Autogenerated

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ   
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ   
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Приборостроение и биомедицинская инженерия»

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Конструирование медицинских и экологических приборов»

Ростов-на-Дону

ДГТУ

2024

УДК 681

Составители: Коваль Н.С., Кудинова Е.А.

Лабораторный практикум по дисциплине «Конструирование медицинских и экологических приборов». – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2024. – 65. с.

Содержит краткую теорию, задания и порядок выполнения лабораторных работ по дисциплине «Конструирование медицинских и экологических приборов».

Предназначен для бакалавров направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии».

УДК 681

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой

«Приборостроение и биомедицинская инженерия»

канд. техн. наук, доцент К.А.Мороз

***Лабораторная работа №1.  
Методика разработки функциональных электрических схем приборов***

**1.1.Цель работы**: ознакомление с методикой разработки функциональных схем приборов и приобретение практических навыков их построения.

**1.2. Основные теоретические сведения.** Схемой называют документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. В соответствии с ГОСТ 2.701-2008 схемы классифицируют по видам и типам. Вид определяет признаки принципа действия, состава изделия и связей между его составными частями, а тип - признак их основного назначения. Различают следующие виды схем: электрические, гидравлические, пневматические, кинематические, оптические, энергетические, деления и комбинированные. По типу их различают:   
 Схема структурная - документ, определяющий основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи;   
 Схема функциональная - документ, разъясняющий процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или изделия (установки) в целом;   
 Схема принципиальная (полная) - документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дающий полное (детальное) представление о принципах работы изделия (установки).   
 Схема соединений (монтажная) - документ, показывающий соединения составных частей изделия (установки) и определяющий провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.).   
 Схема подключения - документ, показывающий внешние подключения изделия.   
 Схема общая - документ, определяющий составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации;   
 Схема расположения - документ, определяющий относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости, также жгутов (проводов, кабелей), трубопроводов, световодов и т.п.   
 Схема объединенная - документ, содержащий элементы различных типов схем одного вида. (Э0).   
 Существует несколько методов поиска функциональной структуры. Рассмотрим два, наиболее часто применяемых метода. При методе поиска и объединения частных функций основу искомой функциональной структуры образуют входные и выходные величины общей функции, а также частные функции, которые были определены при уточнении задачи. Построение структуры системы, представленной в виде черного ящика, начиная с анализа задаваемых входных и выходных величин, в результате которого предлагается общая функция, выполняемая измерительной системой. Функциональная структура строится с привлечением известных функциональных элементов с учетом известных границ системы. При этом используется принцип замены сложных частных функций простыми до тех пор, пока не будут известны реализующие их конструктивные элементы. Например, необходимо разработать функциональную структуру для устройства двухкоординатного позиционирования объекта с высокой точностью на основе известных входных и выходных величин общей функции устройства. Постановка задачи синтеза показана на рис.1.1.

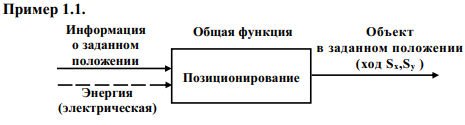
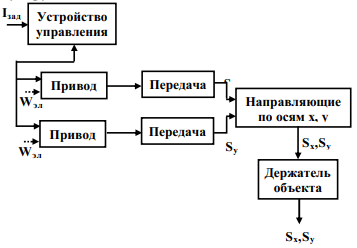
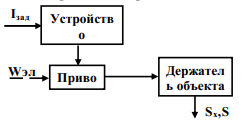


Рисунок 1.1 - Постановка задачи синтеза

Общая функция устройства определяется как “Позиционирование”, входной величиной общей функции является информация о заданном положении объекта, выходной величиной являются координаты объекта Sx и Sy, установленного в заданное положение. Для функционирования устройства необходимо подвести к нему электрическую энергию.   
 Первый шаг синтеза (рис.1.2):   
 - операции позиционирования должны выполняться посредством  
привода;  
 - регулирование режимов работы привода осуществляется с помощью  
устройства управления;   
 - объект должен быть закреплен в держателе.   
Второй шаг синтеза (рис.1.2):   
 - позиционирование по осям x и y производится двумя приводами;   
 - держатель объекта должен перемещаться по направляющим;   
 - выходной вал привода должен соединяться с направляющими  
посредством точной передачи.



а) б)

Рисунок 1.2 - Первая (а) и вторая (б) функциональные структуры

Третий шаг синтеза (рис.1.3):   
 - для повышения точности позиционирования необходимо использовать  
корректирующую обратную связь по отклонению направляющих от заданного  
значения;  
 - для реализации обратной связи применяется оптическая система  
измерения хода в комплекте с оптоэлектронным преобразователем и  
счетчиком;  
 - для упрощения конструкции устройства привод должен быть  
нерегулируемым;  
 - для передачи информации о заданном положении применяются  
регулируемые муфты;   
 - для передачи электрической энергии ко всем функциональным блокам  
применяется регулируемый источник питания.

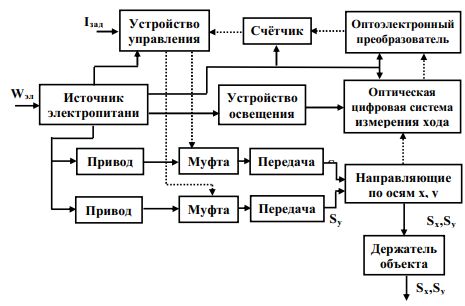


Рисунок 1.3 - Третья функциональная структура

Физические взаимосвязи могут быть использованы в качестве основы для построения структуры технического изделия, если необходимо найти решения нового типа. При этом вначале необходимо выбрать эффекты, с помощью которых может быть реализована общая функция. Путем анализа выбранного физического эффекта и требований задачи находят набор частных функций, необходимых для технического использования эффекта. Например, необходимо разработать: Δt = t0αΔυ, где Δt – изменение температуры тела, t0 – начальная температура тела, α – коэффициент теплового расширения, Δυ – изменение объема тела. Постановка задачи синтеза показана на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 - Постановка задачи синтеза

Общая функция устройства определяется как “Переключение”, входная и  
выходная величины – электрический ток.

Первый шаг синтеза (рис. 1.5) выбор преобразователя электрического тока в тепловое расширение тела из нескольких вариантов (αалюминия= 23,8 10-6 К-1,   
αстали = 13 10-6К-1и т.д.);

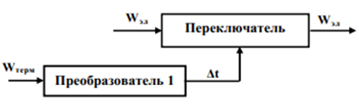


Рисунок 1.5 - Первая функциональная структура

Второй шаг синтеза (рис.1.6, а): так как перемещение под действием  
теплового расширения слишком мало, в структуру устройства добавляется  
усилитель.  
 Третий шаг синтеза (рис.1.6, б): преобразователь добавляется для  
повышения надежности работы устройства. Полученная в результате конструкция (рис.1.7) представляет собой биметаллическую пластину, выполняющую одновременного функции преобразователя и усилителя, и электромагнитный нагревающий элемент, выполняющий функции преобразователя.

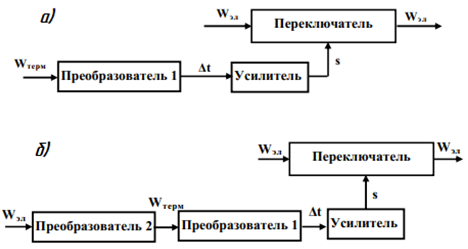


Рисунок 1.6 – Вторая (а) и третья (б) функциональные структуры

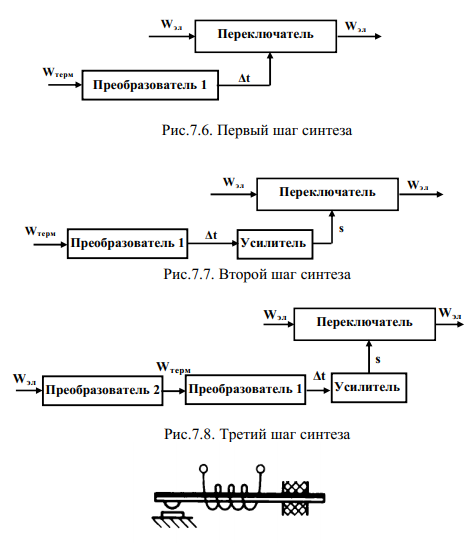


Рисунок 1.7 - Устройство для включения электрического тока при использовании теплового расширения тела

При оформлении схем следут придерживаться следующих правил:

1. Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия (установки) не учитывают или учитывают приближенно.

2. Графические обозначения элементов (устройств, функциональных групп) и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействия его составных частей.При проектировании изделия, в которое входят несколько разных устройств, на каждое устройство рекомендуется выполнять самостоятельную схему.

3. На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется назначением схемы. Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями.Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях на схемах не должны применяться сокращения слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

4. На поле схемы над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания.

5. При выполнении схемы на нескольких листах технические указания, являющиеся общими для всей схемы, следует располагать на свободном поле (по возможности над основной надписью) первого листа схемы, а технические указания, относящиеся к отдельным элементам, располагают или в непосредственной близости от изображения элемента или на свободном поле того листа, где они являются наиболее необходимыми для удобства чтения схемы.

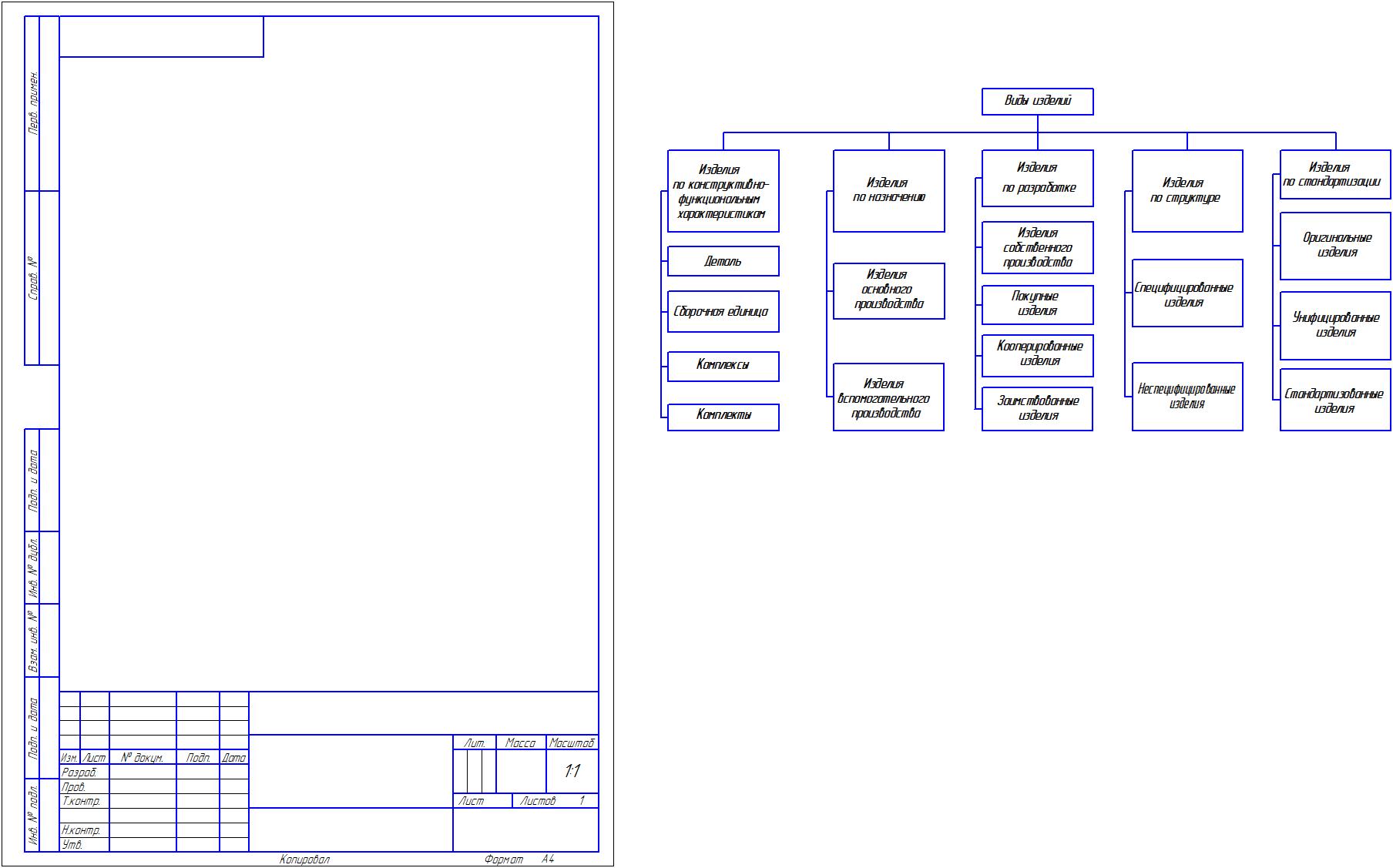
**1.3. Порядок выполнения работы:**1. Ознакомиться с теоретическими положениями.   
2. Разработатать функциональную схему пульсоксиметра и ультазвукового сканера.   
3. Оформить схему в соответствии с требованиями ГОСТ 2.701-84.   
4. Привести описание последовательности разработки схем и функций блоков.  
 **1.4. Содержание отчета**1. Цель работы.   
2. Основные теоретические положения.   
4.Краткая характеристика прибора, назначение   
5. Функциональная схема с пояснениями функций основных блоков и их конструктивной реализацией.   
6. Выводы по работе.

**1.5. Контрольные вопросы**1. Виды схем.  
2. Типы схем.  
3. Методы поиска функциональных структур.  
4. Что такое функциональная схема прибора?  
5. Основные правила оформления функциональных схем.

***Лабораторная работа №2.  
Классификация изделий медицинской техники***

**2.1.Цель работы**: ознакомление с классификацией изделий медицинской техники и приобретение практических навыков выявления структуры изделий медицинского назначения.   
 **2.2. Основные теоретические сведения.** В соответствии с ГОСТ Р 50444-2020 медицинскую технику разделяют на комплексы, приборы, системы и оборудование.   
 Медицинским комплексом называют - совокупность медицинских изделий, каждое из которых выполняет определенную частную функцию в системе сложных диагностического, лечебного или профилактического мероприятий.   
 Медицинским прибором называют - медицинские изделия, предназначенные для получения, накопления и/или анализа, а также отображения измерительной информации о состоянии организма человека с диагностической или профилактической целью.   
 Медицинской системой называют совокупность изделий, определенная изготовителем, в которой минимум одно изделие является медицинским изделием и изделия связаны между собой функциональными соединениями.   
 Медицинским оборудованием называют - медицинские изделия, предназначенные для обеспечения необходимых условий для пациента и медицинского персонала при диагностических, лечебных и профилактических мероприятиях, а также при уходе за больными.   
 Изделия в зависимости от воспринимаемых механических воздействий подразделяют на пять групп:   
 1 - стационарные;   
 2 - носимые, переносные и передвижные, не предназначенные для работы при переносках и передвижениях в пределах стационарного помещения;   
 3 - носимые, переносные и передвижные, предназначенные для работы при переносках и передвижениях в пределах стационарного помещения;   
 4 - перевозимые, а также постоянно установленные на подвижных медицинских установках, не предназначенные для работы при перевозках или на ходу;  
 5 - перевозимые, а также постоянно установленные на подвижных медицинских установках, предназначенные для работы при перевозках или на ходу, подвижные медицинские установки.

***Изделием*** называют предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению в организации (на предприятии) по конструкторской документации. Изделиями могут быть: устройства, средства, аппараты, приспособления, оборудование, установки, завершенные и незавершенные предметы производства, в том числе заготовки. Изделия подразделяют на виды по признакам классификации: конструктивно-функциональным, назначению, разработке, структуре и стандартизации. Рассмотрим более подробно классификацию изделий по конструктивно-функциональным признакам (рис. 2.1).

