

КУЙБЫШЕВСКИЙ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

КОНСТРУИРОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
СРЕДСТВ

КУЙБЫШЕВ
1 9 9 0

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

КОНСТРУИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Методические указания
к курсовому проектированию

Куйбышев 1990

Составитель Г.В.Уваров

УДК 621.396.6

Конструирование механизмов радиоэлектронных средств: Метод. указ. к курсовому проектир.; Куйбышев. авиац. ин-т /Сост. Г.В.Уваров. Куйбышев, 1990. 20 с.

Изложены цель и содержание; указан объем курсового проекта по курсу "Конструирование узлов и механизмов радиоэлектронных средств"; рассмотрены особенности выполнения этапов проектирования, виды, комплектность и требования к оформлению конструкторских документов проекта; приведен график проведения работ. Приведены краткая методика расчетов основных функциональных элементов механизмов, некоторые справочные сведения, ссылки на стандарты и литературные источники.

Предназначены для студентов, обучающихся по спец. 2303 "Конструирование и технология радиоэлектронных средств". Составлены на кафедре "Конструирование радиоэлектронной аппаратуры".

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института им. академика С.П.Королева

Рецензенты: Б.М.Хатилин, А.И.Колпаков

ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Недели	Наименование работ	Контроль
I - 2	Получение и анализ технического задания. Подбор литературы. Определение общего передаточного отношения механизма	25%
3 - 4	Подбор сельсинов, потенциометров и электродвигателей. Выбор вида передач, определение числа ступеней и передаточного отношения в ступенях. Проектные расчеты и выполнение кинематической принципиальной схемы	Расчеты Схема кинематическая, принципиальная
5 - 6	Компоновка механизма. Технические рисунки 2-3-х вариантов. Выбор рационального варианта	50%
7 - 8	Разработка общей конструкции механизма, корпуса, валов, подшипников, муфт и т.п. Разработка эскиза чертежа общего вида механизма. Утверждение руководителем	Эскиз чертежа общего вида
9 - 10	Расчет погрешности. Выполнение чертежа общего вида. Разбиение механизма на сборочные единицы	75% Чертеж общего вида.
II - 12	Разработка рабочей документации: спецификация и сборочный чертеж механизма	Спецификация Сборочный чертеж
13 - 14	Выполнение спецификации и сборочного чертежа узла. Выполнение чертежей деталей	100%
15 - 16	Составление пояснительной записки, составление ведомости курсового проекта и окончательное оформление всех документов	Проект в целом
I7	Защита проекта	

1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по курсу "Конструирование узлов и механизмов радиоэлектронных средств (РЭС)" выполняется на 5-м семестре студентами спец. 23.03 и является первой самостоятельной конструкторской работой.

Цель курсового проектирования — закрепление и углубление теоретических знаний, полученных на лекциях и лабораторных занятиях, приобретение практических навыков по решению конкретных инженерных задач с позиций системного подхода и обоснованием конструктивных решений соответствующими расчетами, навыком работы со справочными материалами, стандартами и другой нормативно-технической документацией.

Основной задачей при выполнении курсового проекта является разработка конструкции (конструирование) изделия невысокой сложности-механизма, являющегося одной из возможных составных частей РЭС и представляющего собой сборочную единицу, состоящую из простейших оригинальных и покупных узлов и, в конечном счете, из деталей (ГОСТ 2.101-68).

В общем случае согласно ГОСТ 2.103-68* разработка конструкции состоит из проектных работ (проектирование) и разработки рабочей конструкторской документации (рабочее проектирование). При учебном проектировании проектные работы включают элементы стадий технического предложения (ГОСТ 2.118-73*), эскизного проекта (ГОСТ 2.119-73*) и в основном стадию технического проекта (ГОСТ 2.120-73*). Все конструкторские документы (КД) курсового проекта должны выполняться в соответствии с основополагающими требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Разработанная конструкция механизма должна быть по возможности

простой, обеспечивать функционирование механизма, быть достаточно рациональной (низшая ступень оптимальности) по основным техническим показателям, быть принципиально выполнимой в целом и по деталям, должна предусматривать сборку при полной взаимозаменяемости основных составных частей.

Работа над курсовым проектом регламентируется графиком. Студенты периодически отчитываются о проделанной работе, соблюдая последовательность и сроки выполнения этапов. Для целенаправленного и ритмичного выполнения курсового проекта учебным планом предусматриваются консультации, на которых студенты выясняют вопросы, связанные с расчетом и проектированием, а руководитель курсового проекта определяет студенту направление и глубину проработки темы задания, контролирует работу и дает разрешение на выполнение последующих этапов.

