Министерство образования Российской Федерации

Московский Государственный Авиационный институт (Технический университет)

Е.А.Самойлов

1000

Описание привода управления рулём ЛА (к заданию Л11)

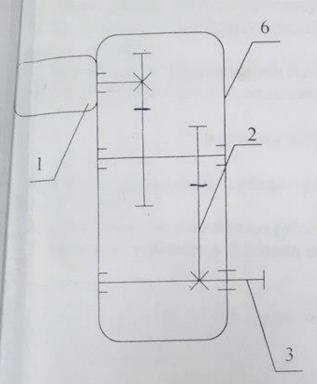
Задание Л11

Спроектировать привод для управления рулём ЛА

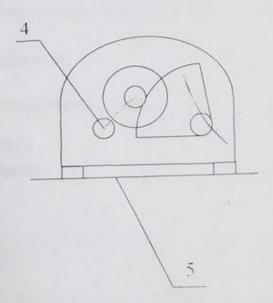
Электродвигатель МУ-320

 $W_1 = 0.1 \text{ kBT}$

n= 5500об/мин



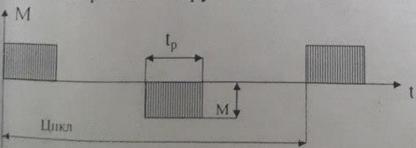
- 1 Электродвигатель
- 2 Сектор (зубчатый)
- 3 Выходной вал
- 4 Вал электродвигателя
- 5 Плоскость крепления
- 6 Редуктор



Параметры	Варианты				
	1	2	3	4	5
t _{p,} c	0,05	0,045	0,04	0,035	0,03
N _{uh}	120000	140000	160000	180000	200000
Угол поворота выходного вала из одного крайнего положения в другое			$\varphi = 60^{\circ}$		

Коэффициент динамичности: К_д=2,5

Типовой режим нагружения:



Техническая характеристика проектируемого изделия к заданию Л11

- Для привода можно применить реверсивный электродвигатель МУ-320 мощностью W=100Вт, с числом оборотов вала n=5500об/мин.
- 2. Режим работы механизма повторно- кратковременный.
- 3. Угол поворота выходного вала из одного крайнего положения в другое 60 град.
 - 4. Коэффициент динамичности К_д=2,5
 - 5. Смазка зацепления и подшипников пластичная ЦИАТИМ-228.

Условия эксплуатации

- 1. Интервал изменения температуры окружающей среды от -60 до +85.
 - 2. Относительная влажность среды до 98%
 - 3. Механизм работает в условиях вибрации.

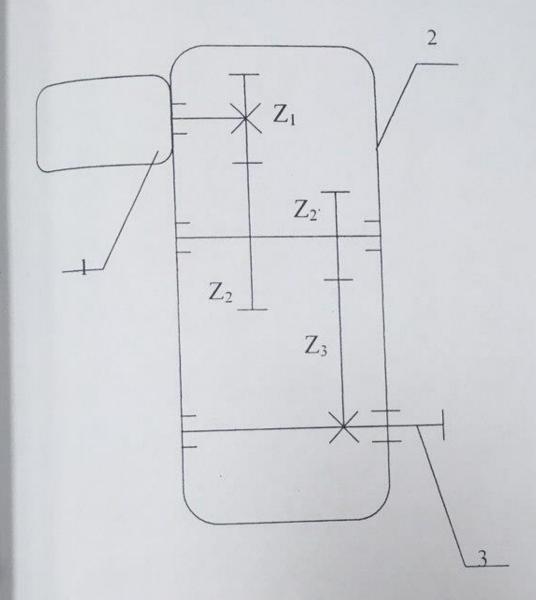


Рис.2 Кинематическая схема механизма привода:

- 1 Электродвигатель
- 2 Крышка корпуса механизма
- 3 Выходной вал

Z₁-Z₃ - зубчатые колёса с числом зубьев Z

.Назначение привода.

Тривод предназначен для управления рулями летательных аппаратов.

2.Описание кинематики электромеханизма и принципа действия.

