

Лекция 1
Квентин Георгий Александрович \ Р15 \ Задачи

ДЗ 1: валы и опоры

ДЗ 2: дюбели и пакеты (3 задачи)

РК: 14-16 нед, раздельные цепи

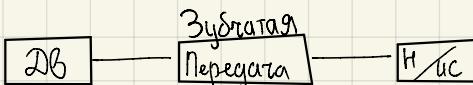
ДЗ 1: расчет вала

расчет опоры ($\times 2$) } 1 часть (3-4 нед)

эскиз вала

сборочный чертеж } 2 часть

Введение. Валы.

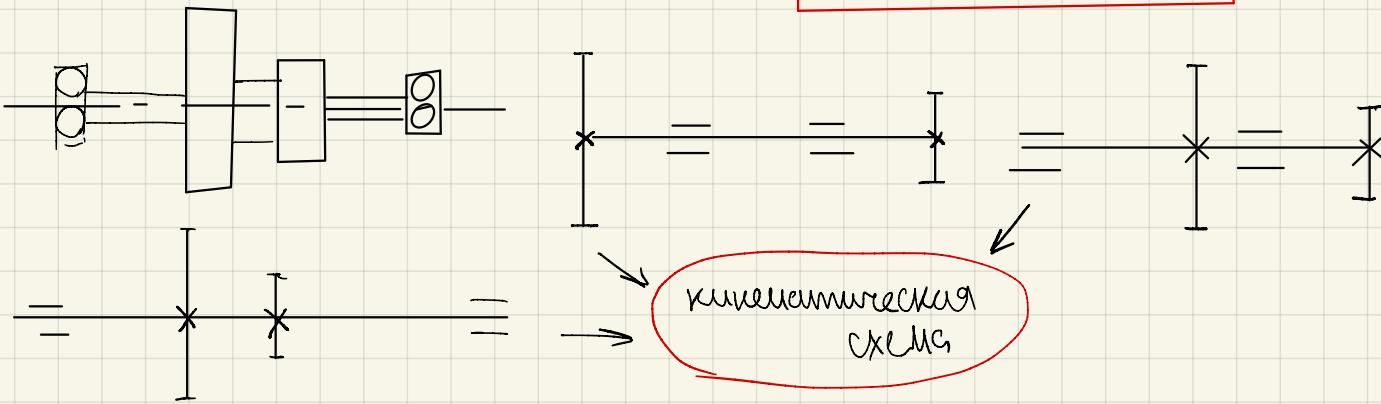


$$m\omega \xrightarrow{P=\text{const}} M\omega$$

Этот процесс наз. **регулирование**
потреб.

$$M\omega \Rightarrow m\omega$$

мультимашинатор



Валы и оси

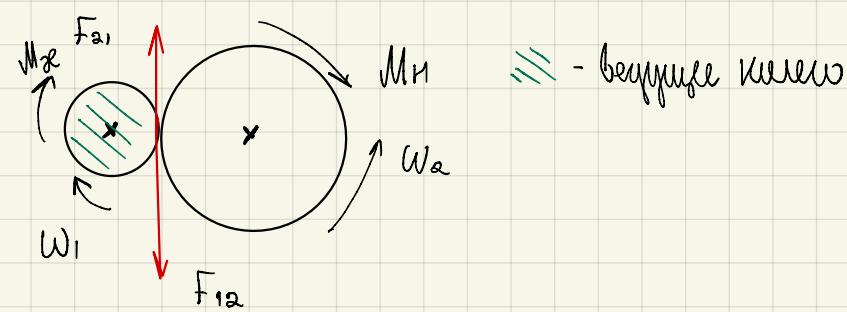
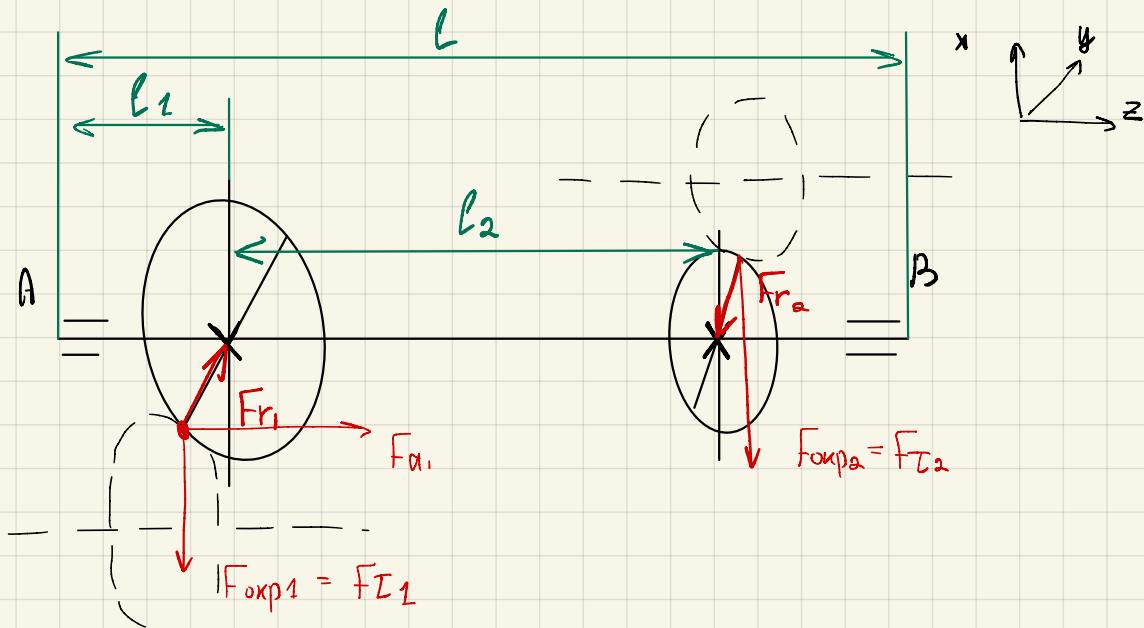
Валы служат для передачи крутящих моментов и поддержания стационарных на них, вращающихся элементов (колеса, кулачки, пальцы и т.п.)

Оси не предназначены для крутящих моментов и как правило не вращаются

Требования к валам:

- 1) прочность;
- 2) жесткость;
- 3) износостойкость;
- 4) технологичность;
- 5) вибростойкость;

Пример расчетного вала:



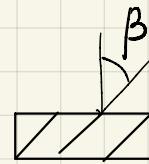
Пример:

$$M_{kp} = 4500 \text{ H} \cdot \text{mm}$$

$$\omega = 80 \text{ c}^{-1}$$

$$D_1 = 45 \text{ mm (шестигранник)}$$

$$D_2 = 15 \text{ mm (треугольник)}$$



$$\beta = 12^\circ$$

$$\begin{aligned} l_1 &= 30 \text{ mm} \\ l_2 &= 20 \text{ mm} \\ l &= 80 \text{ mm} \end{aligned} \Rightarrow l_3 = 30 \text{ mm}$$

1) рассчитываем диаметр вала, исходя из угловой и кручущей нагрузки, имеющейся в валу и угловой величины.

2) рассчитываем радиус смещения и опоры катения

3) определяем угол (вал в склоне)

$$F_{T1} = \frac{M_{kp}}{D_1/2} = \frac{4500}{45/2} = 200 \text{ H}$$

$$F_{r1} = \frac{F_{T1} \cdot \operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} = \frac{200 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ)}{\cos(120^\circ)} = 75 \text{ H}$$

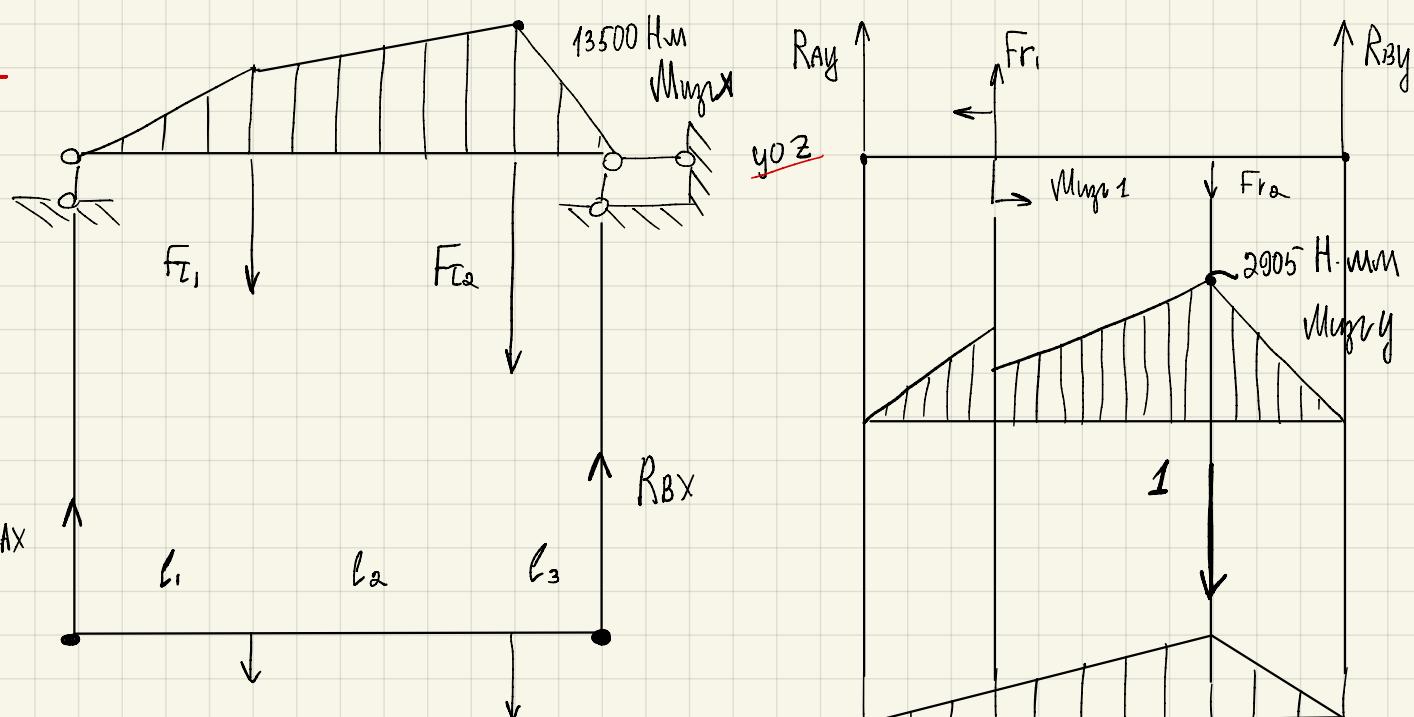
$$F_{T2} = \frac{M_{kp}}{D_2/2} = 600 \text{ H}$$

$$F_{r2} = \frac{F_{T2} \cdot \operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} = 218 \text{ H}$$