В установленный срок студенты предъявляют законченные и подписанные ими в графе "Разраб." основных надписей КД курсового проекта руководителю для просмотра и нормоконтроля по стандарту предприятия СТ КуАИ 6.1.1-86 "Нормоконтроль курсовых и дипломных проектов". После устранения студентом обнаруженных при нормоконтроле недостатков руководитель подписывает все КД в графах "Проверил" и "Нормоконтролер" основных надписей. Защита курсовых проектов проводится перед комиссией в составе не менее двух преподавателей. Оценка представляется в ведомости, зачетной книжке и на титульном листе с подписями членов комиссии. После защиты документы курсового проекта необходимо сдать на кафедру.

Исходным документом для проведения курсового проектирования является техническое задание (ТЗ), устанавливающее основное функциональное назначение и технические требования к механизму. ТЗ содержит кинематическую структурную схему механизма, характер и величину нагрузки и скоростные параметры выходного звена, диапазон изменения параметра, подлежащего настройке или перестройке, погрешности настройки и отсчета, информацию о питании электромеханических узлов (если они имеются), срок службы, ограничения по массе и (или) габаритам, внешние климатические и механические воздействия.

Предусмотрено десять видов заданий на курсовое проектирование, имеющие общую часть и варианты (для десяти вариантов) численные данные. Номер задания задается двумя числами - номер вида задания и номер варианта в задании. В ТЗ некоторые технические

данные, необходимые для выполнения курсового проекта, могут отсутствовать. В этом случае допустимо ими задаваться на основании литературных или других источников по согласованию с руководителем проекта. При выполнении курсового проекта следует пользоваться в первую очередь литературными источниками, приведенными в библиографическом списке в конце методических указаний, на которые по тексту делаются ссылки, причем ссылки на основной учебник δ ; на теоретических основах которого должна проводиться вся работа, как правило, в тексте методических указаний не приводятся.

Обозначения и наименования стандартов, знание материалов которых при выполнении курсового проекта особенно необходимо, приведены в отдельном списке.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА

2.1. Анализ ТЗ и кинематическое построение механизма

При анализе ТЗ в первую очередь необходимо выяснить функциональное назначение и область применения подлежащего проектированию механизма, основные технические характеристики последнего и характеристики составных частей в соответствии со структурной схемой. Одной из основных характеристик является передаточное отношение, связывающее параметры движения входного и выходного звеньев как всего механизма, так и составных частей. При вращательном движении выходного звена передаточное отношение определяется как

$$i_{\Sigma} = \omega_{8x} / \omega_{61x} = \varphi_{8x} / \varphi_{61x} = \Delta \varphi_{8x} / \Delta \varphi_{61x} ; \quad (1)$$

где $\omega_{8x}, \omega_{61x}$ — угловые скорости вращения, $\varphi_{8x}, \varphi_{61x}$ — угловые перемещения, $\Delta \varphi_{8x}, \Delta \varphi_{61x}$ — угловые отклонения установки (отсчета) входного и выходного звеньев соответственно.

При поступательном движении выходного звена передаточное отношение определяют по формуле

$$i_{\Sigma} = \omega_{8x} / v_{61x} = \varphi_{8x} / S_{61x} = \Delta \varphi_{8x} / \Delta S_{61x} , \quad (2)$$

где $v_{\text{вх}i}, S_{\text{вх}i}, \Delta S_{\text{вх}i}$ — линейные скорость, перемещение и отклонение установки (отсчета) выходного звена соответственно. В многоступенчатых механизмах, состоящих из n ступеней, должно выполняться условие

$$i_{\Sigma} = i_1 i_2 \dots i_n, \quad (3)$$

причем в случае поступательного движения выходного звена в качестве выходной ступени обоснованно выбирают вид передачи для преобразования вращательного движения в поступательное (винт-гайка, зубчатая реечная передача, кулачковый механизм), если конкретный вид такой передачи не указан в ТЗ. Число остальных ступеней, передаточное отношение в каждой ступени и вид передач определяют исходя из выполнения условия (3). Кроме этого для обеспечения минимальных значений момента инерции движущихся масс механизма или минимальной погрешности передаточное отношение между ступенями должно распределяться неравномерно с выполнением условия

$$i_1 \ll i_2 \ll \dots \ll i_n, \quad (4)$$

где i_n — передаточное отношение тихоходной (обычно выходной) ступени. Рекомендации и методики распределения передаточного отношения между ступенями изложены в литературе [10].

