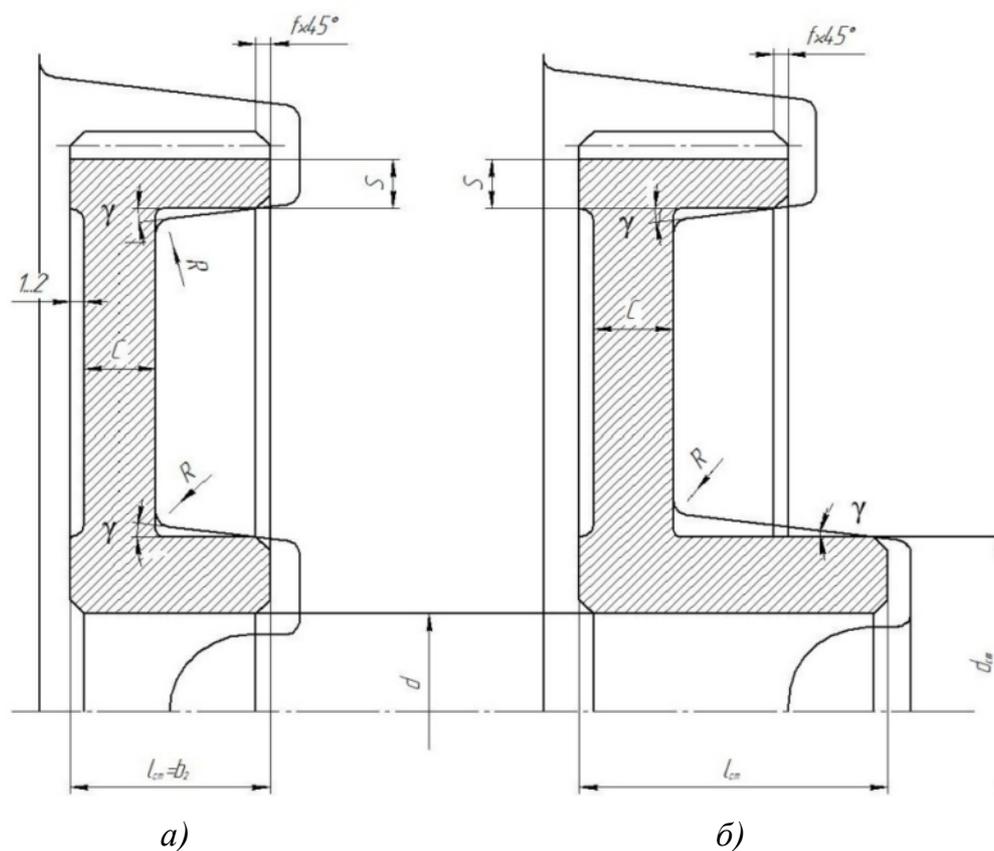


Рис. 34

Условия пластического деформирования металла при штамповке улучшены, если выемки в дисках колес выполнять по рис. 36. Радиусы закруглений принимают $R \geq 20$ мм, а штамповочные уклоны $\gamma \geq 12^\circ$.