  
Рисунок 2.1 - Классификация изделий

***Заготовка*** - изделие или полуфабрикат, предназначенный для дальнейшей обработки с целью получения готовой детали.   
 ***Деталь*** - изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. например: валик из одного куска металла; литой корпус; пластина из биметаллического листа.  
 ***Сборочная единица*** - изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, и т.п.), например: осциллограф, станок, телефонный аппарат.   
 ***Комплекс*** - два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Каждое из этих специфицированных изделий, входящих в комплекс, служит для выполнения одной или нескольких основных функций, установленных для всего комплекса, например: автоматическая телефонная станция, бурильная установка; пусковой установки и средств управления. В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, могут входить детали, сборочные единицы и комплекты, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например: детали и сборочные единицы, предназначенные для монтажа комплекса на месте его эксплуатации.  
 ***Комплект*** - два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры. Изготовление изделий на машиностроительных предприяти­ях осуществляется в результате производственного процесса.   
 Виды и структура изделий по конструктивно-функциональным характеристикам представлена на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 - Виды и структура изделий по конструктивно-функциональным характеристикам

Устанавливаются следующие виды изделий по назначению: изделие основного производства и изделие вспомогательного производства. К первому виду относят изделия, предназначенные для поставки (реализации) в качестве товарной продукции. Например, измерительный прибор, измерительный инструмент и т.д. Ко второму - изделия, предназначенные для нужд предприятия, изготовившего его (нетоварное изделие). Например инструмент и приспособления изготавливаемые на предприятии и необходимые для изготовления измерительных приборов и измерительного инструмента.   
 Устанавливаются следующие виды изделий по разработке:   
 - изделие собственного производства - изделие, которое изготавливают на данном предприятии по КД, разработанной им же.   
 - покупное изделие - изделие, изготовленное по КД предприятия-поставщика, приобретаемое предприятием в готовом виде с эксплуатационной документацией.  
 - кооперированное изделие - изделие, получаемое предприятием в готовом виде и изготовленное сторонними организациями по его КД.   
 - заимствованное изделие - изделие, которое применяют в другом изделии по ранее разработанной КД данным предприятием.   
 Устанавливаются следующие виды изделий по структуре: специфицированное изделие и неспецифицированное изделие. Первые изделия состоят из двух или более составных частей, в отличие от вторых – не имеющих составных частей.   
 По уровню стандартизации различают следующие виды изделий: оригинальное изделие, унифицированное изделие, стандартное изделие.   
 Оригинальное изделие - изделие, примененное в конструкторской документации только одного изделия.   
 Унифицированное изделие - изделие, примененное в конструкторской документации нескольких изделий.   
 Стандартное изделие - изделие, примененное по стандарту, полностью и однозначно определяющему его конструкцию, показатели качества, методы контроля, правила приемки и поставки.

**2.3. Порядок выполнения работы:**

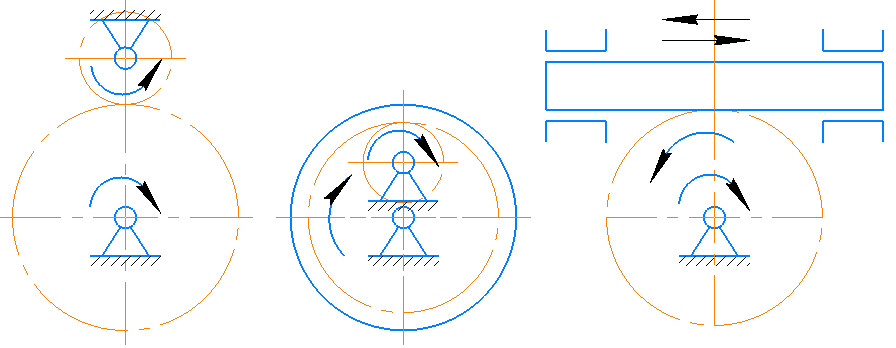
1. Ознакомиться с теоретическими положениями.   
2. Ознакомиться с конструкцией приборов в лаборатории.   
3. Получить прибор медицинского назначения у преподавателя, паспорт и иную документацию.   
4. Выявить основные детали и сборочные единицы изделия, произвести их эскизирование.   
5.Описать функциональное назначение изделий.   
6.Оформить отчет.

**2.4. Содержание отчета**1. Цель работы.  
2. Основные теоретические положения.  
3.Основные данные и эскизы, полученные в результате выполнения работы.   
4. Выводы по работе.

**2.5. Контрольные вопросы**1. Какие виды изделий медицинской техники существуют?   
2. Как классифицируются изделия по конструктивно-функциональному признаку?  
3. Как классифицируются изделия по назначению?  
4. Как классифицируются изделия по признаку разработки?  
5. Как классифицируются изделия по признаку стандартизации?

***Лабораторная работа №3.  
Расчет и конструирование цилиндрических зубчатых передач***

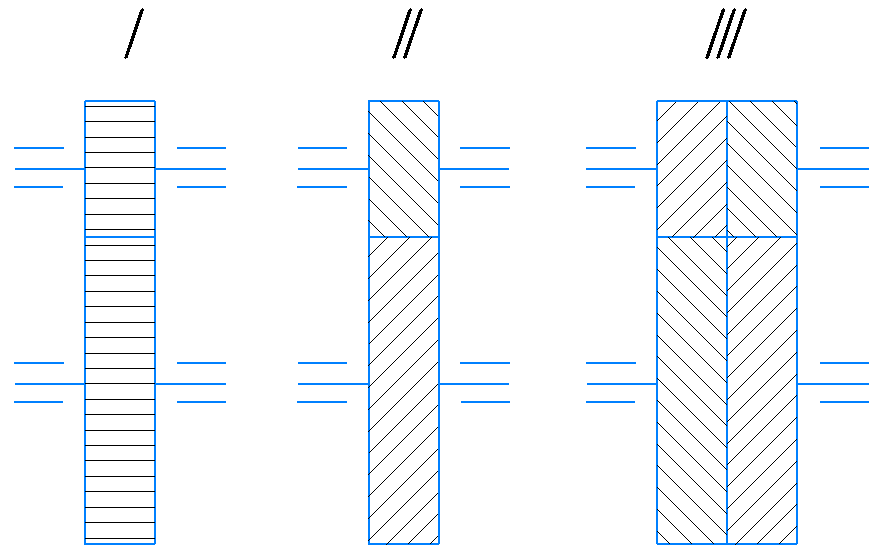
**3.1.Цель работы**: получение теоретических знаний и практических навыков расчета и конструирования цилиндрических зубчатых передач, в том числе с применением современных САПР, разработки конструкторской документации.  
 **3.2. Основные теоретические сведения.** Цилиндрические зубчатые передачи нашли широкое применение в приборостроении. В зависимости от вида зацепления зубьев колес передача может быть внешней, внутренней и реечной (рис.3.1).



а) б) в)

Рисунок 3.1 – Виды зацеплений зубчатых колес:   
а – внешнее; б – внутреннее; в - реечное

По расположению зубьев относительно образующей обода колеса, последние подразделяются на прямозубые, косозубые (рис.3.2).

****

а) б) в)

Рисунок 3.2 – Конструкция цилиндрических колес: а – прямозубые; б – косозубые; в - шевронные

Зубчатые передачи в зависимости от конструктивного исполнения корпуса могут быть открытыми и закрытыми. В зависимости от величины передаваемого крутящего момента зубчатые передачи разделяют на силовые, приборные и отсчетные. По ГОСТ 1643-81 зубчатые передачи разделены на 12 степеней точности. В приборах применяются передачи 3-7-й степени точности. Зубчатые передачи используются как для понижения (редукции), так и для повышения угловой скорости двигателя до требуемой угловой скорости рабочего звена. Первые называются редукторами, а вторые - мультипликаторами. Основные размеры зубчатой передачи представлены на рисунке 3.3.

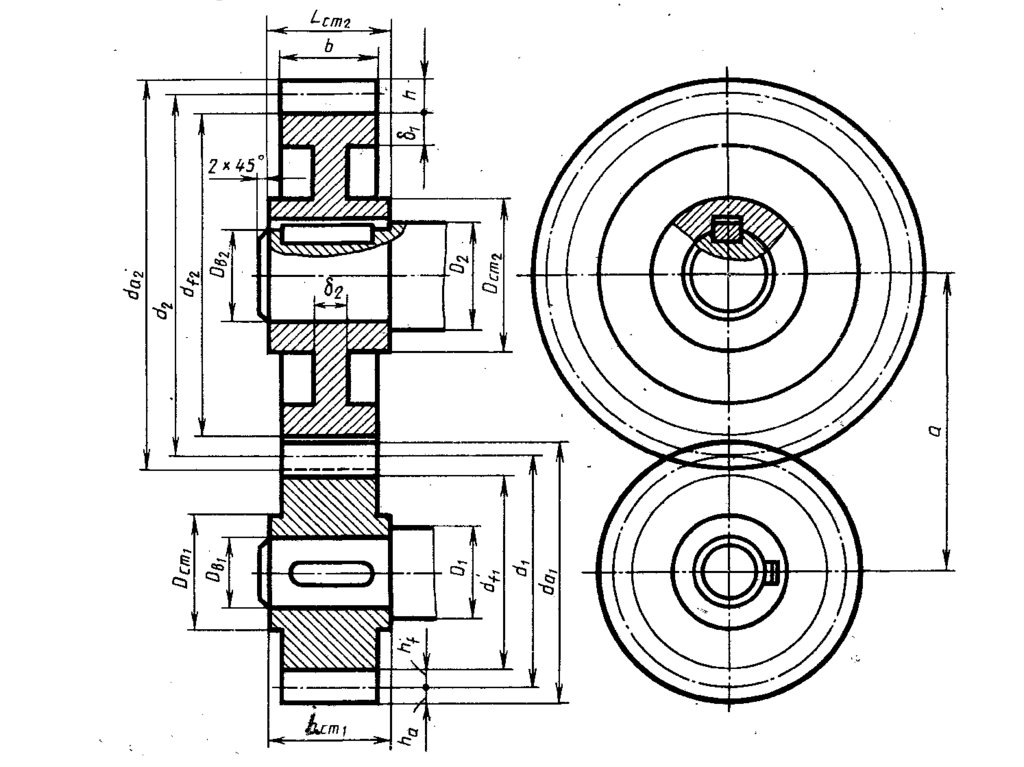


Рисунок 3.3 – Размеры зубчатой цилиндрической передачи

В приборах редукторы позволяют осуществлять малые и точные перемещения шкал и элементов настройки. В измерительных приборах посредством мультипликаторов «расширяют шкалы», чтобы производить измерения с высокой точностью. Зубчатые передачи обладают существенными достоинствами: малыми размерами при передаче значительной мощности, высоким к. п. д., большой долговечностью и надежностью, постоянством передаточного числа (при круглых колесах); простотой эксплуатации; возможностью применения в широком диапазоне мощностей, скоростей и передаточных отношений. К недостаткам зубчатых передач можно отнести: необходимость высокой точности изготовления; шум при больших окружных скоростях.  
 Выбор материала колес производится с учетом обеспечения необходимой износостойкости поверхностных слоев зубьев и прочности их на изгиб. Наиболее часто колеса изготавливаются из качественных конструкционных сталей марок 35, 40, 45, 50 и 50Г и легированных сталей 40Х, 45ХН. Для повышения стойкости зубьев против заедания рекомендуется применять разные материалы для колеса и шестерни. Так как последняя делает больше оборотов, то ее зубья должны быть тверже (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Материалы цилиндрических зубчатых колес

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Окружная скорость, м/с | Степень точности | Ra, мкм | Материал | |
| Шестерня | Колесо |
| До 30 | 5-6 | 0,32-0,63 | Ст. 20Х Ст. 15Х Ст. 45 Ст. 15 | Ст. 15Х Ст. 50, 55 БрАЖ9-4 Текстолит ТПК/ Пластмассы |
| До 15 | 5-6 | 0,63-1,25 | Ст. 15Х Ст. 55 Ст. 45 | Ст. 50, 55 Ст. 45, 50 Бронза БрАЖ9-4 |
| До 6 | 7-8 | 0,63-2,5 | Ст. 55 Ст. 45 | Ст. 45 Ст. 35 |
| До 3 | 7-8 | 1,25-2,5 | Ст.45 Ст.35 Ст.15 | Ст.35 Ст.15 Ал. сплав Д16Т |
| Менее 1 | 8-9 | 40-80 | Ст.15 Ст.15/ Ст.35 | Ал. сплав Д16Т Латунь ЛС59-1 |

Для уменьшения потерь на трение и повышения к. п. д. в приборах применяются колеса из бронзы БрОФЮ-1, БрАЖ9-4, БрАМц 9-2, работающие в паре со стальными колесами. Часто из бронзы изготавливается только венец колеса. Для уменьшения шума и вибраций зубчатые колеса выполняются из текстолита, лигнофоля, капрона, нейлона и других полиамидов, которые работают в паре с металлическими колесами.   
 Зубчатые передачи, применяющиеся в приборах, весьма разнообразны по назначению, условиям работы, материалу и конструктивному выполнению. В связи с этим зубчатые колеса имеют различные размеры, форму и материал. На рис. 13 показаны примеры конструкций зубчатых колес приборных механизмов. Размеры колес рекомендуется брать в соответствии с указаниями ГОСТ 13733-68 и справочной литературы.   
 Для уменьшения массы и момента инерции колес в них делают отверстия и выточки. Крепление пластмассовых венцов к стальным дискам колес

осуществляют винтами или заклепками. Колеса с В < 6 мм и d > 60 мм часто изготавливают составленными из ступицы и диска, прикрепленного к ней винтами, заклепками, посредством прессовой посадки или развальцовки (рис.3.4, б). Если диаметр окружности впадин шестерни df мало отличается от диаметра вала D, то шестерню и вал изготавливают за одно целое.

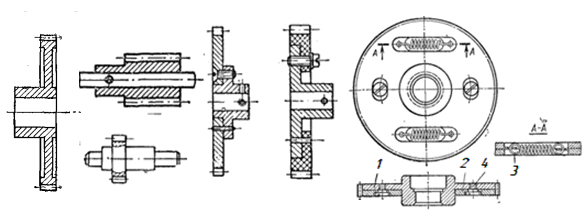
  
 а) б) в)

Рисунок 3.4 – Конструкция цилиндрических зубчатых колес:   
а – цельных; б – сборных; в – с люфтовыбирающим механизмом

Необходимо стремиться к безлюфтовому зацеплению зубчатой передачи, что достигается регулированием межосевых расстояний, подбором зубчатых пар и применением составных зубчатых колес. Пример конструкции составного колеса, при помощи которого можно устранить боковые зазоры в зацеплении, показан на рис. 3.4, в. Два зубчатых колеса 1 и 2 имеющих одинаковые зубчатые венцы, соединены при помощи специальных винтов 4, допускающих взаимное вращательное смещение колес вокруг центра в пределах овальных отверстий. Однако колесо 1 жестко закрепляют на валу, в другое 2 надевают свободно на ступицу первого колеса. При соединении с ведомым зубчатым колесом части составного колеса смещают на несколько шагов, растягивая пружину3. Под действием пружины зубья частей составного колеса прижимаются к разноименным профилям зубьев ведомого колеса и образуют с ним беззазорное зацепление. Момент, создаваемый натяжением пружины, должен быть несколько больше, чем вращающий момент, передаваемый составным зубчатым колесом.  
 Расчет цилиндрических зубчатых передач с эвольвентным внешним зацеплением регламентируется ГОСТ 16532-70. Исходными данными для расчета геометрии являются: число зубьев колеса z2 и шестерни z1, модуль m, передаточное отношение U1, частота вращения валовn1,n2, крутящий момент на валах Т1, Т2, угол наклона зубьев β и параметры исходного контура. Принципиальная схема расчета представлена на рис.3.5.

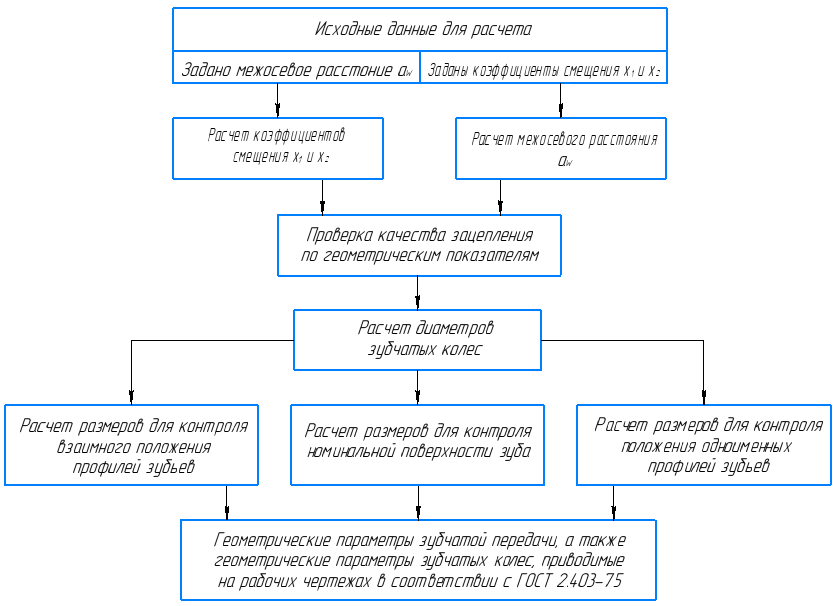


Рисунок 3.5 – Принципиальная схема расчета геометрии цилиндрической зубчатой передачи

Расчет удобно выполнить с помощью модуля «Валы и механические передачи» программы Компас. Для этого необходимо выполнить следующие действия:  
 1. Запустить программу Компас   
 2. Создать чертеж. Вкладка «Файл»-«Создать» выбрать чертеж. Установить формат листа – А3.   
 3. Открыть модуль «Валы и механические передачи». Для этого нужно открыть вкладку «Приложения»- выбрать «Валы и механические передачи 2 D»-«основное меню» - «Построение модели» (рис.3.6);

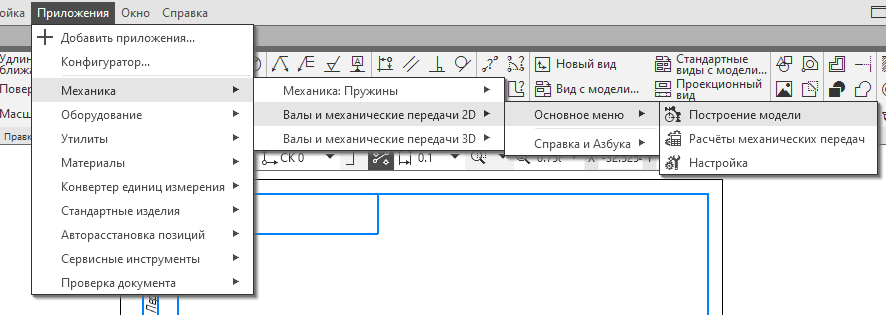


Рисунок 3.6 – Окно программы Компас

4. В открывшемся окне выбрать «Новая модель» и нажать «В разрезе» (рис.3.7). Выбрать расположение модели на листе.