Вид механической передачи выбирают исходя из требований к передаточному отношению, к коэффициенту полезного действия (КПД), погрешности, плавности, бесшумности, условия самоторможения и т.п. Так например, рекомендуются цилиндрические зубчатые передачи как наиболее простые, имеющие высокий КПД и малую погрешность, червячные — для получения больших передаточных отношений в одной ступени и (или) для обеспечения самоторможения, конические — для передачи вращения между валами с пересекающимися осями.

Как видно из соотношений (1) и (2), для определения передаточного отношения необходимо знать параметры движения входного и выходного звеньев механизма. Параметры движения выходного звена прямо или косвенно заданы в ТЗ, а параметры входного определяются источником движения. В механизмах ручной настройки угловая скорость вращения входного вала зависит от тренированности оператора и конструкции ручек настройки и может быть принята $\omega_{\text{вх}} = 1 \dots 3$ рад/с,

уверенно ощущаемый оператором угол установки обычно составляет $4\frac{1}{2}^\circ = 3 \dots 5^\circ$. Если в механизме предусмотрено отсчетное устройство (шкала или шкалы), то при расчете и назначении передаточного отношения части механизма, связывающей выходное звено и отсчетное устройство, необходимо учесть погрешность отсчета, принимаемую как 1/2 величины углового поворота шкалы на интервале между соседними делениями (1... 3 мм по окружности). Диаметр шкал выбирают в пределах 100...120 мм.

В механизмах дистанционного управления функцию отсчетного устройства выполняют информационные преобразователи типа сельсинов, вращающихся трансформаторов, потенциометров и т.п. Погрешности таких устройств являются паспортными для конкретно выбранных типов. Потенциометры, используемые в механизмах, выбирают из числа прецизионных проволочных типов ПЛП, ПТП, ПД. Рабочий угол поворота роторов таких потенциометров составляет 330° .

В механизмах с электроприводом источником движения являются электродвигатели постоянного или переменного тока. Выбор электродвигателя проводят с учетом его функционального назначения, срока и условий работы по величине мощности в ваттах из условия

$$N_{дв} \geq S N_{вх} = S T_{вх} \omega_{вх} / \eta_{\Sigma}, \quad (5)$$

где $T_{вх}$ - крутящий момент на выходном валу механизма, Н·м;

$S = K - m$ запаса; $\eta_{\Sigma} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$ - КПД механизма, состоящего из n

последовательных ступеней. Ориентировочно можно принять $\eta_i = 0,95$ для зубчатых передач, $\eta_i = 0,6$ - для червячной передачи. Принцип действия и устройство электродвигателей можно найти в работе [4], рекомендации по выбору в работе [10].

Определив передаточные отношения в каждой ступени механизма, переходят к определению геометрических параметров всего механизма, которые в значительной степени зависят от размеров зубчатых передач (зубчатых колес). Последние, в свою очередь, определяются величиной модуля и числом зубьев.

Для пары колес с числом зубьев Z_1 и Z_2 , образующих одну ступень, передаточное отношение которой задано и составляет $i_{1-2} = \omega_1 / \omega_2$, необходимо назначить число зубьев ведущего колеса Z_1 , тогда число зубьев ведомого колеса определится как $Z_2 = Z_1 \cdot i_{1-2}$. Рекомендуемое минимальное число зубьев на малом колесе лежит в пре-

делах $17 \leq Z \leq 24$, причем в точных отсчетных передачах необходимо приближаться к верхнему пределу. В механизмах РЭС рекомендуется назначать числа зубьев по ГОСТ 13 733-77 предпочтительно из первого ряда:

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, 71, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 106, 112, 118, 125, 132, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200.

В кинематических механизмах РЭС часто все зубчатые колеса имеют одно значение модуля, и числа зубьев ведущих колес каждой ступени равны. Величину модуля рекомендуется выбирать в диапазоне $m = 0,3 \dots 0,8$ мм предпочтительно из первого ряда по ГОСТ 9563-60* (СТ СЭВ 310-76): 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8 мм.

Ширину зубчатого венца рекомендуется выбирать $b = (3 \dots 8)m$ и окончательно принимать в зависимости от модуля по ГОСТ 13 733-77:

Модуль, мм	Ширина венца b , мм
0,3	1,0; 1,2; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5
0,5	1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0
0,8	2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0

Диаметры делительных окружностей зубчатых колес определяют по формуле $d = mz$, а диаметры окружностей выступов (наружный диаметр заготовки) по формуле $d_e = m(z+2)$.

Для проверки работоспособности механизма по одному из обязательных критериев — прочности — проводят соответствующий поверочный расчет зубчатых колес на прочность, предварительно выбрав материал. Значения физико-механических характеристик материалов, применяемых в механизмах РЭС, и рекомендации по выбору можно найти в литературе [1, 7, 8, 10]. В открытых механизмах расчет ведется лишь по изгибной деформации зуба наиболее нагруженного крутящим моментом зубчатого колеса выходной (тихоходной) ступени (по методике ГОСТ 21 354-87).