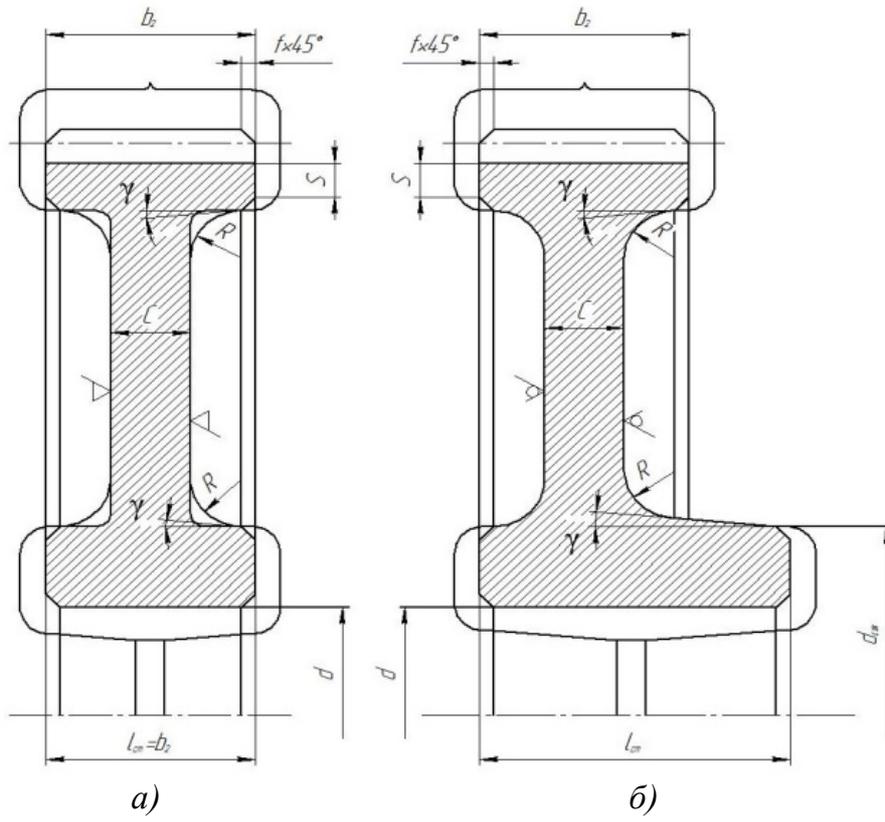


Рис. 35

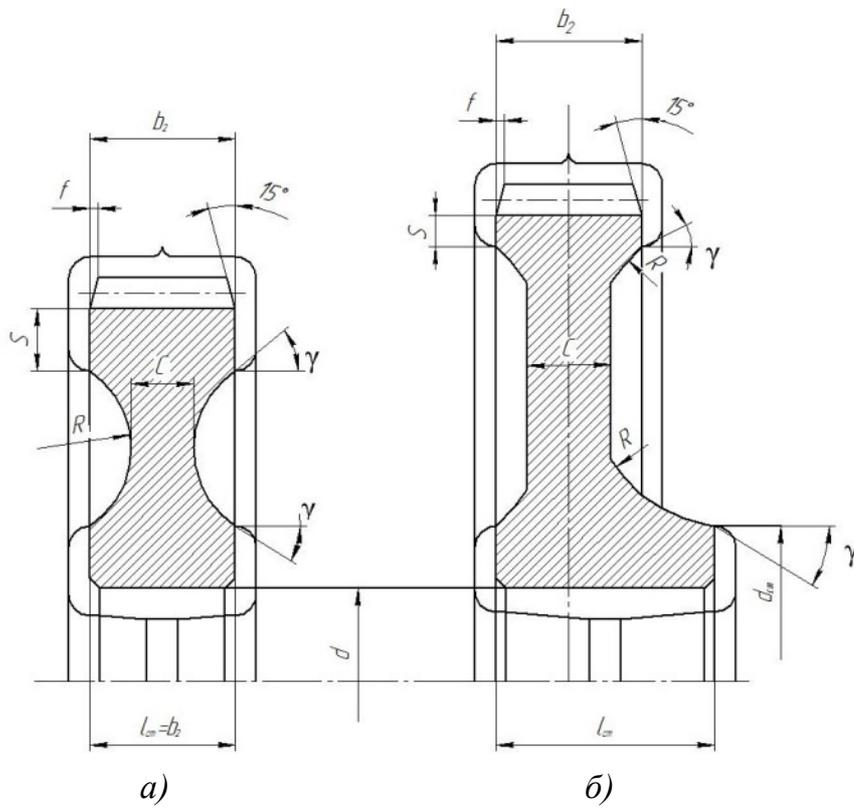


Рис. 36

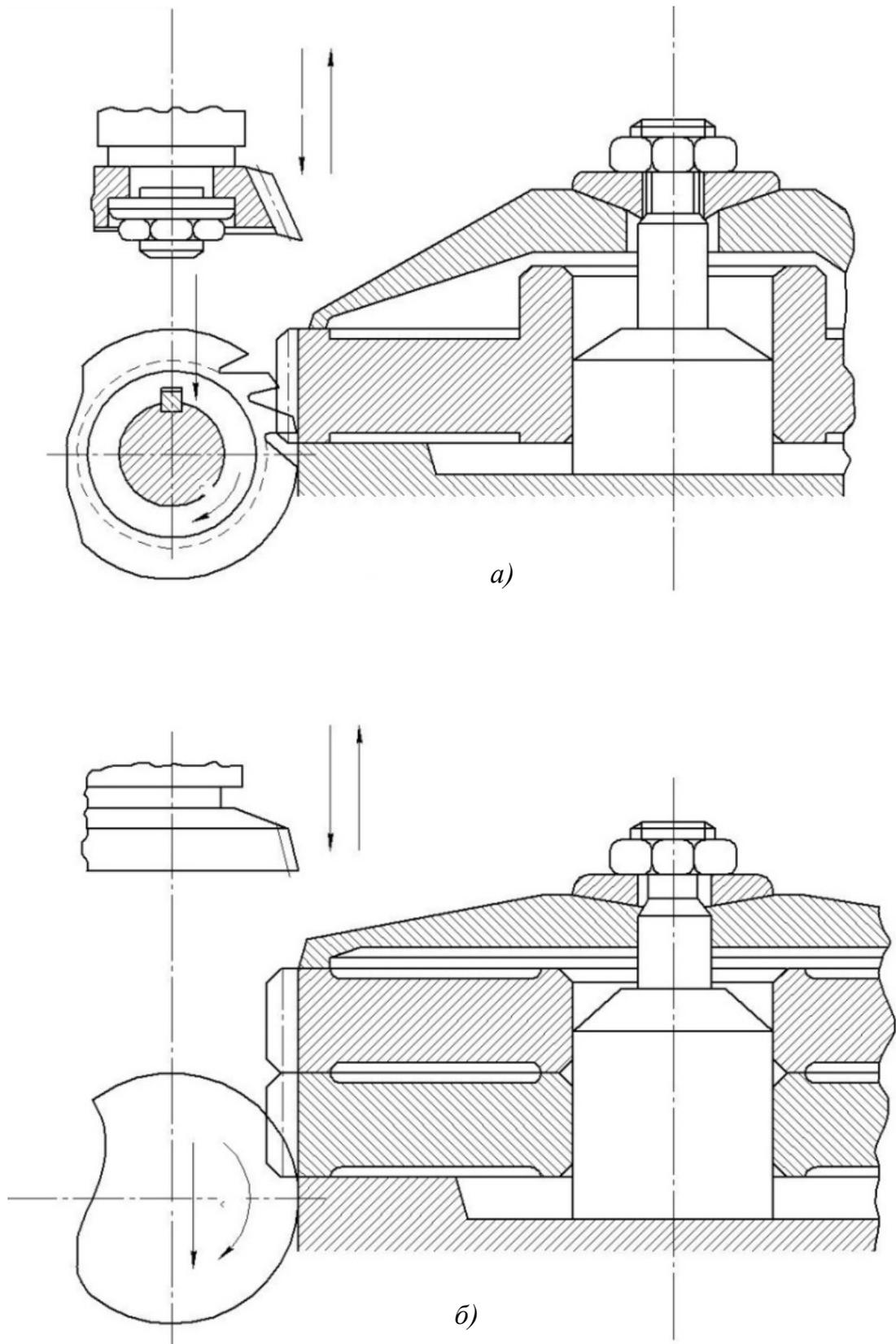


Рис. 37

В зависимости от соотношения размеров колес выемки в дисках оформляют одной дугой радиуса R (рис. 36, *а*) или двумя дугами и отрезком прямой (рис. 36, *б*). Толщина диска в этом случае $C \approx 0,5b_2$.

В автомобиле- и авиастроении колеса делают с более тонким диском ($C = 0,25b_2$); в диске выполняют 4...6 отверстий большого диаметра, радиусы закруглений принимают минимальными. Зубчатые колеса, вращающиеся с относительно высокой частотой ($n \geq 1000 \text{ мин}^{-1}$), обрабатывают кругом (рис. 37, *а*) и балансируют путем высверливания отверстий на торцах обода.

Базовыми поверхностями при нарезании зубьев являются поверхности центрального отверстия и торцев зубчатого венца. На рис. 37, *а* показана схема базирования колеса при нарезании зубьев. Производительность возрастает при нарезании зубьев в «пакете» из двух колес и более (рис. 37, *б*). Чтобы обеспечить соприкосновение торцов зубчатых венцов, следует занижать торцы ступиц или оговаривать в технологии, что торец ступицы не должен выступать за торец венца.

Шевронные зубчатые колеса (рис. 38, *а – в*) отличаются от других цилиндрических увеличенной шириной. Наиболее часто шевронные колеса изготавливают с канавкой посередине, предназначенной для выхода червячной фрезы, нарезающей зубья. Ширину a канавки определяют по диаметру фрезы в зависимости от модуля m :

m , мм,	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10;
a , мм,	32	38	42	48	53	60	67	75	85	100.

Размеры (мм) остальных конструктивных элементов шевронных колес:

$$l_{\text{ст}} = b_2 + a; C = (0,3 \dots 0,35) (b_2 + a); S = 2,2m + 0,05(b_2 + a);$$

$$h = 2,5m; S_6 \approx 6m; S_0 = (1,0 \dots 1,1)S_6; t = 0,35S_6 \geq 3 \text{ мм}.$$

Для снижения расхода высококачественной стали колеса иногда делают составными. На центр, выполненный из углеродистой конструкционной стали, напрессовывают зубчатый венец из легированной стали (рис. 38, *б*). На рис. 38, *в* показана конструкция составного колеса с двумя зубчатыми венцами.