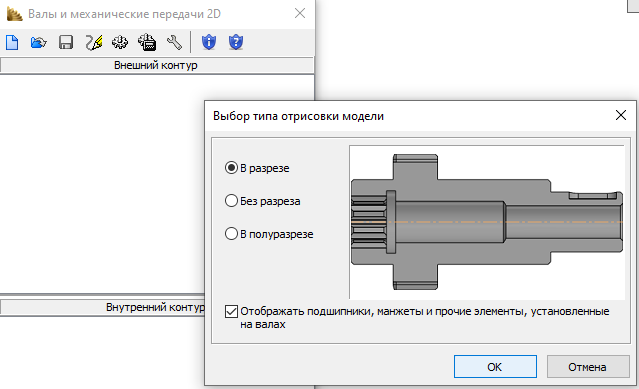


Рисунок 3.7 – Окно программы Компас

5. Открыть вкладку «Элементы механических передач», выбрать «Шестерни и зубчатые рейки»-«Цилиндрическая шестерня с внешним зацеплением». В всплывшем окне нажать «Запуск расчета».   
 6. В открывшемся окне выбрать «Геометрический расчет».   
 7. Выбрать вид расчета по «межосевому расстоянию» или «по коэффициентам смещения». Далее описание расчета будет осуществляться для первого варианта расчета.   
 8.Назначить значения исходных параметров: z1, z2 = z1 · U1, модуль передачи m, угол наклона зубьев β, направление линии зуба ведущего колеса, параметры исходного контура. Если он стандартный, то параметры менять не следует. Ширину зубчатого венца можно принять используя коэффициент ψm =b/m.Для приборных механизмов принимают ψm = 5-12 для прямозубых колес и ψm = 5-25 для косозубых колес. Далее необходимо рассчитать межосевое расстояние.  
 9. Перейти во вкладку «Страница 2» и выбрать степень точности колес.   
 10. Нажать «Расчет» (рис.3.8). Если контролируемые, измерительные критерии и критерии качества зацепления в норме, расчет окончен.

Если эти параметры отличны от нормы, следует перейти во вкладку «Страница 1» и изменить исходные параметры. С помощью кнопок, расположенных слева можно отобразить результаты расчета, сохранить их и отобразить визуализацию зацепления.   
 11. Нажать кнопку «Возврат в главное окно».   
 12. В открывшемся окне выбрать «Расчет на прочность».   
 13.Выбрать вариант схемы расположения передачи относительно подшипниковых опор. Далее назначить материал колес и ввести значения Tmax = 1,5T1, n1 (рис.3.9).   
 14. Нажать кнопку «Расчет». Убедиться, что контактные напряжения и напряжение изгиба меньше допустимых. Сохранить результаты расчетов. Если условие выполняется расчет окончен.

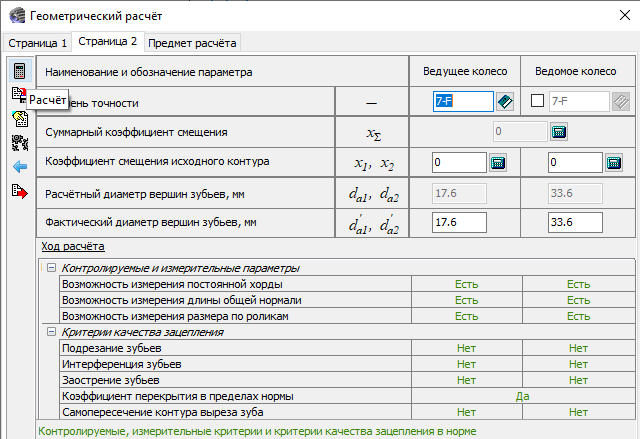


Рисунок 3.8 – Окно программы Компас

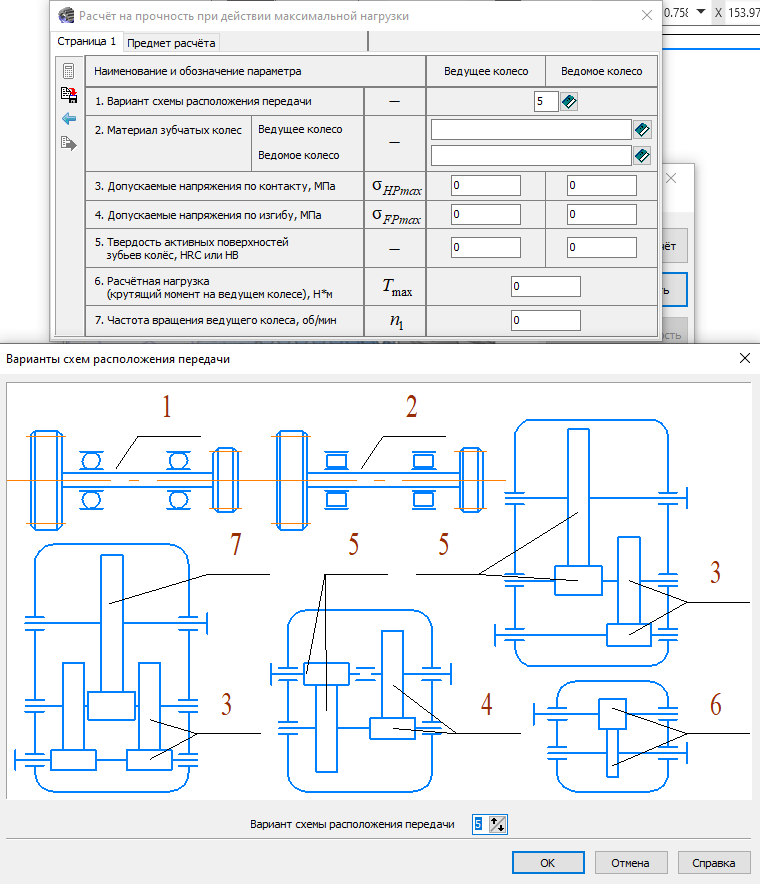


Рисунок 3.9 – Окно программы Компас

15. Нажать кнопку «Возврат в главное окно».   
 16. В открывшемся окне выбрать «Расчет на долговечность».   
 17. В открывшемся окне вести значение планируемого ресурса работы Lp.

18. Нажать кнопку «Расчет». Если полученные параметры удовлетворяют требованиям, расчет окончен.   
 19. Нажать кнопку «Возврат в главное окно».   
 20. Закрыть главное окно.   
 21. Выбрать параметры фасок, скруглений и затыловки конструируемого колеса, класс поля допуска на диаметр вершин и нажать кнопку «ok». Таким образом, будет получена наружная геометрия зубчатого колеса. Для того что бы по полученным данным разработать конструкцию шестерни необходимо нажать кнопку «выбор объекта построения». Для каждой из двух деталей назначаются соответствующие конструктивные элементы, соответственно целесообразно создать копию файла для шестерни.   
 Далее необходимо определить силы, действующие в зацеплении передачи. Если не учитывать силы трения, то действующие на зубья прямозубой передачи силы Fn можно разложить на составляющие: окружную Ft и радиальную Fr силы. В косозубой передаче действует дополнительно осевая сила Fx (рис.3.10) Их значения равны:

Ft = T2/0,5 d2; Fr = Ft tgα/ Cosβ Fx = Ft tgβ (3.1)

Ft1 = Ft2; Fr1 = Fr2; Fx1 = Fx2;

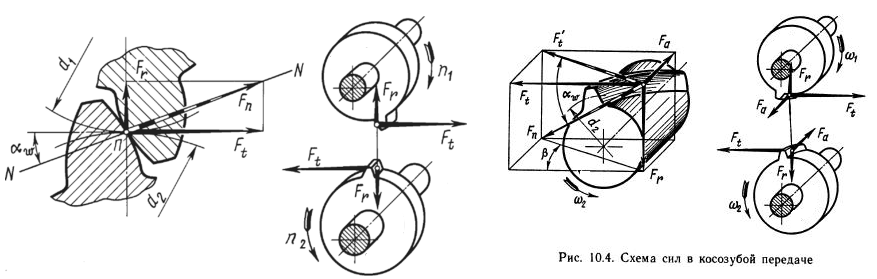


Рисунок 3.10 – Силы, действующие в зацеплении цилиндрических зубчатых колес

Далее необходимо разработать конструкцию зубчатых колес. Определить способ крепления на валу и рассчитать при необходимости параметры соединения. Ориентировочные размеры цельных колес (рис.3.11) можно определить по зависимостям:

Dcт2 = (1,6-1,8) Dв2; h+δ1 = (5-8) m; (3.2)  
δ2 = (0,3-0,5) b; Lст2 = (1,5-2) Dв2;

Наиболее распространенный способ фиксации зубчатых колес на валах с помощью штифтов. Соединение нагружено крутящим моментом T Материалом для цилиндрических и конических штифтов обычно служат стали марок 45, 50,

У8А или У10А. Исходя из условия прочности штифта на срез, при допустимом напряжении [τ]ср = 50-80 МПа, диаметр штифта можно определить по формуле:

 (3.3)

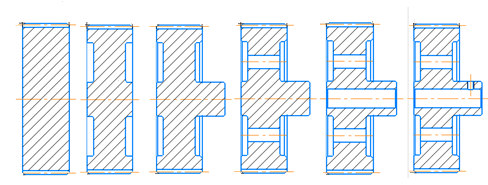
Для выполнения ориентировочного расчета вала необходимо знать только величину крутящего момента, передаваемого валом. Наименьший диаметр вала равен (из расчета на чистое кручение):

 (3.4)

где Т– крутящий момент, Нмм;   
 [τ] – допускаемое напряжение на кручение, МПа, рекомендуется принимать [τ]= 15…25 МПа.

Полученное значение диаметра вала необходимо округлить до ближайшего большего значения по нормальному ряду диаметров (по ГОСТ 8032): 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 53, 56, 60, 63, 67, 70, 75, 80, 90, 100, 105, 110, 115, 120, 130, 140, 150, 160…

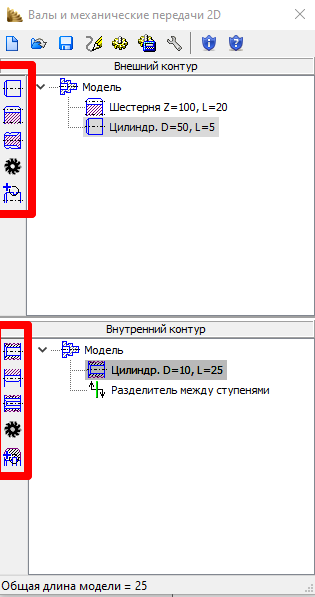
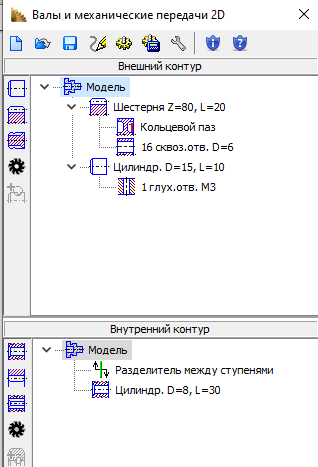
Получить окончательную конструкцию колеса, включающей посадочное отверстие и все необходимые конструктивные элементы: фаски, отверстия, кольцевые пазы и т.д. можно так же с помощью программы Компас. Ниже представлена последовательность разработки конструкции колеса, представленной на рис. 3.11.



а) б) в) г) д) е)

Рисунок 3.11 – Последовательность конструирования зубчатого колеса: а – геометрия колеса после расчета; б – добавление кольцевых пазов; в – увеличение длины ступицы; г – добавление отверстий; д - добавление посадочного отверстия; е – добавление отверстия под винт;

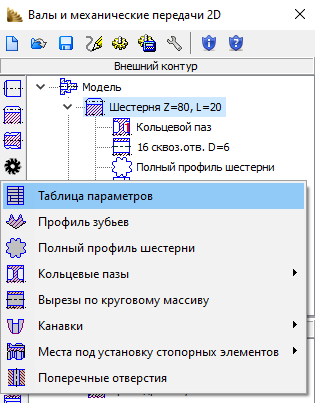
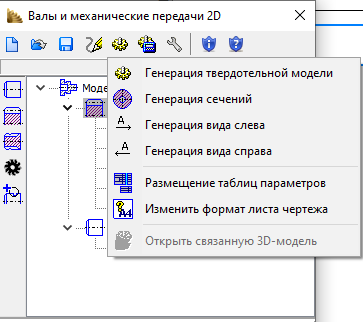
Добавление конструктивных элементов производится с помощью кнопок, расположенных в левой части меню (рис.3.12, а). В верхней части находятся элементы для внешнего контура, а в нижней для внутреннего.

а) б)

Рисунок 3.12 – Окно программы Компас: а – расположение кнопок меню;   
б – структура внутренних и внешних контуров зубчатого колеса

Добавление элементов необходимо производить последовательно. При этом назначаются размеры, например диаметр и длина цилиндрической ступени и расположение относительно геометрии шестерни и других элементов (справа или слева). В результате будет получена структура изделия, характеризующаяся взаимосвязанными конструктивными элементами внешнего и внутреннего контура детали (рис. 3.12, б).   
 Содержимое вкладки «Дополнительные построения» (рис. 3.13,а) позволяет производить построение профиля зуба колеса, его полный профиль, а так же выводить таблицу с данными по ГОСТ 2.403 -75.   
 Вкладка «Дополнительные построения и действия» (рис.3.13, б) позволяет создавать виды и сечения детали. Кроме того возможно получение твердотельной модели колеса с помощью вкладки «генерация твердотельной модели».

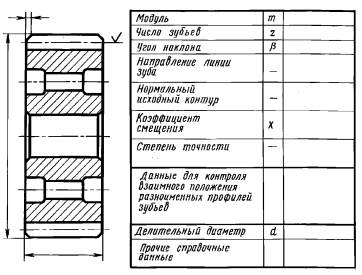
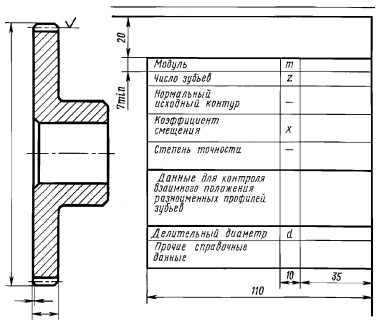
 

а) б)

Рисунок 3.13 – Окно программы Компас: а – содержимое вкладки Дополнительные построения»; б - содержимое вкладки «Дополнительные построения и действия»

Чертежи зубчатых колес оформляются в соответствии с ГОСТ 2.109 - 73 и ГОСТ 2.403 -75. Рассмотрим некоторые требования к таким чертежам:

1. На изображении зубчатого колеса должны быть указаны: диаметр вершин зубьев, ширина венца, размеры фасок или радиусы кривизны линий притупления на кромках зубьев, шероховатость боковых поверхностей зубьев.   
 2. На чертеже зубчатого колеса должна быть помещена таблица параметров зубчатого венца (рис.3.14).