Привод для управления рулями ЛА состоит из усилителя преобразователя, приводного электродвигателя с редуктором, потенциометра обратной связи и исполнительного органа руля

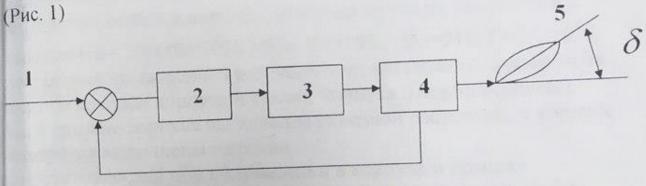


Рис 1. Принципиальная схема силового привода рулей:

- 1 Сигнал управления
- 2 Усилитель преобразователь
- 3 Привод с редуктором
- 4 Потенциометр обратной связи
- 5 Руль

Движение от выходного вала электродвигателя к исполнительному органу (рулю) передаётся через качалки и тяги. Усилитель преобразователь, приводной двигатель и элементы обратной связи конструктивно выполнены в виде одного агрегата.

Потенциометр обратной связи обеспечивает получение информации о величине угла отклонения органов управления рулей. В приводе использован электродвигатель серии МУ-320 мощностью W=100 BT и с частотой вращения выходного вала n=5500 об/мин.

3. Кинематика и описание конструкции привода

Конструкция двух вариантов прототипа приведена в прилагаемом констру.
методическом пособии Л11.000.000.СБ. Кинематическая схема методическая слема привода показана на Рис.2. Здесь вращение от электродвигателя 1 привода на выходной вал 3 посредством двух пар цилиндрических передатых колёс. На выходном валу насажено колесо Z₃ в виде зубчатого сектора. Выходной вал редуктора совершает качательное движение с углом поворота вала из одного крайнего положения в другое ϕ =60°. Движение от выходного вала на руль управления ЛА тередаётся через качалки — тяги (на схеме не указаны). Все зубчатые колёса и валы изготовлены из стали 18Х2Н4МА с еврдостью HB= 290(σ_b =1030 МПа, σ_τ =785, σ_τ 1=510, E=2,1·10⁵). орпус редуктора выполнен разборным из магниевого сплава МЛ4. остоит из крышки корпуса и самого корпуса. Подшипниковые нёзда в крышке корпуса выполнены сквозной расточкой, в корпусе ги отверстия выполнены глухими. оосность отверстий под подшипники в корпусе и крышке существляется их фиксацией перед расточкой отверстий двумя гтифтами. На конце выходного вала редуктора установлена шпонка. ехнические требования к прототипу приведены на стр10.

4. Рекомендуемый порядок расчёта.

Порядок расчёта зубчатых передач, валов, соединений, подбора одшипников и т.п. подробно изложен в лекциях и методических особиях [1-5]. Здесь изложены только отдельные этапы и некоторые екомендации по их выполнению.

1. Расчет привода Кинематический расчет

а) Определение частоты вращения выходного вала:

$$n_3 = \frac{60}{t_p} \frac{\varphi^{\circ}}{360^{\circ}} = \frac{\varphi^{\circ}}{6t_p} \quad \text{final}$$

б) Общее передаточное отношение привода:

$$i_{\text{obm}} = n_{\text{дB}} / n_3$$

где Пав настота вращения электродвигателя [об/мин], настота вращения выходительной выполнять на применя выходительной выполнять на применя выходительной выполняться в применя выходительной выполняться в применя выходительной выполняться в применя в пр веля — частота вращения выходного вала механизма [об/мин]

в) Разбивка общего передаточного отношения по ступеням:

- передаточное отношение в первой ступени

$$|i_0| = |i_1| = |i_2| = |i_2| = |i_0| = |i_$$

г) Определение числа зубъев шестерён и колёс: Z_ы - число зубьев шестерни в данной зубчатой паре