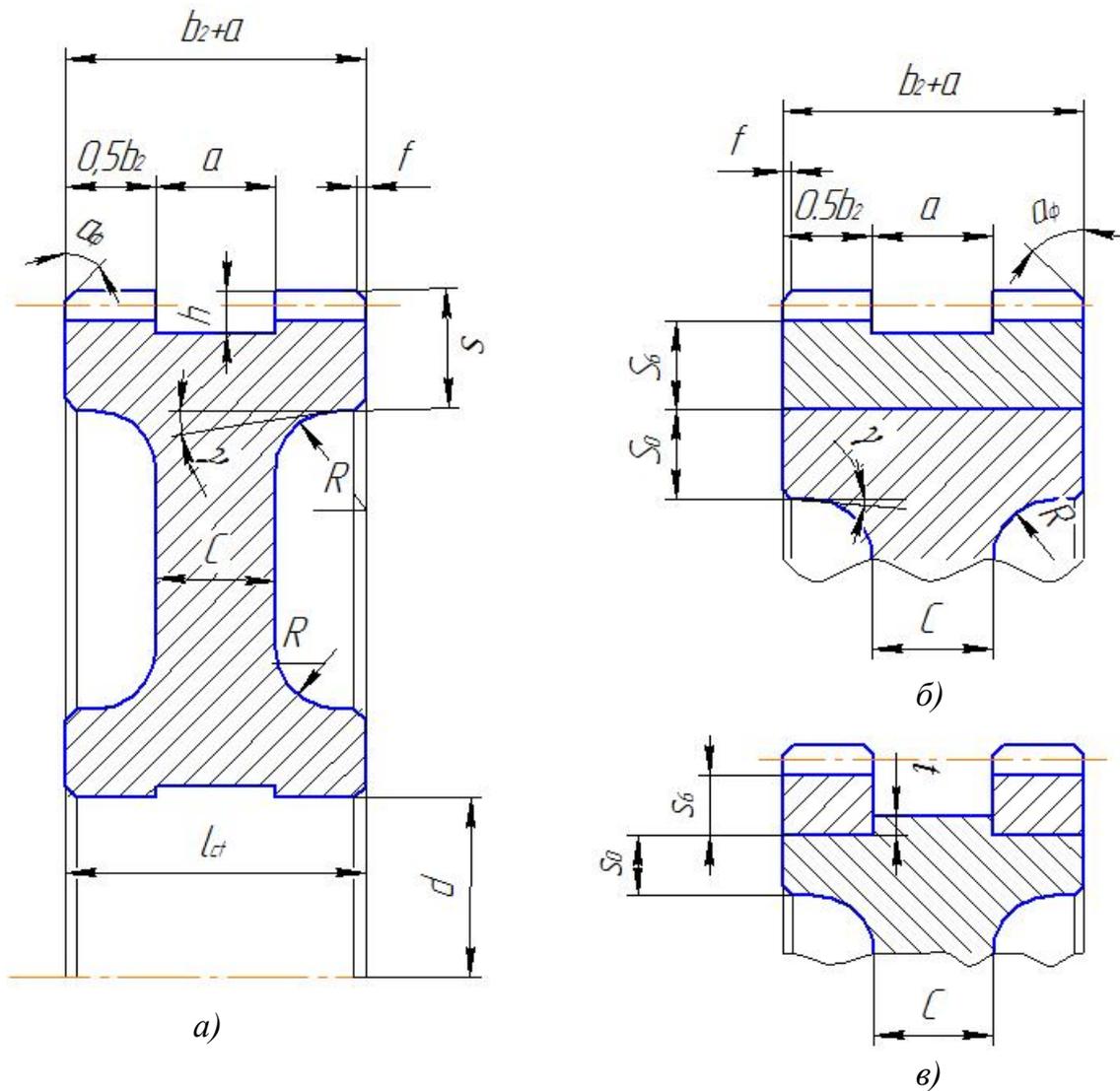


Рис. 38

5.3. Конструирование валов и осей

Входные (быстроходные) валы имеют концевые участки, участки для установки подшипников и участки, на которых нарезают зубья шестерен цилиндрических или конических зубчатых передач.

На входном валу цилиндрической передачи зубья шестерен нарезают на среднем участке. Диаметр его определен чаще всего размером $d_{\text{БП}}$, значение которого находят из условия надежного контакта торцов заплечика и внутреннего кольца подшипника. Конструкция вала на среднем участке зависит от передаточного числа и значения меж-

севого расстояния передачи. При небольших передаточных числах и относительно большом межосевом расстоянии диаметра d_{fl} окружности впадин шестерни больше диаметра $d_{БП}$ вала (рис. 39, а). При больших передаточных числах и малом межосевом расстоянии $d_{fl} < d_{БП}$ конструкцию вала выполняют по одному из вариантов рис. 39, б – д, предусматривая участки для выхода фрезы, нарезающей зубья. Диаметр $D_{ф}$ фрезы принимают в зависимости от модуля m :

m , мм, 2...2,25 2,5...2,75 3...3,75 4...4,5 5...5,5 6...7.

$D_{ф}$, мм, при степени точности:

7.....90 100 112 125 140 160

8...10...70 80 90 100 112 125

Длину $l_{вых}$ определяют графически.

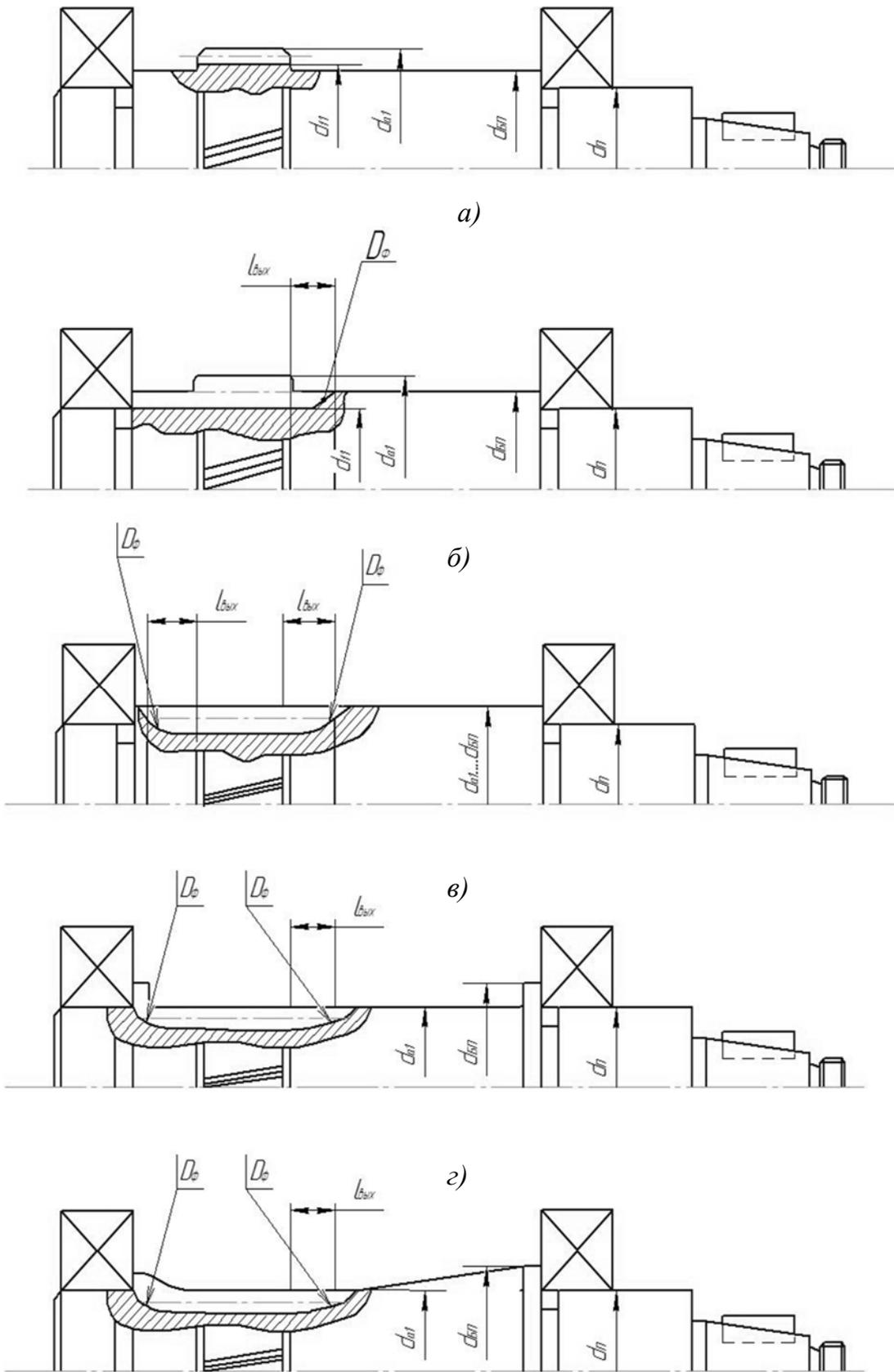
Если наружный диаметр d_{a1} шестерни оказывается меньше диаметра $d_{БП}$, то обтачивают или весь вал в средней части по наружному диаметру шестерни (рис. 39, з), или между нарезанной частью и торцом вала выполняют конические переходные участки (рис. 39, д). Последний вариант несколько сложнее в изготовлении, но жесткость вала получается больше в сравнении с вариантом на рис. 39, з.