$$F_{A1} = F_{r1} \cdot \operatorname{tg} \beta = 42 \text{ H - осевая сила}$$

$$M_{up1} = F_{A1} \cdot \frac{D_1}{2} = 945 \text{ H} \cdot \text{mm}$$

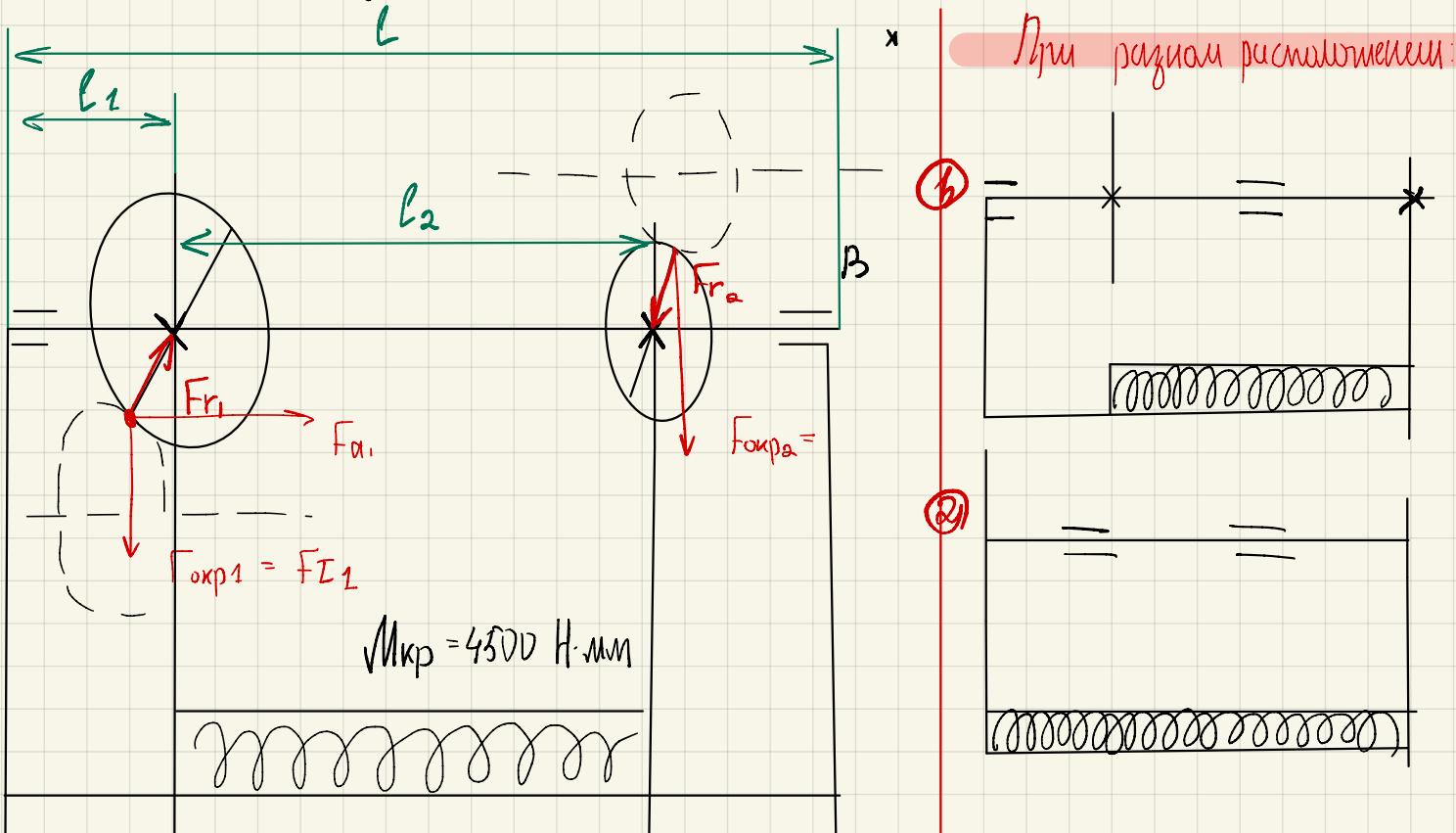
XOZ



1) Определяем опоры

$$\leq M_A = 0 \dots R_{By} = 96,8 \text{ H} ; R_{Bx} = 450 \text{ H}$$

$$\leq M_B = 0 \dots R_{Ay} = 47,3 \text{ H} ; R_{Ax} = 350 \text{ H}$$



Момент 2

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = 353 \text{ H}$$

$$R_B = \dots = 460 \text{ H}$$

$$M_{ux} = \sqrt{M_{ux_{xz}}^2 + M_{uy_{yz}}^2} = 13809 \text{ H} \cdot \text{mm}$$

$$M_{uy} = 4500 \text{ H} \cdot \text{mm}$$

$\zeta_{\text{rk6}} = \sqrt{\zeta^2 + 3t^2} \leq [\zeta]$ - ymawee mpoewcme

$$M_{np} = \sqrt{M_{np}^2 + 0,75 M_p^2} = 14348,4 \text{ Н.м}; \quad M_{np} - \text{нужденный момент}$$

$$Z = \frac{M_{\text{air}}}{W} , W = \frac{\pi d^3}{32} \times 0,1 \cdot d^3$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{D_0 [\sum g_F]}} = \sqrt[3]{\frac{14348,4}{D_0 \cdot 1 \cdot 252}} = 8,3 \text{ mm} \Rightarrow 9 \text{ mm}$$

Как правило, быть гарантом из синии, является синий:

Cm4, Cm5, Cm6

+ Мало гиперактивные, креативные: Cm20, 30... 50, 60...

+ самое популярное: 20X, 30X, 38XA, 40X, 40XH

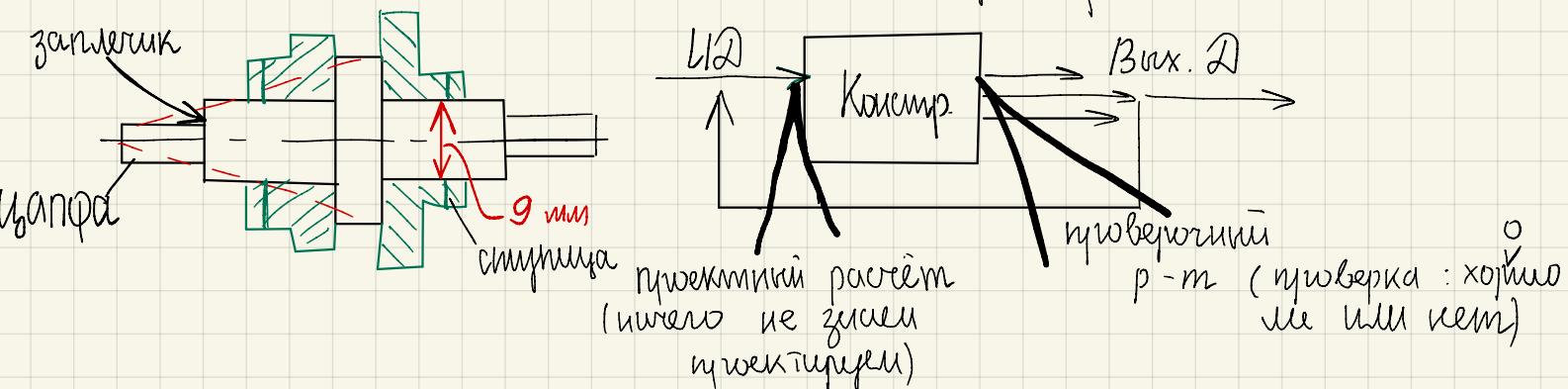
Cm 40 X (Cm 40, 45) :

$$\left(\frac{\text{предельный}}{\text{влияние ветра}} \right) Z_{13} = 880 \text{ МПа} ; \quad Z_{-1} = 0,43 Z_{13} = 380 \text{ МПа}$$

'циклическая нагрузка'

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{-1}}{n} = \frac{360}{1,5} = 250 \text{ MPa}$$

Минимальный диаметр балки 3 mm = d_min



Опори приборних установок

одна из четырех, обеих. Одной группе они группой по одному заданный предмету

Классификация:

- 1) опора турбогенераторов;
 - 2) опора турбина Касимова;
 - 3) циркулярные опоры;
 - 4) шахтные опоры;
 - 5) воздушные опоры;
 - 6) электрические опоры;
 - 7) электротрансформаторные опоры;

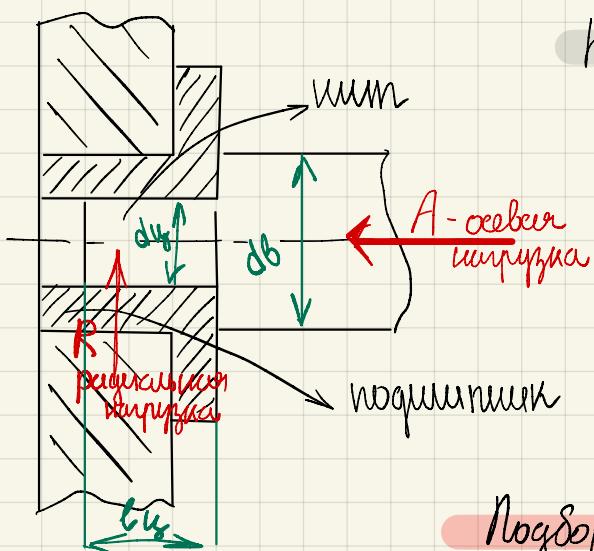
Опоры с тремя склонами: срединные, балансирные, концевые.

Пренебрежимо незначительных:

3) пренебрежимо концентрации и изгиба;

1) высокая прочность;

2) сжатие соединения радиальное и осевое



Недостатки:

1) большие перемены на трещине;

2) керавик перекат (износ);

3) требует смазки и предотвращения

облущивания;

4) эпюры: низкая толщина скользи-

рования;

Подбор опор скольжения

1) диаметр цапфы шариков $\phi_{sh} = 6 \text{ мм}$ ($d_{min} = 2 \text{ мм}$)

$$l_{sh} = (0,5 \dots 1,5) \phi_{sh} \Rightarrow l_{sh} = 6 \text{ мм}$$

2) подшипник делают из бронзы или латуни, фторопласт, резину, силикон, не из

(1) БрOP $\left[L_p \right] = 15 \text{ МПа}$ - допуск. нагрузка

(III) См 40Х $\left[p_r \right] = \text{максимальная} = 20 \text{ МПа} \cdot \frac{\mu}{C}$

3) на вал устанавливается 2 один. опоры, поэтому расчет ведут по длине скользящей

опоры B

Лекция 3

Расчет вала на крутильную жесткость

Крутильная жесткость - угол закручивания

$$\Delta \psi_y = 2 \frac{M_{kp} \cdot l}{G \cdot J_p} \leq [\psi] \quad \text{где } M_{kp} \text{ - момент кручения}$$

$[\psi]$ - угол прогибов (5...30°)

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1 d^4; \quad G = 0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$l = l_2 = 20 \text{ мм}$$

$$M_{kp} = 4500$$

$$\Delta \psi_y = 2 \cdot \frac{4500 \cdot 20}{0,8 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot 9^4} = 0,0034 \text{ рад} =$$

$$= 11,6' \text{ угол минут}$$

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{64 M_{kp} \cdot l}{\pi G [\psi]}}; \dots 9,1 \text{ мм} = 10 \text{ мм}$$

Определение прочности

$$\delta_y = \frac{1}{EJ} (S_1 y_1 + S_2 y_2 + S_3 y_3 + S_4 y_4)$$

$$\sigma = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \leq [f]$$

допустимый предел прочности

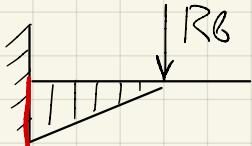
$$\delta_x = \frac{1}{EJ} (S_1 x_1 + \dots)$$

$$[f] = (0,002 \div 0,003) R$$

Расчет сечения

1. Проверка изгиба на изгиб

$$l_{yz} = (0,5 \dots 1,5) d = 6 \text{ мм}$$



$$M_{yz} = RB \cdot \frac{l_{yz}}{2},$$

$$\zeta = \frac{M_{yz}}{0,1 \cdot f^3} = \frac{460 \cdot 3}{0,1 \cdot 6^3} = 62,5 \text{ МНа} \leq [\zeta] = 253 \text{ МНа}$$

2. Расчет на контактную прочность

a) действующее растягивающее напряжение: $\sigma = \frac{RB}{l_{yz} \cdot d_y} = \frac{460}{6 \cdot 6} = 12,7 \text{ МПа} \leq [p] = 15 \text{ МПа}$

b) осевая нагрузка: $P = \frac{F_{oc}}{\frac{\pi d_s^2}{4} - \frac{\pi d_y^2}{4}} = \frac{4 F_o}{\pi (d^2 - d_y^2)} = \frac{4 \cdot 42}{\pi (9^2 - 6^2)} =$

$$= 4,4 \text{ МНа} \leq [p]$$

! Проверка проходит!

3. Расчет на теплостойкость (условие отсут. передача в зоне контакта)

a) при радиальной нагрузке

$$PV = \frac{RB^4}{d_y \cdot l_{yz}} \cdot \frac{\omega \cdot d_y}{2} = \frac{RB}{d_y \cdot l_{yz} \cdot 2 \cdot 10} \cdot \frac{d_y}{1000} = \\ = 4,1 \text{ МНа} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega = \frac{p_{oc}}{C}, 12 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$n = \omega \cdot \frac{60}{2\pi} = 10 \omega$$

b) при осевой нагрузке: $PV = \frac{4 \cdot F_{oc}}{\pi (d^2 - d_y^2)} \cdot \frac{\pi (d - d_y) n}{2 \cdot 60 \cdot 1000} = 0,38 \text{ МНа} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Проверка проходит!