данной зубыев колеса в данной зубчатой паре

Суммарное число зубьев в зубчатой паре:

$$Z_{\text{cyn}} = Z_{\text{tit}} + Z_{\text{K}}$$

Принимают:
$$Z_{\text{сум}} = 80..120$$

Подбор числа зубьев можно выполнить по формулам:

$$Z_{\text{LL}} = Z_{\text{CYM}} / (i_{\text{LLK}} + 1)$$

с округлением до целого Z_ш

$$Z_{K} = Z_{UU} i_{UUK}$$

с округлением до целого Zк

После этого уточняется передаточное число каждой зубчатой пары:

$$u_{12} = z_2 / z_1$$

$$u_{23} = z_3 / z_2$$

и определяют частоту вращения на валах:

$$n_2 = \frac{n_{_{2B}}}{u_{_{12}}}, \quad n_3 = \frac{n_{_2}}{u_{_{2'3}}}$$

$$n_2 = \frac{n_{_{JB}}}{u_{_{12}}}, n_3 = \frac{n_{_2}}{u_{_{2'3}}}$$

$$A_{l_0} = \frac{1 - n_{_{100}}}{i} \cdot 100 l_0 \leq 2.5 l_0$$

2. Определение крутящих моментов на валах и зубчатых колёсах Силовой расчёт.

а) Номинальный крутящий момент на первом валу

$$\widetilde{T}_1 = 9550 \frac{W_{\pi}}{n_{\pi B}} H_{MM},$$

 $_{\text{гле}}W_{a}$ - мощность на валу электродвигателя , Вт

Расчётный крутящий момент на первом валу: $T_1 = \tilde{T}_1 \, k_{\rm A}$ где $k_{\rm A}$ - коэффициент внешней динамической нагрузки.

б) Расчётный крутящий момент на втором валу:

 $T_2 = T_1 \eta_{12} u_{12} (1 - \Pi_2),$

 $\eta_{12} = 0,97 - К.П.Д.$ одной зубчатой пары $\Pi_2 = 0.005$ — потери в подшипниках качения

в) Расчётный крутящий момент на третьем валу:

 $T_3 = T_2 \eta_{2/3} u_{2/3} (1 - \Pi_3),$

 $_{\text{где}} \, \Pi_3 = 0.005 - \text{потери в подшипниках качения}.$

- 3. Расчет цилиндрической зубчатой передачи
- а) Выбор материала зубчатой передачи: Материал выбирается из справочника или методического пособия [1,3,5]. Например можно использовать сталь 18Х2Н4МА. (о=785 МПа, HB=290)
- б) Выбор относительной ширины зубчатого венца: ¥62≤0.1
- в) Выбор степени точности (кинематической, плавности, контакта и бокового зазора): 7 - нормальная, 6 - повышенная, 8 - пониженная. В большинстве приводов обычно используют 7-ю.
- г) Выбор угла наклона зуба: В нашем случае угол наклона $\beta = 0^{\circ}$
 - д) Определение контактных напряжений.

1) предельных $\sigma_{H \lim a}$ И $\sigma_{H \lim b}$, $\sigma_{H \lim b}$ $\kappa_{H \lim b}$ Кил $\sigma_{H \lim_{a} = \sigma_{\tau}}$

11000

$$= 2HB + 70$$

$$= 30HB^{24} \text{ (cm phc 3)}$$

$$= \sqrt{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} = \sqrt{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}$$

га: Кнг - коэффициент долговечности;

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{H \text{ lim}} Z_R Z_V}{S_H}$$
, S_H=1.35

е) Определение коэффициентов:

Коэффициенты учитывают:

Кна - распределение нагрузки между зубьями

Кна = 1 – для прямозубых передач

Кнβ - неравномерности распределения нагрузки по ширине зуба

$$K_{H\beta} = C_{\beta} (1 + C_{\theta} \sqrt{\psi_{ba}} C_{H} C_{ob})$$

 $K_{H\nu}$ - дополнительную динамическую нагрузку (зависит от нормы плавности). В проектировочных расчетах $K_{H\nu}$ =1.