Участок выхода фрезы можно распространить на торец вала, по которому базируют подшипник качения (рис. 39, б, з, д).

Конструкцию входного вала конической передачи чаще всего выполняют по рис. 40, располагая шестерню консольно относительно подшипниковых опор. Подшипники регулируют перемещением по валу правого по рис. 40 подшипника с помощью круглой шлицевой гайки 1. После регулирования гайку стопорят многолапчатой шайбой 2.

Промежуточные валы не имеют концевых участков.

На рис. 41 показан промежуточный вал двухступенчатого цилиндрического редуктора. На самом валу нарезаны зубья шестерни тихоходной ступени. Рядом расположено колесо быстроходной ступени. В зависимости от размеров шестерни конструкцию выполняют или по рис. 41, а, или 41, б. Допустимо участок выхода фрезы распространять на торцы вала, контактирующие с колесом или внутренним кольцом подшипника (рис. 41, б).



д)

Рис. 39

Между подшипником и колесом на том же диаметре, что и подшипник, располагают дистанционные кольца. Диаметральные размеры кольца определяют из условия контакта его торцов с колесом и внутренним кольцом подшипника. Поэтому кольцо имеет чаще всего Г-образное сечение.

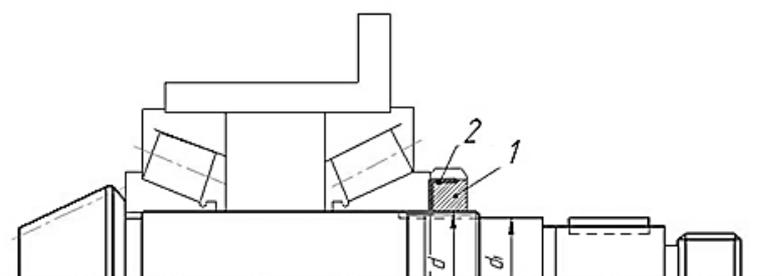


Рис. 40

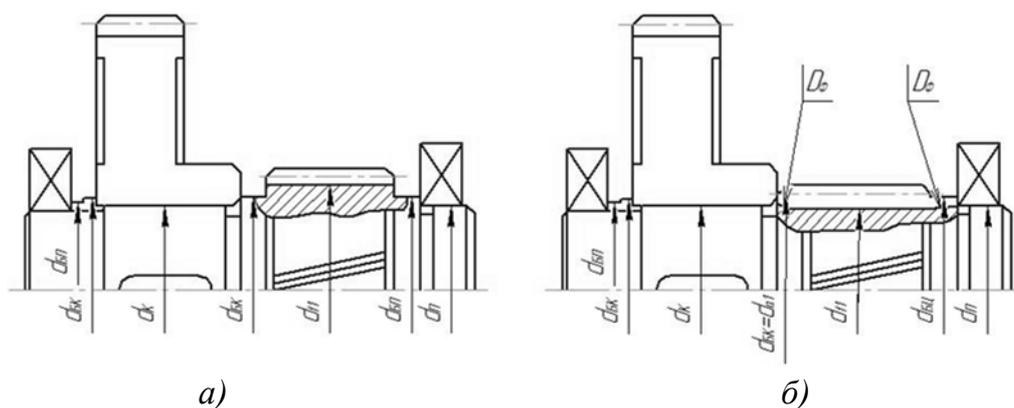


Рис. 41

Выходные (тихоходные) валы имеют концевой участок. В средней части вала между подшипниковыми опорами размещают зубчатое колесо. Наиболее простая конструкция вала показана на рис. 42. В сопряжении колеса с валом использована посадка с большим натягом. Подшипники установлены до упора в заплечики вала. Иногда между подшипниками и колесом располагают втулки (рис. 43). В этом случае вал может быть гладким одного номинального диаметра, разные участки которого выполняют с различными отклонениями для обеспечения нужного характера сопряжения с устанавливаемыми деталями.

Валы следует конструировать гладкими, с минимальным числом уступов (рис. 42, 43). В этом случае достигают существенного сокра-

щения расхода металла на изготовление вала, что особенно важно в условиях крупносерийного производства. Сборку колеса с гладким валом выполняют в сборочном приспособлении, которое определяет осевое положение колеса. В индивидуальном и мелкосерийном производстве валы можно снабдить заплечиками для упора колес (рис. 44).