а) б)

Рисунок 3.14 - Пример выполнения таблицы данных для цилиндрического зубчатого колеса: а – прямозубого; б - косозубого

Она должна состоять из трех частей, которые должны быть отделены друг от друга сплошными основными линиями:   
 -первая часть — основные данные;   
 - вторая часть — данные для контроля;   
 - третья часть — справочные данные.

В первой части таблицы параметров должны быть приведены:   
 - модуль m;   
 - число зубьев z;   
 - угол наклона линии зуба β для косозубых и шевронных зубчатых колес.  
 - направление линии косого зуба - надписью «Правое» или «Левое», для шевронных колес - надписью «Шевронное».   
 -нормальный исходный контур. Если является стандартным указывается ссылка на соответствующий стандарт. Для нестандартного указываются конкретные параметры. Если он не может быть определен стандартными параметрами, то на чертеже должно быть приведено его изображение с необходимыми размерами.   
 - коэффициент смещения хс соответствующим знаком. При отсутствии смещения следует проставлять 0.   
 - степень точности и вид сопряжения по нормам бокового зазора по соответствующему стандарту и обозначение этого стандарта.

Во второй части таблицы параметров венца должны быть приведены данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев по одному из следующих вариантов: постоянная хорда зуба  и высота до постоянной хорды ; длина общей нормали W; толщина по хорде зуба  и высота до хорды ; торцовый размер по роликам (шарикам) М и диаметр ролика (шарика) D. Если исходный контур колеса не стандартный, то приводят данные для контроля по нормам: кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев в передаче, бокового зазора.   
 В третьей части таблицы параметров венца должны быть приведены: делительный диаметр d, при необходимости - прочие справочные данные, например:размеры для контроля торцового профиля зуба, основной диаметр de и т.д.

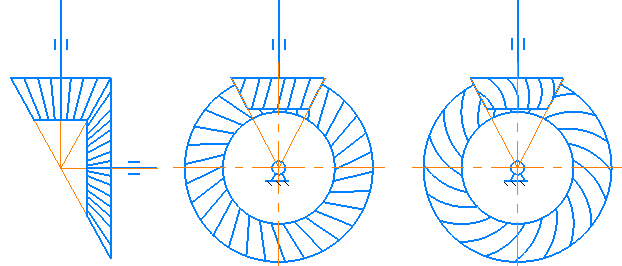
**3.3. Порядок выполнения работы:**1. Ознакомиться с теоретическими положениями.   
2. Ознакомиться с конструкцией приборов в лаборатории.   
3. Получить значения исодных данные для расчета у преподавателя.   
5.Произвести расчетыдля цилиндрической зубчатой передачи: геометрии, долговечности, прочности. Разработать конструкцию зубчатых колес, рассчитать параметры соединения с валом. Разработать чертежи зубчатых колес.   
6.Оформить отчет.

**3.4. Содержание отчета**1. Цель работы.  
2. Основные теоретические положения.  
4.Основные данные и чертежи, полученные в результате выполнения работы.   
5. Выводы по работе.

**3.5. Контрольные вопросы**1. Разновидности цилиндрических зубчатых колес   
2.Какие материалы используют для изготовления зубчатых колес?  
3. Какие исходные данные требуются для расчета цилиндрической зубчатой передачи?  
4. Какова последовательность расчета цилиндрической зубчатой передачи?  
5. Какие требования предъявляются к оформлению чертежей цилиндрических зубчатых колес?

***Лабораторная работа №4.  
Расчет и конструирование конических зубчатых передач***

**4.1.Цель работы**: получение теоретических знаний и практических навыков расчета и конструирования конических зубчатых передач, в том числе с применением современных САПР, разработки конструкторской документации.  
 **4.2. Основные теоретические сведения.** Конические зубчатые передачи нашли широкое применение в приборостроении. По расположению зубьев относительно образующей обода колеса, различают передачи прямозубые, косозубые, и с криволинейными или круговыми зубьями (рис.4.1). Основные размеры зубчатой передачи представлены на рисунке 4.2.



а) б) в)

Рисунок 4.1 – Конструкция конических колес:   
а – прямозубые; б – косозубые; в - круговые

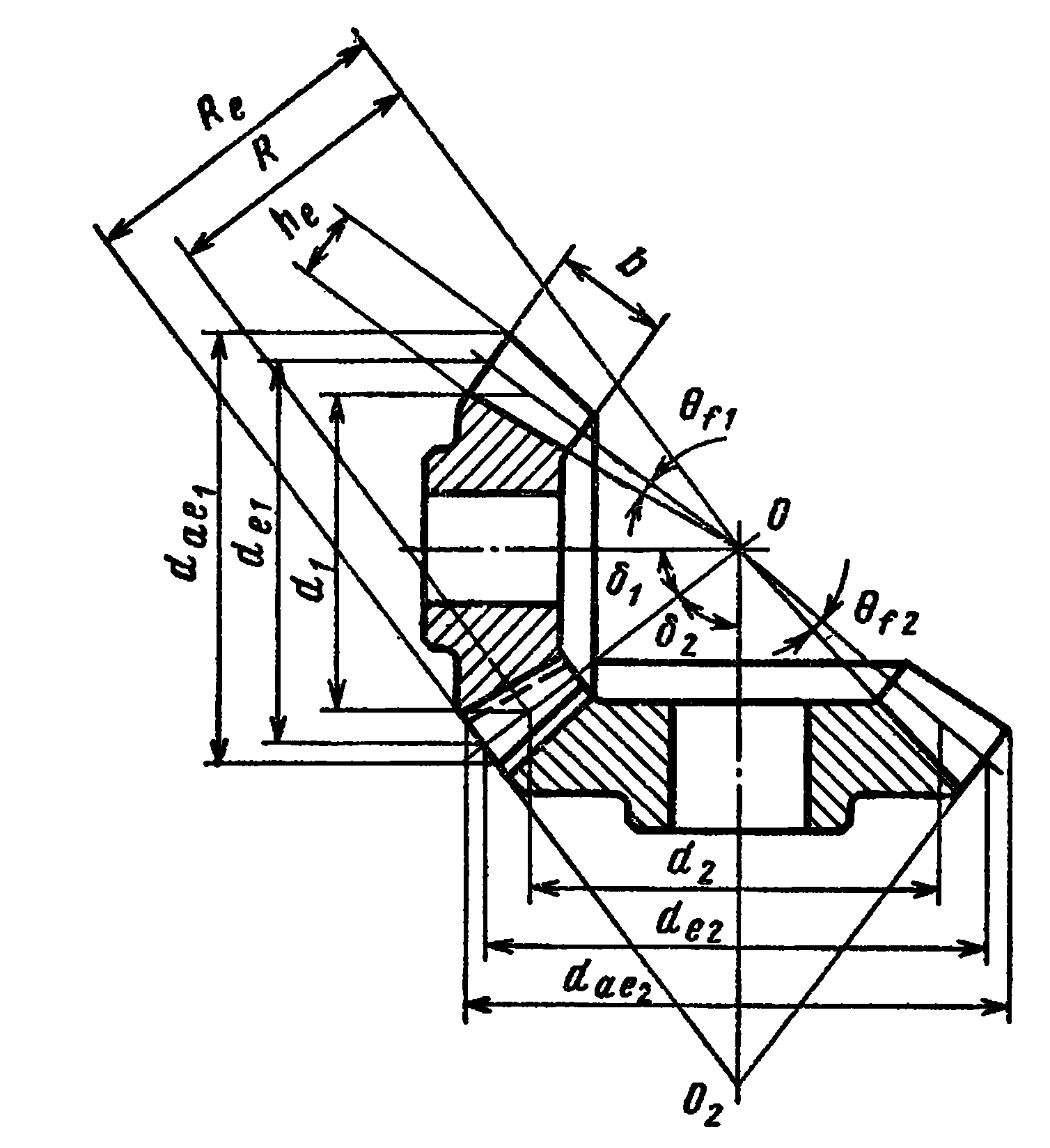


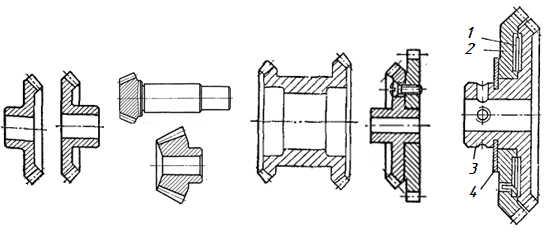
Рисунок 4.2 – Основные размеры конической зубчатой передачи

Выбор материалов для изготовления конических колес производится аналогично цилиндрическим передачам (табл.4.1).

Таблица 4.1 – Материалы цилиндрических зубчатых колес

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Окружная скорость, м/с | Степень точности | Ra, мкм | Материал | |
| Шестерня | Колесо |
| До 3 | 7-8 | 1,25-2,5 | Ст.45 Ст.35 Ст.15 | Ст.35 Ст.15 Ал. сплав Д16Т |
| Менее 1 | 8-9 | 40-80 | Ст.15 Ст.15/ Ст.35 | Ал. сплав Д16Т Латунь ЛС59-1 |

Примеры конструкций конических колес представлены на рис. 26. В зависимости от размеров колеса могут быть выполнены цельными, чаще всего с проточками и отверстиями для снижения массы (рис.4.3, а). Конические шестерни выполняются съемными и в виде валов-шестерней. Комбинированные колеса изготавливаются в виде блоков (рис.4.3, б) и могут быть цельными или составными. Конструкция колеса с люфтовыбирателем (рис.4.3, в) аналогична конструкции цилиндрического колеса с люфтовыбирателем.

****

а) б) в)

Рисунок 4.3 – Конструкция конических зубчатых колес а) цельные; б) комбинированные в) с люфтовыбирателем: 1 – пружина; 2 – левая половина колеса; 3 – правая половина колеса; 4 – прижимная шайба.

Расчет конических зубчатых передач с прямым зубом регламентируется ГОСТ 19624- 74. Исходными данными для расчета геометрии являются: число зубьев колеса z2 и шестерни z1, внешний окружной модуль me, передаточное

отношение U1, частота вращения валов n1, n2, крутящий момент на валах Т1, Т2, межосевой угол Σ и параметры исходного контура. Принципиальная схема расчета представлена на рис.4.4.

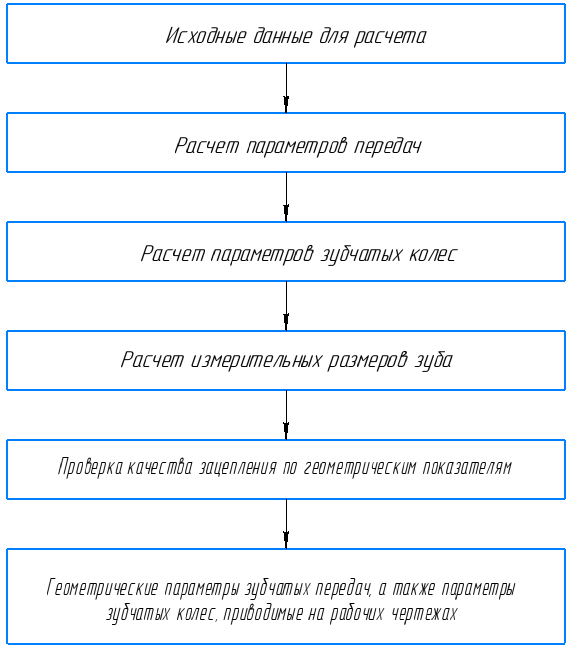
****

Рисунок 4.4 - Принципиальная схема расчета геометрии конической зубчатой передачи

Понижающие конические зубчатые передачи могут выполняться с передаточными числами от 1 до 10. Предпочтительными к применению являются передаточные числа от 1 до 6,3 по ряду Ra 10 ГОСТ 8032—56. Для передач с параметрами по ГОСТ 12289-66 это требование является обязательным. Повышающие передачи не рекомендуется выполнять с передаточными числами, превышающими 3,15. Модуль me рекомендуется выбирать по ГОСТ 9563—60.  
 Расчет удобно выполнить с помощью модуля «Валы и механические передачи» программы Компас. Для этого необходимо выполнить следующие действия:  
 1. Запустить программу Компас   
 2. Создать чертеж. Вкладка «Файл»-«Создать» выбрать чертеж. Установить формат листа – А3.   
 3. Открыть модуль «Валы и механические передачи». Для этого нужно открыть вкладку «Приложения»- выбрать «Валы и механические передачи 2 D»-«основное меню» - «Построение модели»;   
 4. В открывшемся окне выбрать «Новая модель» и нажать «В разрезе».

Выбрать расположение модели на листе.   
 5. Открыть вкладку «Элементы механических передач», выбрать «Шестерни и зубчатые рейки»-«Коническая шестерня с прямыми зубьями». В всплывшем окне нажать «Запуск расчета».   
 6. В открывшемся окне выбрать «Геометрический расчет».   
 7. Выбрать вид расчета по «внешнему окружному модулю» или «по диаметрам вершин колес». Далее описание расчета будет осуществляться для первого варианта расчета.   
 8. Назначить значения исходных параметров: z1, z2 = z1 · U1, внешний окружной модуль передачи mе, межосевой угол передачи Σ. Далее необходимо рассчитать межосевое расстояние. Если величина ширины зубчатого венца удовлетворяет требованиям, произвести расчет остальных параметров. Если условие не выполняется необходимо изменить ранее введенные данные.  
 9. Перейти во вкладку «Страница 2» и выбрать степень точности колес.   
 10. Выбрать степень точности зубчатой передачи.   
 11. Нажать «Расчет» (рис.4.5). Если условия выполняются, расчет окончен. Если не выполняются, необходимо перейти на «страница 1» и произвести корректировку исходных данных.

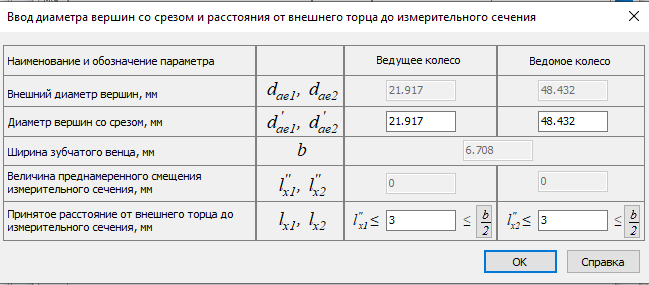
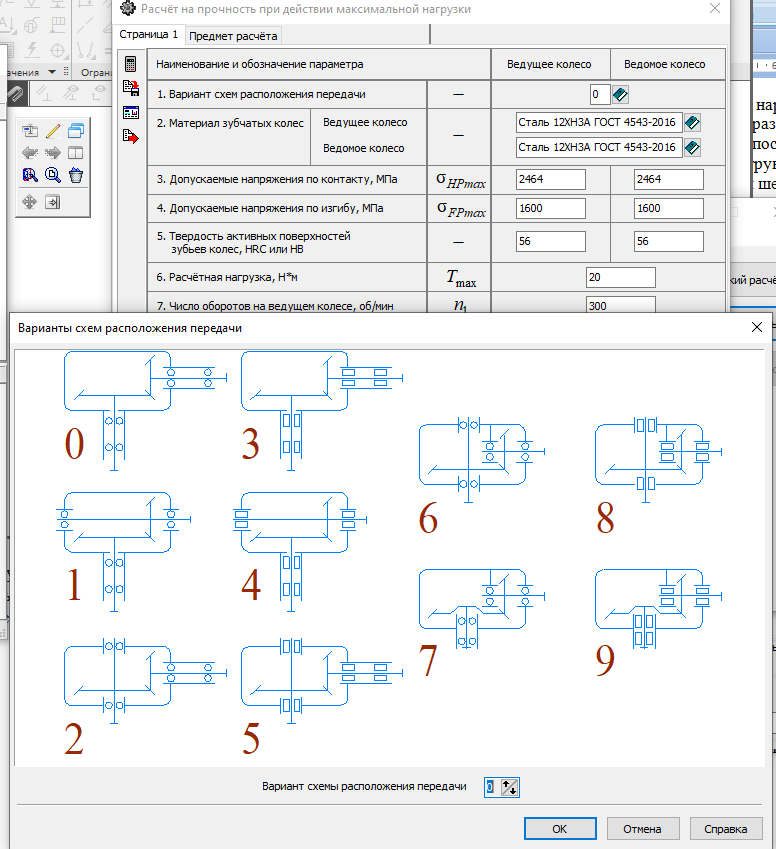
****

Рисунок 4.5 – Окно программы Компас

С помощью кнопок, расположенных слева можно отобразить результаты расчета и сохранить их.   
 12. Нажать кнопку «Возврат в главное окно».   
 13. В открывшемся окне выбрать «Расчет на прочность».   
 14. Выбрать вариант схемы расположения передачи относительно подшипниковых опор. Далее назначить материал колес и ввести значения Tmax = 1,5T1, n1 (рис.4.6).   
 15. Нажать кнопку «Расчет». Убедиться, что контактные напряжения и напряжение изгиба меньше допустимых. Сохранить результаты расчетов. Если условие выполняется расчет окончен.