момент трения
в сопре B

$$M_{TrB} = 1,27 f \cdot RB \cdot \frac{d_y}{2} = 1,27 \cdot 0,05 \cdot 460 \cdot \frac{6}{2} =$$

$$(0,05 \text{ при исчезн. смазки}) = 87 \text{ Нм}$$

4. Коэффициент трения

c) при радиальной нагрузке

δ) Осевая нагрузка: момент трения осевой в M.B

$$M_{Tp.0.B} = \frac{1}{3} F_{oc} \cdot f \cdot \frac{d^3 - d_{us}^3}{d^2 - d_{us}^2} = \frac{1}{3} \cdot 42 \cdot 0,05 \cdot \frac{9^3 - 6^3}{9^2 - 6^2} = 95 \text{ H} \cdot \text{мм}$$

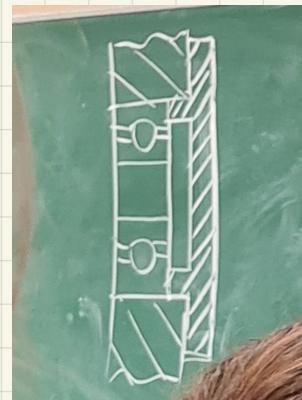
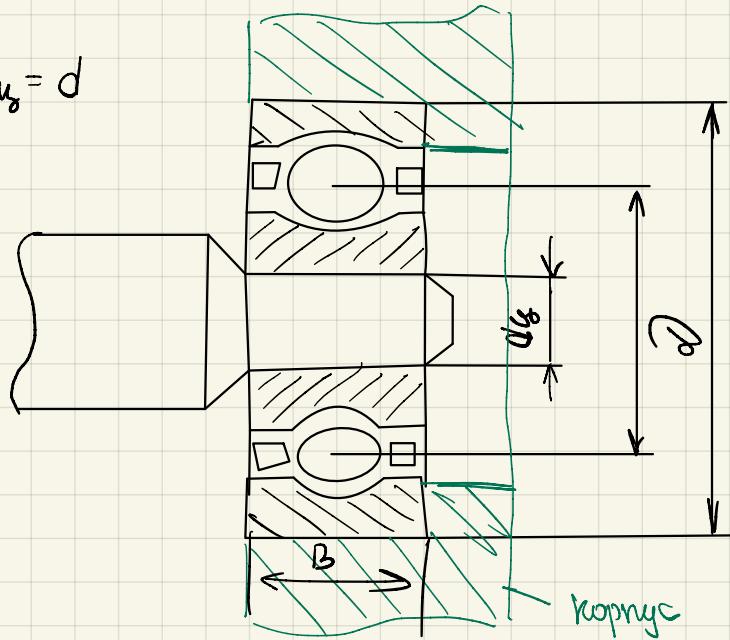
b) $M_{TPA} = 1,27 \cdot f \cdot R_A \cdot \frac{d_y}{2} = 1,27 \cdot 0,05 \cdot 353 \cdot \frac{6}{2} = 60 \text{ H} \cdot \text{мм}$

KПД: $\eta = \frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{M_{max}}{M_{min}} = \frac{4500}{4500 + 87 + 95 + 60} = 0,93 = 93\% ; [P = M\omega]$

$$\eta = \frac{4500 - 87 - 95 - 60}{4500} = 0,92$$

(часть 2 №3)

Пузырь опор качения



Ширина подшипника

1. Выбираем диаметр сервина, выбираем по d_y .

$$d = 6 \text{ мм} \quad D = 19 \text{ мм} \quad C_0 = 1180 \text{ Н} \quad \begin{cases} \text{выборение номинальных} \\ \text{измерений} \end{cases}$$

$$B = 6 \text{ мм} \quad L = 2210 \text{ Н}$$

$$C_p = 0,01 \cdot Q^{3/4} \sqrt{60 \text{ нН}}$$

$$L_n - \text{длн. суппорта} = 2000 \text{ м}$$

$$I_1 = 800 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$Q - \text{эквивалентная нагрузка: } Q = (X \cdot R \cdot V_B + Y \cdot F_{oc}) K_3 K_t$$

\uparrow \uparrow \uparrow
выбираются габариты подшипника

1; 1,2

1 " 1 "

$$\text{Порядок } X \text{ и } Y : \frac{F_{oc}}{G_0} = \frac{42}{1180} = \underline{\underline{10,035}}$$

$$M_3 \text{ табл} \rightarrow c \rightarrow \frac{F_a}{V F_r} = \frac{42}{1 \cdot 460} = 0,09$$

$$| C_p \leq C |$$

$$Q = 1 \cdot 1 \cdot 460 ; \quad C_p = 0,01 \cdot 460 \cdot \sqrt[3]{60 \cdot 80 \cdot 2000} = 2102 < 2210 \Rightarrow \text{опора не нужна}$$

Лекция 4

Взаимозаменяемость. Стандартизация и технические измерения

Проектирование приборных устройств

Проектирование - создание комплекса технической документации предназначенного для изготовления изделия, его контроля и эксплуатации.

Этапы проектирования:

1. Техническое задание
2. Техническое предложение - включает основные схемы.
3. Эскизный проект - проработка нескольких вариантов конструктивного исполнения
4. Технический проект - выполняется подробный общий вид конструкции
5. Рабочий проект - разработка конструкторской документации
6. Макетирование
7. Техническая документация

Стандартизация - процесс установления и применения правил с целью упорядочивания деятельности в определенной области и при участии всех заинтересованных сторон.

В зависимости от сферы деятельности различают:

ГОСТ - государственный

ОСТ - отраслевой

СТП(СТО) - стандарт предприятия

Взаимозаменяемость - означает возможность сборки сопрягаемых деталей в узел и узлов в прибор без дополнительной их обработки при соблюдении требование качества надежности и экономичности.

Чтобы обеспечить взаимозаменяемость, параметры деталей должны отвечать заранее установленной точности

Точность - степень соответствия того или иного параметра, заданному значению.

Точность определяется погрешностью.

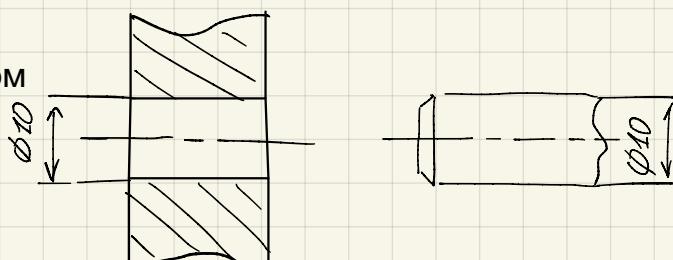
Погрешность есть разность между измеренным и заданным значением параметром.

Величина максимальной погрешности ограничивается пределами или допусками.

Геометрические параметры

количественно определяют посредством размером.

Размер - числовое значение линейной величины



∅10 - номинальный размер - определенный при проектировании и проставляемый на чертеже размер.

Действительный размер - установленный измерением размер с допустимой погрешностью
Предельные размеры - это два предельно допустимых размера между которыми должен находиться действительный размер

$$\phi 10^{+0,03}_{-0,05}$$

30 мкм $\phi 10^{+0,08}_{+0,01} = 10,03$

-50 мкм

Предельное отклонение - алгебраическая разность между предельным и номинальным размером: (2 шт)

30 мкм $|es(E_S)|$

-50 мкм $|ei(E_I)|$ - для отверстий
для валов

Действительные отклонения - алгебраическая разность между действительным и номинальным размером (1 шт)

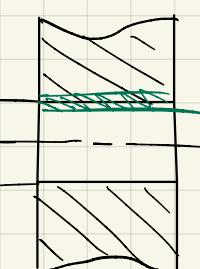
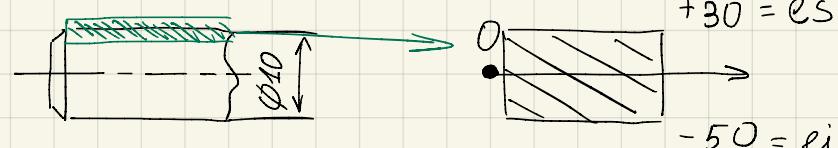
Деталь считают годной, если действительное отклонение находится между верхним и нижним предельными отклонениями.

Вал - охватываемый размер, отверстие - охватывающий размер.

Сопряжение двух поверхностей называется посадкой. Различают:

1. С зазором - если действительный размер вала меньше или равен действительного размера отверстия
2. Натяг - если действительный размер вала больше действительного размера отверстия
3. Переходные -

$$\begin{array}{|c|} \hline \phi 10^{+0,09}_{+0,01} \\ \hline \phi 10^{+0,03}_{-0,05} \\ \hline \end{array}$$



$$+90 = E_S$$
$$+10 = E_I$$

$$\begin{array}{c} E_S = +90 \\ es = +30 \\ EI = +10 \\ ei = -50 \end{array}$$

Переходная посадка с зазором

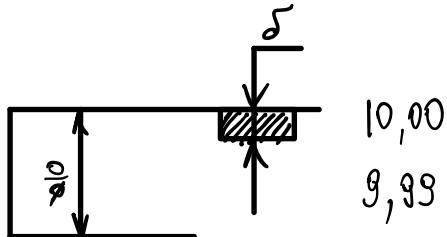
⑥ ⑦

$$- \text{Переходная посадка с зазором}$$

Меркурий 5

Стандартные отклонение и допуска

{δ} допуск — разница между наиб и наим. предельн. размерами



Допуск зависит от размера и изменение плотности

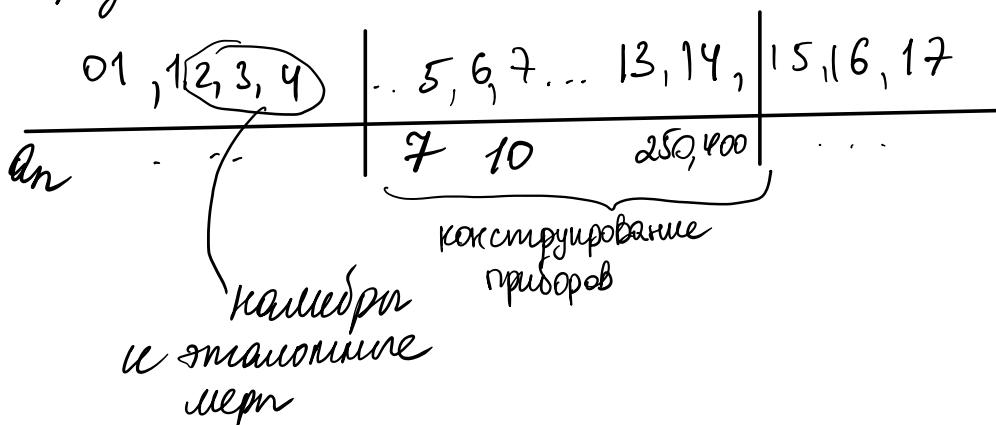
$$\delta = \alpha_n \cdot i \quad i = 0,45 \sqrt[3]{d} + 0,01 d$$

i [мкм] — величина допуска

α_n — относительный коф-т плотности
(определяет квадратичность плотности)

Квадратичность допусков, соот-х
ориг. стендов плотности для всех машинных
размеров

разделено на 19 квадратиков



(5-10) → соединит.

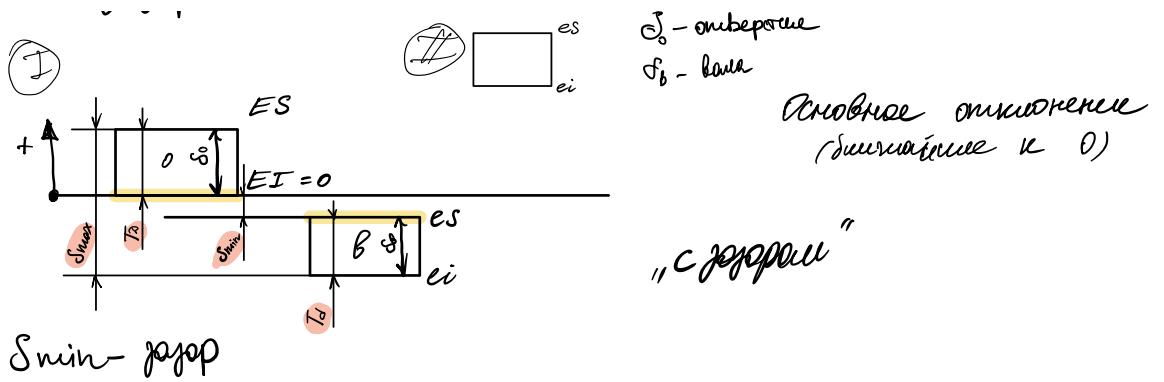
(11-14) → несоединит.

Касания — характер соединения деталей, определяемый
разностью их размеров до сборки.