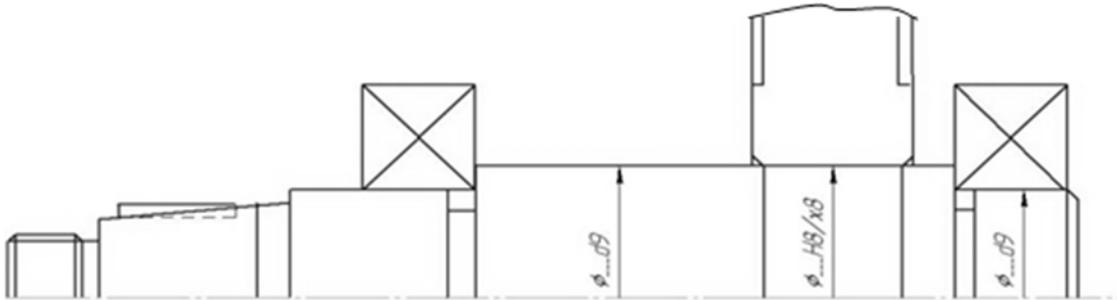


Рис. 42

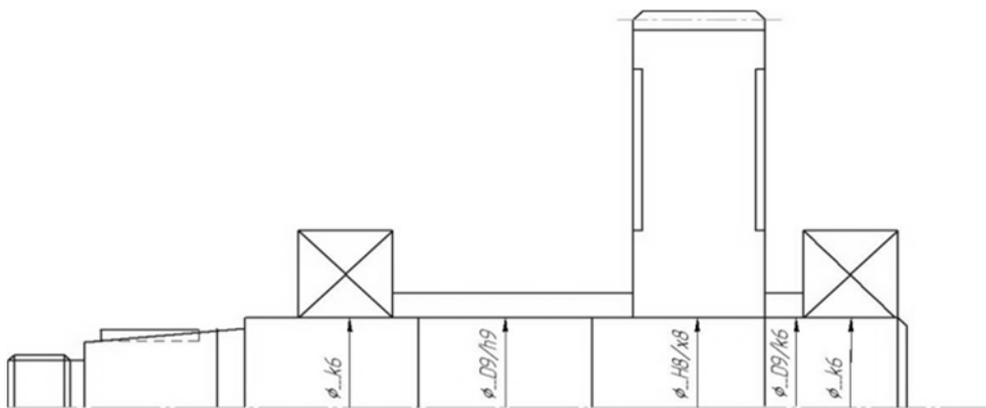


Рис. 43

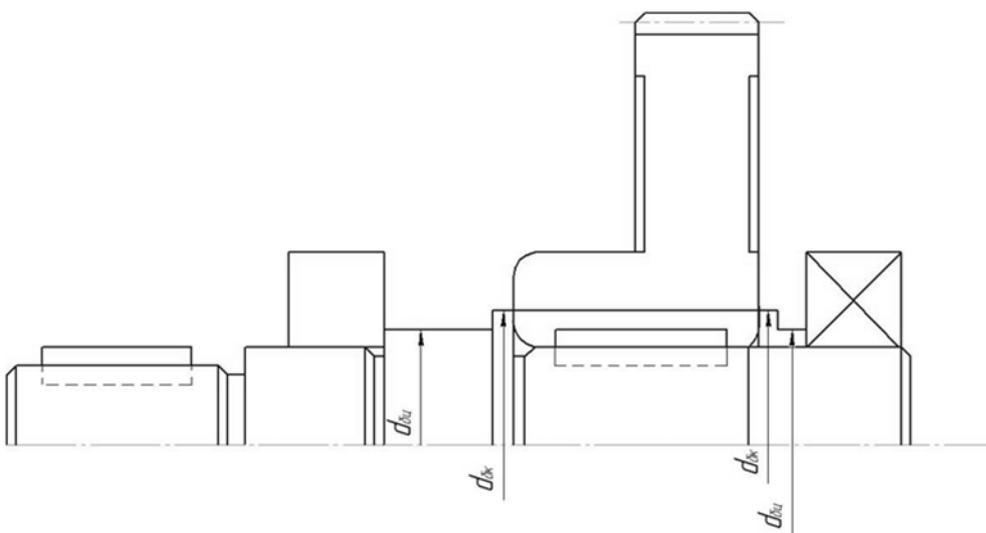


Рис. 44

Для повышения технологичности радиусы галтелей, размеры фасок и канавок для выхода инструмента на одном валу желательны принимать одинаковыми. Если на валу предусмотрено несколько шпоночных пазов, то для удобства фрезерования их располагают на одной образующей и выполняют одной ширины, выбранной по меньшему диаметру вала (см. рис. 44). Для уменьшения номенклатуры шлицевых фрез, сокращения времени на их перестановку размеры шлицев на разных участках вала принимают по возможности одинаковыми.

После определения диаметров и длин участков вала, а также его конструктивных элементов производят расчет вала на сопротивление усталости. Известно, что шпоночные пазы, резьбы под установочные гайки, отверстия под установочные винты, а также канавки и резкие изменения сечений вала вызывают концентрацию напряжений, уменьшающую его усталостную прочность.

Поэтому, если вал имеет небольшой запас по сопротивлению усталости, следует избегать использования элементов, вызывающих концентрацию напряжений.

В местах пониженной усталостной прочности нежелательно выполнение канавок для выхода инструмента (шлифовального камня, плашки и др.). Вместо канавок сопряжение соседних участков вала следует оформлять в виде галтели (рис. 45, *a*), как можно более плавным. Где возможно, следует увеличить радиус галтели. В особых случаях галтели выполняют эллиптическими с размерами $b = (0,4... 0,45) d$ и $a = 0,4b$ (рис. 45, *б*) или двумя радиусами. Заметно снижают концентрацию напряжений галтели с поднутрением (рис. 45, *в*).

Разгружающие канавки на валу (рис. 45, *г*) и в сопряженной детали (рис. 45, *д*) уменьшают концентрацию напряжений на поверхности вала от посадки деталей с натягом.

Шпоночный паз, получаемый дисковой фрезой (рис. 45, *е*), вызывает меньшую концентрацию напряжений, чем обработанный концевой фрезой. Эвольвентные шлицы вызывают меньшую концентрацию напряжений по сравнению с прямобочными.

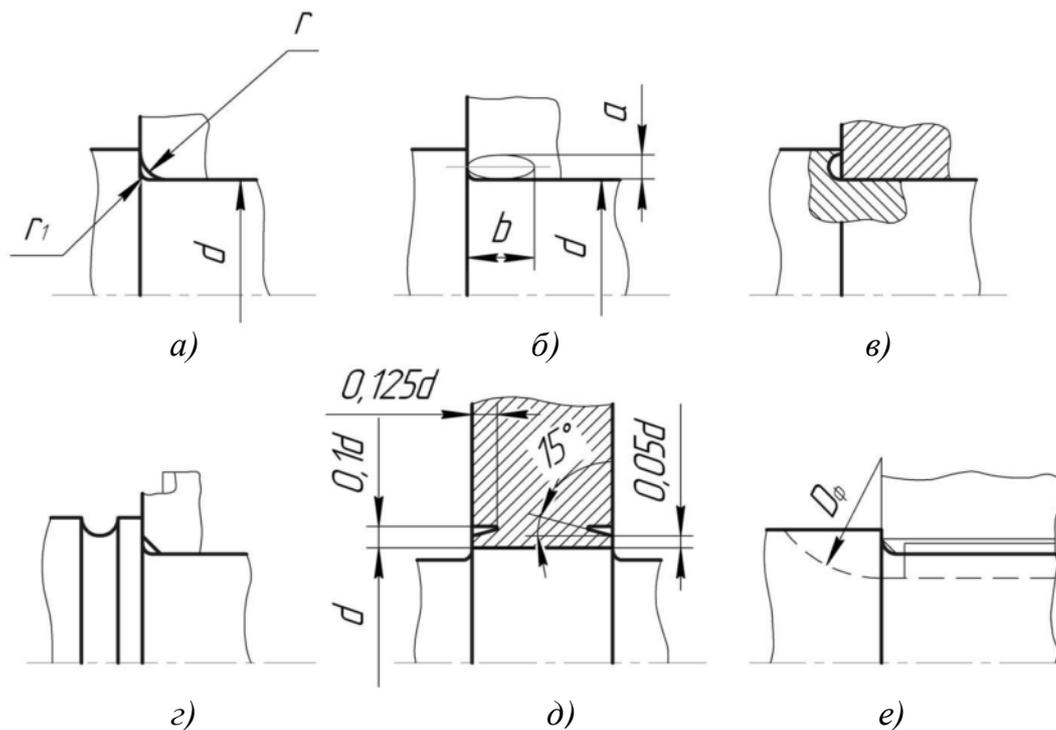


Рис. 45

5.4. Выбор опор валов и проверочные расчеты

Радиальную реакцию подшипника считают приложенной к оси вала в точке пересечения с ней нормалей, проведенных через середины контактных площадок. Для радиальных подшипников эта точка расположена на середине ширины подшипника. Для радиально-упорных подшипников расстояние a между этой точкой и торцом подшипника может быть определено графически (рис. 46, а, б) или аналитически:

подшипники шариковые радиально-упорные однорядные

$$a = 0,5[B + 0,5(d + D) \operatorname{tg}\alpha];$$

подшипники роликовые конические однорядные

$$a = 0,5[T + (d + D) e/3].$$

Ширину B кольца, монтажную высоту T , коэффициент минимальной осевой нагрузки e , угол α контакта, а также диаметры d и D принимают по таблицам.

Расстояние между точками приложения радиальных реакций при установке радиально-упорных подшипников определяют по схеме:

«враспор» (рис. 47, а) $l = l_{\text{п}} - 2a$;

«врастяжку» (рис. 47, б) $l = l_{\text{п}} + 2a$,

где $l_{\text{п}}$ – расстояние между торцами наружных колец подшипников, a – смещение точки приложения радиальной реакции от торца подшипника.