  
Рисунок 4.6 – Окно программы Компас

16. Нажать кнопку «Возврат в главное окно».   
 17. В открывшемся окне выбрать «Расчет на долговечность».   
 18. В открывшемся окне вести значение планируемого ресурса работы Lp.   
 19. Нажать кнопку «Расчет». Если полученные параметры удовлетворяют требованиям, расчет окончен.   
 21. Выбрать класс поля допуска на диаметр вершин, конструктивные параметры колеса и нажать кнопку «ok». Таким образом, будет получена наружная геометрия зубчатого колеса.   
 Далее необходимо определить силы, действующие в зацеплении передачи. Действующие на зубья конической передачи силы Fn можно разложить на составляющие: окружную Ft и радиальную Fr и осевую силу Fx (рис.4.7) Их значения равны:

Ft2 = T2/0.5 dср2; Fr = Ft tgα Cosδ2 Fx = Ft tgα Sinδ2 (4.1)

|-Ft1 | = Ft2; Fr1 = |-Fx2 |; Fx1 = |-Fr2|;

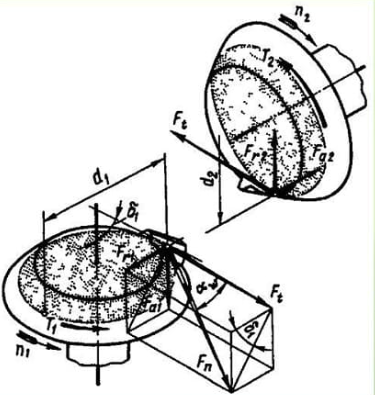
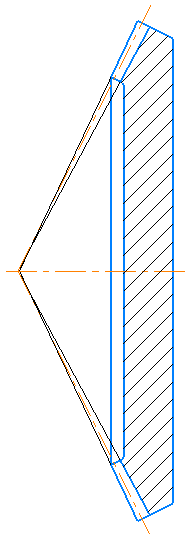
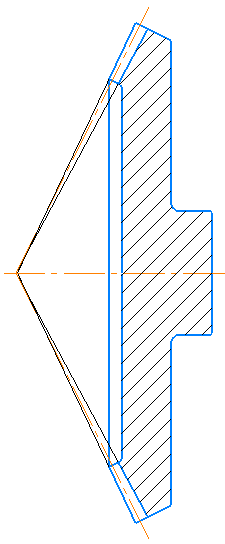
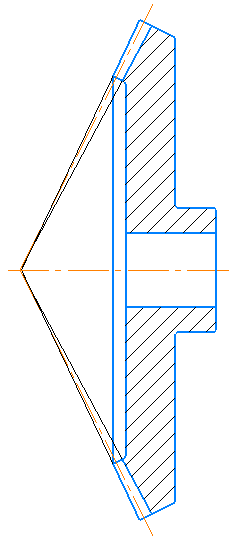
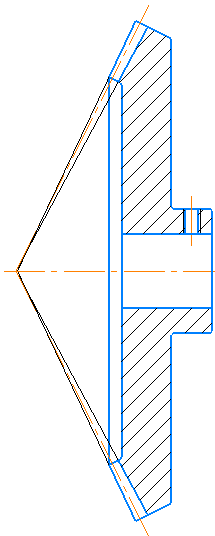


Рисунок 4.7 – Силы в конической прямозубой передаче

Далее необходимо разработать конструкцию зубчатых колес. Алгоритм работ аналогичен, рассмотренному в предыдущей работе. Ниже представлена последовательность разработки конструкции колеса, представленной на рисунке. 4.8.

**   **

а) б) в) г)

Рисунок 4.8 – Последовательность конструирования зубчатого колеса: а – геометрия колеса после расчета; б –увеличение длины ступицы; в – добавление посадочного отверстия; г – добавление отверстия под винт;

Чертежи зубчатых конических колес оформляются в соответствии с ГОСТ 2.109 - 73 и ГОСТ 2.405 -75. Рассмотрим некоторые требования к таким чертежам:  
 1. На изображении конического зубчатого колеса должны быть указаны:внешний диаметр вершин зубьев до притупления кромки, внешний

диаметр вершин зубьев после притупления кромки (при необходимости), расстояние от базовой плоскости до плоскости внешней окружности вершин зубьев, угол конуса вершин зубьев, угол внешнего дополнительного конуса, ширина зубчатого венца, базовое расстояние, размеры фасок или радиусы кривизны линий притупления на кромках зубьев.   
 2.На чертеже зубчатого колеса должна быть помешена таблица параметров зубчатого венца (рис.4.9). Она должна состоять из трех частей, которые должны быть отделены друг отдруга сплошными основными линиями:   
 - первая часть - основные данные;   
 - вторая часть - данные для контроля;   
 - третья часть - справочные данные.

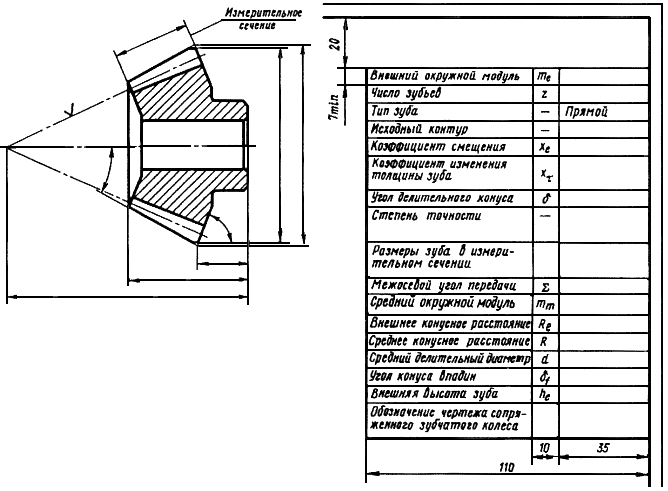


Рисунок 4.9 - Пример выполнения таблицы данных для конического зубчатого колеса

В первой части таблицы должны быть приведены:   
 - внешний окружной модуль me;   
 - число зубьев z;   
 - исходный контур. Для стандартного исходного контура приводится ссылка на стандарт, если он не стандартный, то указанием сечения, к которому относится исходный контур (вид исходного контура), и значениями соответствующих параметров.   
 - значение внешнего окружного коэффициента смещения хе, при отсутствии смещения следует поставить 0.   
 - коэффициент изменения толщины зуба xt с соответствующим знаком. При отсутствии изменения расчетной толщины следует проставлять 0;   
 - угол делительного конуса d;   
 - степень точности и вид сопряжения по нормам бокового зазора по соответствующему стандарту и обозначение этого стандарта.   
 Во второй части таблицы параметров должны быть приведеныразмеры зуба в измерительном сечении:   
 - толщина зуба по хорде  или постоянная хорда ;   
 - высота до хорды  или до постоянной хорды .

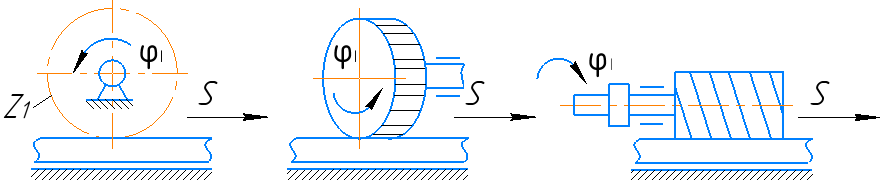
Для зубчатого колеса с нестандартным исходным контуром должны быть приведены данные для контроля по нормам: кинематической точности; плавности работы: контакта зубьев в передаче; бокового зазора.   
 В третьей части таблицы параметров должны быть приведены: межосевой угол передачи S, средний окружной модуль mm, внешнее конусное расстояние Re, среднее конусное расстояние R, средний делительный диаметр d, угол конуса впадин df, внешняя высота зуба he.   
 **4.3. Порядок выполнения работы:**1. Ознакомиться с теоретическими положениями.   
2. Ознакомиться с конструкцией приборов в лаборатории.   
3. Получить значения исодных данные для расчета у преподавателя.   
5.Произвести расчеты для конической зубчатой передачи: геометрии, долговечности, прочности. Разработать конструкцию зубчатых колес, рассчитать параметры соединения с валом. Разработать чертежи зубчатых колес.   
6.Оформить отчет.

**4.4. Содержание отчета**1. Цель работы.  
2. Основные теоретические положения.  
4.Основные данные и чертежи, полученные в результате выполнения работы.   
5. Выводы по работе.

**4.5. Контрольные вопросы**1. Разновидности конических зубчатых колес   
2. Какие материалы используют для изготовления конических колес?   
3. Какие исходные данные требуются для расчета конической зубчатой передачи?   
4. Какова последовательность расчета конической зубчатой передачи?   
5. Какие требования предъявляются к оформлению чертежей конических зубчатых колес?

***Лабораторная работа №5.  
Расчет и конструирование реечной цилиндрической передачи***

**5.1.Цель работы**: получение теоретических знаний и практических навыков расчета и конструирования реечных цилиндрических передач, в том числе с применением современных САПР, разработки конструкторской документации.   
 **5.2. Основные теоретические сведения.** Для преобразования вращательного движения в прямолинейное поступательное и наоборот, а также для изменения направления и скорости поступательного движения звеньев используются реечно-зубчатые механизмы, состоящие из стойки, зубчатых реек и зубчатых колес. Примеры схем таких механизмов приведены на рисунке 5.1.



а) б) в)

Рисунок 5.1 - Схемы реечных передач: а – цилиндрических; б – червячных;

Реечные цилиндрические зубчатые передачи чаще всего реализуются схемами, представленными на рис.5.1, а. В первом случае ось вращения колеса перпендикулярна рейке. Во втором случае ось вращения колеса находится под определенным углом к ней. Они могут выполняться как прямозубыми, так и с наклоном зубьев. Реечно-червячные передачи (рис.5.1, б) отличаются более низким кпд по сравнению с реечно-цилиндрическими и используются реже.  
 Кинематические зависимости между перемещением рейки S и углом поворота колеса φ1 в радианах для реечно-цилиндрических передач имеют вид:

S = z1pt φ1 /2π (5.1)

где pt – торцевой шаг колеса;

pt = π m /Cosβ (5.2)

где m – модуль передачи;   
 β – угол наклона зубьев на делительном цилиндре;

Расчет зубьев колес и реек производится аналогично цилиндрическим зубчатым передачам. Для изготовления колес и реек используют те же материалы, что и для производства зубчатых передач.

Для расчета реечной цилиндрической передачи можно воспользоваться модулем «Валы и механические передачи» программы Компас. Для этого необходимо выполнить следующие действия:   
 1. Запустить программу Компас   
 2. Создать чертеж. Вкладка «Файл»-«Создать» выбрать чертеж. Установить формат листа – А3.   
 3. Открыть модуль «Валы и механические передачи». Для этого нужно открыть вкладку «Приложения»- выбрать «Валы и механические передачи 2 D»-«основное меню» - «Построение модели»;   
 4. В открывшемся окне выбрать «Новая модель» и нажать «В разрезе». Выбрать расположение модели на листе.   
 5. Открыть вкладку «Элементы механических передач», выбрать «Шестерни и зубчатые рейки»-«Зубчатая рейка». В всплывшем окне нажать «Запуск расчета». 6. В открывшемся окне выбрать «Геометрический расчет».   
 7. Назначить значения исходных параметров: z1, модуль передачи m, угол наклона зубьев на делительном цилиндре β, направление линии зуба ведущего колеса при наличии угла наклона, параметры исходного контура, ширину рейки и венца зубчатого колеса и длину нарезаемой части рейки,. Рассчитать коэффициент смещения исходного контура. Остальные данные выбрать из стандартного ряда (рис. 5.2).   
 8. Перейти во вкладку «Страница 2» и выбрать степень точности колес.   
 9. Выбрать степень точности зубчатой передачи.   
 10. Нажать «Расчет». Если условия выполняются, расчет окончен. Если не выполняются, необходимо перейти на «Страница 1» и произвести корректировку исходных данных. С помощью кнопок, расположенных слева можно отобразить результаты расчета и сохранить их.   
 11. Нажать кнопку «Возврат в главное окно».   
 12. В открывшемся окне выбрать «Расчет на прочность».   
 13. Выбрать материалы для колеса и рейки и ввести значения Tmax = 1,2T1, n1.   
 14.Нажать кнопку «Расчет». Убедиться, что контактные напряжения и напряжение изгиба меньше допустимых. Сохранить результаты расчетов. Если условие выполняется расчет окончен.   
 15. Нажать кнопку «Возврат в главное окно».   
 16. В открывшемся окне выбрать «Расчет на долговечность».

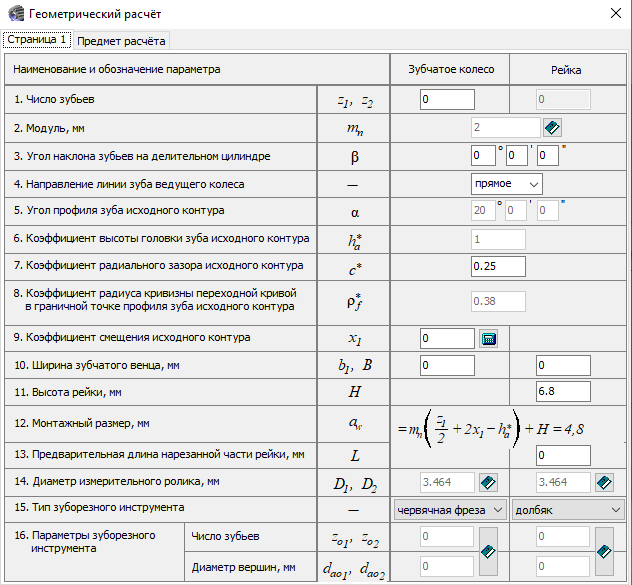


Рисунок 5.2 – Окно программы Компас

17. В открывшемся окне вести значение планируемого ресурса работы Lp.   
 18. Нажать кнопку «Расчет». Если полученные параметры удовлетворяют требованиям, расчет окончен.   
 19. Закрыть главное окно.

В появившемся окне можно произвести выбор типа и параметров захода нарезаемой части справа и слева относительно длины рейки. Кроме того возможен выбор сечения рейки и ее конструктивных параметров (рис.5.3).

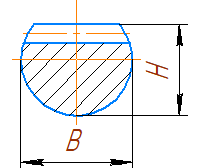
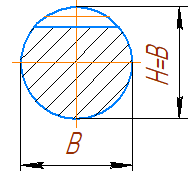
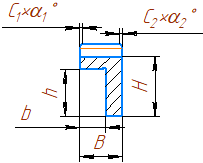
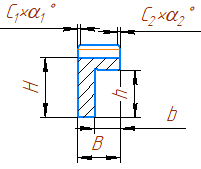
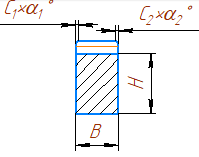
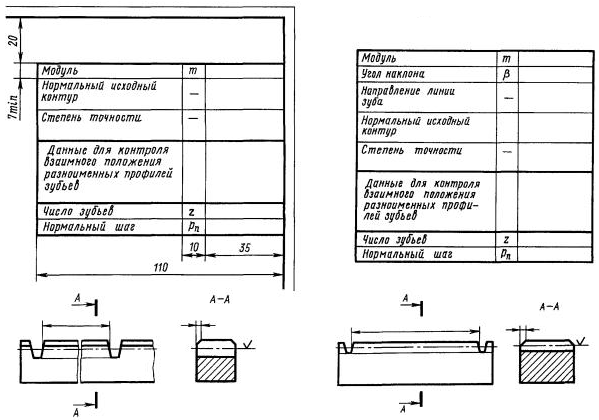


Рисунок 5.3 – Типы сечения рейки и ее конструктивные параметры

20. После выбора соответствующих параметров нажать кнопку «ok». Таким образом будет получена наружная геометрия зубчатой рейки.

Чертежи зубчатых реек оформляются в соответствии с ГОСТ 2.109 - 73 и ГОСТ 2.404 -75. Рассмотрим некоторые требования к таким чертежам:   
 1. На изображении зубчатой рейки должны быть указаны:длина нарезанной части рейки, размеры фасок или радиусы кривизны линии притупления на кромках зубьев, шероховатость боковых поверхностей зубьев.  
 2. На чертеже зубчатой рейки должна быть помещена таблица параметров зубчатого венца рейки (рис.36).