с зазором

напряжен

переходное



s_{\min} - язоп

$$s_{\min} = EI - es$$

$$s_{\max} = Es - ei$$

T_S - погреc язоп

$$T_S = s_{\min} - s_{\max}$$

s_m - сречнiй язоп

$$s_m = \frac{1}{2}(s_{\min} + s_{\max})$$

$$\begin{aligned} T_p &= Es - EI \\ T_d &= es - ei \end{aligned}$$

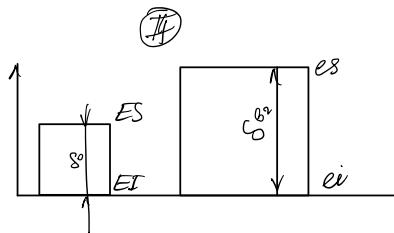
$$s_{\min} = -N_{\max}$$

$$M_{\min} = es - EI$$

$$TN = N_{\max} - N_{\min}$$

$$s_{\max} = -N_{\min}$$

$$M_{\max} = ei - Es$$



$$s_{\min} = EI - es \leq 0$$

$$N_{\max} = es - EI \approx 10$$

$$N_{\min} = ei - Es \leq 0$$

$$s_{\max} = Es - ei$$

$$s_m = \frac{1}{2}(s_{\max} + s_{\min}) = \frac{1}{2}(s_{\max} - N_{\max}) = \frac{1}{2}(6 - 10) = -2$$

$$T(S, N) = T_p + T_d$$

$$\hookrightarrow N_M = 2N_{\min}$$

(непр. нагрека с багатократн. навантаженням)

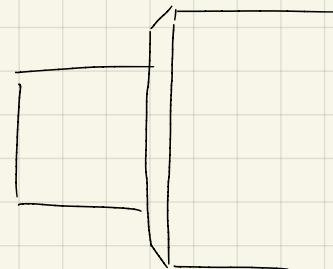
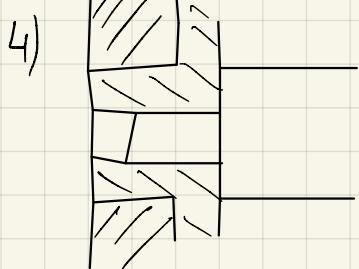
Лекция 6

Занятие к ДЗ 1

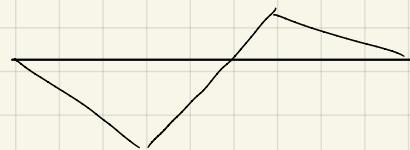
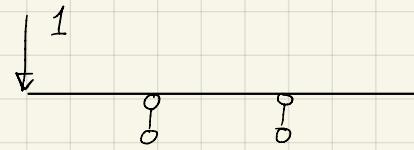
1) указать опасное сечение

2) Мир \Rightarrow скоток на лице машиниста

3) развертки



5) Единичная сила



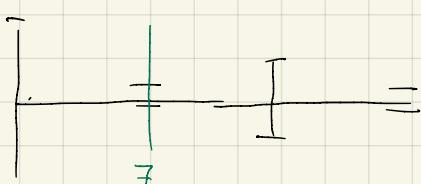
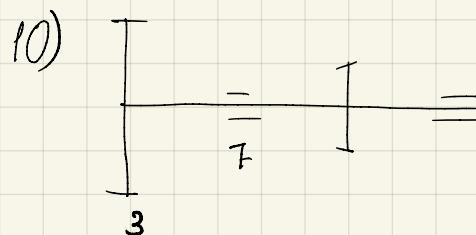
6) Продл $\delta_x \quad \delta_y$

7) крутильная жесткость

$[G] = (5..30)$ $G = \dots 25^1$ - если меняешь, диаметр остается, длина \rightarrow хорошо

8) максимал, если $b_y = d_y \rightarrow \square$

9) Делаем схему



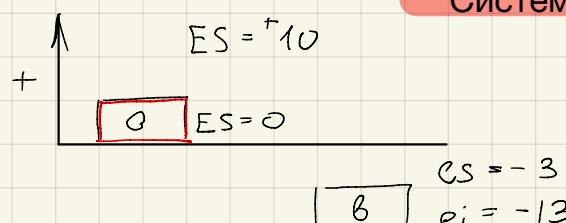
11) η_{oc}
 η_{ok}

12) О.С $d_y = 7$

$$d_y = 9$$

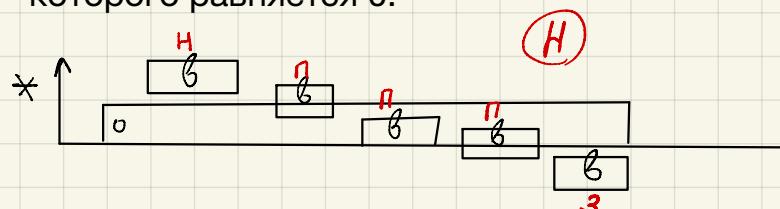
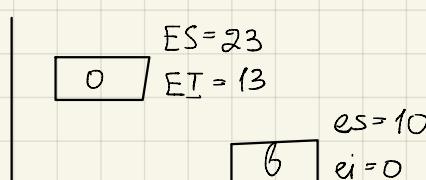
$$И.Л \quad d_y = 10$$

Система отверстия и система вала



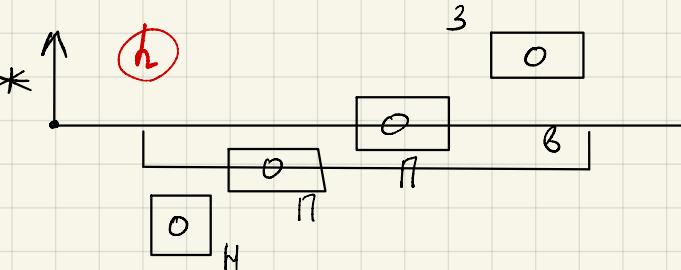
В системе отверстия для получения необходимой посадки соответствующей ей поле допуска вала берут с полем допуском основного отверстия

Основное отверстие - отверстие, нижнее отклонение которого равняется 0.



В системе вала необходимые посадки получаются сочетанием полем допуска основного вала с соответствующим полем допуском отверстия

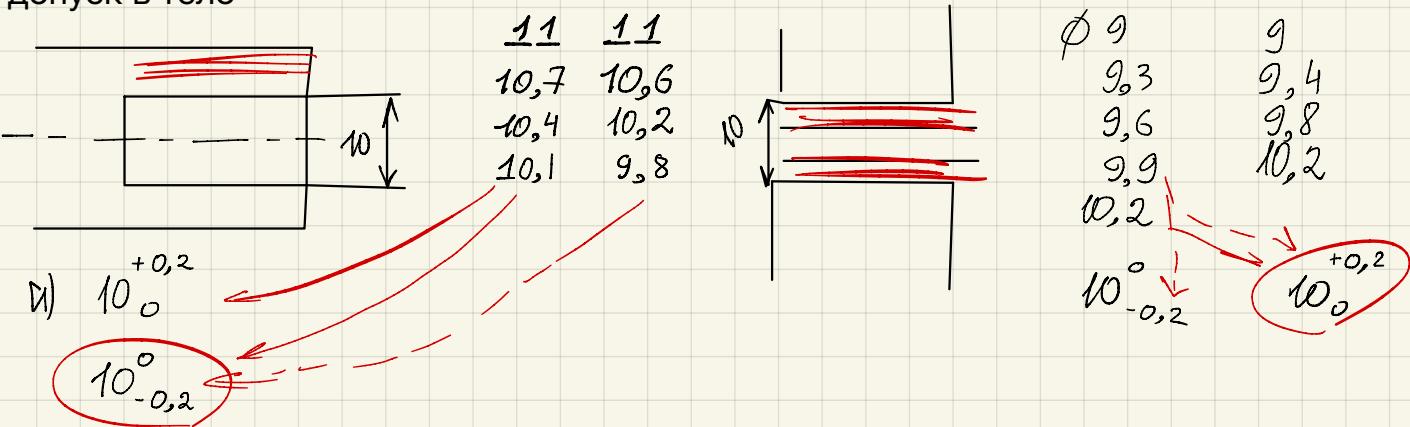
Основной вал - вал, верхнее отклонение которого равняется 0.



Как правило, все посадки задают в системе вала или в система отверстия. Причём 2ая является более предпочтительной

Иначе другие посадки называют внесистемная посадка .

Выбор основного вала и основного отверстия определяется принципом назначения «допуск в тело»



Стандартные допуска, расчётные

ES, ET, es, ei - систему

$\Delta_{bd}, \Delta_{hd}, \Delta_{nd}, \Delta_{nd}$ - расстояние
отверстие вал

Расчётные отклонения устанавливаются разработчиком из условия обеспечения работоспособности изделия и являются основной для назначения стандартных отклонений, согласно ЕСДП. (единая система допусков и посадок)

$$\Delta_{bd}(d) = D_{max}(d_{max}) - D(d)$$

$$\Delta_{nd}(d) = D_{min}(d_{min}) - D(d)$$

$$\text{Допуск: } \delta_D(d) = \Delta_{bd}(d) - \Delta_{nd}(d) = D_{max}(d_{max}) - D_{min}(d_{min})$$

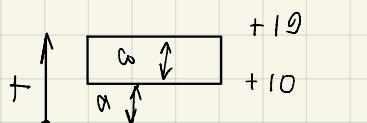
$$S_{max} = \Delta_{bd} - \Delta_{nd} = ES - ei = -N_{min}$$

$$S_{min} = \Delta_{nd} - \Delta_{bd} = ET - es = -N_{max}$$

$$T_s = S_{max} - S_{min} = \delta_D + \delta_d \geq 0$$

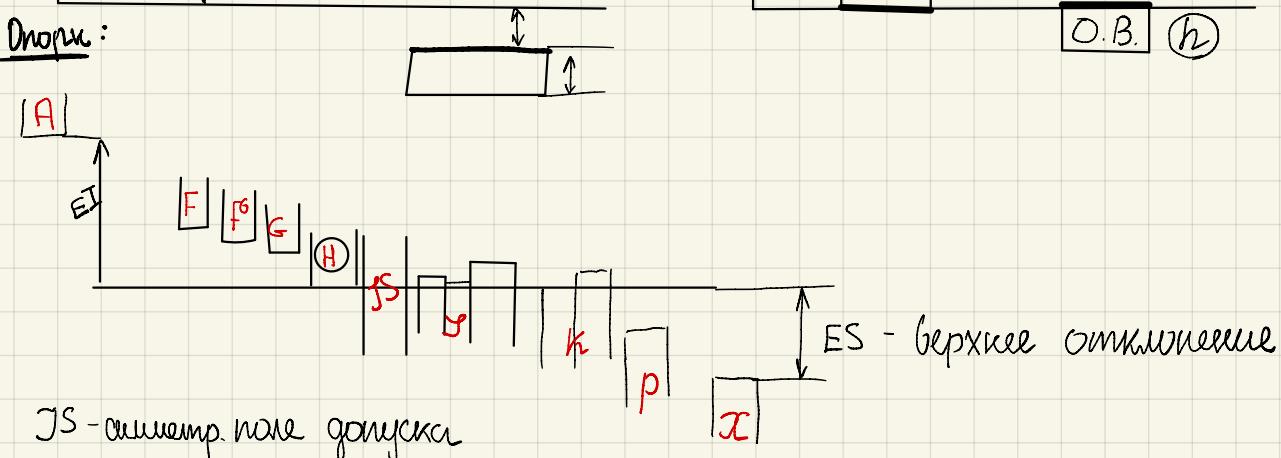
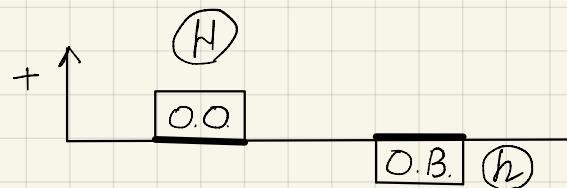
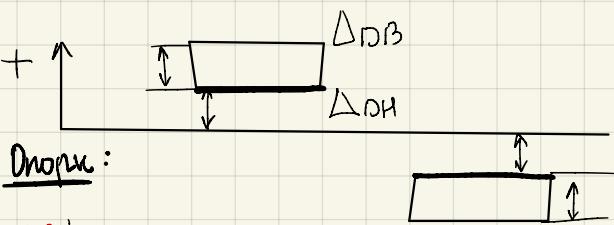
$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$$

Расположение поля допуска принято означать буквами латинского алфавита



Положение в поле допуска определяется основным отклонением и шириной полей допуска

Лекция 7



По таблице: $< 3 \quad U \quad ES \quad +\frac{4}{6}^2$

$$50 \quad H \rightarrow 0$$

$$H.P. 10, \quad F \rightarrow +\frac{13}{16}$$

$$50 \quad V \rightarrow -81$$

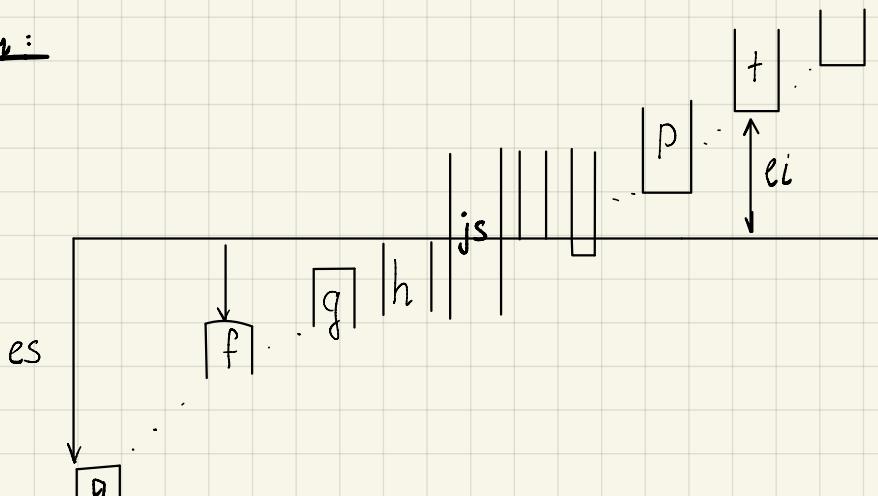
$$120 \quad D \rightarrow 120 \\ MM \quad \text{мк.м.}$$

$$20 \quad N7 \rightarrow -\frac{15}{10}^+\Delta = -15+8 = -7 \text{ мкм} \\ \text{квалитет}$$

$$450 \quad D \rightarrow +760$$

$$100 \quad X \rightarrow -178$$

Важно:



По табл: $33e \quad e = -50 \text{ мкм}$
 $13g \quad es = -6$
 $9j7 \quad ei = -5$

- либо не используется
- либо грубое

$$18p \quad +18ei$$

Ширина поля допуска определяется квалитетом ($IT6; IT9; IT13$)