ж) Определение приближенного значения межосевого расстояния:

$$\widetilde{\alpha}_{\text{W2}3} \ge 0.82 \frac{\text{U2}3 + 1}{\sqrt[3]{\text{U2}3}} \sqrt[3]{\frac{\text{T2 Enp Kha Khb Khv}}{\sigma_{HP}^{2} \text{Vba}}} \qquad \text{MM}$$

3) <u>После подстановки данных определяем модуль зацепления:</u> $2\widetilde{\alpha}_{\text{MOD}}$

$$\widetilde{m}_{2'3} = \frac{2\widetilde{\alpha}_{w2'3}}{z_{2} + z_{3}} \cos \beta$$
MM

полученное значение модуля округляем по стандарту в сторону увеличения (m).

Окончательное межосевое расстояние последней ступени:

$$\alpha_{w2'3} = \frac{m_{2'3}}{2} (z_{2'} + z_3)$$
(мм с точностью до 0,01 мм)

и) Расчет межосевого расстояния первой ступени

Определяем модуль для зубчатой пары этой ступени по равенству:

$$m_{_{12}}=m_{_{2'3}}\,rac{\sqrt[3]{T_1}}{\sqrt[3]{T_2}}pprox m_{_{2'3}}\,rac{1}{\sqrt[3]{u_{_{12}}}}$$
 округляем по стандарту в сторону увеличения

Окончательное межосевое расстояние первой ступени:

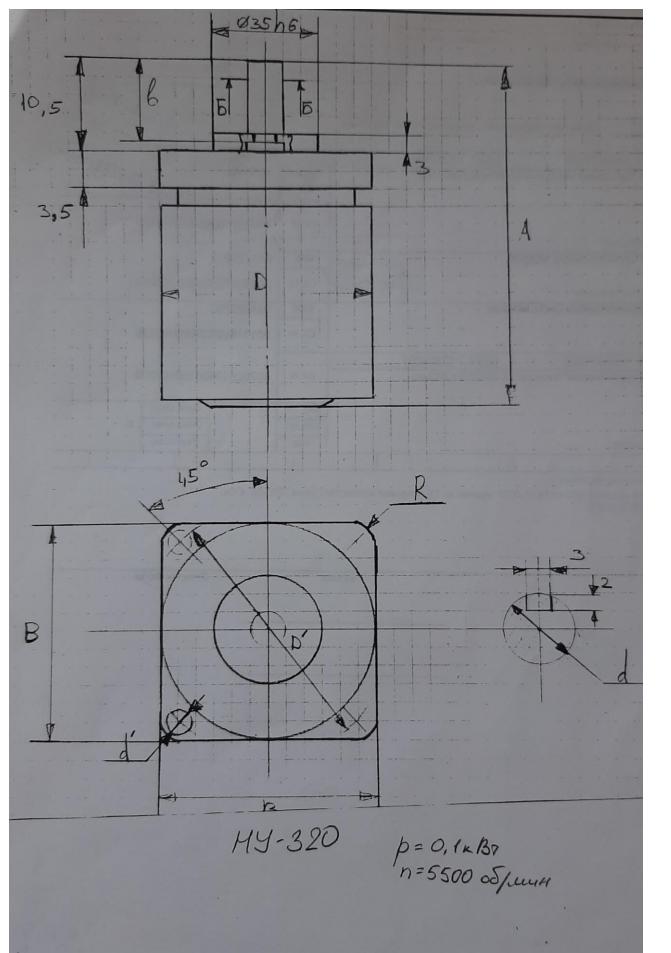
$$\alpha_{w12} = \frac{m_{12}}{2} (z_1 + z_2)$$