Расчетное напряжение в мегапаскалях на боковой поверхности зуба у его основания определяют по формуле

$$\sigma_F = 2Y_F T / b d m, \quad (6)$$

где T – расчетный крутящий момент на зубчатом колесе, Н·мм; Y_F – коэффициент формы зуба, зависящий от числа зубьев:

Z	20	24	28	30	40	50	65	80	300	Рей- ка
Y_F	4,07	3,92	3,81	3,79	3,7	3,65	3,62	3,6	3,6	3,62

Условие прочности выражается как $\sigma_F < [\sigma_F]$, где $[\sigma_F]$ – допустимое напряжение изгиба зубьев, МПа.

Допустимое напряжение $[\sigma_F]$ определяется как

$$[\sigma_F] = \sigma_{-1} / S_F,$$

где σ_{-1} – предельное напряжение для материала при знакопеременной нагрузке, МПа; S_F – коэффициент запаса, при учебном проектировании рекомендуется выбирать S_F в интервале $2,5 < S_F < 4,0$.

Если условие прочности для особо нагруженной ступени выполняется, то переходят к вариантной проработке компоновки механизма, в противном случае назначают большее значение модуля или принимают другие конструктивные меры для увеличения прочности и вновь проверяют выполнение условия прочности.

2.2. Компоновка механизма

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.118-73* конструктивное построение механизма определяется в результате вариантной проработки, которая заключается в предложении двух-трех вариантов компоновки механизма, их оценке и выборе наиболее рационального, который по согласованию с руководителем проекта принимается за окончательный. С этой целью выполняют технические рисунки компоновки механизма с приблизительным соблюдением масштаба, а затем разрабатывается чертеж общего вида механизма в двух-трех проекциях первоначально в виде эскиза на миллиметровой бумаге от руки с соблюдением основных правил черчения.

Компоновку начинают с рисования изображений зубчатых колес. Оси колес рекомендуется располагать на параллельных горизонтальных или вертикальных линиях, что упростит изготовление корпуса. Для закреп-

ления зубчатых колес на валах наиболее часто применяют штифтовые конические соединения, которые необходимо проверить на прочность среза. Как правило, в кинематических механизмах валы берутся гладкими и одного диаметра из ряда 3,0; 4,0; 5,0 и 6,0 мм, что облегчает подбор стандартных шариковых подшипников по ГОСТ 8338-75 [2] или стандартных втулок из антифрикционных материалов по ГОСТ 24 833-81 [1]. Такие же диаметры назначаются и для цапф (мест сочленения с подшипниками) ступенчатых валов. Наиболее нагруженный вал необходимо проверить на прочность, причем короткие валы с $l < 10a$ рассчитываются только на действие крутящего момента, а длинные с $l > 10a$ - с учетом и изгибающих моментов. Материалом валов обычно служит сталь.

Работоспособность опор (подшипников) должна быть подтверждена соответствующим расчетом: на долговечность - для шариковых подшипников по ГОСТ 18854-82 и ГОСТ 18855-82 и по удельной мощности трения или удельному давлению - для опор с трением скольжения. Подшипниковые узлы разрабатываются с учетом восприятия как радиальных, так и осевых нагрузок, в связи с чем валы должны иметь заплечики (буртики) или закрепленные на них втулки, которые упираются в торец подшипниковой втулки или во внутреннее кольцо шарикоподшипника. Наружные кольца шарикоподшипников устанавливают в гнезда корпусов и кронштейнов с осевым упором в буртик корпуса или в закрепляемую на корпусе упорную крышку. В одноплатных механизмах широко используют специальные подшипниковые обоймы и втулки-фланцы [2]. Рекомендации по выбору посадок шарикоподшипников содержатся в ГОСТ 3325-85* [1]. Габариты и масса механизмов в немалой степени зависят от конструктивной проработки корпусов и корпусных деталей. Как правило, в большинстве случаев корпусы механизмов РЭС выполняют в виде двухплатной или одноплатной конструкции открытого типа. Рекомендации по выбору и примеры конструкций корпусов механизмов РЭС и приборов приведены в [2, 5, 7, 8, 10].