ТАБЛ: 5, $IT8 - 18 \text{ мкм}$

100 $H10 - 140 \text{ мкм}$

9, $IT14 - 0,36 \text{ мм}$

100 $IT6 - 22 \text{ мкм}$

$$\phi 10M8 = \phi 10_0^{+0,022} \text{ ММ} = \underline{\phi 10}^{+0,022} - \underline{l}_8 \text{ 23}$$

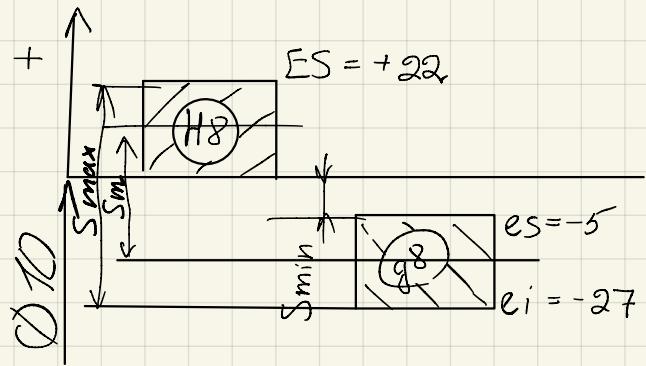
$$\phi 10P8 = \phi 10_{+0,015}^{+0,037}$$

$$\phi 10g8 = \phi 10^{-0,005}_{-0,027}$$

$$\phi 10x8 = \phi 10_{+0,034}^{+0,056}$$

(сочленение) a) $\phi 10 \frac{H8}{g8} - \text{допуск отверстия}$

$$= \phi 10_{-0,005}_{-0,027}^{+0,022}$$



Обозначения

$$S_{\min} = EI - eS = 0 - (-5) = 5 \text{ мкм}$$

$$S_{\max} = ES - ei = 22 - (-27) = 49 \text{ мкм}$$

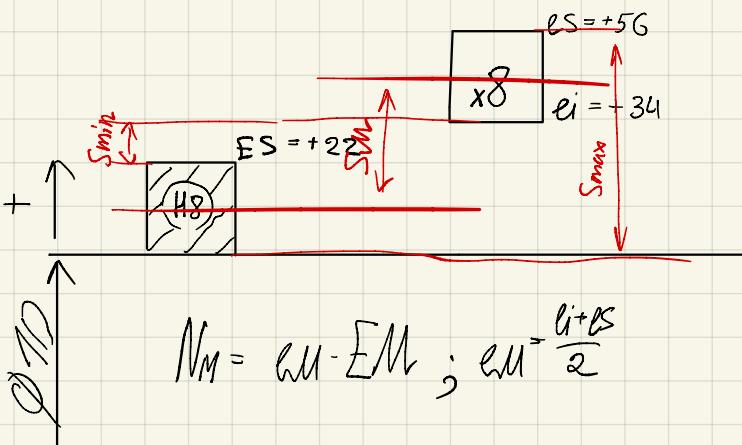
$$S_m = \frac{1}{2}(S_{\max} - S_{\min}) = \frac{1}{2}(5+49) = 27 \text{ мкм}$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 49 - 5 = 44 \text{ мкм}$$

$$TS = T_D + T_d = 22 + 22 = 44 \text{ мкм}$$

} обиально

Посадка с зазором в системе отверстия



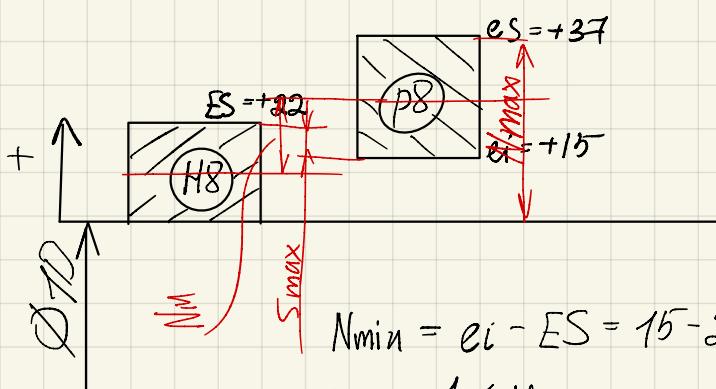
$$N_{\min} = ei - ES = 34 - 22 = 12 \text{ мкм}$$

$$N_{\max} = es - EI = 56 - 0 = 56 \text{ мкм}$$

$$N_m = \frac{1}{2}(N_{\max} + N_{\min}) = \frac{1}{2}(56+12) = 34 \text{ мкм}$$

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 56 - 12 = 44 \text{ мкм}$$

$$TN = T_D + T_d = 22 + 22 = 44 \text{ мкм}$$



$$S_{\min} = EI - eS = 0 - 37 = -37 \text{ мкм}$$

$$N_{\max} = -S_{\min} = 37 \text{ мкм}$$

$$N_m = \frac{1}{2}(N_{\max} + N_{\min}) = \frac{1}{2}(37 - 7) = 15 \text{ мкм}$$

$$S_m = \dots = -15 \text{ мкм}$$

Переходная посадка с более вероятным натягом в системе отверстия

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = N_{\max} + S_{\max} = 37 + 7 = 44 \text{ мкм}$$

$$TN = T_D + T_d \dots$$

Для удобства введены рекомендованные посадки

Лекция 8

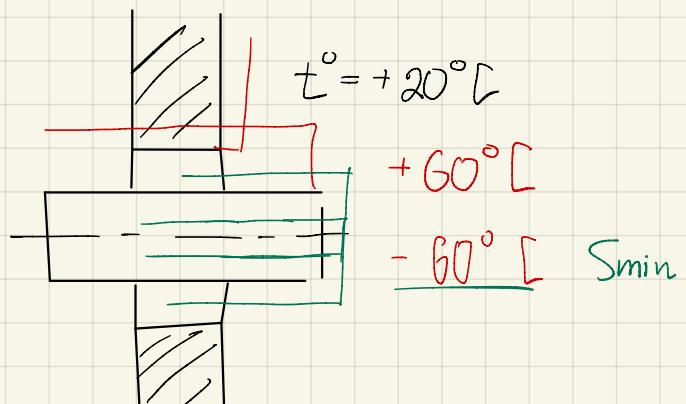
$$IS = \pm \frac{IT}{8}$$

$$7js6 = 7 \pm 0,010 \quad 7^{+0,01}_{-0,01}$$

$$\hookrightarrow 8 = 1T = 20 \mu\text{K}$$

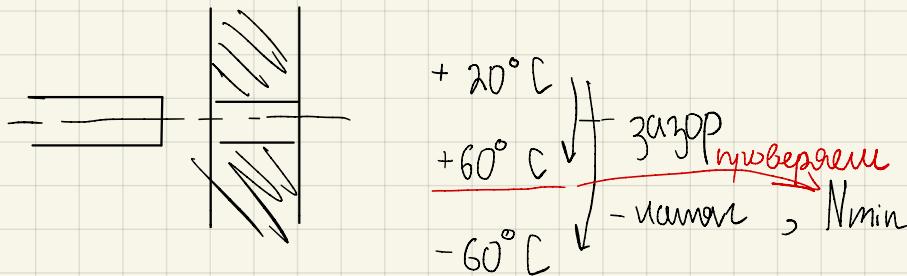
Задача №2

B	6м	6м
0	6м	Aп БР Ла



ТКР - пример. кейр расширения

S_{min} : зазором \rightarrow преобразовать \rightarrow приверка $(\frac{H7}{H7} \rightarrow \frac{H7}{E8})$



Отверстие быстрее расширяется

Расчёт и выбор посадок с учетом температурных деформаций соединяемых деталей

$$S_{max(min)}^t = S_{max(min)} + \Delta S_t \quad \Delta S_t = f((t-t_0), D, (\lambda_D - \lambda_d))$$

$$N_{min(max)}^t = N_{max(min)} + \Delta N_t \quad \Delta S_t = D(d) \cdot [\lambda_D \cdot (t_0 - t) - \lambda_d \cdot (t - t_0)]$$

$$\Delta N_t = D(d) [\lambda_d(t_d - t_0) - \lambda_D(t_0 - t)]$$

$$t_0 = t_d$$

Пример:

$\text{Ø}65 \frac{H7}{f7}$ Задача

1. Основание правильности измерки $+50^\circ C$ $-50^\circ C$

$$B \text{ 6м} \quad \lambda_d = 11,8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$$

$$0 \text{ 1ам} \quad \lambda_D = 19,2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$$

$$t_0 = +20^\circ C$$

$$t_d = t_0 = -50^\circ C \quad - \text{Отверстие сужается дальше}$$

S_{min} ?

$$65H7 = 65^{+0,03}$$

$$65f7 = 65^{-0,03}_{-0,06}$$

$$S_{min}(20^\circ C) = ES - es = 0 - (-30) = 30 \text{ мкм}$$

самое малое

$$S_{min}(-50^\circ C) = 0,03 + 65 \left(19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (-70) - 11,8 \cdot 10^{-6} \cdot (-70) \right) = 0,03 + 65 \cdot (-70) \cdot (7,4 \cdot 10^{-6}) = 0,03 - 0,0357 = -0,0037 \text{ мкм} = -3,7 \text{ мкм}$$

Так как зазор переходит в зажим при $t = -50^\circ$ посадка изменилась
наверно

$$S_{max}(20^\circ C) = ES - ei = 30 - (-60) = 90 \text{ мкм}$$

$$S_{max}(-50^\circ C) = 90 - 33,7 = 56,3 \text{ мкм}$$

+50°

$$S_{min}(+50^\circ C) = 0,03 + 65 \left[19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (50-20) - 11,8 \cdot 10^{-6} \cdot (50-20) \right] = 0,03 + 65 \cdot 30 \cdot 7,4 \cdot 10^{-6} = 0,03 + 0,0144 = 0,0444 \text{ мкм} = 44,4 \text{ мкм}$$

$$S_{max}(+50^\circ C) = 0,09 + 0,0144 = 0,1044 \text{ мкм} = 104,4 \text{ мкм}$$

$$1) \quad 65H7$$

$$65H7 = 65^{+0,03}$$

$$S_{max} = 106 \text{ мкм}$$

$$65f8 = 65^{-0,03}_{-0,076}$$

$$S_{min} = 30 \text{ мкм}$$

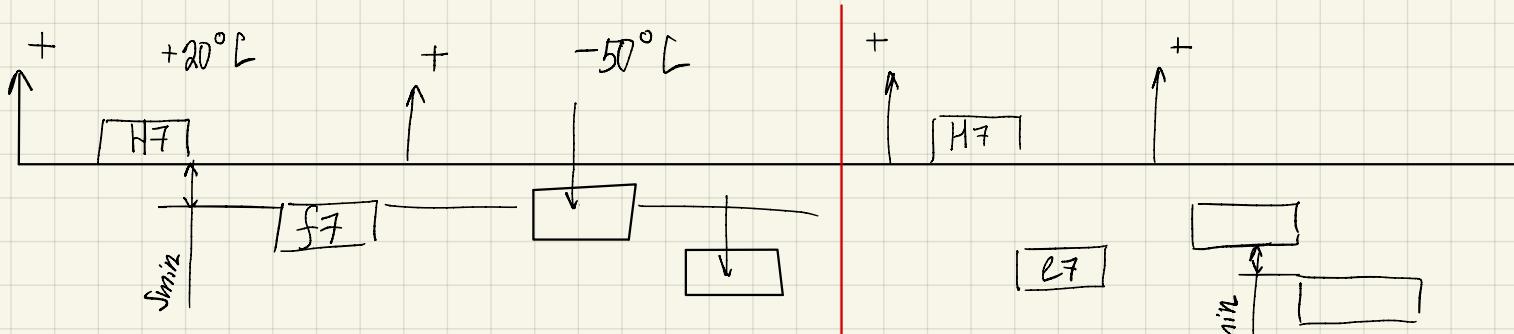
Изменение квалитета не влияет на характер посадки

$$2) \quad 65H7$$

$$65C7 = 65^{-0,06}_{-0,09}$$

$$S_{min} = 0 - (-60) = 60 \text{ мкм}$$

6 Ø3 проверим



$$3) \quad 65H7$$

$$65g7 = 65^{-0,01}_{-0,04}$$

$$S_{min} = 0 - (-10) = 10 \text{ мкм}$$

Задача 3

Подбор стандартных полей допусков

Расчетные носадки \leftarrow Расчетные отклонения деталей
 ↓ Типовые значения

Станд. носадки \leftarrow Станд. отк. детали

Пример: в результате расчетов получено что изготавливаемая деталь имеет диаметр отверстия 54,935 мм до 54,975 мм

- 1) опр. допуск;
- 2) предельные отклонения деталей;
- 3) подобрать стандартные носадки;
- 4) изобразить схему полей допусков;
- 5) заложить нач. размер с предельными отклонениями;

б) 23 - отверстие

Лекция 9

расч. носадки \rightarrow расч. допуск

\downarrow
 станд. носадки \leftarrow станд. г.