а) б)

Рисунок 5.4 – Таблица параметров зубчатого венца рейки:   
а – прямозубой; б - косозубой

Таблица параметров должна состоять из трех частей, которые должны быть отделены друг отдруга сплошными основными линиями:   
 первая часть - основные данные;   
 вторая часть - данные для контроля;   
 третья часть - справочные данные.   
 В первой части таблицы параметров должны быть приведены:  
 - модуль m;   
 - угол наклона линии зуба β косых зубьев;   
 - направление линии зуба косых зубьев - надписью «Правое» и «Левое»;

- нормальный исходный контур. Для стандартного исходного контура приводится ссылка на стандарт, если он не стандартный, то указанием сечения, к которому относится исходный контур (вид исходного контура), и значениями соответствующих параметров.   
 - степень точности и вид сопряжения по нормам бокового зазора по соответствующему стандарту и обозначение этого стандарта.   
 Во второй части таблицы параметров должны быть приведены данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев, например, толщина зуба и измерительная и измерительная высота . На чертеже зубчатой рейки с нестандартным исходным контуром во второй части таблицы параметров должны быть приведены данные для контроля по нормам: кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев в передаче, бокового зазора.   
 В третьей части таблицы параметров должны быть приведены:  
число зубьев рейки z и значение нормального шага pn.

**5.3. Порядок выполнения работы:**1. Ознакомиться с теоретическими положениями.   
2. Ознакомиться с конструкцией приборов в лаборатории.   
3. Получить значения исодных данные для расчета у преподавателя.   
5.Произвести расчеты для реечной цилиндрической передачи: геометрии, долговечности, прочности. Разработать конструкцию зубчатого колеса и рейки. Разработать чертежи изделий.   
6.Оформить отчет.

**5.4. Содержание отчета**1. Цель работы.  
2. Основные теоретические положения.  
4.Основные данные и чертежи, полученные в результате выполнения работы.   
5. Выводы по работе.

**5.5. Контрольные вопросы**1. Разновидности реечных передач   
2. Какие материалы используют для изготовления реечных передач?   
3. Какие исходные данные требуются для расчета реечных передач?   
4. Какова последовательность расчета реечных передач?   
5. Какие требования предъявляются к оформлению чертежей зубчатых реек?

***Лабораторная работа №6.  
Расчет и конструирование винтовых пружин***

**6.1.Цель работы**: ознакомление с видами, конструкцией и параметрамивинтовых пружин, используемых в приборостроении, а так же получение практических навыков их расчета.

**6.2. Основные теоретические сведения.** В приборах в качестве упругих элементов широко используются пружины различной конструкции: винтовые (цилиндрические и конические), призматические, фасонные, спиральные и плоские. По характеру приложения нагрузки различают:   
 - пружины растяжения, воспринимающие продольно-осевую нагрузку, растягивающие пружину (рис. 6.1, б);   
 - пружины сжатия, воспринимающие продольно-осевую нагрузку, сжимающие пружину (рис. 6.1, а);   
 - пружины кручения, воспринимающие нагрузку, действующую в плоскостях, перпендикулярных в оси пружины (рис. 6.1, г);   
 - пружины работающие на изгиб (рис. 6.1, в, д).

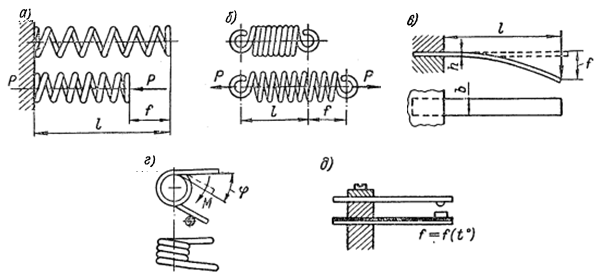


Рисунок 6.1 – Пружины, используемые в приборостроении: а – сжатия; б – растяжения; в – плоская; г – кручения; д - биметаллическая;

По назначению пружины можно разделить на три группы.

1. Силовые пружины. Энергия, запасенная во время предварительной деформации этих пружин, используется для приведения в движение или возврата в исходное положение подвижных систем механизмов и для силового замыкания кинематических пар.   
 2. Измерительные пружины. Эти пружины используются в различных измерительных приборах для создания противодействующих сил и моментов. По величине деформации судят о величине действующих на пружину сил или моментов.   
 3 Элементы для упругих связей. Они применяются для виброизоляции механизмов и смягчения толчков путем замены жесткой связи между некоторыми деталями приборов эластичной. К ним относятся пружинные амортизаторы, элементы пружинных и упругих муфт.   
 Главной характеристикой пружин является зависимость между ее деформацией и приложенной нагрузкой или между углом закручивания и моментом пары сил вызывающим деформацию элемента. Эта зависимость может быть выражена функциями f = f(Р) или φ = f(М). Такие характеристики могут быть линейными и не линейными.   
 Жесткость пружины - предел отношения приращения нагрузки ΔР к, приращению прогиба Δf, когда Δf :

 или  (6.1)

При выборе материала пружины необходимо учитывать устойчивость во времени упругих свойств материала готовой пружины (после термообработки), прочность и сопротивление ударным нагрузкам, а также электропроводность, коэффициент расширения, стойкость против коррозии и другие свойства, которые определяются назначением и условиями работы пружины. Размеры сечений, марки и свойства материалов для изготовления пружин регламентируются стандартами и приводятся в справочной литературе.   
 Для изготовления винтовых пружин, которые навиваются в холодном состоянии и не подвергаются закалке, применяется пружинная стальная холоднотянутая углеродистая проволока диаметром от 0,14 до 8 мм. Пружины после навивки подвергаются термообработке. Для изготовления плоских, изогнутых и спиральных пружин (кроме заводных) применяется стальная термообработанная лента толщиной от 0,08 до 1,5 мм и шириной от 1,6 до 80 мм. Широко используются ленты из стали 65Г, У8А и У10А, а для более ответственных пружин — из стали 60С2А и 70С2ХА. Для спиральных заводных пружин применяется нагартованная лента из сталей У8А и У10А и лента из стали 70С2ХА. В тех случаях, когда пружина должна работать в магнитном поле, обладать хорошей электропроводностью или иметь высокую стойкость против коррозии, рекомендуется применять бронзы БрКМцЗ-1, БрОФ6,5-0,15 и БрОЦ4-3, а для ответственных пружин — бериллиевую бронзу БрБ2. Для предохранения от коррозии стальные пружины обычно подвергают кадмированию или цинкованию, а бронзовые - оксидированию или никелированию.   
 Цилиндрические пружины сжатия и растяжения, круглого сечения, изготавливаемые из стали по ГОСТ 13764-68 разделяют на три класса, согласно следующим признакам: вид нагружения (циклический или циклический и статический), выносливость и наличие или отсутствие инерционного соударения витков. Так же различают разряды пружин (рис.6.2)

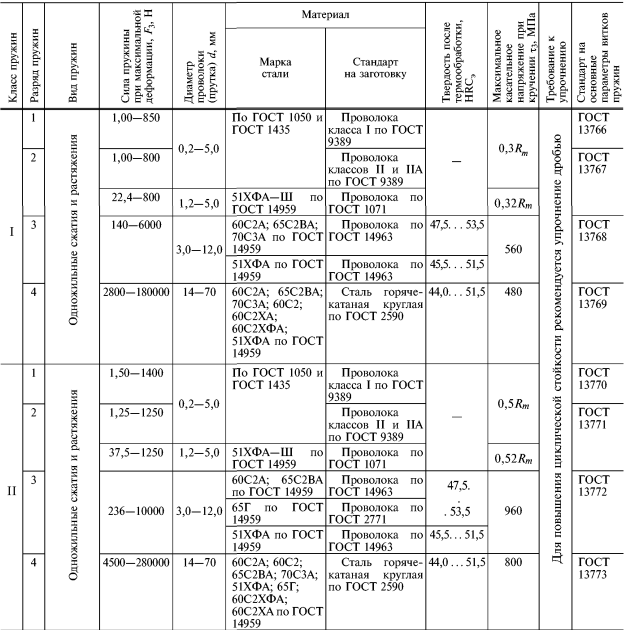
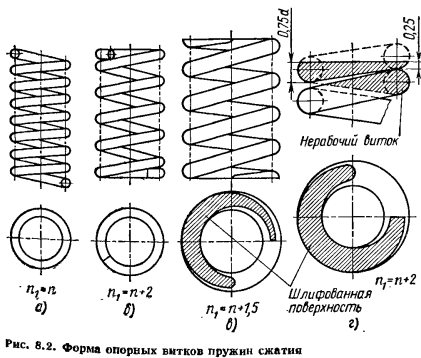


Рисунок 6.2 – Разделение пружин на классы и разряды

Во избежание потери устойчивости, длина пружины сжатия должна быть такой, что бы отношение длины к среднему диаметру пружины было не более 3, т.е. H/D≤3.При большем отношении пружины работают в направляющих или в стакане. В конструкции пружин сжатия предусматривают опорные крайние витки. Для неответственных пружин крайние витки не обрабатываются (рис.6.3, а), но могут быть поджаты (рис.6.3, б). Для обеспечения перпендикулярности опорной плоскости оси пружины ее крайние витки шлифуются (рис.6.3,в). Обычно длину шлифования принимают равной ¾ окружности витка пружины.



а) б) в)

Рисунок 6.3 –Форма опорных витков пружин сжатия: а – без обработки; б – поджатая; в - шлифованная

Форма концов пружин растяжения определяется способом их крепления и может быть различной (рис.6.4). Нередко концы оформляются с целью крепления крючков, пружинодержателей или ввертных пробок.

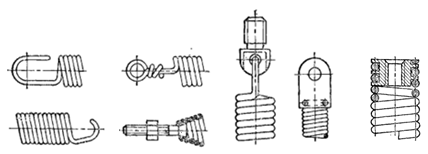


Рисунок 6.4 – Форма концов пружин растяжения

Расчет цилиндрических пружин растяжения и сжатия из стали круглого сечения регламентируется ГОСТ 13765 – 86. Последовательность расчета приведена ниже.

1. Исходными данными для расчета являются:   
 - сила пружины при предварительной деформации,P1;   
 - сила пружины при рабочей деформации, P2;   
 - рабочий ход, h;   
 - выносливость, т.е. число циклов до разрушения, N;   
 -наружный диаметр пружины,D;

Исходные параметры назначаются конструктором или вычисляются по условиям работы узла прибора. Значение наружного диаметра уточняется по ГОСТ 13766-68 и ГОСТ 13767-68.

Параметры, характеризующие размеры и работу пружин приведены на рис.6.5. Кроме размеров в верхней части расположена диаграмма испытаний, на которой показывают зависимость деформации от нагрузки.

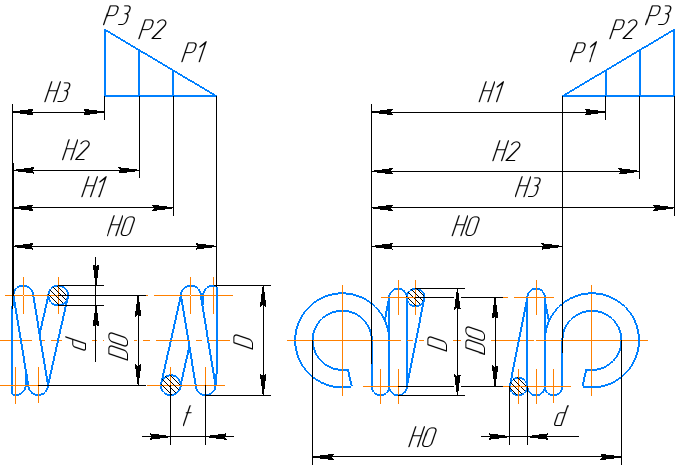


Рисунок 6.5 – Размеры и параметры, характеризующие пружины:   
а – сжатия; б - растяжения

2. Рассчитывается относительный инерционный зазор. Для пружин растяжения служит ограничением максимальной деформации. Для пружин сжатия 1 и 2 классов δ = 0,05-0,25; для пружин растяжения δ = 0,05-0,1; Расчет производят по формуле:

 (6.2)

3. Рассчитывается сила пружины при максимальной деформации F3 и уточняется по ГОСТ 13766-ГОСТ 13776.

 (6.3)

4. Рассчитывается сила предварительного напряжения (при навивке из холоднотянутой и термообработанной проволоки по формуле:

 (6.4)

5. По данным ГОСТ 13766-ГОСТ 13776 выбираются параметры: диаметр проволоки, d и жесткость одного витка пружины c1;   
 6. Определяется максимальная деформация одного витка пружины S3/. При F0 = 0,2S3 выбирается в соответствии с ГОСТ 13766-ГОСТ 13776, при F0> 0 S3// рассчитывается по формуле:

 (6.5)

7. Определяется максимальное касательное напряжение пружины τ3 в соответствии с ГОСТ 13764.   
 8. Определяется критическая скорость пружины сжатия Vk по формуле:

 (6.6)

где G – модуль сдвига. Для пружины из стали G = 7,85 104 МПа.   
  
 9. Рассчитывается динамическая (гравитационная) плотность материала ρ по формуле:

 (6.7)

где g – ускорение свободного падения, м/с2;   
 γ – Удельный вес. Для пружинной стали γ = 8·103 Н/м3   
 10. Рассчитывается жесткость пружины по формуле:

 (6.8)

Для пружин с предварительным напряжением используют формулу:

 (6.9)

11. Рассчитывают число рабочих витков пружины n по формуле:

 (6.10)

12. Рассчитывают число витков пружины, n1 по формуле:

 (6.11)

где n2 – число опорных витков;   
 13. Рассчитывают средний диаметр пружины по формуле:

 (6.12)

14. Рассчитывают индекс пружины i по формуле:

 (6.13)

Рекомендуется принимать значения индекса в пределах i = 4-12.   
 15.Рассчитывают предварительную деформацию пружины S1 по формуле:

 (6.14)

16. Рассчитывают рабочую деформацию пружины S2 по формуле:

 (6.15)

17. Рассчитывают максимальную деформацию пружины S3 по формуле:

 (6.16)

18. Рассчитывают длину пружины при максимальной деформацииl3:

 (6.17)

где n3 — число обработанных витков;

Для пружин растяжения с зацепами используют формулу:

 (6.18)

19. Длина пружины в свободном состоянии используют формулу:

 (6.19)

20. Рассчитывают длину пружины растяжения без зацепов в свободном состоянии l0/ по формуле:

 (6.20)

21. Рассчитывают длину пружины при предварительной деформации l1. Для пружин сжатия используют формулу:

 (6.21)

Для пружин растяжения:

 (6.22)

22. Рассчитывают длину пружины при рабочей деформации l2. Для пружин сжатия используют формулу:

 (6.23)

Для пружин растяжения:

 (6.24)

23. Рассчитывают шаг пружины в свободном состоянии t. Для пружин сжатия используют формулу:

 (6.25)

Для пружин растяжения принимают t = d.

24. Рассчитывают напряжение в пружине при предварительной деформации τ1 по формуле:

 (6.26)

25. Рассчитывают напряжение в пружине при рабочей деформации τ2 по формуле:

 (6.27)

26. Рассчитывают коэффициент, учитывающий кривизну витка пружины K по формуле:

 (6.28)

27. Рассчитывают длину развернутой пружины (для пружин растяжения – без зацепов) l по формуле:

 (6.29)

28. Рассчитывают массу пружины (для пружин растяжения – без зацепов) m по формуле:

 (6.30)

29. Рассчитывают объем занимаемый пружиной (для пружин растяжения – без зацепов) V по формуле:

 (6.31)

30. Рассчитывают внутренний диаметр пружины D2 по формуле:

 (6.32)

31. Рассчитывают максимальную энергию, накапливаемую пружиной Для пружин без предварительного напряжения используют формулу:

 (6.33)

Для пружин растяжения с предварительным напряжением:

 (6.34)

Для расчета пружин можно воспользоваться модулем «Механика: пружины» программы Компас. Для этого необходимо выполнить следующие действия:   
 1. Запустить программу Компас   
 2.Открыть вкладку «Приложения»-«Механика: пружины»-«Пружины сжатия» (рис.6.6).

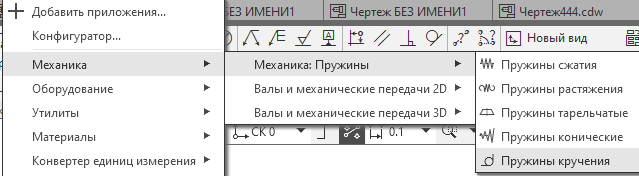


Рисунок 6.6 – Окно программы Компас

3. В открывшемся окне выбрать «Проектный расчет»-«Расчет по формулам»-«ГОСТ 13765-86 Пружины из стали круглого сечения». Программа так же позволяет производить подбор пружин по таблицам.