При компоновке механизма необходимо тщательно проработать крепление и подсоединение электромеханических узлов. Электродвигатели закрепляются непосредственно на корпусе с помощью фланцев или резьбовых отверстий, имеющихся в конструкции. Электродвигатели, имеющие гладкий корпус, закрепляются при помощи разрезных хомутов или стоек. Ведущую шестерню рекомендуется устанавливать непосредственно на вал электродвигателя. Установка сельсинов и потенциометров осу-

соединяется чаще всего при помощи установочных стаканов, а закрепление проводится при помощи прижимаемых винтами накладок (сухариков) за фланец. Валы таких устройств соединяются с валами механизма через промежуточную муфту [2] с возможно малой угловой погрешностью.

Если механизм содержит отсчетные устройства, то при компоновке обеспечивается симметричное расположение шкал на передней панели, а детали управления (ручки, маховички) размещают в удобном для работы месте, например правее или ниже шкалы.

В процессе проектирования механизма для обеспечения взаимозаменяемости составных частей необходимо провести расчеты размерных цепей отдельных узлов. Например, по заданным величине и допуску осевого зазора или натяга между заплечиком вала и подшипником назначают номинальные размеры и допуски составляющих звеньев (вала, подшипников, стоек, плат и т.д.). Методика расчета размерных цепей дана в работах [1, 10].

Когда компоновка механизма вполне определена, необходимо провести уточненный расчет погрешности механизма, которая в значительной степени определяется общей погрешностью зубчатых ступеней механизма, приведенной к выходному звену.

Расчетное значение погрешности проектируемого механизма должно быть меньше предельного, заданного в ТЗ, в противном случае в конструкцию необходимо внести корректировку, например устранить погрешность мертвого хода путем перехода к двойным, люфтовывирающим зубчатым колесам.

2.3. Расчет погрешности зубчатых передач

Общая погрешность зубчатых передач обуславливается кинематической погрешностью зубчатых колес и величиной мертвого хода. В механизмах РЗА наиболее применимы зубчатые колеса 6, 7 и 8-й степеней точности и с видом сопряжения *G, F, E* по ГОСТ 9178-81. Методика выбора степени точности и вида сопряжения изложена в работах [1, 10]. Ниже приводится методика по ГОСТ 21098-82, позволяющая подсчитывать методом максимума - минимума погрешность зубчатой передачи. Вероятностный метод расчета погрешности приведен в работе [8].

Максимальная кинематическая погрешность F_2' одной ступени, состоящей из двух зубчатых колес Z_1 и Z_2 , определится как

$$F_2' = f_{p1} + f_{p2} + F_{p1} + F_{p2}, \quad (7)$$

где f_{f1}, f_{f2} - допуски на погрешность профиля зуба, мкм; F_{p1}, F_{p2} - допуски на накопленную погрешность шага ведущего и ведомого зубчатых колес, мкм (табл. I).

Т а б л и ц а I

Степень точности	$f_p, \text{ мкм}$ для $m = 0,5 \text{ мм}$	Делительный диаметр колеса, мм					
		до I2	I2...20	20...32	32...50	50...80	80...I25
		Допуски $F_p, \text{ мкм}$					
6	8	I6	I7	I9	22	25	30
7	I0	22	24	26	30	35	42
8	I3	32	34	38	42	50	60

Максимальную угловую кинематическую погрешность в угловых минутах, приведенную к валу ведомого колеса $\delta\varphi_{i2}$, определяют по формуле

$$\delta\varphi_{i2} = 6,88 F_i' / m z_2, \quad (8)$$

а погрешность, обусловленную мертвым ходом и приведенную к валу ведомого колеса - по формуле:

$$\delta C_2 = 7,33 (j_{n \max} + \Delta\rho_1 + \Delta\rho_2) / m z_2, \quad (9)$$

где $\Delta\rho_1$ и $\Delta\rho_2$ - радиальные зазоры в опорах валов ведущего и ведомого колес, мкм; $j_{n \max}$ - максимальный боковой зазор между рабочими поверхностями зубьев, мкм;

$$j_{n \max} = j_{n \min} + (T_{H1} + T_{H2} + 2f_a) 2 \sin \alpha, \quad (10)$$

здесь $j_{n \min}$ - минимальный гарантированный зазор, мкм; f_a - предельное отклонение межосевого расстояния (табл. 2).

Допуски на смещение исходных контуров ведущего и ведомого колес T_{H1} и T_{H2} определяют в зависимости от допусков радиальное значение F_{r1} и F_{r2} (табл. 3 и 4).