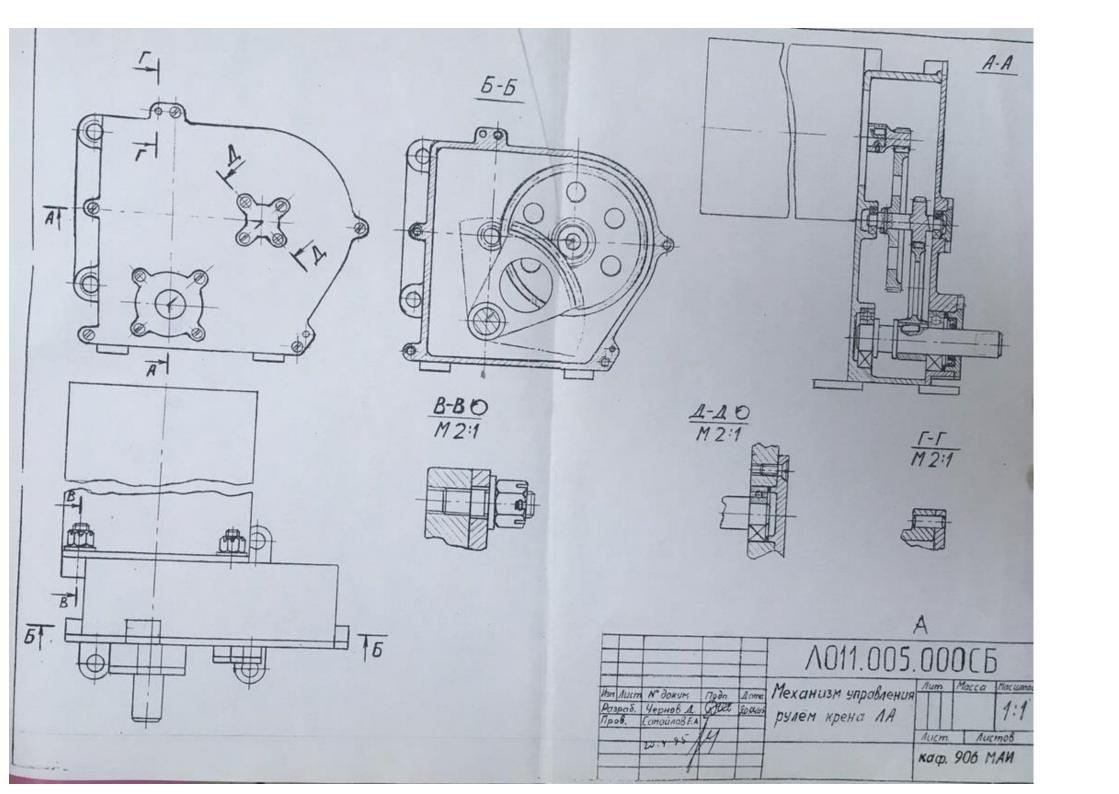
к) Далее определяются параметры зубчатых венцов колёс: d,da,df,bw Размеры других элементов зубчатых колес принимают по рекомендациям работы [5]