$$(D) d_{\text{ном}} = 55 \text{ мм}$$

$$2) S_d = d_{\text{max}} - d_{\text{min}} = 54,975 - 54,935 = 0,04 \text{ мм} = 44 \text{ мкм}$$

$$(D) d_{\text{max}} = 54,975 \text{ мм}$$

$$\Delta_{Bd} = d_{\text{名义}} - d_{\text{ макс}} = -25 \text{ мкм}$$

$$(D) d_{\text{min}} = 54,935 \text{ мм}$$

$$\Delta_{Hd} = d_{\text{名义}} - d_{\text{мин}} = -65 \text{ мкм}$$

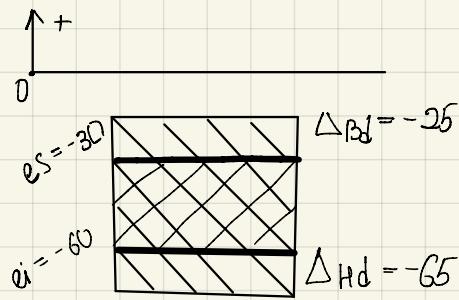
Условие выбора стандартного допуска

$$\begin{aligned} 1) T_d &\leq S_d \\ T_D &\leq S_D \end{aligned} \quad \rightarrow \text{Стандартный допуск должен не привыкать расчётный}$$

$$\left. \begin{aligned} ES(es) &\leq \Delta_{BD(d)} \\ EI(ei) &\geq \Delta_{HD(d)} \end{aligned} \right\} ES \leq \Delta_{BD} \quad \begin{matrix} g & f & e \\ -10 & -30 & -60 \\ -30 & \leq -25 & \end{matrix}$$

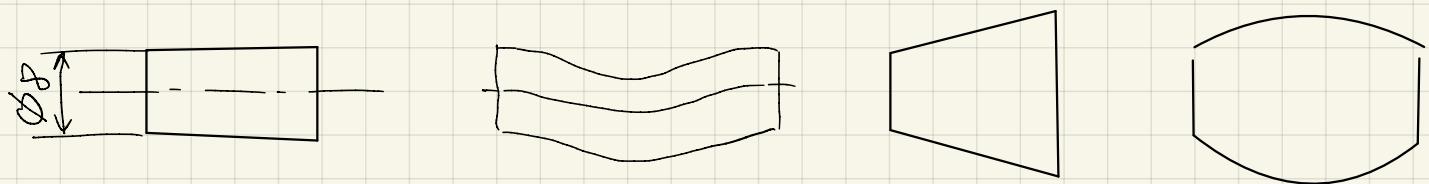
$$ES = -30 \text{ мкм}, f$$

$$ei = ES - T_d = -30 - 30 = -60$$



$$5b^- \begin{matrix} -0,025 \\ -0,065 \end{matrix} \quad 55f_f = 55^- \begin{matrix} -0,03 \\ -0,06 \end{matrix}$$

Отклонение формы и расположение поверхностей

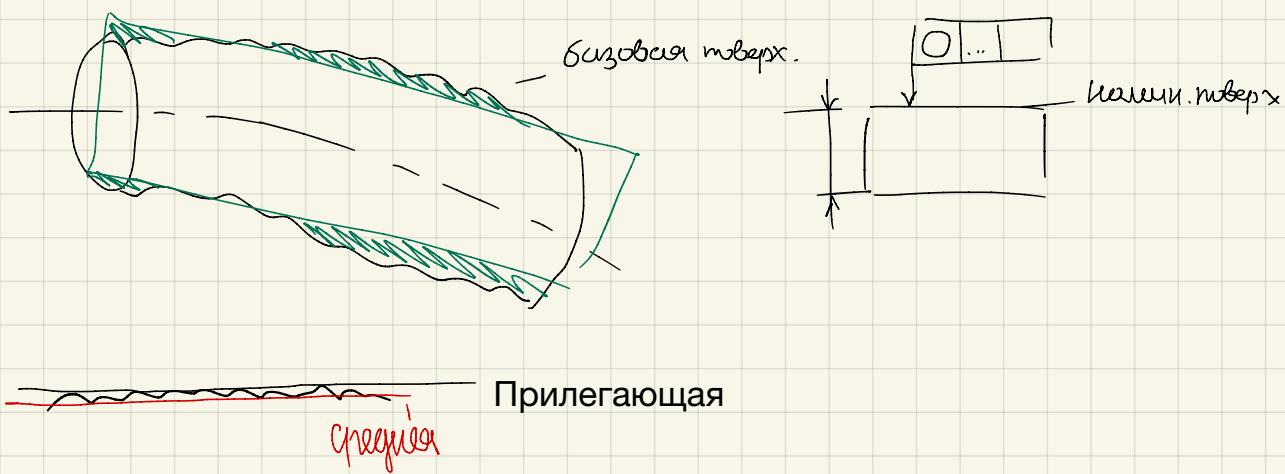


Реальная (действительная) поверхность - поверхность ограничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды.

Реальный (действительный) профиль - профиль, получаемый при сечении реальной поверхности плоскостью

Номинальная (геометрическая) поверхность - идеальная поверхность, форма которой задана на чертеже

Базовая поверхность формы - номинальная поверхность, имеющая форму номинальной поверхности. За базовую поверхность принимают прилегающую или среднюю.



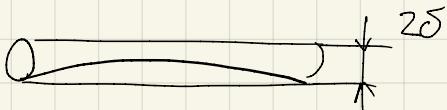
Предельное отклонение формы ограничивают допуском формы или профиля
Базовые отклонения от поверхностей

1. Отклонение плоских поверхностей

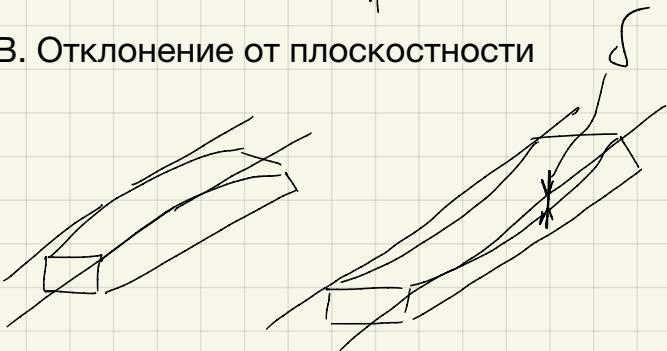
A. Отклонение от прямолинейности сечения (непрямолинейность)



Б. Отклонение от прямолинейности в пространстве (изогнутость)



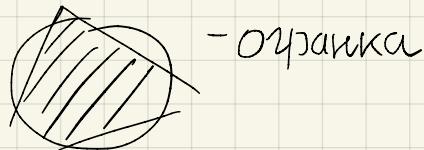
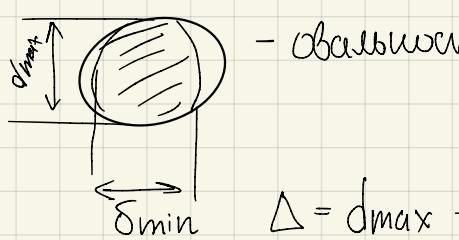
В. Отклонение от плоскостиности



2. Отклонение формы цилиндрических поверхностей

А. Отклонение от цилиндричности (некруглость)

Б. Отклонение от круглости (некруглость)



В. Отклонение профиля продольного сечения

- кон - тв. боковыми.
-
-
-
- седлообразность

Отклонения расположения от поверхностей

1. Отклонение от параллельности
2. Отклонение от перпендикулярности
3. Отклонение наклона (плоскости, оси, линии)
4. Отклонение от соосность (несоосность)
5. Отклонение от симметричности (несимметричность)
6. Отклонение от пересечения осей (непересечение)
7. Позиционное отклонение

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей

1. Радиальное биение
2. Торцовое биение
3. Суммарное отклонение параллельности и плоскостности
4. Суммарное отклонение перпендикулярности и плоскостности

Условные обозначения отклонений

- Неплоскостность

- Некруглость

— Непрямолинейность

— Отклонение профиля продольного сечения

○ — Некруглость

// — Непараллельность

⊥ — Неперпендикулярность

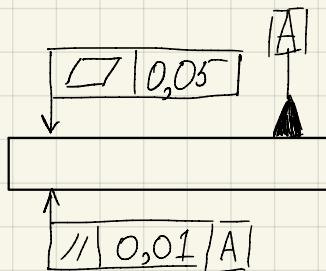
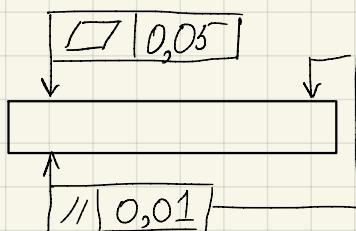
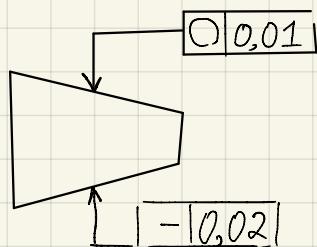
Х — Непересечение оси

+ — Позиционное

÷ — Несимметричностей

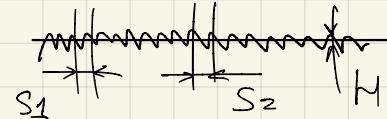
└, ① — Несоосность

↗ — Биение



Значение параметров зависит от :

1. Номинального значения
2. Квалитета
3. Погрешности формы профиля

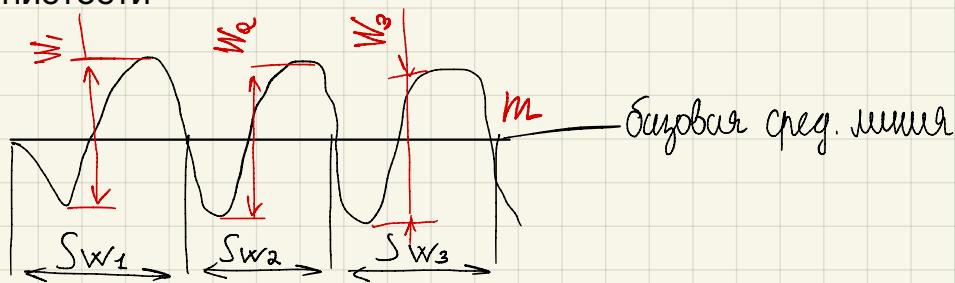


$\frac{S}{H} < 50$ - мернохвостисть

$50 \leq \frac{S}{H} \leq 1000$ - волнистость

$\frac{S}{H} > 1000$ - отклонение формы

Волнистость оценивают двумя параметрами : высота волнистости и средний шаг волнистости



М средняя линия сумма квадратов расстояний до которой от реальных профилей минимальна

$$W_z = \frac{1}{5} (W_1 + \dots + W_5) - \text{коэффициент волнистости}$$

$$S_w = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^n S_{wi} -$$

Значение волнистости определяет значениями стандартного ряда

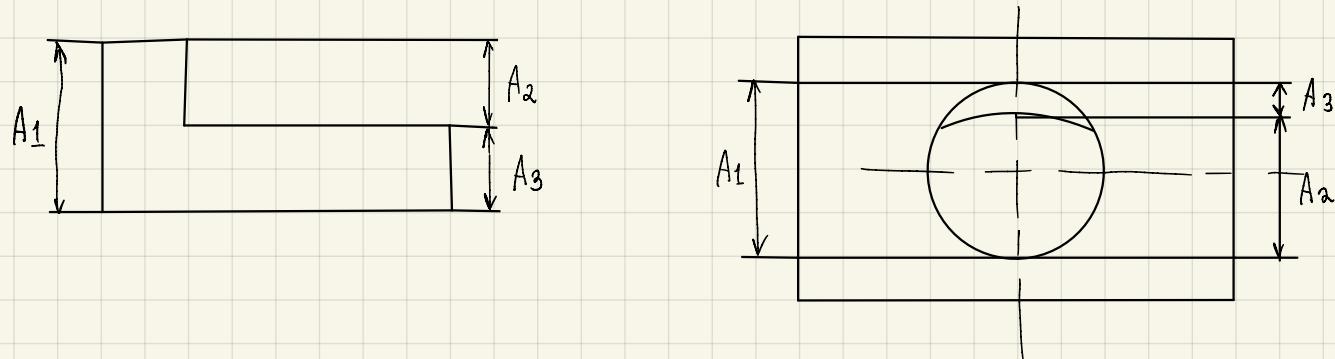
0,1	6,3
0,2	12,5
0,4	25
0,8	50
1,6	100
3,2	200

Лекция 10

Размерные цепи

Это совокупность взаимосвязанных линейных или угловых размеров, образующих замкнутый контур

Различают подетальные и сборочные размерные цепи



Замыкающий размер - такой размер, который получается последним при сборке узла.

Индекс у замыкающего размера (Δ)

В сборочной размерной цепи, замыкающим является либо зазор, либо натяг, либо величина смещения одной детали относительно других.

Часто называются исходным в процессе работы механизма.