Таблица 2

Вид сопряжения	Межосевое расстояние, мм						
	до I2	I2...20	20...32	32...50	50...80	80...I25	I25..I80
	Боковой зазор f_{am} , мкм						
G	6	8	9	11	13	15	18
F	9	11	13	16	19	22	25
E	15	18	21	25	30	35	40

Отклонение $\pm f_a$, мкм							
G	11	14	16	20	22	28	30
F	18	22	25	32	35	45	50
E	30	36	40	50	60	70	80

Таблица 3

Степень точности	Делительный диаметр d , мм						
	до I2	I2...20	20...32	32...50	50...80	80...I25	I25..200
	Допуски F_p , мкм, для модуля $m = 0,5$ мм						
6	11	12	14	16	19	22	26
7	16	18	20	22	26	30	36
8	19	21	25	28	32	38	45

Таблица 4

Вид сопряжения	Допуски на радиальное биение F_r , мкм							
	до 6	6...8	8...10	10...12	12...16	16...20	20...25	25...32
	Допуски F_H , мкм							
G	16	18	20	22	28	32	38	45
F	18	20	22	25	30	36	42	50
E	20	22	25	30	34	40	48	56

Для многоступенчатой последовательной передачи, имеющей m зубчатых колес, суммарную погрешность за счет мертвого хода, приведенную к выходному валу, определяют обычно с учетом лишь трех последних ступеней:

$$\delta C_2 = \delta C_{(m-1)-m} + \frac{\delta C_{(m-3)-(m-2)}}{i_{(m-1)-m}} + \frac{\delta C_{(m-5)-(m-4)}}{i_{(m-3)-(m-2)} i_{(m-1)-m}}, \quad (II)$$

где $\delta C_{(m-1)-m}$, $\delta C_{(m-3)-(m-2)}$, $\delta C_{(m-5)-(m-4)}$ — собственно угловые погрешности ступеней передачи; $i_{(m-1)-m}$, $i_{(m-3)-(m-2)}$ — передаточные отношения последней и предпоследней ступеней передачи.

Кинематическая погрешность всей передачи соответственно определяется как

$$\delta \varphi_{\Sigma} = \delta \varphi_{i_{(m-1)-m}} + \frac{\delta \varphi_{i_{(m-3)-(m-2)}}}{i_{(m-1)-m}} + \frac{\delta \varphi_{i_{(m-5)-(m-4)}}}{i_{(m-3)-(m-2)} i_{(m-1)-m}}, \quad (I2)$$

где $\delta \varphi_{i_{(m-1)-m}}$, $\delta \varphi_{i_{(m-3)-(m-2)}}$, $\delta \varphi_{i_{(m-5)-(m-4)}}$ — кинематические погрешности трех последних ступеней.

Суммарная угловая погрешность находится как сумма погрешности мертвого хода δC_2 и кинематической погрешности $\delta \varphi_{\Sigma}$, приведенных к одному выходному валу. Причиной дополнительных погрешностей может явиться упругая деформация рабочих участков валов, передающих крутящий момент, и корпусных деталей. Методика расчета упругого мертвого хода приведена в работе [7].

При завершении проектных работ прорабатывается окончательный вариант конструкции механизма и выполняется чертеж общего вида как КД (ГОСТ 2.118-73^ж). Обозначение чертежа общего вида выполняют по ГОСТ 2.201-80, оно повторяет обозначение механизма с добавлением шифра документа ВО (чертеж общего вида). Кинематическую принципиальную схему механизма выполняют в виде неосновного отдельного КД (шифр КЗ) или размещают на свободном поле чертежа общего вида. Из анализа конструкции механизма по чертежу общего вида необходимо оценить возможность сборки и контроля механизма и его основных составных частей независимо и параллельно. Для этого по возможности механизм необходимо разукрупнить, т.е. разбить на простые сборочные единицы (узлы), которые на окончательную сборку поступают уже собранными, например узел вала с закрепленными на нем зубчатыми колесами, корпус со смон-

тированными подшипниками и т.п. При этом, естественно, необходимо обеспечить их взаимозаменяемость, предусмотреть возможность замены электромеханических покупных узлов без разборки всего механизма. Необходимо проверить обеспечение всех предъявляемых к механизму требований, стойкость к внешним климатическим и механическим воздействиям и при необходимости принять соответствующие конструктивные меры для защиты механизма. На чертеже общего вида механизма фиксируют окончательные конструктивные решения, выбирают метод и вид смазки, формируют технические параметры механизма и выполняют их в виде нумерованных пунктов с заголовком "Техническая характеристика".

3. РАЗРАБОТКА РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Рабочая документация необходима для организации опытного или серийного производства. Основными рабочими КД являются: для детали - чертеж детали, для сборочной единицы - спецификация. Для сборочной единицы при необходимости могут выполняться и неосновные КД: сборочный чертеж, электромонтажный чертеж и т.д. Требования к чертежам рабочей документации регламентированы ГОСТ 2.109-73*.