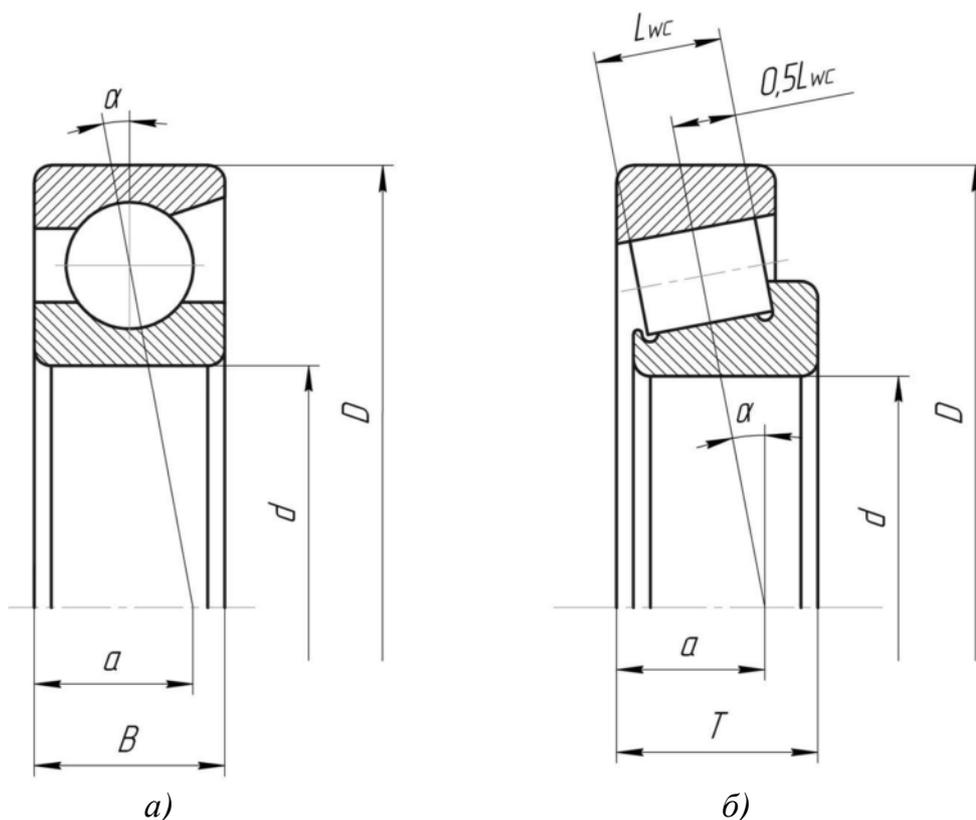


Рис. 46

Реакции опор определяют из уравнения равновесия: сумма моментов внешних сил относительно рассматриваемой опоры и момента реакции в другой опоре равна нулю.

Если направление вектора консольной силы $F_{\text{к}}$ заранее неизвестно (как, например, при установке на концы валов соединительных муфт), то при расчете принимают, что реакции опор от действия $F_{\text{к}}$ совпадают по направлению с суммарными реакциями опор от действия сил известного направления (например, окружной, осевой и радиальной сил в зубчатом зацеплении).

При установке вала на двух радиальных шариковых или радиально-упорных подшипниках нерегулируемых типов осевая сила $F_{\text{а}}$,

нагружающая подшипник, равна внешней осевой силе F_A , действующей на вал. Силу F_A воспринимает тот подшипник, который ограничивает осевое перемещение вала под действием этой силы.

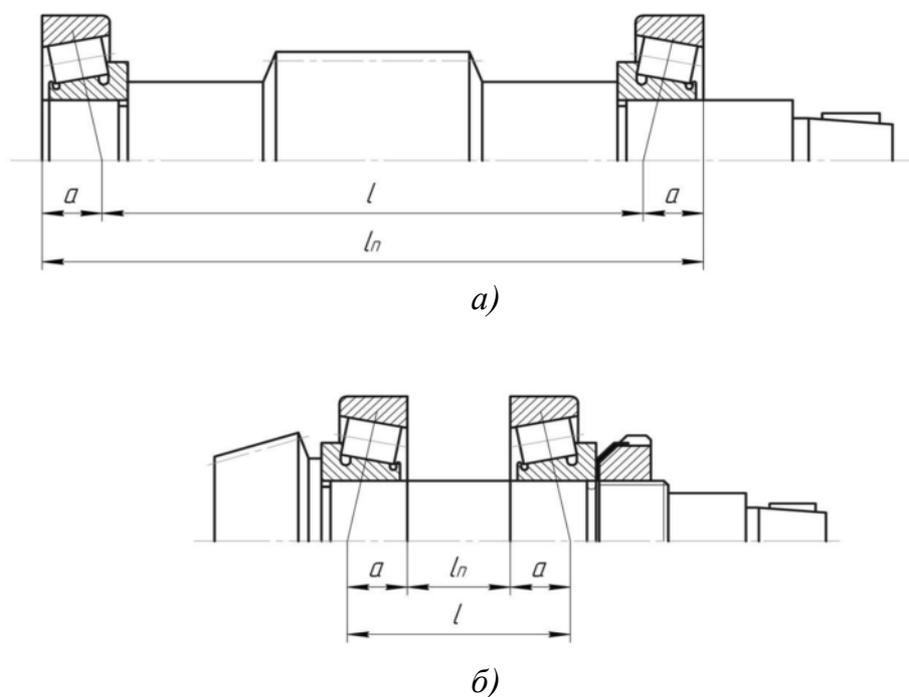


Рис. 47

При определении осевых сил, нагружающих радиально-упорные подшипники регулируемых типов, следует учитывать осевые силы, возникающие под действием радиальной нагрузки F_r вследствие наклона контактных линий. Значения этих сил зависят от типа подшипника, угла контакта, значений радиальных сил, а также от того, как отрегулирован подшипник.

Обычно подшипники регулируют так, чтобы осевой зазор при установившемся температурном режиме был бы близок к нулю. В этом случае под действием радиальной нагрузки F_r находятся около половины тел качения, а суммарная нагрузка по всем нагруженным телам качения, включая осевую составляющую, равна $e' F_r$ и представляет собой минимальную осевую силу, которая должна действовать на радиально-упорный подшипник при заданной радиальной силе $F_{a \min} = e' F_r$ где e' – коэффициент минимальной осевой нагрузки.

Для шариковых радиально-упорных подшипников с углом кон-

такта $\alpha < 18^\circ$ $F_{a \min} = e' F_r$. В подшипниках такого типа действительный угол контакта отличается от начального и зависит от радиальной силы F_r и базовой статической грузоподъемности C_{0r} . Поэтому коэффициент e' для шариковых радиально-упорных подшипников принимают по графику (рис. 48) или вычисляют в зависимости от отношения F_r/C_{0r} по следующим формулам:

- при угле контакта $\alpha = 12^\circ$ $e' = 0,57(F_r/C_{0r})^{0,22}$;
- при угле контакта $\alpha = 15^\circ$ $e' = 0,58(F_r/C_{0r})^{0,14}$.

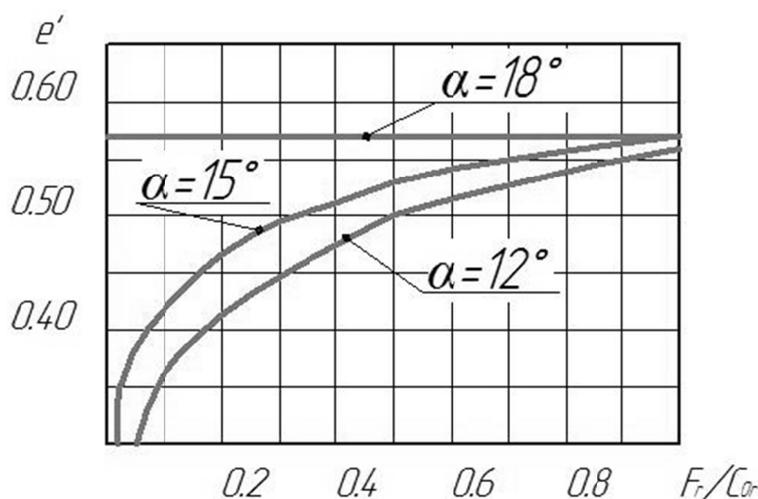


Рис. 48

5.5. Конструирование корпусных деталей

Корпусная деталь состоит из стенок, ребер, бобышек, фланцев и других элементов, соединенных в единое целое.

При конструировании литой корпусной детали стенки следует по возможности выполнять одинаковой толщины. Толщину стенок литых деталей стремятся уменьшить до величины, определяемой условиями хорошего заполнения формы жидким металлом. Поэтому, чем больше размеры корпуса, тем толще должны быть его стенки. Основным материалом корпусов – серый чугун не ниже марки СЧ15. Рекомендуют толщину δ стенок для чугунных отливок назначать в зависимости от приведенного габаритного размера корпуса:

N , мм,	40 ... 0,6	1,0	1,5	2,0;
δ , мм,	7 ... 8	10	12	14.