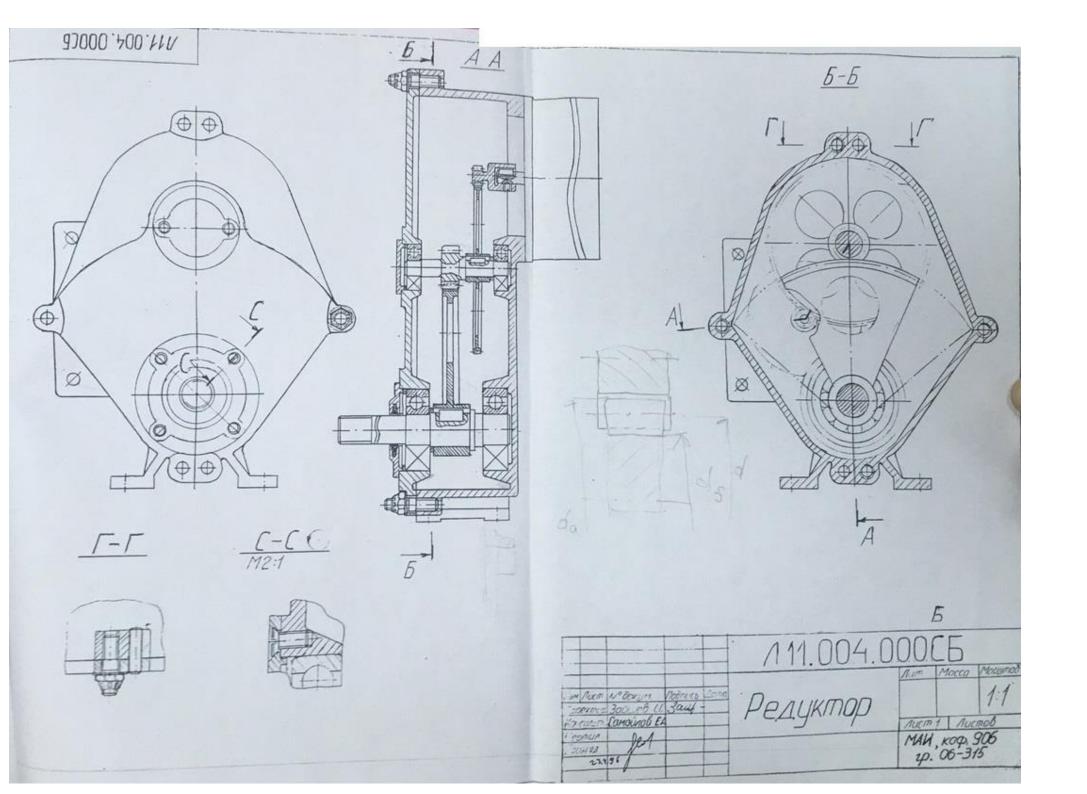
Проверочный расчет

Проверка контактной и изгибной прочности зубьев производится только для зубчатых пар последней ступени. Обычно, если отсутствует упрочнение поверхностного слоя, то зубья передач не ломаются. На прочность нужно проверить выходной вал, по имеющейся методике расчета, с построением эпюр изгибающих и крутящих моментов в расчётно-пояснительной записке. Проверку подшипников качения на долговечность произвести только для одной подшипников [1-4]. Проводится расчет соединения вал-ступица. Технические требования к прототипу приведены на стр10.

Технические требования к приводу. Перед сборкой подшипники поз. ромыть бензином ГОСТ и просушить. После сборки подшипники заполнить пластичным смазочным изтериалом ГОСТ 3. Рабочую поверхность зубчатых колес поз. покрыть слоем смазочного материала ГОСТ 4. Отверстия под штифты поз. обрабатывать при сборке. 5. Осевой люфт 0,10,3 мм валов поз. отрегулировать кольцами поз. 6. Крепежные винты поз. при сборке ставить на краске гост отрегулировать кольцами поз. Плоскость разъема корпуса поз. при окончательной сборке покрыть слоем герметика гост отрегулировать кольцами при окончательной сборке покрыть слоем герметика гост отрегулировать гост отрегулировать кольцами при окончательной сборке покрыть слоем герметика гост отрегулировать гост отрегулировать кольцами при окончательной сборке покрыть слоем герметика гост отрегулировать гост отрегулировать кольцами при окончательной сборке покрыть слоем герметика гост отрегулировать гост отрегулировать кольцами при окончательной сборке покрыть слоем герметика гост отрегулировать кольцами при окончательной сборке покрыть слоем герметика







План выполнения КП

- 1. Кинематический расчет
 - 1) Определение частот вращения выходного вала
 - 2) Определение передаточного отношения
 - 3) Расчет крутящего момента на 2 и 3 валах
- 2. Проектирование зубчатой передачи (3П)
 - 1) Выбор материала ЗП
 - 2) Выбор относительной ширины зубчатого венца
 - 3) Выбор степени точности
 - 4) Выбор угла наклона зуба
 - 5) Определение контактных напряжений
 - 6) Расчет приближенного межосевого расстояния 2й ступени и его уточнение
 - 7) Расчет межосевого расстояния первой ступени
 - 8) Определение геометрических размеров зубчатых колес
- 3. Проверочный расчет зубчатой передачи
 - 1) Проверка зубьев на контактную прочность
 - 2) Проверка зубьев на изгибную прочность
 - 3) Проектирование 2го (промежуточного) вала
 - 4) Расчет вала на прочность и построение эпюр
 - 5) Подбор и расчет подшипников
 - б) Проверочноый расчет соединения зубчатого колеса и вала (шпонка, шлицы, штифт...)
- 4. Графическая часть
 - 1) Спецификация
 - 2) Сборочный чертеж редуктора (СБ)
 - 3) Чертеж зубчатого колеса
 - 4) Чертеж крышки подшипника