При курсовом проектировании механизмов РЭС выполняют спецификацию и сборочный чертеж механизма, спецификацию и сборочный чертеж одного из узлов (оригинальной сборочной единицы), чертежи пяти-шести оригинальных деталей (зубчатых колес, корпусных деталей, валов и т.п.).

Сборочный чертеж (шифр СБ), разработанный на базе чертежа общего вида, в общем случае должен содержать:

изображение механизма, дающее полное представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность сборки и контроля механизма;

размеры, предельные отклонения и другие параметры и технические требования, которые должны быть выполнены и проконтролированы по данному чертежу;

номера позиций составных частей, соответствующие спецификации; габаритные, установочные и присоединительные размеры.

На сборочном чертеже некоторые элементы допускается изображать:

упрощенно внешними очертаниями – стандартные, типовые, покупные изделия, детали и сборочные единицы (узлы), поступающие на сборку в соответствии со спецификацией;

условными изображениями – зубчатые колеса и червяки по ГОСТ 2.402–68^х, подшипники качения – по ГОСТ 2.420–69^х, резьбовые элементы – по ГОСТ 2.311–68^х, крепежные детали – по ГОСТ 2.315–68^х.

Чертежи деталей должны содержать исчерпывающие данные об устройстве детали, сведения о форме, размерах, допусках на размеры (ГОСТ 2.307–68^х), шероховатости поверхностей (ГОСТ 2.309–73^х), допусках формы расположения поверхностей (ГОСТ 2.308–79), материале, покрытиях (ГОСТ 2.310–68) и т.д., т.е. все сведения, необходимые для изготовления деталей и контроля за качеством их изготовления. Особое внимание следует обратить на назначение допусков тех размеров, которые обеспечивают необходимое соединение (посадки) с сопрягаемыми деталями. Обоснования и расчет допусков и других характеристик деталей помещают в ПЗ. Формат чертежей деталей выбирается минимальным, но необходимым для показа формы детали и расположения всех дополнительных сведений и технических требований. Количество проекций также минимальное, но необходимое. На каждом чертеже детали размещается основная надпись по форме I (ГОСТ 2.104–68^х). На листах формата А4 основную надпись располагают только вдоль короткой стороны листа. Обозначения деталям присваивают в соответствии с ГОСТ 2.201–80 по классификатору ЕСКД [II]. В основной надписи чертежа детали указывают не более одного вида материала. В обозначение материала входит наименование материала, марка, если она для данного материала установлена, и номер стандарта или технических условий. Если деталь изготавливается из сортового материала определенного профиля, то материал записывают в соответствии с присвоенным ему в стандарте на сортамент обозначением.

Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес устанавливает ГОСТ 2.403–75^х, червяков и червячных колес – ГОСТ 2.406–76^х.

Примеры оформления чертежей зубчатых колес и червяков можно найти в литературе [I, IO].

4. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Документы курсового проекта брошюруют в общую папку и располагают в следующем порядке.

1. Титульный лист курсового проекта (альбома документов) с указанием наименования и обозначения проектируемого механизма, подписями студента и руководителя проекта. Титульный лист является первым листом ведомости курсового проекта и выполняется на типовом бланке или самостоятельно студентом по образцу.

2. Ведомость курсового проекта – текстовый КД (шифр КП) с перечнем всех выполненных и входящих в курсовой проект документов, имеет разделы "Общая документация", "Документация по сборочным единицам" и "Документация по деталям". Требования к оформлению ведомости курсового проекта соответствуют требованиям к оформлению ведомости технического предложения (ГОСТ 2.118-73*).

3. Аннотация курсового проекта объемом не более одного листа с освещением поставленной задачи и кратким содержанием выполненной работы (ГОСТ 7.9-77).

4. Пояснительная записка (шифр ПЗ) – текстовый КД выполняется на листах белой писчей бумаги формата А4 чернилами черного, синего или фиолетового цвета (в том числе и рисунки) в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД (ГОСТ 2.105-79*, ГОСТ 2.106-68*). Титульный лист к ПЗ допускается не выполнять, тогда первый лист ПЗ становится заглавным, на нем выполняется основная надпись по форме 2, а на последующих – по форме 2а (ГОСТ 2.104-68*). Объем ПЗ порядка 15-20 листов. ПЗ в целом включает: содержание, введение, основная часть, список использованной литературы, приложения.

Во введении указывают область использования, назначение и технические характеристики проектируемого механизма, условия эксплуатации, а также специфичные требования к конструктивному исполнению и дополнительные требования, которые сформулированы самим студентом исходя из анализа ТЗ.

Основная часть содержит все расчеты, обоснование принятых конструктивных решений, технические описания как всего механизма, так и узлов и деталей, на которые выполнены чертежи.