4. В открывшемся окне последовательно выбрать класс и разряд пружины, вид нагружения, материал, усилия при предварительной и рабочей деформации F1, F2 и рабочий ход h. Отметить наличие или отсутствие направляющих элементов (рис. 6.7).

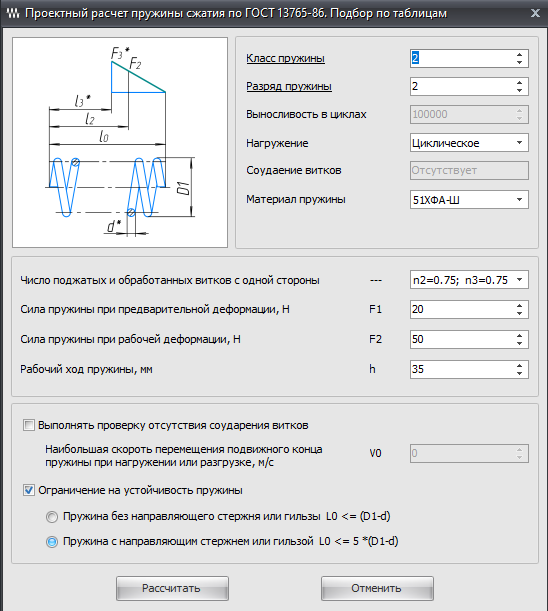


Рисунок 6.7 – Окно программы Компас

5. Нажать кнопку «Рассчитать».   
 6. В появившемся окне представлены возможные варианты исполнения пружин. С правой стороны (рис. 6.8) расположены кнопки, которые позволяют подробно ознакомиться с параметрами конкретной пружины, сохранить результаты, вывести диаграмму, экспортировать результаты в программу EXCEL, произвести выбор конкретного варианта пружины или отменить результаты расчета.

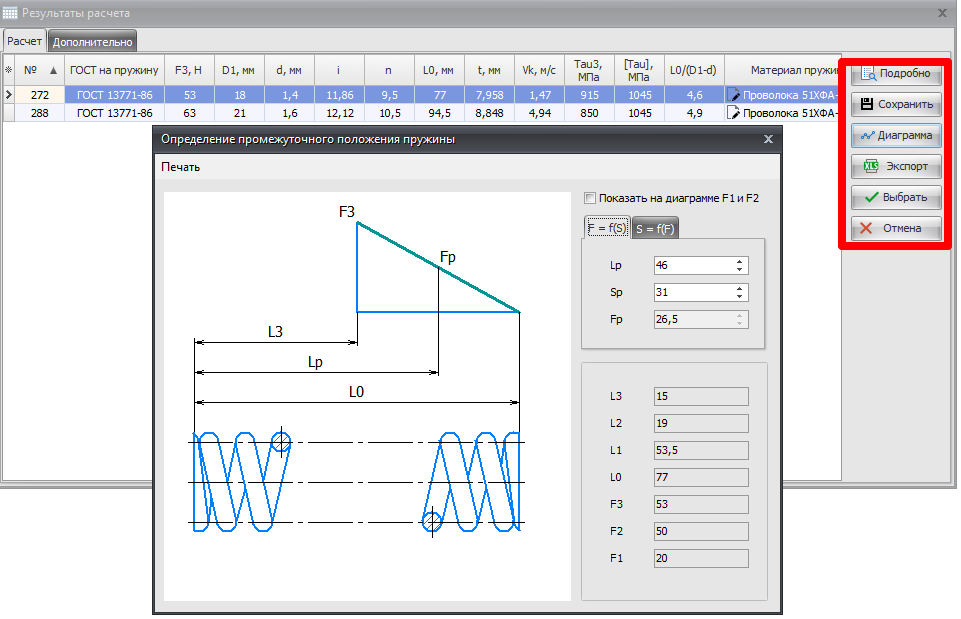


Рисунок 6.8 – Окно программы Компас

7. Нажать кнопку «Выбрать» после определения рационального варианта пружины.

8. В открывшемся окне во вкладке «Результаты расчета» можно ознакомиться с результатами расчета, диаграммой. Вкладка «Построение» позволяет получить чертеж или твердотельную модель рассчитанной пружины.  
 9. Нажать «Построение»-«Трехмерная модель». В результате получена твердотельную модель рассчитанной пружины.   
 10. Нажать «Построение»-«Плоский чертеж». В открывшемся окне выбрать направление навивки – «Правое». Отметить пункты «Отрисовка размеров» и «Отрисовка диаграммы» и нажать кнопку «Параметры размеров и диаграммы». В открывшемся окне (рис. 6.9) при необходимости произвести корректировку параметров.  
 11. Нажать кнопку «ok». В открывшемся окне появиться изображение пружины с диаграммой. Технические требования и материал будут присутствовать на листе.

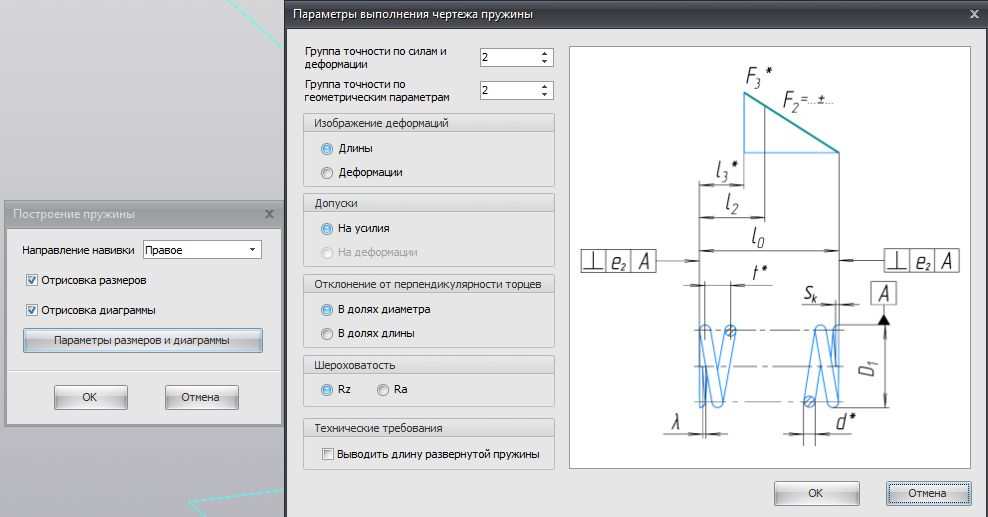


Рисунок 6.9 – Окно программы Компас

Расчет пружин растяжения аналогичен рассмотренному. Меню, рассмотренное в п. 10 позволяет дополнительно назначать тип и размеры зацепов (рис. 6.10).   
 Чертежи пружин оформляются в соответствии с ГОСТ 2.109 - 73 и ГОСТ 2.401-68. Рассмотрим некоторые требования к таким чертежам:   
 1. Винтовые пружины сжатия и растяжения должны быть изображены с правым направлением навивки. Левое направление навивки должно быть указано в технических требованиях.   
 2. На рабочем чертеже пружины с контролируемыми силовыми параметрами помещают диаграмму испытаний, на которой показывают зависимость нагрузки от деформации или деформации от нагрузки (рис.6.11).

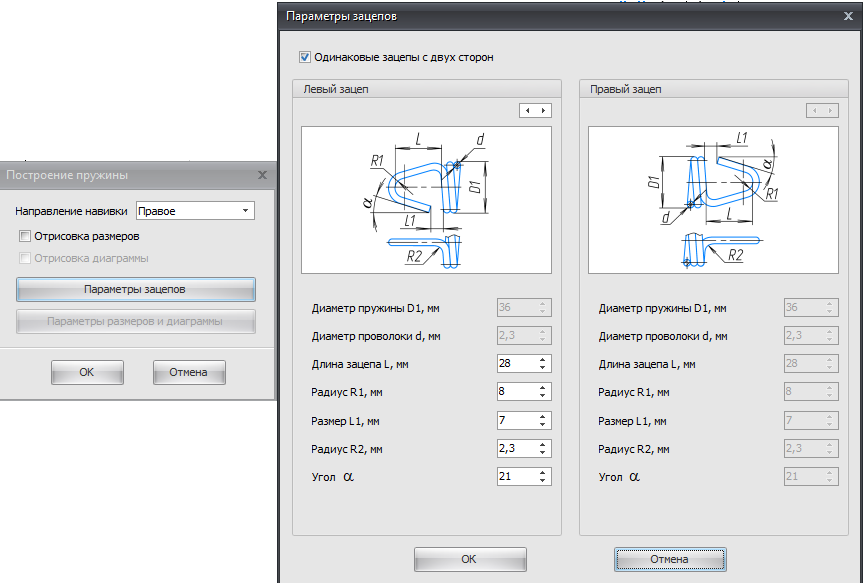


Рисунок 6.10 – Окно программы Компас

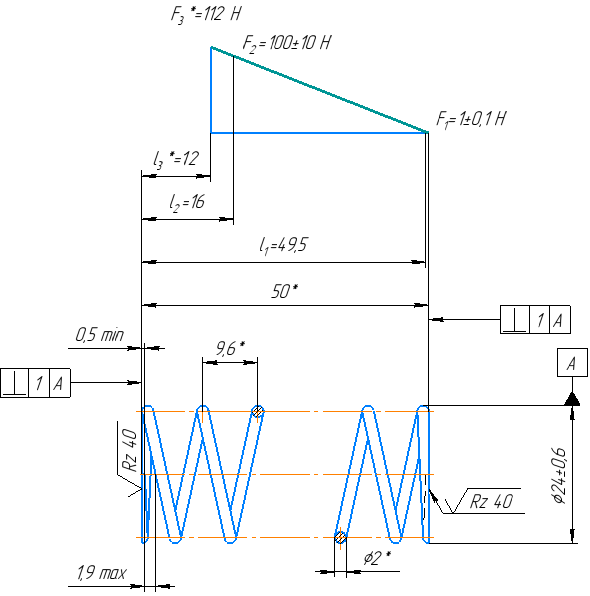


Рисунок 6.11 - Пример изображения пружины на рабочем чертеже

3. Если заданным параметром является длина (высота) или деформация (линейная или угловая), то указывают предельные отклонения нагрузки - силы или момента. Если заданным параметром является нагрузка, то указывают предельные отклонения длины (высоты) или деформации.   
 4. Если для характеристики пружины достаточно задать только один исходный и зависимый от него параметр (например, F2 и S2; φ2 и М2), то допускается диаграмму на чертеже не приводить, а указать эти параметры в технических требованиях.   
 5. На чертеже пружины указывают диаметр пружины (наружный или внутренний) с предельными отклонениями.   
 6. Сортамент материала пружины, полностью определяющий размеры и предельные отклонения поперечного сечения, указывают в графе «Материал» основной надписи чертежа.   
 7. Допускается технические требования сводить в таблицу.

**6.3. Порядок выполнения работы:**1. Ознакомиться с теоретическими положениями.   
2. Ознакомиться с конструкцией приборов в лаборатории, в которых используются пружины.   
3. Получить исходные данные для расчета у преподавателя.   
4. Произвести расчет пружин растяжения и сжатия. Разработать чертежи деталей.   
5.Оформить отчет.

**6.4. Содержание отчета**1. Цель работы.  
2. Основные теоретические положения.  
3.Основные данные и чертежи, полученные в результате выполнения работы.   
4. Выводы по работе.

**6.5. Контрольные вопросы**1. Какие существуют виды пружин?   
2. Какие параметры характеризуют конструкцию пружин?   
3. Какие особенности формления концов пружин растяжения и сжатия вы знаете?   
4. Какая последовательность расчета пружин?   
5. Перечислите основные требования к чертежам пружин.

***Лабораторная работа №7***

***Расчет и конструирование пружин кручения***

**7.1.Цель работы**: ознакомление с видами, конструкцией и параметрами пружин кручения, используемых в приборостроении, а так же получение практических навыков их расчета.   
 **7.2. Основные теоретические сведения.** Пружины кручения применяются для создания противодействующего крутящего момента М при закручивании свободного конца пружины на угол α (рис.7.1).

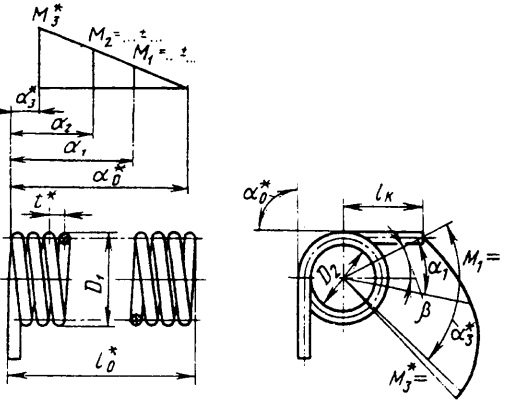


Рисунок 7.1 – Конструкция пружины кручения и диаграмма испытаний

Материал таких пружин в основном испытывает напряжения изгиба. Как правило, такие пружины устанавливаются на оправках с зазором, обеспечивающим свободное вращение пружины вокруг оправки. Концы пружин кручения загибаются в зависимости от способа передачи вращающего момента (рис. 7.2). Пружины могут изготавливаться из проволоки круглого или прямоугольного сечения. Наибольшие допустимые углы закручивания пружин [α] определяются из условий устойчивости пружины на изгиб. При числе витков n = 10 [α]≤1200, при n = 30 [α]≤2900

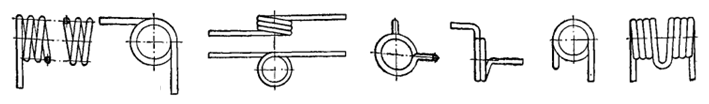


Рисунок 7.2 – Конструкция пружин кручения

Для уменьшения радиального давления, изгибающего оправку, рекомендуется при наибольшем рабочем угле закручивания концы пружины располагать параллельно. Примеры использования пружин показаны на рис. 7.3.

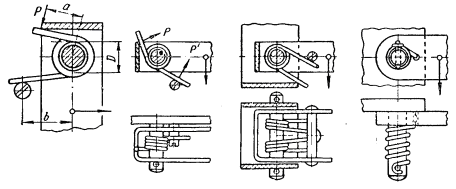


Рисунок 7.3 – Примеры использования пружин кручения

Последовательность расчета пружин кручения представлена ниже. Исходными данными являются: класс и разряд пружины, наибольший крутящий момент М2, наибольший угол закручивания α2 и материал.   
 1. Определяют допустимое напряжение на изгиб по формуле:

 (7.1)

где [τ3] – максимальное касательное напряжение при кручении;

2. Принимают индекс пружины i из соотношения:

 (7.2)

Диаметр проволоки определяется по формуле:

 (7.3)

Значение индекса рекомендуется принимать i ≥5. Чем меньше d, тем больше следует брать i.

3. Рассчитывается коэффициент формы сечения и кривизны витка пружины по формуле:

 (7.4)

4. Рассчитывается средний диаметр по формуле (6.12)   
 5. Рассчитывается наружный диаметр по формуле:

 (7.5)

6. Рассчитывается внутренний диаметр по формуле:

 (7.6)

7. Рассчитывают нормальное напряжение при изгибе под нагрузкой М2:

 (7.7)

8. Рассчитывают число рабочих витков по формуле:

 (7.8)

9. Рассчитывают предельный угол закручивания по формуле:

 (7.9)

10. Рассчитывают наименьшее число витков по формуле:

 (7.10)

11. Рассчитывают наименьший рабочий крутящий момент по формуле:

 (7.11)

12. Рассчитывают наименьший рабочий угол закручивания по формуле:

 (7.12)

13. Принимают зазор между витками δ = 0,1-0,5 мм;   
 14. Рассчитывают высоту пружины по формуле:

 (7.13)

15. Рассчитывают предельно допустимый крутящий момент по формуле:

 (7.14)

16. Рассчитывают шаг пружины по формуле:

*t = d + δ* (7.15)

17. Рассчитывают длину развернутой пружины по формуле:

*L = 3,2 Dn + lприц* (7.16)

где lприц – длина проволоки прицепов;

При не удовлетворительной конструкции пружины, следует повторить расчет с учетом измененного значения индекса пружины.

Для расчета пружин можно воспользоваться модулем «Механика: пружины» программы Компас. Для этого необходимо выполнить следующие действия:   
 1. Запустить программу Компас   
 2.Открыть вкладку «Приложения»-«Механика: пружины»-«Пружины кручения».   
 3. В открывшемся окне выбрать «Проектный расчет»-«Расчет по формулам ОСТ 3-2561-91». Программа так же позволяет производить подбор пружин по таблицам и справочнику Анурьева В.И..