Здесь $N = (2L + B + H)/3$, где L , B и H – длина, ширина и высота корпуса, м. Для редукторов толщину стенки, отвечающую требованиям технологии литья, необходимой прочности и жесткости корпуса, вычисляют по формуле

$$\delta = 1,3\sqrt[4]{T} \geq 6 \text{ мм},$$

где T – вращающий момент на выходном (тихоходном) валу, Н·м.

Плоскости стенок, встречающиеся под прямым или тупым углом, сопрягают дугами радиусом r и R (рис. 49, а). Если стенки встречаются под острым углом, рекомендуют их соединять короткой вертикальной стенкой (рис. 49, б). В обоих случаях принимают: $r \approx 0,5\delta$; $R \approx 1,5\delta$, где δ – толщина стенки.

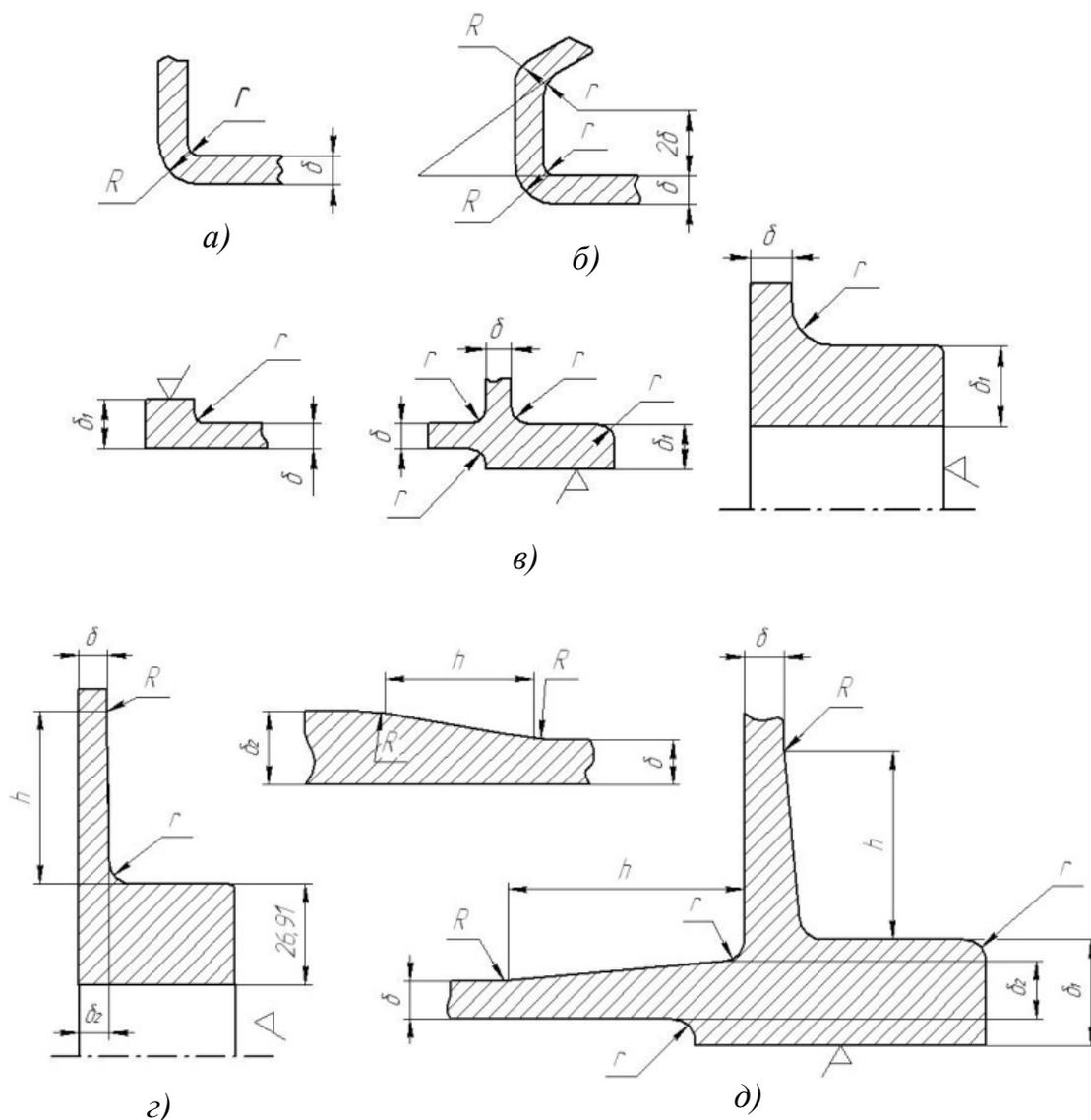


Рис. 49

В отдельных местах детали (например, в местах расположения обработанных платиков, приливов, бобышек, во фланцах) толщину стенки необходимо увеличивать. Если отношение толщин $\delta_1/\delta \leq 2$ (рис. 49, в), то сопряжение стенок выполняют радиусом $r \approx 0,5\delta$. При отношении толщин $\delta_1/\delta > 2$ одно сечение должно переходить в другое плавно (рис. 49, з, д). При этом принимают: $h \geq 4(\delta_2 - \delta)$; $\delta_2 = 1,5\delta$; $r \approx 0,5\delta$.

Числовые значения радиусов закруглений принимают из стандартного ряда.

Формовочные уклоны задают углом β или катетом a в зависимости от высоты h . Величины углов наклона приведены в табл. 2.

Толщину наружных ребер жесткости у их основания принимают равной 0,9 ... 1,0 толщины основной стенки δ (рис. 50, а). Толщина внутренних ребер из-за более медленного охлаждения металла должна быть равна 0,86 (рис. 50, б). Высоту ребер принимают $h_p \geq 5\delta$. Поперечное сечение ребер жесткости выполняют с уклоном.

Таблица 2

h , мм	a , мм	β	h , мм	a , мм	β
До 10	0,50	2°55'	Св. 63 до 100	1,00	35'
Св.10 – 16	0,55	1°55'	100 – 160	1,20	25'
16 – 25	0,65	1°30'	160 – 250	1,85	25'
25 – 40	0,75	1°05'	250 – 400	2,30	20'
40 – 63	0,85	45'	400 – 630	3,65	20'

Часто к корпусной детали прикрепляют крышки, фланцы, кронштейны. Для их установки и крепления на корпусной детали предусматривают опорные платики. Платики при неточном литье могут быть смещены. Учитывая это, размеры сторон опорных платиков должны быть на величину C больше размеров опорных поверхностей прикрепляемых деталей (рис. 51). Для литых деталей средних размеров $C = 2... 4$ мм.

При конструировании корпусных деталей следует определять обрабатываемые поверхности от «черных» (необрабатываемых). Обрабатываемые поверхности выполняют в виде плотиков (рис. 51), высоту h которых можно принимать $h = (0,4...0,5)\delta$.

Во избежание поломки сверл поверхность детали, с которой соприкасается сверло в начале сверления, должна быть перпендикулярна оси сверла (рис. 52, а). Поверхность детали на выходе сверла также должна быть перпендикулярна оси сверла (рис. 52, а).