Составляющие размеры - размер цепи бывают увеличивающие (размеры, с увеличением которых замыкающий размер увеличивается (A_j)) и уменьшающие (размеры, с увеличением которых замыкающий размер уменьшается)

Методы решения различных цепей:

1. Максимума и минимума

2. Вероятностный

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^m A_j - \sum_{k=m+1}^n A_k \quad (1)$$
$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \delta_i \quad (2)$$

метод
сечений

$$\Delta_{\Delta}^B = \sum_{j=1}^m \Delta_j^B - \sum_{k=m+1}^n \Delta_k^B \quad (3) \text{ отклон.}$$
$$\Delta_{\Delta}^H = \sum_{j=1}^m \Delta_j^H - \sum_{k=m+1}^n \Delta_k^H \quad (4) \text{ отклон.}$$

метод
квадратов

Типы точностных задач по размерным цепям: прямые и обратные

В обоих номинальные размеры известны, допуски неизвестны

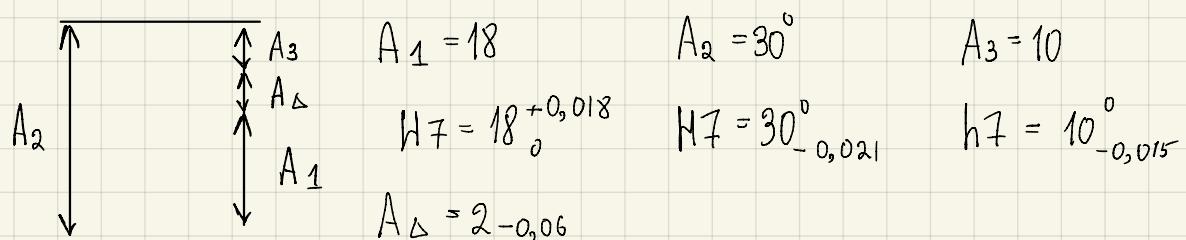
К прямой относится те, в которых по известному допуску замыкающего размера требуется определить допуски и отклонения на все составляющие размеры размерной цепи.

Прямую задачу можно решать в условии полной взаимозаменяемости и неполной

$$\delta_n = \frac{\delta_D}{n} \quad (5)$$

$$\delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_n ; \quad a_1 = a_2 = \dots = a_{\text{ср}}$$

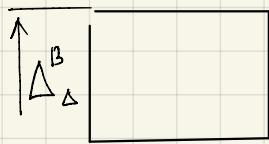
$$a_{\text{ср}} = \frac{\delta_D}{\sum_{i=1}^n l_i}$$



$$1. \delta_{\Delta} =$$

$$2. \delta_n = \frac{\delta_{\Delta}}{n} = \frac{60}{3} = 20 \text{ мкм}$$

Обр. задача:



$$\delta_{\Delta} = \sum A_i = 18 + 21 + 15 = 54 < 60$$

$$\Delta_{\Delta}^B = 0 - (-15) = 15$$

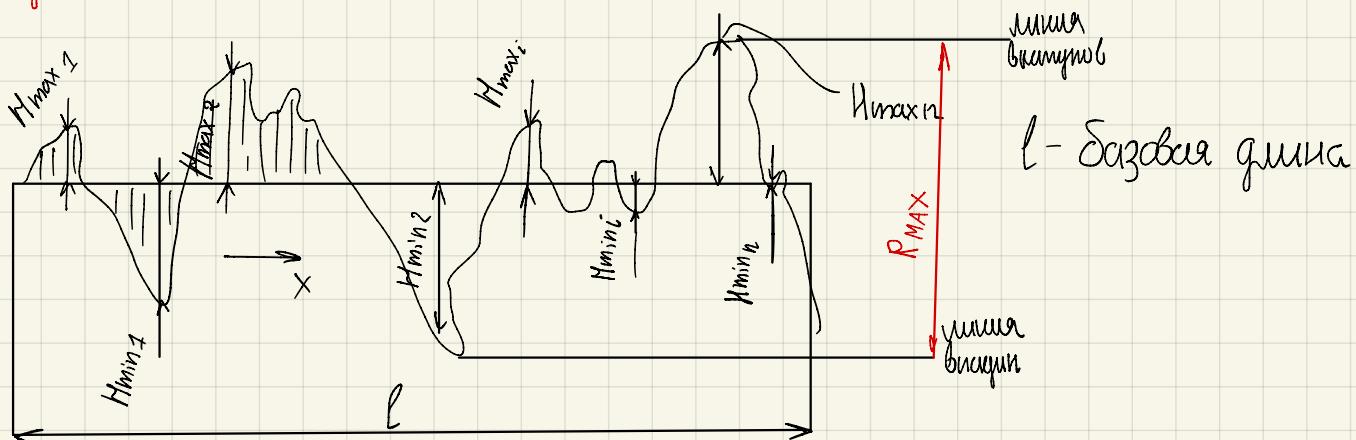
$$\Delta_{\Delta}^H = -21 - 18 = -39$$

$$0 = X_B + 15 \Rightarrow X_B = -15$$

$$-60 = X_H - 18 \Rightarrow X_H = -42$$

Лекция 11

Шероховатость



Базовая длина - длина участка поверхности, выбранного для измерения шероховатости

$$l: 0,01 \quad 0,08 \quad 0,8 \quad 8 \quad \text{мм}$$

$$0,03 \quad 0,25 \quad 2,5 \quad 25$$

R_{\max} - Расстояние между наивысшей и низшей точкой впадин в переделах базовой длины

Среднее арифметическое отклонение профиля - R_a

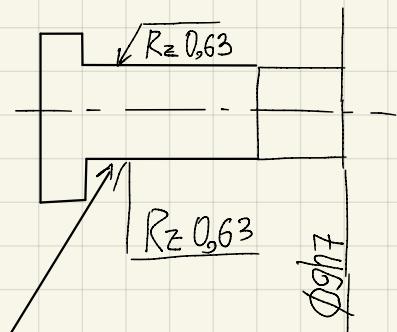
$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

$$R_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 H_{\max i}}{5} + \frac{\sum_{i=1}^5 H_{\min i}}{5}}$$

R_z - высота неровности профиля по 10 точкам

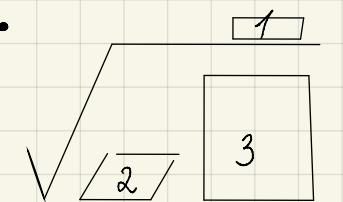
Обозначения шероховатости поверхности на чертежах: (ГОСТ 2.309)

✓ : Обозначение поверхности, метод образования которой неизвестен



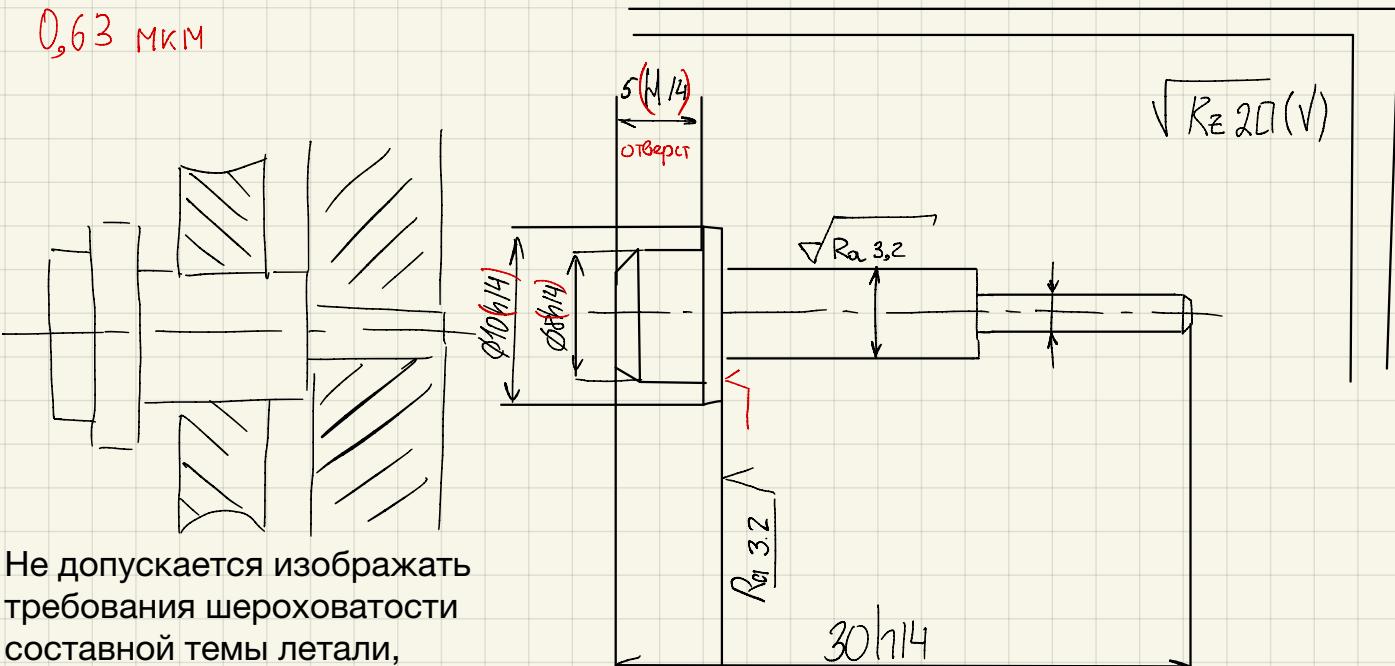
✓ : Поверхность должна быть обеспечена удалением материала

✓ : Поверхность должна быть обеспечена без удаления материала



- 1 - способ обработки поверхности (необязателен)
- 2 - условное обозначение направления неровностей (необязателен)
- 3 - базовая длина/параметр шероховатости

0,63 мкм

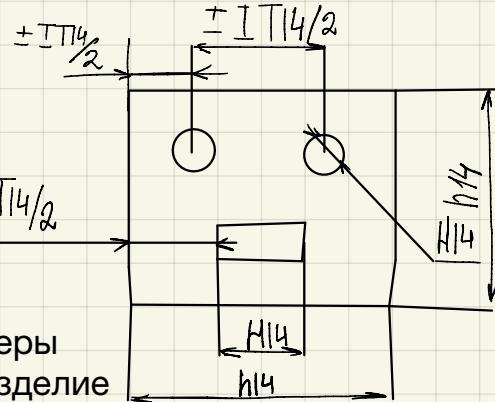


Не допускается изображать требования шероховатости составной темы летали, обозначения должны находиться снаружи тела детали

Неуказанные предельные отклонения по 14 кв, по H14, h14, ± IT14/2

Параметр шероховатости выбирается по ГОСТ, исходя из назначения поверхности

$$M14, h14, \pm IT14/2 \rightarrow js14$$



Все габаритные размеры являются охватываемыми, т.е. допуск ставится, как для вала (h)

Габаритные размеры определяют размеры параллелепипеда, в который вписано изделие и не вылезает из него

Симметричные допуска (+-IT/2) используют для межосевых расстояний

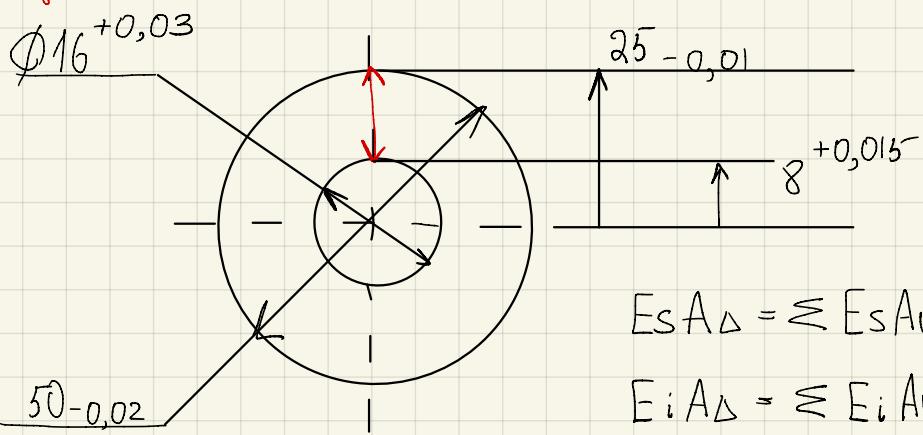
В некоторых случаях вид поверхности определяют с учетом технологий изготовления

Размерные цепи

Способы расчёта

1. Способ равных допусков
2. Способ одного квалитета

Лекция 12



$$A_{\Delta} = 25 - 8 = 17$$

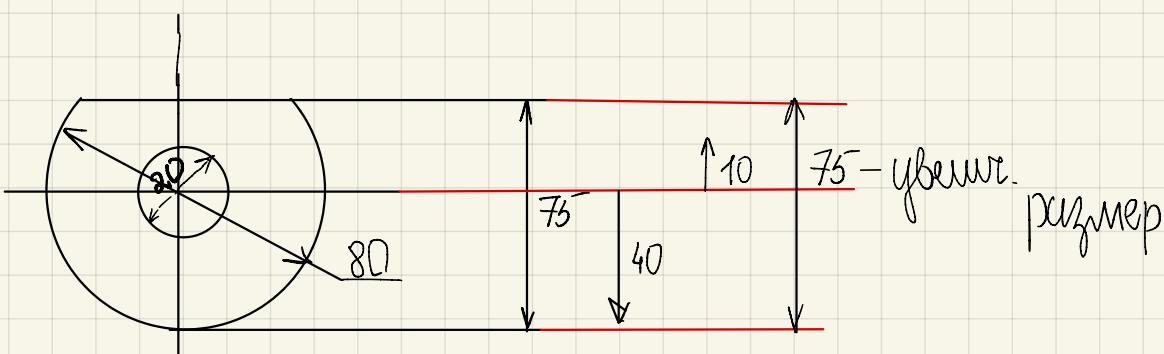
$$EsA_{\Delta} = \sum EsA_{\text{уф}} - \sum EiA_{\text{ум}} = 0 - 0 = 0$$