4. В открывшемся окне последовательно выбрать класс и разряд пружины, диаметр пружины D1. Моменты сил при предварительной и рабочей деформации M1 и M2, углы рабочего хода φ2- φ1.   
 5. Нажать кнопку «Рассчитать».   
 6. В появившемся окне выбрать варианты исполнения пружины. Нажать кнопку «Выбрать».   
 7. Нажать «Построение»-«Трехмерная модель». В результате получена твердотельную модель рассчитанной пружины.   
 8. Нажать «Построение»-«Плоский чертеж». В открывшемся окне выбрать направление навивки – «Правое». Отметить пункты «Отрисовка размеров» и «Отрисовка диаграммы» и нажать кнопку «Параметры размеров и диаграммы». В открывшемся окне (рис. 45) при необходимости произвести корректировку параметров.  
 9. Нажать кнопку «ok». В открывшемся окне появиться изображение пружины с диаграммой. Технические требования и материал будут присутствовать на листе.

Требования к чертежам аналогичны рассмотренным для цилиндрических пружин.

**7.3. Порядок выполнения работы:**1. Ознакомиться с теоретическими положениями.   
2. Ознакомиться с конструкцией приборов в лаборатории, в которых используются пружины кручения.   
3. Получить исходные данные для расчета у преподавателя.   
4. Произвести расчет пружины кручения. Разработать чертеж детали.   
5.Оформить отчет.

**7.4. Содержание отчета**1. Цель работы.  
2. Основные теоретические положения.  
3.Основные данные и чертежи, полученные в результате выполнения работы.   
4. Выводы по работе.

**7.5. Контрольные вопросы**1. Какие существуют виды пружин?   
2. Какие параметры характеризуют конструкцию пружин кручения?  
3. Какие особенности формления концов пружин кручения сжатия вы знаете?  
4. Какая последовательность расчета пружин кручения?  
5. Перечислите основные требования к чертежам пружин.

***Лабораторная работа №8.  
Расчет и конструирование винтовой передачи***

**8.1.Цель работы**: ознакомление с методикой теплофизического расчета электронной аппаратуры и приобретение практических навыков его выполнения.   
 **8.2. Основные теоретические сведения.** Винтовая передача позволяет преобразовать вращательное движение винта (гайки) в поступательное перемещение гайки (винта). На практике возможны следующие сочетания:   
 - винт вращается – гайка движется поступательно;   
 - гайка вращается – винт движется поступательно;   
 - винт закреплен неподвижно – гайка вращаясь, движется поступательно; - гайка закреплена неподвижно – винт, вращаясь, движется поступательно.   
 Винты с метрической резьбой применяют в приборах, где нагрузка на винт не велика, трение между винтом и гайкой не имеет существенного значения, а усилия, передаваемые винтом, незначительны. К отсчетным винтам с метрической резьбой предъявляют требования в отношении точности шага и долговечности работы. Винты с трапецеидальной резьбой применяют главным образом в оптико-механических приборах в качестве ходовых винтов, где винтовая пара должна иметь малое трение. Винты изготавливают из стали различных марок, гайки из латуни, бронзы и стали. Винты рассчитанные на малые нагрузки подвергать закалке не обязательно. Основные размеры резьб приведены в стандартах: ГОСТ 24705 – резьба метрическая; ГОСТ 24737-81 – резьба трапецеидальная однозаходная; ГОСТ 24739-81. ГОСТ 24739-81 - резьба трапецеидальная многозаходная. На рис.51 приведены примеры винтовых механизмов.

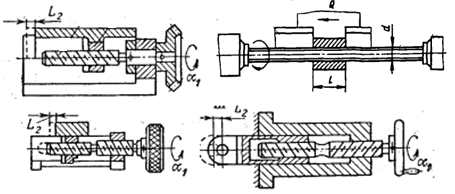


Рисунок 51 – Конструкция винтовых механизмов

Кинематические зависимости винтовых механизмов определяются стандартными параметрами резьбы: наружным d, внутренним d1, средним d2 диаметрами резьбы, углом профиля резьбы 2β, шагом резьбы S, числом заходов z, ходом винтовой линии px = Sz, углом подъема винтовой линии γ и ее направлением (правым или левым) (рис. 52).

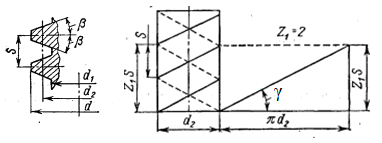


Рисунок 8.2 - Параметры, характеризующие резьбу

Значение γ можно получить из выражения:

 (8.1)

Перемещение гайки L2 относительно стойки при повороте винта на угол  можно определить по формуле:

 (8.2)

Для механизмов (рис.51, б, в) вместо px принимаются значения соответствующих резьб – (px - px/) при px = Sz и px/ = S/z/ соответственно. При разнонаправленной резьбе принимают (px + px/).   
 Коэффициент полезного действия винтовой передачи ղвп определяется по формуле:

 (8.3)

где φ – приведенный угол трения скольжения в резьбе

 (8.4)

где *f* – коэффициент трения, табл. 8.1;

При расчете к.п.д. винтовых механизмов ղ необходимо учитывать к.п.д. подшипников, направляющих и прочих элементов конструкции. Для рассматриваемых механизмов получим:

  (8.5)

где ղп – к.п.д. подшипников; ղп = 0,96 для подшипников скольжения; ղп = 0,99 для подшипников качения;   
 ղн – к.п.д. направляющих гайки, ղн = 0,85-0,95;

Таблица 8.1 – Коэффициент трения и допускаемые удельные давления для различных сочетаний материалов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Материал | Коэффициент трения | | [q], МПа |
| Без смазки | Со смазкой |
| Сталь-чугун | 0,18 | 0,05-0,15 | 2 |
| Сталь-бронза | 0,1 | 0,07-0,1 | 5 |

Винты рассчитывается из условия прочности на растяжение (или сжатие) с учетом кручения. Приведенное напряжение винта можно определить по формуле:

 (8.6)

где Q – нагрузка на винт;  
 F – площадь сечения винта;   
 [σв] – допустимое напряжение;  
d1 – внутренний диаметр резьбы винта;

 (8.7)

где σт – предел текучести материала винта;

 (8.8)

Расчет на износостойкость производится по условию исходя из среднего давления на рабочие поверхности резьбы:

*q = Qpx /πlzd2t2 ≤ [q]* (8.9)

где l – длина гайки, см;   
 d2 - средний диаметр резьбы винта, см;   
 t2 – рабочая высота витка резьбы, см;   
 [q] – допустимое значение среднего давления на рабочие поверхности резьбы, табл. 8.1; При l/d2 = 2,5, приведенные в таблице значения следует увеличить на 20%. Для разъемных гаек, у которых часть резьбы срезана приведенные в таблице значения следует уменьшить на 15-20%.

 (8.10)

где d - наружный диаметр резьбы винта;

Для винтов, установленных в двух опорах производят расчет на устойчивость. Для этого необходимо знать размеры правой и левой опоры. За расчетную длину винта L принимают максимальное расстояние между опорой и гайкой (рис.8.3).

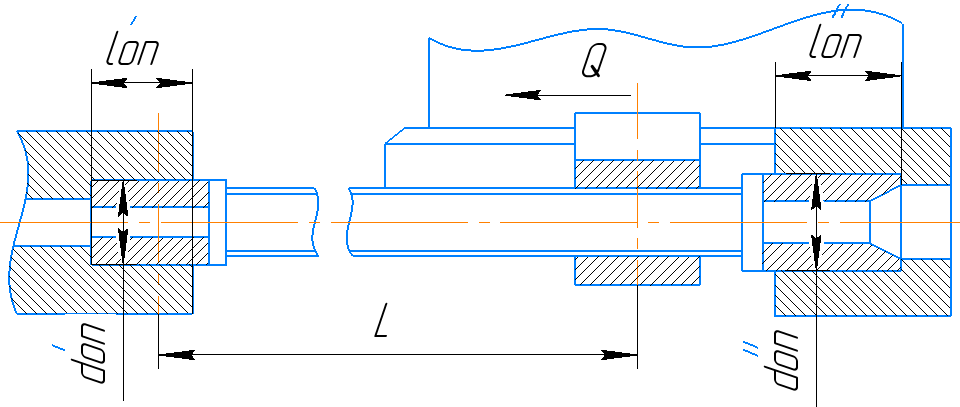


Рисунок 8.3 – Схема и данные для расчета на устойчивость

Определяют характеристики опор винта как: λоп/ = lоп/ /dоп/ для левой опоры и λоп// = lоп// /dоп// для правой опоры. Для опорной гайки в качестве dоп принимается средний диаметр d2. Должно выполняться условие:

- при λоп<1,5 – шарнирная опора;   
 - при λоп>3 – винт заделан в опоре;   
 - при λоп = 1,5-3 – винт закрепляется в опоре упруго;

По данным таблицы 8.2 проверить значения λоп и принять значение коэффициента m.

Рассчитывают момент инерции поперечного сечения винта по формуле:

 (8.11)

Рассчитывают запас устойчивости по формуле:

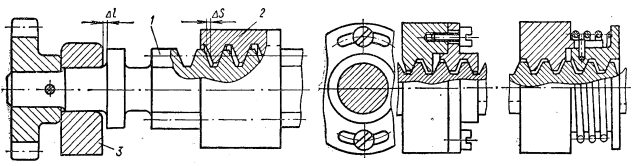
 (8.12)

Для необходимой устойчивости винта значение ny для вертикальных винтов должно быть больше ny = 2,5. Если на винт действуют поперечные силы и принято минимальное усилие для расчетов, то должно быть ny = 3,5-4. Для горизонтально расположенных винтов значение устойчивости должно быть более nV = 3,5-4.

Таблица 8.2 – Схемы закрепления винта и значения коэффициента m

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Схема закрепления винта | λоп (слева) | λоп (справа) | m |
|  | >3 | >3 | 40 |
| >3 | 1.5-3 | 28 |
| 1.5-3 | 1.5-3 | 18 |
|  | <1,5 | >3 | 20 |
|  | <1,5 | - | 10 |

Точность винтовых механизмов обеспечивается:   
 1.Соответствующим назначением допусков на изготовление винтов и гаек;  
 2. Уменьшением мертвого хода при помощи регулировки зазора между витками винта и гайки при сборке;



а) б) в)

Рисунок 8.4 – Способы устранения осевых зазоров в винтовых передачах

Ошибка мертвого хода механизма при изменении направления вращения винта выразится в отставании гайки на величину ΔS + Δl, зависящую от величины осевого зазора ΔS между витками винта 1 и гайки 2 и от осевого зазора Δl в опоре 3 винта (рис. 8.4, а). При изменении направления вращения винта гайка начнет двигаться только после поворота винта на угол Δφ, который называется мертвым ходом винта:

 (8.13)

Для уменьшения ошибки мертвого хода применяются гайки, конструкция которых позволяет регулировать осевой зазор между витками винта и гайки при сборке (рис. 8.4, б). Устранить мертвый ход можно посредством пружинного устройства (рис. 8.4, в). Сила давления пружины должна быть больше осевой нагрузки на винт. При этом увеличиваются силы трения и понижается к. п. д. винтовой пары, так как пружина создает дополнительное давление на обеих боковых поверхностях витков резьбы.

При проектировании винтовых механизмов целесообразно:   
 1.Для уменьшения сил трения и перекосов ось винта располагать как можно ближе к оси симметрии направляющих.   
 2. Фиксировать винт от осевых перемещений на одной из опор, при этом для регулировки осевого зазора при сборке ставится установочное кольцо, которое закрепляется на винте штифтом;   
 3. Длинные винты фиксировать в осевом направлении так, чтобы винт работал на растяжение, а не на сжатие и продольный изгиб.

**8.3. Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с теоретическими положениями.   
2. Получить исходные данные для расчета у преподавателя.   
3. Произвести расчет винтовой передачи. Разрабтать чертеж винта.   
4. Оформить отчет.   
 **8.4. Содержание отчета**1. Цель работы.   
2. Основные теоретические положения.   
3.Основные данные, полученные в результате выполнения работы.   
4. Выводы по работе.   
 **8.5. Контрольные вопросы**1. Каково назначение винтовых передач?   
2. Какие резьбы применяются для конструирования винтовых передач?   
3. Какие параметры винтовых передач существуют?   
4. Какие нагрузки могут воспринимать винты винтовых передач?   
5. Что такое мертвый ход и какие способы борьбы с ним в винтовых передачах существуют?

**Литература**

1. Анурьев В.И. Справаочник конструктора-машиностроителя: В 3т. Т.1. – 8-е изд., перераб и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 4920 с.:ил.
2. Гель П.П. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры: учебник для вузов/ Н.К.Иванов-Есипович. – Л.:Энергоатомиздат, 1984. - 536 с. : ил.
3. ГОСТ Р 51623—2020. Конструкции базовые несущие радиоэлектронных средств. Система построения и координационные размеры.
4. ГОСТ 21631-76. Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия
5. ГОСТ 19903-2015. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент
6. ГОСТ 22635-77.Листы из магниевых сплавов. Технические условия
7. ГОСТ 22178-76. Листы из титана и титановых сплавов. Технические условия
8. ДальскийА.М.Технология конструкционных материалов [Текст]/ Т.М. Барсукова, Л.Н.Бухаркин. – М.:Машиностроение, 2004. – 512 с.
9. Ивкин, С.П. Армированные изделия: учебное пособие [Электрон.ресурс] / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2019. – 41 с.
10. Кротова, Елена Ивановна Основы конструирования и технологии производства РЭС : учебное пособие / Е. И. Кротова ; Яросл. гос. ун-т  
    им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2013. – 192 с.
11. Кротова, Елена Ивановна Основы конструирования и технологии производства РЭС : учебное пособие / Е. И. Кротова ; Яросл. гос. ун-т  
    им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2013. – 192 с.
12. Лопаткин А.В. Конструирование и технология РЭС: Учебное пособие для радиотехнических спец. вузов. – Н. Новгород, НГТУ, 2001. - 3 с.: ил.
13. Латыев, С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: учеб. пособие для вузов / С.М. Латыев. - СПб. : Политехника, 2007. - 578 с. : ил. (Учебное пособие для вузов)
14. Мирошников, М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов [Электрон.ресурс] / М. М. Мирошников; - 3-е, испр. - : Лань, 2010. - 704 с. - Книга находится в ЭБС Издательства Лань. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки.
15. Муромцев, Д.Ю. Конструирование узлов и устройств электронных средств. [Электрон. ресурс]: учеб. пособие /Д.Ю. Муромцев, Тюрин И. В., Белоусов О. А.; — Ростов н/Д : Феникс, 2013, 540 с.: ил.
16. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн.1/ Под ред. П.Н.Учаева. – Изд. 3-е, испр. – М.:машиностроение, 1988. – 560 с.: ил.
17. Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Радио и связь, 1982. -240 с., ил.
18. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. — 6-е изд., перераб, и доп—Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. — 520 с, ил. В пер.: 2
19. РД 50- 708- 91. Платы печатные Требования к конструированию.
20. Селиванова З.М.Технология радиоэлектронных средств [Электрон. ресурс]: учеб. пособие /З.М. Селиванова. - Тамбов: Тамбовский государственный  
    технический университет, ЭБС АСВ, 2012. - 100 c. - Книга находится в базовой  
    версии ЭБС IPRbooks.
21. Справочник конструктора РЭА : Общие принципы конструирования / Под ред. Р.Г.Варламова. – М.:Сов.радио, 1980. – 480 с.,ил.
22. Технология изготовления медицинской техники: учебно пособие / Н.С.Коваль, В.А. Лебедев, И.Л.Вяликов [и др.]; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2021. – 241 с.
23. Щепетов, А.Г. Основы проектирования приборов и систем: учеб. для вузов /А.Г. Щепетов. - М.: ACADEMIA, 2011. - 367 с. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат). - Рек. ГОУ.
24. Конструирование приборов: В 2 кн. Кн.2 / Под ред. В.Краузе; Пер. с нем. В.Н. Пальчнова; Под редакцией О.Ф. Тищенко. – М.: Машиностроение, 1987. – 376 с.: ил
25. Авилова Н.В., Иванов Ю.Н., Морозов В.М., Литвин A.B. Конструирование электронной аппаратуры: учеб. пособие - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. - 116 с.
26. Безжон В.И. Технологичность конструкций машин: учеб. пособие /  
    В.И. Безжон. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2000.
27. Амиров Ю.Д. Технологичность конструкции изделия./ П.Н.Волков М.:Машиностроение, 1990. – 768с.
28. Технологичность конструкции изделий машиностроения: учеб. пособие. / А.П. Бабичев, В.И. Безжон, М.Е. Попов и др. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2014. – 124 с.
29. Гормаков А.Н. Конструирование и технология электронных устройств приборов. печатные платы [Текст]: учебное пособие /Воронина Н.А. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 164 с.