В общем случае структура ПЗ повторяет последовательность этапов, изложенную в данных методических указаниях. В тексте ПЗ необ-

ходимо указывать ссылки на литературные источники, сведения из которых были использованы в проекте.

5. Схема кинематическая принципиальная (при выполнении в виде отдельного КД).
 6. Чертеж общего вида механизма.
 7. Спецификация механизма, определяющая состав механизма как сборочной единицы. Требования к оформлению спецификаций регламентирует ГОСТ 2.108-68*.
 8. Сборочный чертеж механизма.
 9. Спецификация одного из сборочных узлов, на который выполнен сборочный чертеж.
 10. Сборочный чертеж узла. Если сборочный чертеж узла размещается на формате А4, то возможно его совместить со спецификацией.
 11. Чертежи пяти-шести деталей.
- Чертежи деталей, чертежи общего вида, сборочные чертежи узла и всего механизма (графические КД) выполняются на ватмане или любой другой бумаге в карандаше.

Библиографический список

1. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник. Л.: Машиностроение, 1984.
2. Дмитриев Ф.С. Проектирование редукторов точных приборов. Л.: Машиностроение, 1971.
2. Матвеев В.И. Отсчетные устройства приборов и систем. М.: Машиностроение, 1984.
4. Микроэлектродвигатели для систем автоматики: Технический справочник /Под ред. Э.А.Лодочникова. М.: Энергия, 1969.
5. Пименов А.И. Механизмы настройки РЭА. М.: Высш. шк., 1977.
6. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справ. пособие /Э.Т.Романчычева и др. М.: Радио и связь, 1989.
7. Рошин Г.И. Конструирование механизмов радиоэлектронной аппаратуры. М.: Высш. шк., 1973.
8. Рошин Г.И. Несущие конструкции и механизмы РЭА. М.: Высш. школа, 1981.
9. Справочник конструктора РЭА: Компоненты, механизмы, надежность /Под ред. Р.Г.Варламова. М.: Радио и связь, 1985.

Ю. Элементы приборных устройств: Курсовое проектирование. В 2-х частях /Под ред. О.Ф.Тищенко. М.: Высш. школа, 1978.

II. Классификатор радиотехнических изделий: Метод. указания. Куйбышев. авиац. ин-т. /Сост. А.Н.Чекмарев и др. Куйбышев, 1988.

ПЕРЕЧЕНЬ СТАНДАРТОВ

- ГОСТ 2.101-68 (СТ СЭВ 364-76). ЕСКД. Виды изделий.
- ГОСТ 2.102-68 (СТ СЭВ 4768-84). ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
- ГОСТ 2.103-68^ж (СТ СЭВ 208-75). ЕСКД. Стадии разработки.
- ГОСТ 2.104-68^ж (СТ СЭВ 140-74, СТ СЭВ 365-76). ЕСКД. Основные надписи.
- ГОСТ 2.105-79^ж (СТ СЭВ 2667-80). ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
- ГОСТ 2.106-68^ж. ЕСКД. Текстовые документы.
- ГОСТ 2.108-68^ж (СТ СЭВ 2516-80). ЕСКД. Спецификация.
- ГОСТ 2.109-73^ж (СТ СЭВ 5045-85). ЕСКД. Основные требования к чертежам.
- ГОСТ 2.118-73^ж. ЕСКД. Техническое предложение.
- ГОСТ 2.119-73^ж. ЕСКД. Эскизный проект.
- ГОСТ 2.120-73^ж. ЕСКД. Технический проект.
- ГОСТ 2.403-75^ж. (СТ СЭВ 859-78). ЕСКД. Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес.
- ГОСТ 2.406-76^ж (СТ СЭВ 859-78). ЕСКД. Правила выполнения чертежей цилиндрических червяков и червячных колес.
- ГОСТ 2.703-68^ж (СТ СЭВ 1187-78). ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем.
- ГОСТ 2.770-68^ж (СТ СЭВ 2519-80). ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики.

КОНСТРУИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Составитель У в а р о в Геннадий Викторович

Редактор Е.Д.А н т о н о в а

Техн. редактор Н.М.К а л е н ю к

Корректор Е.Г.Ф и л и п п о в а

Подписано в печать 3.12.90. Формат 60x84^I/16.

Бумага оберточная. Печать оперативная.

Уч.-изд.л. 1,0. Усл.п.л. 1,2. Тираж 500 экз.

Заказ № 6694. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086. г. Куйбышев, Московское шоссе, 34.

Типография им. В.П.Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения. 443099. г. Куйбышев, ул. Венцека, 60.