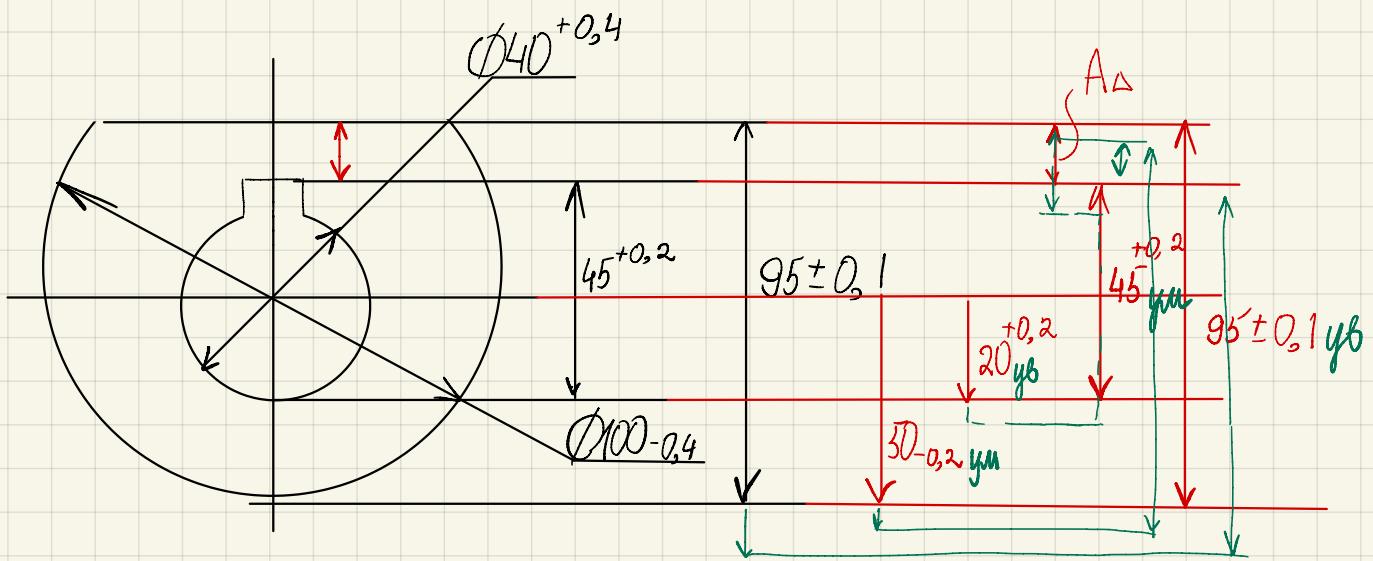
$$EiA_{\Delta} = \sum EiA_{\text{уф}} - \sum EsA_{\text{ум}} = 0,01 - 0,015 = \\ = -0,025$$

$$TA_{\Delta} = 0 - (-0,025) = 0,025$$

$$TA_{\Delta} = \sum TA_j$$

$$0,025 = \underbrace{0,01}_{\text{безумка начинит.}} + 0,015$$





$$A_{\Delta} = \leq A_{yb} - \leq A_{ym} = (20+95) - (50+45) = 20$$

$$EsA_{\Delta} = (0,2 + 0,1) - (-0,2 + 0) = 0,5$$

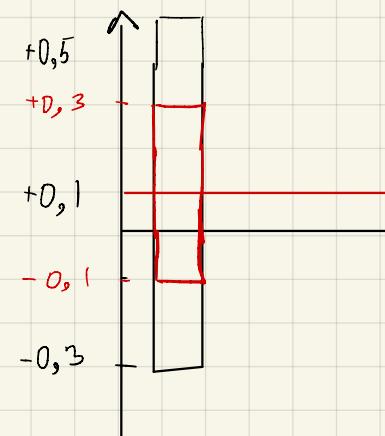
$$EiA_{\Delta} = -0,1 + 0 - (0 + 0,2) = -0,3$$

$$TA_{\Delta} = 0,5 - (-0,3) = 0,8$$

$$\leq TA_j = 0,2 + 0,2 - 0,2 + 0,2 = 0,8 \quad \left. \right\} \Rightarrow \text{проверка выполнена}$$

T-13: $TA_{\Delta} = \sqrt{\leq (TA_j)^2} = \sqrt{0,16} = 0,4$

гончак



$$EmA_{\Delta} = \sum EmA_{yb} - \sum EmA_{ym} = 0,1 + 0 - (-0,1 + 0,1) = 0,1$$

$$EsA_{\Delta} = EmA_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} = 0,3$$

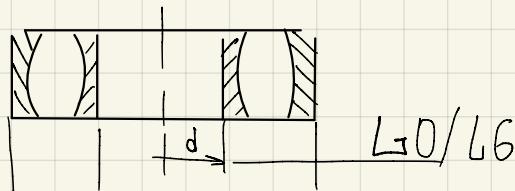
$$EiA_{\Delta} = EmA_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2} = -0,1$$

Лягушка (20.12)

Dager H, G, JS ...

Для подшипников введены свои классы точности

0 6 5 4

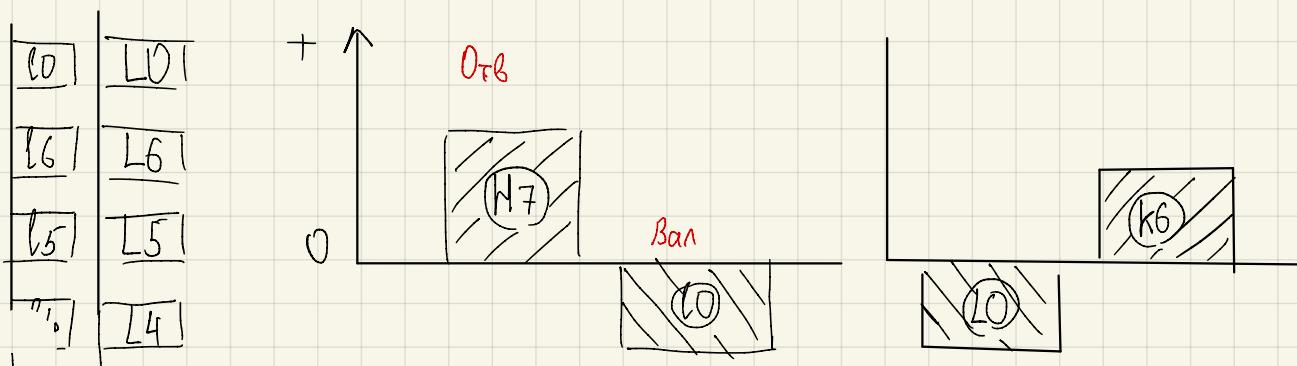


$\frac{H7}{L0} \text{ ; } \frac{L0}{k6}$

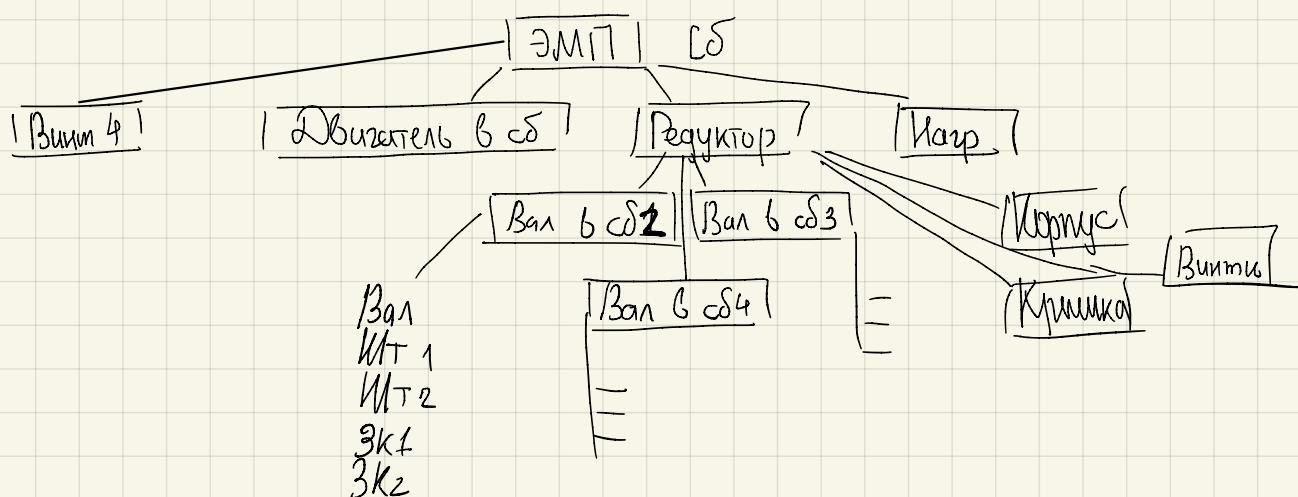
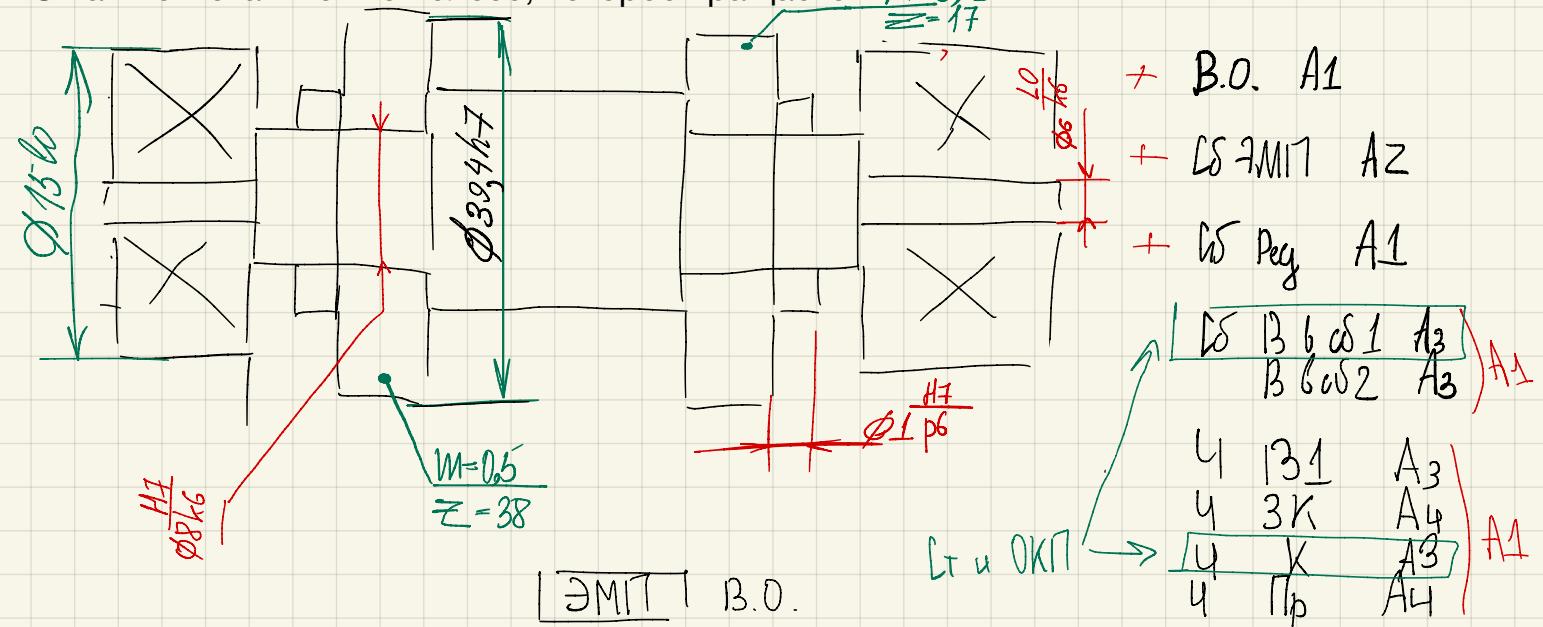
D → lol6

Подшипники качения оба кольца применяют в качестве основных деталей системы допусков

Поле допуска внутреннего диаметра отверстия и наружного диаметра подшипника расположено вниз от нулевой линии



С натягом ставится то колесо, которое вращается $m=0,3$
 $\Sigma=17$



Необходимо обеспечить иерархию конструкции, то есть поузловую сборку это требуется для:

1. Распараллеливание процесса сборки (несколько человек собирают несколько валов в сборе)
2. Возможность быстрой замены на готовые узлы в случае поломки
3. Возможность отрегулировать каждый отдельный узел

Размеры на чертежах:

1. Габаритные
2. Сопрягаемые (6 шт)
3. Присоединительные

Ломакиной "Разработка КД при КГ"

А3