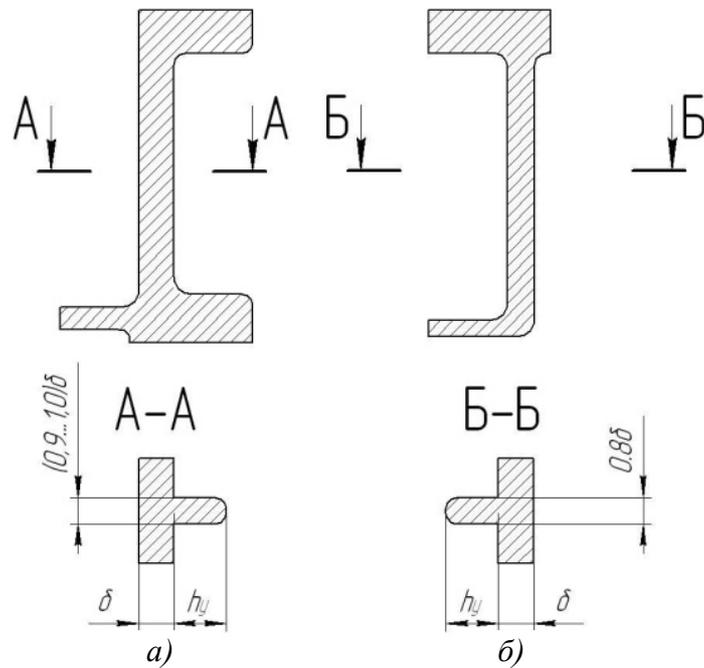


Рис. 50

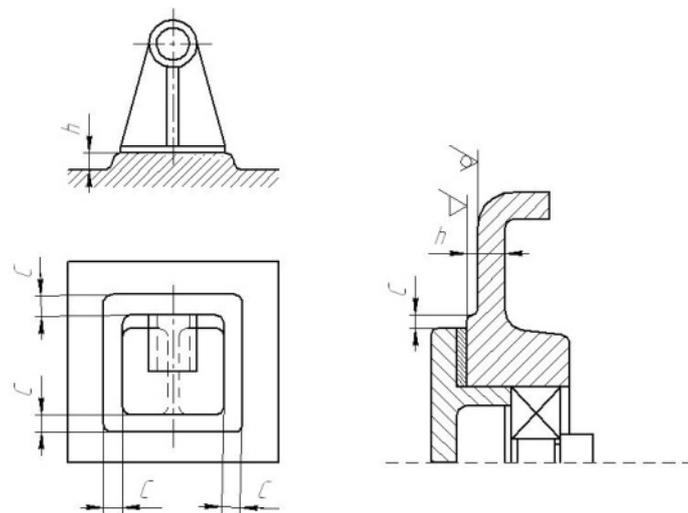


Рис. 51

Все отверстия (гладкие и резьбовые) для удобства сверления желательно выполнять сквозными. Глухие отверстия требуют точного

останова инструмента для выдерживания глубины отверстия, а при нарезании резьбы – применения нескольких метчиков.

На станках нарезают резьбу диаметром не меньше 6 мм. Чтобы не нарезать в корпусной детали резьбу вручную, желательно, чтобы диаметр нарезки был не меньше М6.

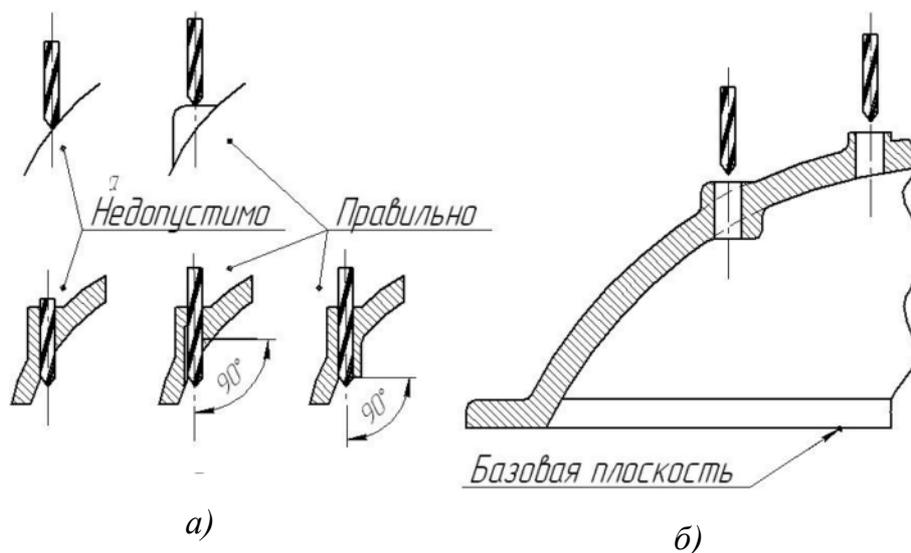


Рис. 52

Оси отверстий желательно располагать перпендикулярно базовой плоскости детали (рис. 52, б), поскольку расположение отверстий под углом неудобно для обработки на сверлильном станке.

Длина отверстий должна быть возможно меньшей, так как длинные отверстия помимо увеличения времени на их сверление требуют применения более дорогих сверл и затраты дополнительного времени на повторные выходы сверла для удаления стружки.

Несквозные резьбовые отверстия, нарезаемые резцом, должны оканчиваться канавкой для выхода резца.

Для обеспечения точности обрабатываемых отверстий расточная оправка должна иметь переднюю и заднюю направляющие. Для этого в задней стенке детали растачивают отверстие для прохода оправки, даже когда оно конструктивно не требуется. По окончании обработки отверстие в зависимости от размера заглушают пробкой или закрывают крышкой. Если не удастся создать заднюю направляющую для оправки вне детали, следует предусмотреть окно для ввода в деталь кронштейна с направляющей втулкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Первицкий, Ю. Д. Расчет и конструирование точных механизмов : учебник / Ю. Д. Первицкий. – Л. : Машиностроение, 1976. – 478 с.

2. Курсовое проектирование РЭС : учеб. пособие для вузов / В. В. Джамай [и др.] ; под ред. Г. И. Рощина. – М. : Высш. шк., 1991. – 246 с. – ISBN 5-06-001902-0.

3. Элементы приборных устройств : учеб. пособие для студентов вузов. В 2 ч. Ч. 1. Детали, соединения и передачи / О. Ф. Тищенко, [и др.] ; под ред. О. Ф. Тищенко. – М. : Высш. шк., 1982. – 304 с.

4. Элементы приборных устройств : учеб. пособие для студентов вузов. В 2 ч. Ч. 1. Приводы, преобразователи, исполнительные устройства / О. Ф. Тищенко [и др.] ; под ред. О. Ф. Тищенко. – М. : Высш. шк., 1982. – 263 с.

5. Вopilкин, В. А. Расчет и конструирование механизмов приборов и систем : учеб. пособие для студентов вузов / В. А. Вopilкин. – М. : Высш. шк., 1980. – 463 с.

6. Борисов, С. И. Расчет и конструирование механических систем приборов / С. И. Борисов. – М. : Машиностроение, 1981. – 269 с. – ISBN 5-539-00219-5.

7. Справочник конструктора приборостроителя. Детали и механизмы приборов / В. Л. Соломахо [и др.]. – Минск : Высш. шк., 1990. – 440 с. – ISBN 5-339-00091-5.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цель и задачи курсового проектирования.....	3
2. Объем и содержание курсового проекта.....	4
3. Методика выполнения задания на курсовое проектирование.....	6
4. Задания на выполнение курсового проекта.....	14
5. Основы конструирования механизмов приборных устройств.....	57
5.1. Основы конструирования деталей отсчетных устройств шкального типа.....	57
5.2. Основы конструирования передач зацепления.....	63
5.3. Конструирование валов и осей.....	69
5.4. Выбор опор валов и проверочные расчеты.....	75
5.5. Конструирование корпусных деталей.....	78
Библиографический список	83

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
ПРИБОРОВ И СИСТЕМ»

Составитель

ГЕНЕРАЛОВ Леонтий Константинович

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В. П. Легаев

Подписано в печать 07.12.11.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 4,88. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.